

**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**

N° :.....



**FILIERE : HYDRAULIQUE**  
**OPTION : RESSOURCES HYD**

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

**Par: BEKHTI RIHAB**  
**ZEMMIT SOUHILA**

**Intitulé**

**Etude Quantitative et Qualitative de la Ressource en eau dans le Bassin**  
**Versant du Hodna En vue de Satisfaire les Différents Besoins**

**Dirigé par :Mr HASBAIA Mahmoud**

**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 : 2021 /2022**



# Remerciements

*Je rends mes remerciements les plus profonds au Dieu qui  
m'a donné*

*Aidée dans cet humble travail.*

*Je veux surtout exprimer mon*

*Un profond merci à mes parents*

*encouragement, leur soutien et leur sacrifice ils endurent*

*Je tiens à remercier sincèrement mon parrain Pr.*

*Hasbaia Mahmoud accepte de diriger ce*

*travailler et créer un*

*par son environnement de conseil et de recherche*

*Je lui suis reconnaissant de son soutien continu et*

*Des équipes sur tout le département*

*hydraulique.*

*Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont participé*

*directement ou indirectement impliqué dans le développement du*

*projet Travailler.*

Je dédie ce modeste travail enseignant de reconnaissance et de respect plus particulièrement à:

♥ *Mes chers parents* : ABL EL KARIM,  
MA Mère FADILA

♥ *Mon frère*: Mohammed zaki , Sidou, Iyad  
Moumen

♥ *Mes sœurs* AYA , Anaïs Aridj

♥ *Mon binôme* : Souhila Zemmit

2021/2022

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

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

- ♥ *Mes chers parents : Mohamed , Hefied Assia*
- ♥ *Mon frère : Nouredine , Yamine , Khaled*
- ♥ *Mes sœurs : Hakima , Radia*
- ♥ *Mon binôme : Bekhti Rihab*

2021/2022

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

# Liste des Figure

## Chapitre 01

<b>Figure 1.1.</b> L'eau douce dans le monde	6
<b>Figure 1.1.1</b> les bassins versants en Algerie	7
<b>Figure 1.1.2</b> Les ressources en eau en Algérie (source ANRH)	8
<b>Figure 1.1.3</b> bassin versant de Hodna	8
<b>Figure 1.2</b> Station hydrométrique	9
<b>Figure 1.2.1</b> Une échelle limnimétrique	9
<b>Figure 1.1.2</b> Les ressources en eau en Algérie (source ANRH)	11
<b>Figure 1.2.2</b> Lit majeur et lit mineur	11
<b>Figure 1.3.</b> Effet d' une singularité sur la ligne d' eau	12
<b>Figure 1.3.1</b> Variation de la pente hydraulique (tiré de G. JACCON)	14
<b>Figure 1.3.2</b> Evolution d'un seuil instable au cours d'une crue	15
<b>Figure 1.3.3</b> Evolution d'une section à berges instables	15
<b>Figure 1.4</b> Variation du profil en travers après une cruee	17
<b>Figure 1.4.1</b> Sensibilité d'une section de mesure limnimétrique	18
<b>Figure1.4.2</b> Différents types de seuil	18
<b>Figure 1.5</b> Sections à débordement	19
<b>Figure 1.5.1</b> Types de capteurs de pression	20

## Chapitre 02

<b>Figure 2.1.</b> Les sous-bassins versant du Hodna	25
<b>Figure 2.2.</b> sous Bassin Soubella	27
<b>Figure 2.3.</b> les Apports liquide de sous bassin du soubella (1973-1993)	28
<b>Figure 2.4.</b> Sous Bassin El ham	30
<b>Figure 2.5.</b> les apports liquides de sous bassin du El ham (1973-1993 )	32
<b>Figure 2.6.</b> Sous Bassin Ksob	33

<b>Figure 2.7.</b> les apports liquides de sous bassin du KSOB (1973 -1993)	35
<b>Figure 2.8.</b> Sous Bassin Bousaada	37
<b>Figure 2.9.</b> Les apports liquides de sous bassin du Boussaâda (1973 -1993)	38
<b>Figure 2.10.</b> Les Apports estimé des sous bassins non jaugé par les formules empiriques	44
<b>Figure 2.11.</b> Les Apports estimé dans les sous bassins jaugé et non jaugé par les données des sous-bassins jaugés	46

### **Chapitre03**

<b>Figure 3.1.</b> situation Géographique du bassin du hodna	50
<b>Figure 3.1.2</b> la pluviométrie dans le bassin versant du Hodna	51
<b>Figure 3.1.3</b> Variation mensuelle de humidité (M'sila)	52
<b>Figure 3.1.4</b> réseau hydrographique du Hodna	54
<b>Figure 3.1.5</b> Carte géologique de bassin du hodna	54
<b>Figure 3.1.6</b> les Sous Bassin Versant hydrologique du Hodna	57
<b>Figure 3.1.7</b> de nappe phréatique de bassin hodna	59

### **Chapitre 04**

<b>Figure 4.1</b> Qualite des eaux superficielles Annees 1991-1993	66
<b>Figure 4.1.2</b> Qualite des eaux superficielles annee 2000	66
<b>Figure 4.1.3</b> Qualite des eaux superficielles Annee 2001	66
<b>Figure 4.1.4</b> Réseau de surveillance de la qualité des eaux superficiele	67
<b>Figure 4.2.1</b> Réseau de surveillance de la qualite des eaux souterraines	72
<b>Figure 4.2.3</b> Sebkhha du Chott El Hodna	77
<b>Figure 2.4</b> couvert végétal de la sebkhha du chott El hodna	77
<b>Figure 2.5</b> Variantation des teneurs en Nitrates	80

### **Chapitre 05**

<b>Figure 5.1.</b> Découpage Administratif Du Bassin Du Hodna	82
---	----

# Liste des tableaux

## Chapitre 01

<b>Tableau 1.1.</b> les propriétés des bassins du hodna	08
---	----

<b>Tableau 1.1.1 la nature de lit</b>	10
---------------------------------------	----

## Chapitre 02

<b>Tableau 2.1.</b> Les sous-bassins du Hodna	24
---	----

<b>Tableau 2.2.</b> Stations hydrométriques des sous-bassins jaugés	26
---	----

<b>Tableau 2.3.</b> Les Apports liquides et la lame d'eau écoulée d'oued soubella (1973-2000)	27
---	----

<b>Tableau 2.4.</b> Les Valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin soubella	29
---	----

<b>Tableau 2.5.</b> Les apports liquides et la lame d'eau ruisselée d'Oued El-hem (1973 -1993)	31
--	----

<b>Tableau 2.6.</b> les Valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin Elham	32
--	----

<b>Tableau 2.7.</b> Les Apports liquide et la lame d'eau écoulée au sous bassin Ksob (1973-1993)	34
--	----

<b>Tableau 2.8.</b> les valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin ksob.	35
--	----

<b>Tableau 2.9.</b> Les Apports liquides et la lame d'eau écoulée au sous bassin Bousaada	37
---	----

<b>Tableau 2.10.</b> les Valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin Bousaada	39
--	----

<b>Tableau 2.11.</b> Les Apports et la lame d'eau de l'oued Barika estimés par les formules empiriques	42
--	----

<b>Tableau 2.12.</b> Les Apports et la lame d'eau de l'oued M'cif estimés par les formules Empiriques	43
---	----

<b>Tableau 2.13.</b> Les Apports et la lame d'eau de l'oued Lougmane estimés	
--	--

par les formules Empiriques 43

**Tableau 2.14.** Les Apports et la lame d'eau estimée des sous bassins non jaugés par les formules empiriques 44

**Tableau 2.15.** les apports et la lame d'eau dans les sous bassins non jaugés par les données des sous-bassins jaugés 45

**Tableau 2.16.** Les Apports liquides des sous bassins jaugés et non jaugés 46

### **Chapitre03**

**Tableau 3.1.** LES NAPPE PHREATIQUE 57

### **Chapitre 04**

**Tableau 4.1** Stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles dans le bassin du Hodna 65

**Tableau 4.2.1** Grille de qualité 68

**Tableau 4.2.3** Normes de potabilité selon l'OMS 73

**Tableau 4.2.4** paramètre suivis par ANRH 74

**Tableau 4.2.5** Nom du point d'eau Nature du point d'eau Nappe Captée X Date analyse 75

**Tableau 4.2.6** Dureté de l'eau en fonction du Fonctitre hydrométrique 78

### **Chapitre 05**

**Tableau 5.1.** Taux de croissance et population futur de wilaya de Msila 83

**Tableau 5.2.** Taux de croissance et population futur de wilaya de Batna 86

**Tableau 5.3.** Taux de croissance et population futur de wilaya de Bordj Bou Arreridj 86

**Tableau 5.4.** Taux de croissance et population futur de wilaya de Bouira 88

<b>Tableau 5.5.</b> Taux de croissance et population futur de wilaya de Médéa	88
<b>Tableau 5.6.</b> Taux de croissance et population futur de wilaya de Sétif	89
<b>Tableau 5.7.</b> Taux de croissance et population futur de wilaya de Djelfa	89
<b>Tableau 5.8.</b> Les Besoins de la population de wilaya de Msila	90
<b>Tableau 5.9.</b> Les Besoins de la population de wilaya de Batna	92
<b>Tableau 5.10.</b> Les Besoins de la population de wilaya de Bordj Bou Arreridj	93
<b>Tableau 5.11.</b> Les Besoins de la population de wilaya Bouira	94
<b>Tableau 5.12.</b> Les Besoins de la population de wilaya Médéa	95
<b>Tableau 5.13.</b> Les Besoins de la population de wilaya Sétif	95
<b>Tableau 5.14.</b> Les Besoins de la population de wilaya Djelfa	95
<b>Tableau 5.15.</b> Besoins en eau potable de la population du Hodna aux différents horizons	96

# SOMMAIRE

Introduction générale	01
<b>Chapiter 01 : Présentation du bassin versant du HODNA</b>	
1.1 Introduction	02
1.2 Les ressources en eaux dans le monde	03
1.1.2 Les ressource en eau en Algérie	06
1.3 Les Ressources en eau dans le bassin hodna	07
1.2 Le réseau hydrométrique	08
1.2.1 hydrométrie	08
1.2.2 station hydraumetrique	08
1.2.2.1 Jaugeages	09
1.2.2.2 Une échelle limnimétrique	09
1.2.2.3 Une courbe de tarage	09
1.2.2.4 le cours d'eau	10
1.2.2.5 la nature du lit	10
1.2.2.5.1 la rugosité	10
1.3. Contrôle hydraulique	11
1.3.1 types de contrôle	11
1.3.2 Fonctionnement du contrôle	13
1.3.3 CHOIX DU SITE	14
1.3.3.1 Adaptation aux mesures	14
1.4. Stabilité	16
1.4.1 Sensibilité	16
1.5. Sections caractéristiques	18
1.5.1 Les capteurs de mesure directe de pression	19
1.5.2 Le bassin versant du Hodna (Algérie) ressources en eau et possibilités D'aménagement	20
1.6 Conclusion	22
<b>Chapitre 02 Les Roussources de la Surface du Bassin varsent HODNA</b>	
2.1 Introduction	23
2.2 Les Sous Bassin- Versnt Du Hodna	24

2.3 Regroupement des sous bassins du Hodna	25
2.4 Présentation des sous bassins jaugés	26
2.4.1 Sous Bassin Soubella	26
2.4.2 Sous Bassin Elham	29
2.4.3 Sous Bassin Ksob	33
2.4.4 Sous Bassin Bousaada	36
2.5. Les sous bassin non jaugés	39
2.5.1 Estimation des Apports liquides des sous Bassis non jaugés	39
2.5.1.1 Estimation des Apports liquides par les formules Empiriques	40
2.5.1.1.1 Formule de SOGREAH	40
2.5.1.1.2 La formule de SAMIE	40
2.5.1.1.3 Formule de TURC	41
2.5.1.1.4 Formule de MEDINGUER	41
2.5.1.1.5 Formule de MALLET-GAUTIER	41
2.5.1.1.6 Formule dite ALGERIENNE	41
2.5.1.1.7 Formule d'ANRH	42
2.5.1.1.8 Formule de l'DERYI	45
2.5.2 Estimation des Apports liquide par les données des sous-bassins	45
2.6 Conclusion	47

### **Chapiter 03: Les Ressources En Eau Souterraines Du Hodna**

3.1 INTRODUCTION	48
3.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	49
3.1.1.1 Situation géographique	49
3.1.1.2 APERÇU CLIMATIQUE	50
3.1.1.3 PLUVIOMETRIE	50
3.1.4 LA TEMPERATURE	51
3.1.5 LES VENTS	51
3.1.6 HUMIDITE RELATIVE	52
3.1.7 L'INSOLATION	52
3.1.8 LES PHENOMENES	52
3.2. GRANDS TRAITES MORPHOLOGIQUES	52
3.2.2.1 LA CHAINE DE L'ATLAS TELLIEN	53
3.2.2.2 LA CHAINE DE L'ATLAS SAHARIEN	53
3.2.2.3 RESEAU HYDROGRAPHIQUE	53
3.3 LA GEOLOGIE	54

3.3.1 ENSEMBLES STRUCTURAUX DU BASSIN DU HODNA	55
3.3.1.1 LA DEPRESSION SUB-BIBANIQUE	55
3.3.1.2 LES MONTS DU HODNA	55
3.3.1.3 LE BASSIN SUBSIDENT DU HODNA	55
3.3.1.4 L'ATLAS SAHARIEN	55
3.3.1.5 LES MONTS DES AURES	56
3.4. L'HYDROGEOLOGIE	56
3.4.1 NAPPES DE LA PLAINE DU HODNA	57
3.4.1.2 NAPPE CAPTIVE	59
3.4.2 NAPPES DE LA PLAINE DE AIN RICH	60
3.4.2.1 LE QUATERNAIRE	61
3.4.2.2 LE TERTIAIRE CONTINENTAL (ZONE A)	61
3.4.2.3 LE TURONIEN (ZONE B : AIN SMARA)	61
3.4.2.4 L'ALBIEN INFERIEUR GRESEUX	62
3.4.2.5 Les nappes hydrogéologiques à travers la plaine de Belezma	62
3.5 CONCLUSION	63

#### **Chapitre 04: Qualité des eaux**

4.1 Introduction	64
4.2 QUALITE DE LA RESSOURCE EN EAU	65
4.2.1.1 RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES	65
4.2.1. ALTERATIONS ET PARAMETRES	67
4.2.1.3 GRILLE DE CLASSIFICATION DE LA QUALITE	67
4.2.1.4 METHODOLOGIE DE CALCUL DE LA QUALITE PAR STATION	68
4.2.1.5 QUALITE DES EAUX DE BARRAGES	69
4.2.2 QUALITE DES EAUX D'OUEDS	69
4.2.2.1 ETAT DE LA POLLUTION DES OUEDS	69
4.2.3 IMPORTANCE DES EAUX SOUTERRAINES AU NIVEAU MONDIAL	70
4.2.3.1 IMPORTANCE DES EAUX SOUTERRAINES DANS L'ECONOMIE NATIONALE	71
4.2.3.2 LA QUALITE NATURELLE DES EAUX SOUTERRAINES	72
4.2.3.3 LE TRANSFERT DES POLLUANTS DANS LES EAUX SOUTERRAINES	72
4.2.3.4 L'EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	73

4.2.3.4.1 NORMES DE POTABILITE DES EAUX DE CONSOMMATION	73
4.2.3.4.2 GRILLE DE CLASSIFICATION DE LA QUALITE DES EAUX { SELON OMS }	73
4.3 GRILLE DE CLASSIFICATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES SELON LES CRITERES S'USAGE (SELON LES NORMES EUROPEENNES)	75
4.3.1 Le Réseau de suivi des eaux souterraines	75
4.3.1.1 Interprétation des résultats	76
4.3.2 Dureté hydrométrique totale (TH)	78
4.3.3 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	78
4.3.4 parametres de pollution	79
4.4 Conclusion	81

### **Chapitre 05 : Les Besoins en Eau**

5.1.Introduction	82
5.2 Calcul du Taux de croissance et la population dans le futur en (2035 et 2050)	83
5.2.1Taux de croissance	83
5.2.2 La Population dans le future (2035,2050)	83
5.3 Calcul la dotation et les Besoins de la population dans le future en (2035 et2050)	90
5.3.1 La dotation	90
5.4 Conclusion	97
Conclusion Générale	98

## ملخص

يعتبر حوض الحضنة خامس أكبر حوض في الجزائر بمساحة 26000 كيلومتر مربع ، ومجهز بـ 07 محطة هيدرومترية ، يتحكمون في 28٪ من مساحته ، والباقي غير محسوب. لتقدير إمكانات المياه السطحية لنهر الحضنة ، استخدمنا البيانات من محطات القياس الهيدرولوجي لحساب المدخلات السائلة للمستجمعات الفرعية المقاسة ، بالنسبة للأحواض الفرعية غير المضغوطة ، استخدمنا الصيغ التجريبية من ناحية واستقراء عمق المياه من الأحواض الفرعية المقاسة لتلك التي لم يتم قياسها. وأظهرت النتائج المتحصل عليها أن موارد المياه السطحية للحضنة تقدر بـ 565958 hm<sup>3</sup>.

## Résumé

Le bassin du Hodna est le cinquième plus grand bassin d'Algérie avec une superficie de 26000 km<sup>2</sup>.. Équipé de 07 stations hydrométriques, elles contrôlent 28 % de sa surface, le reste n'est pas jaugée. Pour estimer le potentiel des eaux de surface de la rivière Hodna, nous avons utilisé les données des stations hydrométriques pour calculer les apports liquides des sous-bassins versants jaugés, pour les sous bassins non jaugés nous avons utilisé les formules empiriques d'une part et nous avons extrapolé les lame d'eau des sous bassins jaugés vers ceux non jaugés .. Les résultats obtenus montrent que , les ressources en eau de surface du Hodna sont estimées à 565958 hm<sup>3</sup>.

## Abstract

The Hodna basin is the fifth largest basin in Algeria with an area of 26,000 km<sup>2</sup>. Equipped with 07 gauging stations, they control 28% of its surface, the rest is not gauged. To estimate the surface water potential of the Hodna basin, we used data from these hydrometric stations to calculate the water yield of the gauged sub-basins, for the ungauged sub-basins we used the empirical formulas on the one hand and we extrapolated the runoff of the gauged sub-basins towards those not gauged. The results obtained show that, the surface water resources of Hodna are estimated at 565958 hm<sup>3</sup> respectively.

## Introduction Générale

La disponibilité des eaux souterraines est très importante pour la survie de la région du bassin HODNA en tant que l'une des provinces. Sur la base des résultats de la recherche, il a un statut d'alerte lié au bilan hydrique et aux ressources en eau.

Selon une étude, il a été conclu que d'ici 2025, le nombre de régions connaissant des déficits hydriques augmentait de 78,4% avec des déficits allant d'un à douze mois, ou des déficits tout au long de l'année. Cela signifie que la disponibilité de l'eau nécessite une attention particulière en matière de conservation.

Le bassin du Hodna est le cinquième plus grand bassin d'Algérie. Situé au centre de l'Algérie, il couvre une superficie d'environ 26 000 kilomètres carrés et est délimité par deux séries de montagnes au nord et au sud, entourées d'une dépression naturelle presque plate "nommée Chott El Hodna" à une altitude de 400 mètres.

Le grand bassin du Hodna est équipé de 7 stations hydrométriques seulement et qui ne sont pas toutes en bon état. Dans le présent travail, nous contribuons à la quantification des apports liquides de toute la région en analysant les données des stations hydrométriques dont les données sont fiables, en outre, les résultats obtenus pour les bassins jaugés ont été extrapolés aux bassins non jaugés pour déterminer les apports liquides de tout le Hodna. Les apports des sous-bassins non jaugés seront calculés également par les formules empiriques proposées dans le même contexte

Dans la première partie de notre étude on présentera le bassin versant du Hodna pour décrire le contexte général de la région, en donnant sa situation et sa morphométrie. La deuxième partie est consacrée à étudier la ressource en eau de surface et sera consacré aux différentes méthodes de calcul des apports liquides dans les bassins non jaugés. Dans la troisième partie, on étudie la ressource en eau souterraine tout le bassin du Hodna le quatrième chapitre il étudie la qualité des eaux de bassin du HODNA . Les résultats obtenus font l'objet d'une analyse et une comparaison.

# **Chapiter 01:Présentation du bassin**

## **versant du HODNA**

## 1.1 Introduction

Au cours des dix dernières années, le grand public a véritablement commencé à prendre conscience et à s'inquiéter des menaces qui pèsent sur les ressources en eau et les écosystèmes environnants. En revanche, la situation n'a guère évolué au niveau politique. Les critères économiques et les considérations politiques continuent de déterminer la plupart des décisions concernant la gestion des ressources en eau, que ce soit au niveau d'une ville, d'une région, d'un pays ou même de plusieurs pays. En dépit des appels répétés lancés par des experts du monde entier, nous sommes bien loin d'une approche de la gestion des ressources en eau qui tienne compte des connaissances scientifiques et de l'application des meilleures pratiques existantes. Et pendant ce temps, les pressions sur nos ressources en eau s'accroissent.

Les facteurs qui influent sur les ressources en eau comptent notamment:

- la croissance démographique, en particulier dans les régions pauvres en eau,
- la migration massive de populations de la campagne vers les villes,
- l'exigence d'une plus grande sécurité alimentaire et d'un meilleur niveau de vie,
- l'accroissement de la concurrence entre les différentes utilisations des ressources en eau, et
- la pollution générée par les usines, les villes et les terres agricoles.

Les changements climatiques et la variabilité naturelle de la distribution et de la présence de l'eau compliquent davantage le développement durable de nos ressources en eau.

Des progrès ont cependant été accomplis. A l'échelle nationale et régionale, les autorités évaluent la quantité et la qualité de l'eau disponibles et coordonnent les efforts pour gérer son utilisation. Ces activités sont de plus en plus souvent mises en œuvre par de nouvelles organisations travaillant au-delà des frontières et se consacrant aux ressources en eau partagées par plusieurs pays. Par exemple, les communautés vivant dans des zones sujettes aux inondations pourraient bénéficier des initiatives internationales récentes qui adoptent une approche commune de la gestion des inondations.

## 1.2 Les ressources en eaux dans le monde

L'eau couvre environ 70% de la planète, c'est-à-dire environ 1.4 milliards de km<sup>3</sup>. C'est pour cela qu'on donne souvent à la Terre le nom de planète bleue.

Dans toute cette eau, 97.2% est de l'eau salée et seulement 2.8% est de l'eau douce.

Les 2.8 % d'eau douce se répartissent de la façon suivante :

- 2.15% de glace polaire
- 0.63% d'eaux souterraines
- 0.02% d'eaux de surface (lacs, fleuves, rivières...)
- 0.001% d'eau atmosphérique

La majorité de l'eau douce est sous forme de glace polaire qui est inutilisable. Il ne reste donc que environ 1/4 de l'eau douce pour que tous les habitants de la planète bleue puissent assouvir leurs besoins, c'est donc très peu. Heureusement, cette eau se renouvelle assez rapidement : cela prend en moyenne 16 jours pour une rivière et 17 ans pour un lac (Amin, M. E. K. K. I., & Wail, D. A. M. E. N. E. (2021). Amélioration de la production d'un distillateur solaire avec chambre de condensation refroidie par l'effet thermoélectrique). . Cependant, il faut veiller à maintenir cette eau douce propre pour que la pollution ne détruise pas cette très petite partie d'eau utilisable par les hommes.

L'utilisation des prélèvements mondiaux en eau se répartie comme suit:

Agriculture : 70 %

Industries : 20 %

Consommation domestique : 10%

L'agriculture consomme énormément d'eau à cause de l'irrigation des plantations qu'elle doit assurer. Au cours du 20ème siècle, l'irrigation des terres cultivées a été multipliée par 5. Depuis 1960, les agriculteurs ont augmenté de 60 % le prélèvement d'eau pour leurs terres.

L'irrigation est nécessaire pour avoir de bons rendements dans l'agriculture et pour pouvoir ainsi nourrir la population. Elle est évidemment plus importante dans les pays arides ou semi-arides où les précipitations sont peu abondantes. Ainsi, la plupart des pays en voie de développement utilisent 90 % de leur eau douce pour irriguer leurs terres alors que les pays industrialisés n'en utilisent que 40 %. De plus, ces pays en voie de développement subissent souvent une forte croissance démographique, ce qui entraîne une augmentation des cultures et donc de l'eau utilisée pour irriguer ces cultures. A titre d'exemple, l'Asie à elle seule monopolise plus des 2/3 des terres irriguées, car la culture du riz a été intensifiée pour faire face à l'augmentation de population.

Mais les systèmes d'irrigation ne donnent souvent pas les résultats escomptés car une grande partie de l'eau s'évapore au lieu d'alimenter les plantes, sans compter les fuites et d'autres pertes encore. De plus, les eaux de surface et les eaux souterraines peuvent être contaminées par une irrigation massive car l'eau provenant

de l'irrigation et non utilisée par les plantes transportée, entre autre, avec elle des produits chimiques destinés aux cultures.

L'utilisation de techniques modernes devra donc se généraliser car ces techniques permettent de réduire la consommation d'eau.

Les industries utilisent 20 % de l'eau douce pour toutes leurs activités. Cela représente quand même une grande fraction et elles pourraient la diminuer en essayant de développer des technologies utilisant moins d'eau ou en utilisant une eau de qualité moindre pour les usages ne nécessitant pas de l'eau potable.

La consommation domestique ne comprend que 10 % de l'utilisation mondiale en eau douce mais elle est très inégalement répartie. Pour te faire une idée :

USA : 300 litres par jour et par habitant

Europe : 100 à 200 litres par jour et par habitant

Pays du tiers-Monde : quelques litres à une dizaine de litres par jour et par habitant

L'eau est très inégalement répartie sur notre planète. Actuellement, 1.1 milliards de personnes n'ont toujours pas accès à l'eau salubre (= eau propre) et un tiers de la population mondiale est privée d'eau potable, c'est-à-dire celle que l'on peut consommer.

Neuf pays détiennent 60 % des ressources naturelles renouvelables d'eau douce du monde : le Canada, la Chine, la Colombie, le Pérou, le Brésil, la Russie, les Etats-Unis, l'Indonésie et l'Inde.

Environ 80 pays, c'est-à-dire 40 % de la population souffrent de pénurie d'eau. Parmi eux, certains pays n'ont quasi pas de ressources en eau : le Koweït, Bahrein, Malte, Gaza, les Emirats Arabes Unis, Singapour, la Jordanie, la Lybie.

En chiffres, cela donne selon UNESCO :

- 2.4 milliards de personnes sont privées de systèmes d'assainissement de base.
- 450 millions de personnes dans 29 pays sont confrontées à des problèmes de pénurie d'eau régulière.
- 15000 personnes dont 6000 enfants meurent chaque jour de maladies liées au manque d'eau potable. (10 personnes/minute dont 4 enfants)

Le climat est un élément clé au point de vue des ressources en eau qu'un pays peut se procurer. En effet, plus le climat est sec, moins les ressources en eau seront abondantes et au plus l'irrigation sera importante. De plus, des précipitations assez régulières sont plus faciles à gérer que des précipitations avec de fortes variations saisonnières.

Le problème d'accès à une eau de qualité n'est pas uniquement présent dans les pays arides, il est également bien réel dans les pays où il pleut beaucoup et où les équipements d'assainissement ne sont pas suffisants. L'or bleu : une richesse provoquant des conflits ?

L'eau devient de plus en plus rare et est, dès lors, de plus en plus convoitée. Elle constitue un enjeu politique et économique important. Si, dans les années à venir, la répartition de la ressource et sa gestion ne s'améliorent pas, le manque d'eau pourrait devenir une préoccupation importante pour les 2/3 de la population.

Deux préoccupations essentielles apparaissent quant on analyse la répartition de la ressource. D'une part, la plupart des pays les plus touchés par le manque d'eau sont des pays en voie de développement qui ne savent généralement pas faire face aux contraintes financières d'une gestion correcte de l'eau (de la production à l'assainissement). Pour certains pays, la pénurie d'eau constitue donc un frein au développement. D'autre part, les conflits risquent de se multiplier. Dans les pays où l'eau est une denrée rare, il faudra établir la répartition la plus judicieuse entre l'eau réservée à l'agriculture et celle utilisée par les habitants. Des conflits pour l'eau à la frontière entre deux pays risquent également de devenir problématiques. L'ONU estime que 300 rivières transfrontalières peuvent constituer un enjeu conflictuel dans un avenir proche.

A titre d'exemple, le proche et Moyen-Orient est considéré comme une zone à grands risques car les tensions sont déjà très importantes et les problèmes de manque d'eau devraient se faire sentir à brève échéance. Ainsi, le Nil peut également être source de discorde : il est en effet entouré par l'Égypte, le Soudan et l'Éthiopie et la région aride ne peut développer d'agriculture sans ce fleuve. Il y a encore beaucoup de cas similaires dans d'autres régions du monde.

Des solutions :

Une meilleure gestion des ressources est évidemment une étape très importante à atteindre. Pour cela, on peut envisager des techniques d'irrigation donnant de meilleurs résultats et économisant l'eau au maximum. Les industries peuvent également faire des efforts en polluant moins et en étant plus économes en eau. On peut également organiser une sensibilisation de plus en plus importante de la population en vue d'économiser la ressource et de limiter sa pollution.

Le PNUD (programme des Nations-Unies pour le développement) propose divers services pour les pays défavorisés. Ils les aident entre autre à intégrer la gestion de leur eau dans leur programme de développement, à essayer de rendre durables leurs ressources en eau,...

Le PNUD aide aussi les pays qui possèdent des eaux transfrontalières. Ces pays ont souvent besoin d'une institution extérieure pour les aider à négocier et à trouver un bon compromis avec leurs voisins pour une gestion la plus juste possibles de ces eaux.

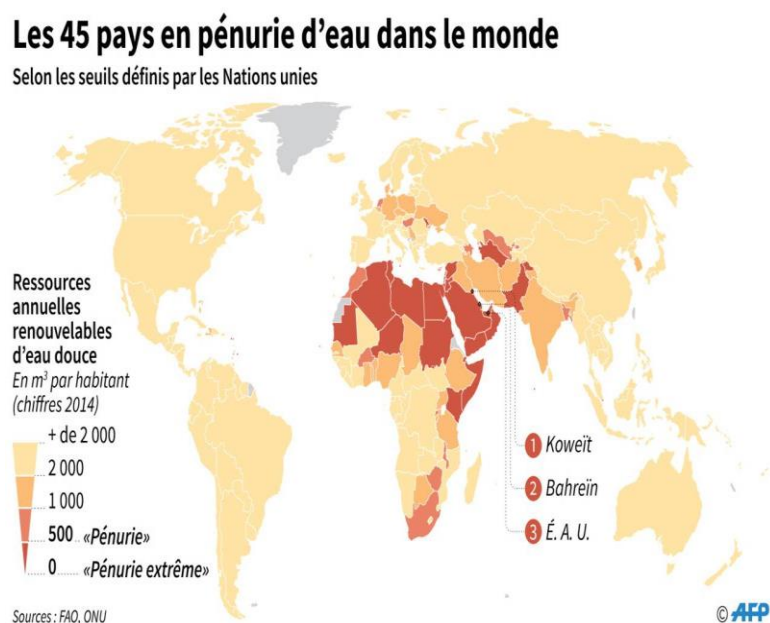
Les exemples, ou des esquisses, de solution sont étudiée ou mises en oeuvre. Il appartient aux responsables internationaux et à l'ensemble des populations concernées à divers titres de poursuivre sur cette voie de la sécurisation de la ressource et de la recherche de sa répartition la plus équitable possible.

En 4,6 milliards d'années, il a été estimé que la quantité d'eau perdue correspond à une hauteur de 3 m sur la totalité de la surface de la Terre\*. On peut en déduire une bonne constance des volumes. Pour en savoir plus sur la nature de ces eaux, il faut s'intéresser aux mers intérieures, aux océans, mais aussi à certaines nappes souterraines qui représentent 97,2 % du volume. Notre planète bleue est ainsi, avant tout, la planète de l'eau salée. L'ensemble des eaux douces représente donc 2,8% du volume global. Dans ce faible pourcentage, les glaces et les neiges permanentes représentent 2,1% et l'eau douce disponible 0,7%. La moitié de ces 0,7% est constituée d'eaux souterraines.

Bien entendu, la répartition géographique réelle de l'eau sur la Terre montre une réalité bien éloignée de ces moyennes. La surface océanique est nettement plus importante au Sud qu'au Nord. Une calotte épaisse de glace couvre tout le continent antarctique, alors qu'au Nord, il n'y a, en plus de la calotte du Groenland, que la glace qui flotte sur l'océan Arctique. Ces contrastes dans la répartition de l'eau liquide et solide renforcent les disparités dans la répartition de l'eau atmosphérique. Il existe, en effet, de grandes différences régionales liées aux variations de rayonnement solaire, qui ont une incidence entre les pôles et l'Equateur et d'Est en Ouest, selon les circulations atmosphériques et les barrières de reliefs. L'essentiel de l'eau atmosphérique se trouve particulièrement le long des Tropiques, zones d'intense évaporation des eaux chaudes de la surface océanique.

Au final, l'homme ne peut utiliser que moins d'1% du volume total d'eau présent sur Terre, soit environ 0,028 % de l'hydrosphère. Ceci englobe les cours d'eau, les réservoirs naturels ou artificiels (baies côtières, lacs, fleuves, cours d'eau, barrages...) et les nappes d'eau souterraine (aquifères) dont la faible profondeur permet

l'exploitation à des coûts abordables.



**Figure 1.1** L'eau douce dans le monde

### 1.1.2 Les ressources en eau en Algérie

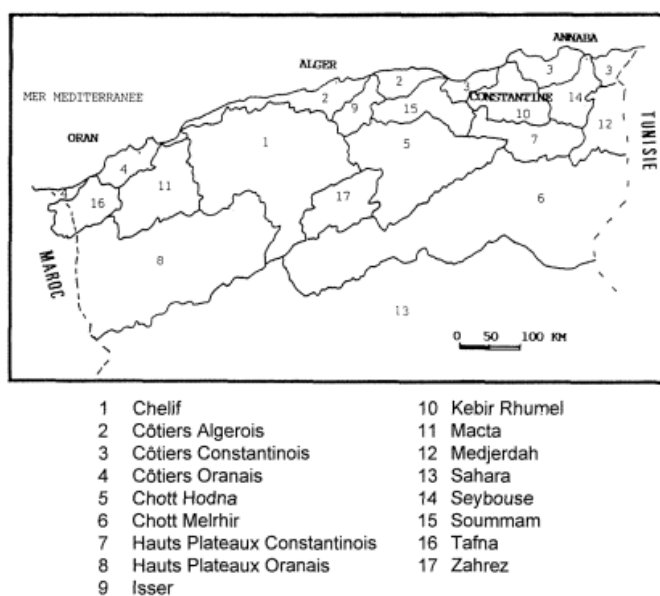
Tout le monde s'accorde à dire que sous l'effet du changement climatique actuel, le climat du globe est en perpétuelle mutation. Cependant les conséquences de ce changement diffèrent d'une région à une autre. Pour les unes, cela s'est traduit par une augmentation de l'écoulement lié à un accroissement de la pluviosité, pour d'autres une sécheresse latente qui dure depuis plusieurs décennies. Dans ce contexte, l'Algérie souffre depuis plus de trois décennies d'une instabilité dans les apports pluviométriques. Cette

variabilité de la pluviosité se manifeste par de longues périodes de sécheresse avec pour conséquence des effets négatifs sur le cycle hydrologique, l'environnement et les activités socio-économiques...

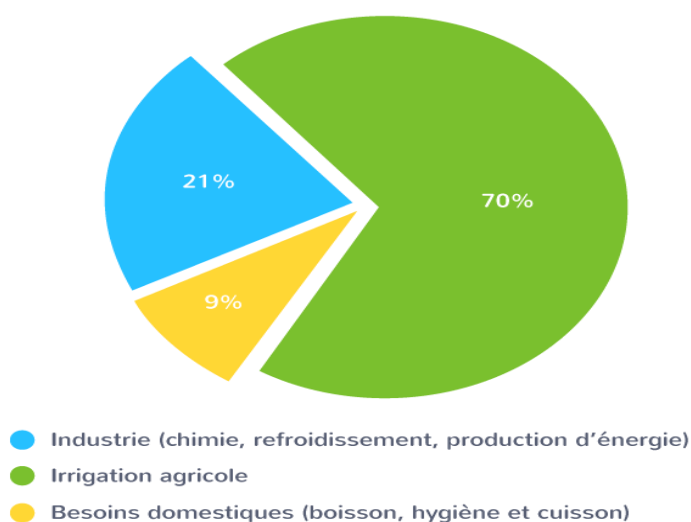
L'Algérie compte 17 bassins-versants (Fig 1.1). Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables.

Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants.

L'utilisation de l'eau est liée aux activités économiques. La connaissance des ressources en eau est la condition nécessaire pour une bonne gestion. Les instruments de gestion sont un outil indispensable pour l'organisation des institutions juridiques, économiques et administratives de ladite gestion.



**Figure 1.2** les bassins versants en Algérie



**Figure 1. 3** Les ressources en eau en Algérie (source ANRH)

### 1.1.3 Les Ressources en eau dans le bassin hodna

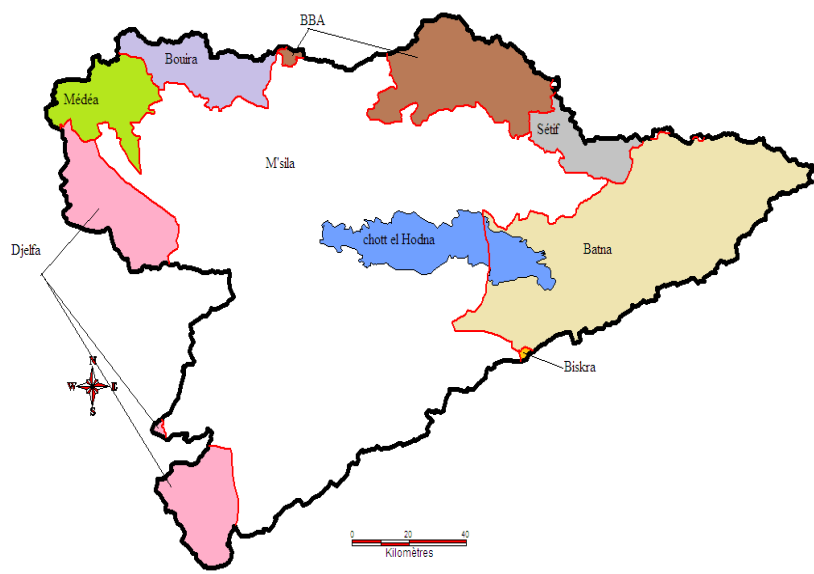
Le bassin versant du Hodna est le 5ème grand bassin en Algérie. Il est situé au centre del'Algérie avec une superficie de 26000 km2 environ, il se limite par deux série de montagnes au nord et au sud autour d'une dépression naturelle « dite Chott El Hodna» presque plate d'une altitude de 400 m. Le bassin du Hodna (selon l'ANRH) est divisé en 23 sous bassins versant, mais en respectant l'hydrographie de ses sous bassins, on peut les regrouper en huit grands sous bassins.

Pour étudier la ressource en eau dans le bassin du Hodna on dispose de 38 stations pluviométriques et 7 stations hydrométriques. Les stations pluviométriques ne sont pas toutes en bon état, elles présentent, relativement, beaucoup de lacunes, pour combler ces lacunes on était appelé à utiliser pour chaque station les données des stations avoisinantes.

**Tableau 1** Les propriétés des bassin du Hodna

NOM	Code	Surface	Périmètre
BV	bv	Km <sup>2</sup>	Km
HODNA	05	25820707147	1055660

Source ANRH



**Figure 1.4** bassin versantdehodna

## 1.2 Le réseau hydrométrique

### 1.2.1 hydrométrie

Elle représente la méthodologie et la technique de la mesure des hauteurs d'eau et des débits dans les cours d'eau.

### 1.2.2 station hydrométrique

Elles sont installées dans une section d'un cours d'eau où sont mesurées:

La cote de la surface d'eau libre (limnimétrie) :  $h$  (m)-

– le débit du cours d'eau (débitmétrie) :  $Q$  (l/s ou m<sup>3</sup>/s)

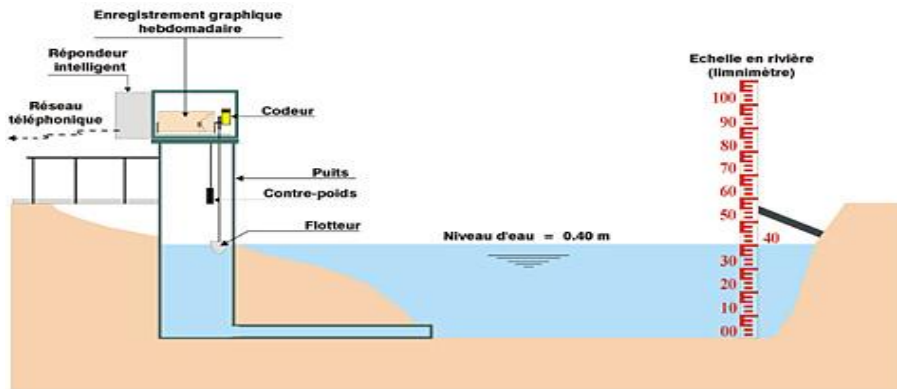


Figure 1.5 Station hydrométrique

#### 1.2.2.1 Jaugeages

Le Jaugeages consiste à déterminer de la courbe d'étalonnage du cours d'eau

$$Q=f(h)$$

#### 1.2.2.2 Une échelle limnimétrique

Une échelle limnimétrique est un « dispositif installé pour mesurer le niveau de la surface de l'eau par rapport à la cote du zéro à l'échelle »

En lave ou tôle émaillée, elle est placée à la verticale ou en inclinaison, sur le bord de cours d'eau ou dans les canaux de comptages (entrée et/ou sortie) des ouvrages de traitement des eaux.



Figure 1.6 Une échelle limnimétrique

### 1.2.2.3 Une courbe de tarage

La courbe de tarage est propre à chaque échelle limnimétrique

Sur une station dont on souhaite tarer l'échelle, on réalise une série de campagnes de mesures à différentes périodes de l'année de façon à intervenir pour des régimes hydrologiques variables, autrement dit à des hauteurs d'eau différentes.

Lors de chacune des campagnes, on note le niveau de l'échelle puis on réalise, dans le lit du cours d'eau et à l'aide du matériel adapté, les mesures nécessaires au calcul du débit instantané. Selon les stations, le nombre de campagnes de mesures nécessaires au tarage de l'échelle est variable.

On reporte ensuite les résultats obtenus sur un graphique comportant deux axes (X = hauteur d'eau (cm) et Y = débit (m<sup>3</sup>/s)). Chacune des campagnes de mesures permet de positionner un point sur le graphique

Enfin, on trace une courbe de tendance correspondant à la courbe lissée la plus représentative possible de l'allure générale dessinée par l'ensemble des points).

### 1.2.2.4 le cours d'eau

Le cours d'eau est un terme général pour les chenaux naturels superficiels, parfois souterrains. Traditionnellement, les flux d'eau regroupent le ru ou ruisseau, le ruisseau, le torrent, la ravine, la rivière et le fleuve, mais aussi le bras mort.

### 1.2.2.5 la nature du lit

#### 1.2.2.5.1 la rugosité

Ce paramètre est caractérisé par le coefficient de Strickler ou de Manning, selon la nature du matériau qui constitue le lit

**Tableau 1.1** les nature de lit

NATURE DE LIT	n	K= 1/n
Lits naturelles propres a fond lisse	0.020	50
Lits naturelles propres a fond rugueux	0.030	33
Lits naturelles avec végétation	0.05 a 0.1	10a20

Source ANRH

**K** : le coefficient de Manning- Strickler

**n** : coefficient de Manning-Strickler

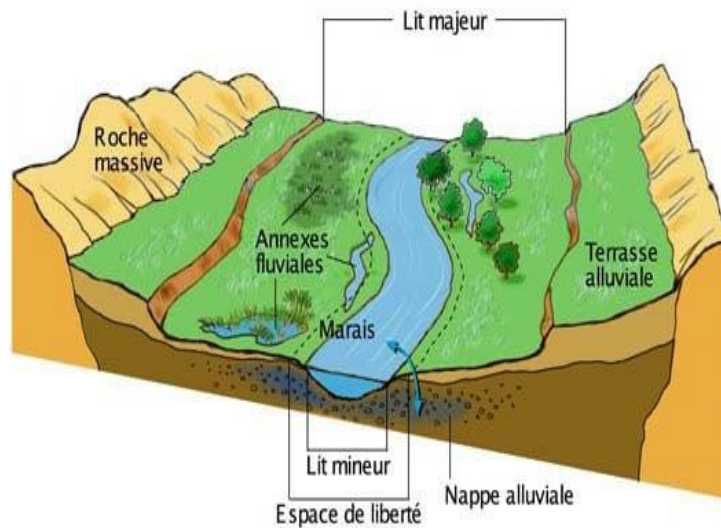
En tenant en compte de ce paramètre, le débit véhiculé par le cours d'eau peut être calculé par la formule suivante

$$Q = S \cdot V = S \cdot (R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot 1/n)$$

**S** : Surface mouillée

**R<sup>h</sup>** : Rayon hydraulique

**I** : pente hydraulique



**Figure 1.6** Lit majeur et lit mineur

### 1.3 Contrôle hydraulique

L'écoulement dans une section limnimétrique se trouve sous contrôle lorsque la géométrie d'un bief restant invariable, un même débit s'écoule toujours sous la même hauteur.

#### 1.3.1 types de contrôle

on peut distinguer deux types de contrôle :

- Channel control (écoulement pseudo-uniforme)–
- Section de contrôle (écoulement critique)

#### **A. Channel control (écoulement pseudo-uniforme)**

Conditions géométriques et hydrauliques:

- Bief de géométrie régulière

Débit suffisant pour occuper le lit apparent sur toute sa largeur-

Pente suffisante pour assurer un bon transit du débit-

•Dans ces conditions, il s'établit un régime d'écoulement pseudo-uniforme :

-Les caractéristiques de l'écoulement sont identiques d'une section à l'autre (même surface mouillée, même hauteur d'eau, même vitesse, ....)

-La pente de la ligne d'eau est à peu près la même que la pente du fond

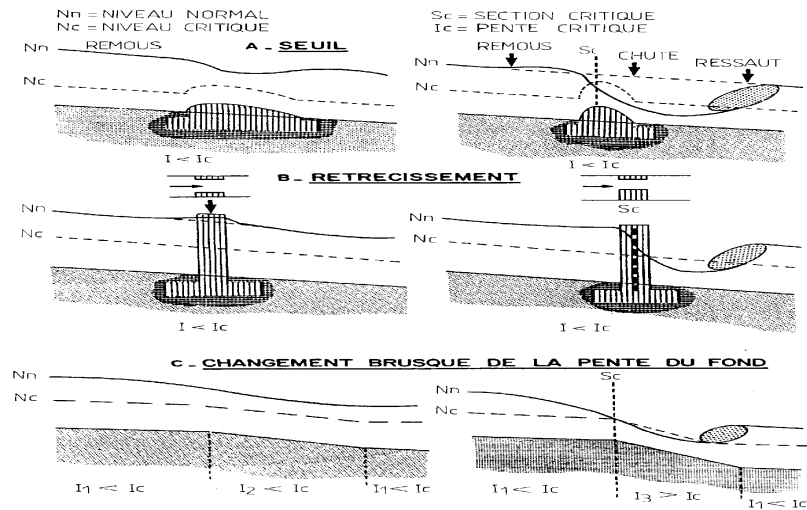
**•Formule de Manning Strickler:**

$$Q = S \cdot V = S \cdot (Rh^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot 1/n)$$

**Rh** : rayon hydraulique

**i** : pente hydraulique

**1/n** : coefficient de Manning



**Figure 1.7** Effet d' une singularité sur la ligne d' eau

**1.3.2 Fonctionnement du contrôle**

Le contrôle hydraulique qui s'effectue de l'aval vers l'amont s'exerce sur la seule caractéristique longitudinale de l'écoulement: la pente hydraulique.

Si la formule de STRICKLER est applicable - bief de géométrie régulière à régime peu varié-la pente hydraulique est liée au débit par l'expression:

$$Q = K \cdot S R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Dans cette expression K, S et R se rapportent à la section de l'échelle J, par contre, dépend à la fois de la hauteur d'eau dans la section, c'est à dire de la hauteur normale  $h_n$  et de la hauteur d'eau dans la section de contrôle  $h_c$ .

Lorsque le débit augmente, la variation de J dépend de la différence  $h_n - h_c$ .

Trois situations sont possibles:

J augmente avec le débit: c'est le cas lorsque la section de contrôle est localisée à un élargissement brusque du lit mineur, sur un seuil déversant ou à une rupture de pente (cas A);

J reste constante quand le débit augmente: c'est le cas du Channel-Control; la pente hydraulique reste à peu près égale à la pente longitudinale (cas B);

J décroît quand le débit s'élève lorsque la section de contrôle est située à un rétrécissement brusque (forte contraction latérale par exemple, cas C).

La multiplicité des contrôles d'une même échelle limnimétrique peut évidemment conduire à un schéma beaucoup plus complexe, même si les conditions d'écoulement restent acceptables pour l'application de la formule de STRICKLER. La variation de J avec h peut être successivement croissante puis décroissante, puis à nouveau croissante. Ce qui importe en termes de contrôle hydraulique, c'est la stabilité temporelle et spatiale des conditions d'écoulement.

La figure 1.6 présente l'impact des différents types de contrôle sur la pente hydraulique.

En résumé:

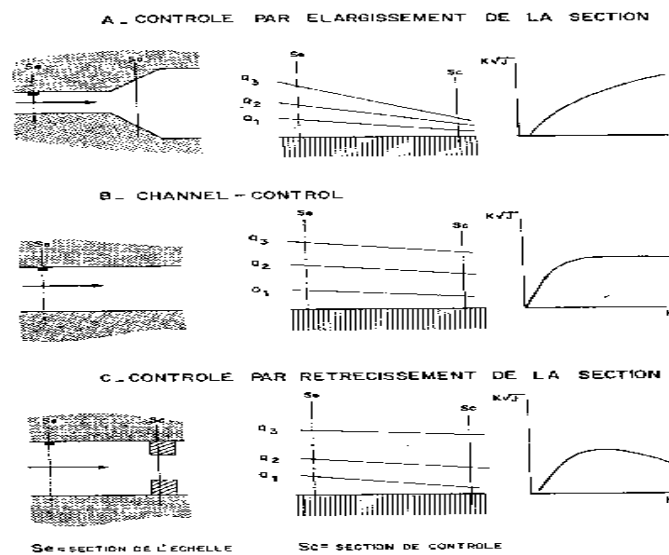
Un écoulement dans un bief s'effectue sous contrôle hydraulique lorsqu'à chaque débit, correspondent des caractéristiques hydrauliques bien définies, en particulier une même hauteur d'eau;

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.



**Figure 1.8** Variation de la pente hydraulique (tiré de G. JACCON)

### 1.3.3 CHOIX DU SITE

Sont pris en compte dans ce choix deux types de critères. Les uns concernent le mode et la facilité de la gestion de la station: accessibilité, surveillance, présence d'un observateur etc. Les autres portent sur les propriétés naturelles du site du point de vue géométrique et du régime hydraulique: adaptation aux mesures hydrométriques, stabilité du bief et du contrôle, sensibilité.

#### 1.3.3.1 Adaptation aux mesures

Le site choisi doit permettre l'observation de tous les niveaux d'eau et le mesurage de tous les débits, qu'ils soient très faibles ou très élevés.

Ceci implique que la totalité du débit passe dans la section de mesures (lit à chenal unique) et qu'un équipement limnimétrique puisse y être solidement installé sans risques de destruction, de submersion et d'émersion.

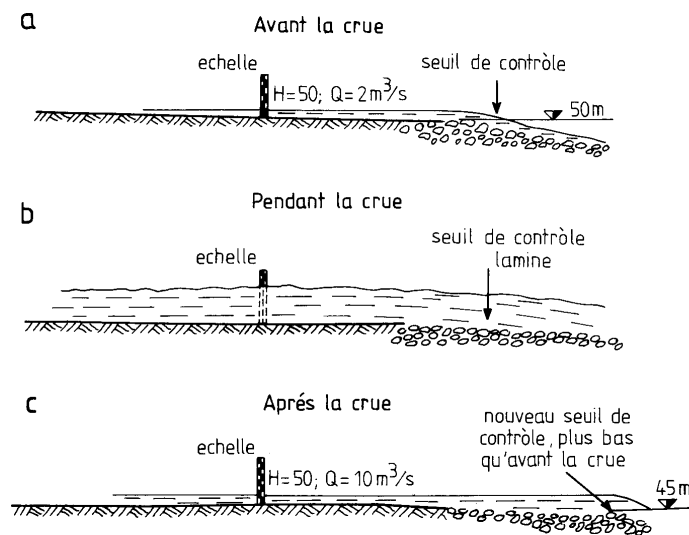


Figure 1.9 Evolution d'un seuil instable au cours d'une crue.

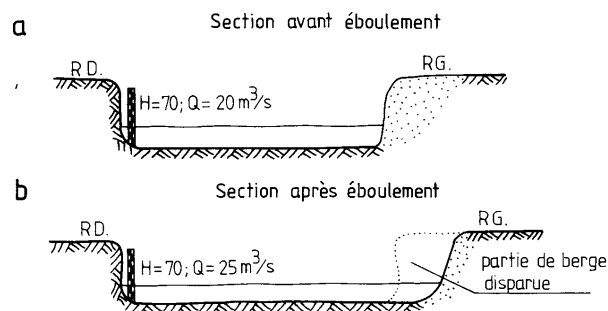


Figure 1.10 Evolution d'une section à berges instables.

Ceci suppose aussi que les mesures soient effectuées dans de bonnes conditions: échelle bien lisible sans risque, surface libre plate et stable (quel que soit le débit), écoulement lent pour les jaugeages au moulinet ou à fort brassage latéral pour les techniques de dilution chimique. Cette première condition de bonne adaptation de la station aux mesures apparaît évidente mais beaucoup d'hydrologues oublient très souvent d'en tenir compte: c'est la raison pour laquelle de nombreuses stations installées dans des sites inadaptés se sont avérées inexploitable, malgré d'importants investissements faits pour tenter d'assurer leur sauvegarde.

## 1.4 Stabilité

La relation hauteur-débit d'une station hydrométrique doit être aussi stable que possible. Il faut pour cela choisir un bief, creusé dans un matériau résistant ou du moins de bonne cohésion et surtout rechercher, de manière systématique, les contrôles permanents et si possible complets.

Cette seconde condition impose le choix d'un bief à régime fluvial contrôlé par l'aval, ainsi qu'une localisation des seuils ou sections de contrôle avec évaluation des limites d'efficacité de chacune d'elles.

Il est toujours difficile en pratique de connaître avec précision la permanence d'un contrôle: lors d'une simple prospection de terrain, même si l'on dispose de documents topographiques précis, la stabilité du lit n'est pas facile à apprécier, surtout dans le cas de lits alluvionnaires.

Pour ces derniers, la seule procédure sûre dans ce domaine est de contrôler la géométrie du site choisi durant 6 à 12 mois par des levés périodiques du profil transversal. Mais il est bien rare que l'hydrologue dispose d'un tel délai avant de mettre en place une échelle.

### 1.4.1 Sensibilité

La sensibilité d'une 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. Elle peut être exprimée par

le rapport  $\frac{\Delta Q}{\Delta h}$  ou mieux encore, puisque la précision relative sur le débit importe plus que la précision

absolue, par le rapport  $\frac{\Delta Q/Q}{\Delta h}$ .

La valeur du rapport  $\frac{\Delta Q/Q}{\Delta h}$  exprimée en % par centimètre est variable suivant le niveau mais doit rester aussi faible que possible. Il faut ajouter qu'il n'existe en fait pas de méthode pour définir une valeur étalon de la sensibilité permettant de comparer les stations entre elles. Une définition de la sensibilité a été proposée par J.C. LAMBLE du ScottishDevelopmentDepartment, Edinburg: C'est l'augmentation de la hauteur d'eau en mm correspondant à une augmentation de débit de 1% pour la cote à l'échelle dépassée 95% du temps en moyenne interannuelle. La formule de STRICKLER appliquée à un bief de largeur l et de section rectangulaire s'écrit:

$$Q = K \cdot I \cdot hm^{5/3} J^{1/2}$$

avec:  $S = l hm$ ,

$$R = hm,$$

n dérivant cette expression, on obtient:

$$\frac{dQ}{dh} = \frac{5}{3} K l hm^{2/3} J^{1/2} = \frac{5}{3} l U$$

et :

$$\frac{dQ/Q}{dh} = \frac{5}{3 hm}$$

Ces deux relations montrent que pour un débit donné, la sensibilité est d'autant meilleure que largeur et vitesse moyenne sont faibles et que la profondeur est importante.

La sensibilité d'une station est meilleure dans les sections étroites et profondes (marnage fort) et à régime d'écoulement lent (donc fluvial En résumé:

Les qualités hydrauliques d'une station hydrométrique sont par ordre de priorité:

son adaptation à des mesures complètes et de bonne qualité;

sa stabilité pour diminuer le nombre des mesurages de débits, opération toujours coûteuse et difficile;

sa sensibilité pour améliorer la précision.

Les figures 4 et 4.1 présentent réciproquement la variation du profil en travers après une crue et l'effet de la forme du profil en travers sur la sensibilité de la section de mesure.

La figure 4.2 montre que pour les cotes comprises entre A et B, la section est sensible. Pour les cotes supérieures à B la section est sensible.

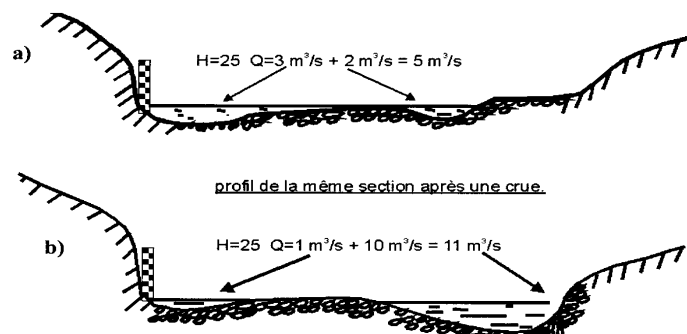


Figure 1.11 . Variation du profil en travers après une crue

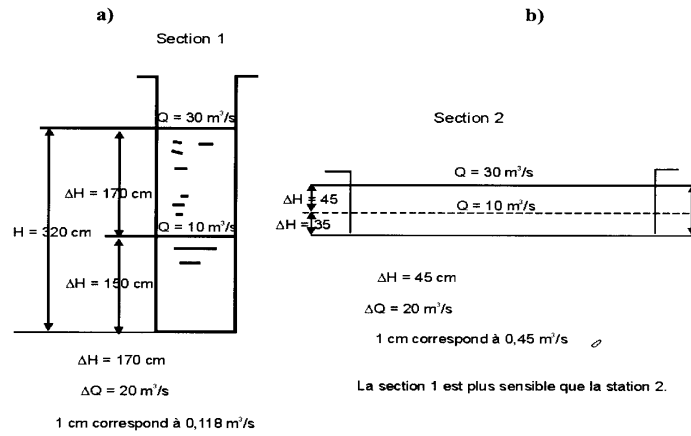


Figure 1.12 Sensibilité d'une section de mesure limnimétrique

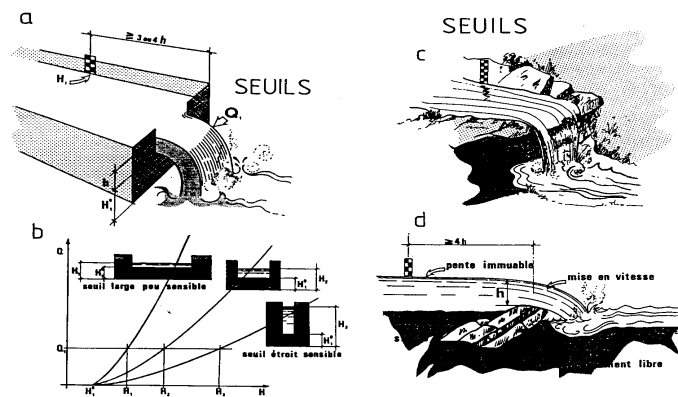


Figure 1.13 Différents types de seuil

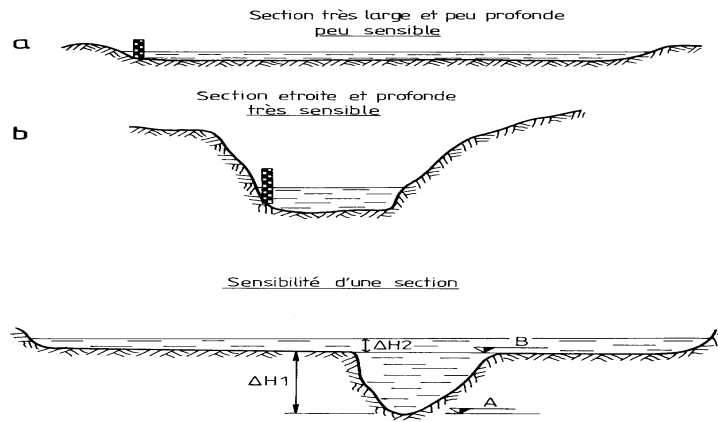
## 1.5 Sections caractéristiques

Il est assez peu fréquent que la station hydrométrique se réduise à une seule section transversale. Des sections différentes sont généralement utilisées pour le mesurage des hauteurs et des débits. La station hydrométrique peut donc s'étendre sur un bief de plusieurs kilomètres de long. Mais la seule section de référence pour la définition de la relation hauteur-débit, est la section de l'échelle.

Section de l'échelle. Une station hydrométrique possède toujours une échelle limnimétrique: c'est le seul élément permanent strictement indispensable. La section de l'échelle est la section verticale qui comprend la graduation zéro, donc en général l'élément inférieur de l'échelle.

Lorsque la station comprend plusieurs batteries d'échelles, implantées dans des sections transversales différentes, soit pour mesurer la pente hydraulique, soit pour suivre les variations de niveau pendant les jaugeages ou encore pour doubler temporairement une échelle menacée de destruction, l'une d'elle doit impérativement être désignée comme échelle principale, en fonction des trois critères de choix définis au paragraphe précédent

La figure 5 présente l'effet de la forme du lit de la rivière sur la sensibilité d'une station hydrométrique



**Figure 1.14** Sections à débordement

### 1.5.1 Les capteurs de mesure directe de pression

Principe: Les capteurs de pression sont basés sur le principe de la transformation en grandeur électrique de la déformation mécanique d'une membrane élastique. Les technologies mises en œuvre pour effectuer cette transformation sont les suivantes:

Variation d'un champ électrique, soit par un transformateur à noyau de ferrite mobile soit par un condensateur à air dont une armature est mobile.

Variation de la conductivité, soit dans une jauge de contrainte dans laquelle plusieurs jauges collées à la membrane voient leur résistance varier avec leur élongation, soit dans une capsule piézo-résistive réalisée par diffusion de ponts de résistance, reliés entre eux et dont l'équilibre est modifié par la variation de pression. Ce principe est le plus utilisé.

Piézo-électricité: un quartz, ou une céramique, soumis à une contrainte mécanique, modifie proportionnellement une tension alternative qui le traverse; les capteurs piézo-électriques sont les plus précis, mais leur coût limite actuellement leur emploi aux appareils de laboratoire.

Un capteur de pression est constitué de plusieurs éléments qui sont:

Le transducteur, basé sur l'un des principes ci-dessus; noter la mise à l'air libre par un conduit, indispensable puisque les variations de pression mesurées sont relatives à la pression atmosphériques;

Le module d'alimentation, variant suivant les capteurs de 220 VA à 5 VC par batterie et panneau solaire;

L'ensemble préamplificateur/amplificateur dont le rôle est de traiter les signaux issus du transducteur.

Sensibilité: de 0.5 mm à 1 cm suivant la gamme de mesure.

Précision: excellente dans les écoulements non chargés.

Stabilité de la réponse: les capteurs de pression à membrane métallique sont très sensibles aux variations de température (compensation indispensable au niveau du transducteur) et à une dérive du zéro dans le temps par suite de fluage (correction par calages périodiques).

Avantages: Installation bien facilitée par le faible encombrement du capteur qu'il suffit de protéger contre les chocs et par la distance entre capteur et enregistreur qui n'est limitée que par la longueur du câble (jusqu'à 1 km si le signal a été numérisé); bonne sensibilité et excellente précision; grande autonomie de fonctionnement sur le terrain.

Inconvénients: Existence d'une hystérésis liée à la membrane qui entraîne une non linéarité de la réponse (doit être aussi faible que possible), dysfonctionnements liés à des problèmes de condensation dans la conduite de mise à l'air libre du transducteur (surtout si cette conduite est un capillaire), compensation de température indispensable et adaptée à chaque transducteur. (Beddiaf, A., & Kerrou, F. (2017). Etude, modélisation et simulation thermomécanique de capteur de pression au silicium.

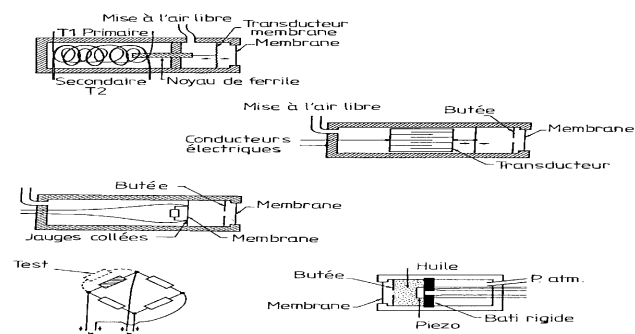


FIGURE 1.15 Types de capteurs de pression

## 1.5.2 Le bassin versant du Hodna (Algérie) ressources en eau et possibilités d'aménagement

Fortement marqué par un climat méditerranéen à tendance aride, le Hodna a hérité d'une société pastorale imprégnée de traditions nomades. Ceci a engendré une organisation de son espace fondée sur la complémentarité de différents milieux. Cette complémentarité est liée à une mouvance constante des populations et des troupeaux, donc à des déplacements, de portée variable. L'aridité du climat met en évidence la faiblesse des précipitations sur la majeure partie du bassin-versant. La chaîne montagneuse du Hodna se dresse en barrière aux perturbations venant du Nord. Elle constitue la limite Sud des influences Méditerranéennes. Cette situation est souvent aggravée par une évapo-transpiration élevée et une faible couverture végétale favorisant le travail de l'érosion. Aridité du climat n'est pas forcément synonyme d'absence d'eau : les Hodneens ont depuis longtemps pratiqué une irrigation, certes basée sur l'inondation dirigée, elle atteste de la présence d'écoulement. Les précipitations, bien que faibles, tombent sous forme d'averses traduisant ainsi des écoulements en crues. Les Oueds, enrichis par les nombreuses sources qui sourdent aux pieds des montagnes, ont des apports non négligeables. Ce paradoxe : Climat aride-richesse en eau, est confirmé par les grandes potentialités en eau souterraine offertes par les aquifères en place (nappe phréatique et nappe en charge). L'amélioration de la situation hydraulique est très possible. Elle réside dans la récupération des eaux de pluies par des retenues et l'exploitation rationnelle des eaux souterraines pour enfin espérer un aménagement intégré du Hodna.

## **Conclusion**

La plupart des stations hydrométriques automatiques mesurent uniquement la hauteur d'eau. Le débit est ensuite recalculé à partir d'une relation liant le débit à la hauteur d'eau : la courbe de tarage. Mais cette relation est propre à chaque site de mesure, et peut varier dans le temps, en particulier à la suite d'une crue si celle-ci a creusé ou déposé des sédiments dans le lit du cours d'eau. Il est donc nécessaire de mesurer régulièrement le débit pour définir la relation hauteur-débit et suivre son évolution. Une mesure ponctuelle de débit est appelé jaugeage.

# **Chapitre 02**

**Les Ressources en eau De Surface Dans**

**Le Bassin Versant Hodna**

## 2.1 Introduction

Dans ce chapitre nous étudions les ressources en eau de surface et nous calculons les Apports liquide des sous Bassins jaugés en période (1973-1993), En ce qui concerne, l'estimation des apports liquide des sous - bassins non jaugés, elle est faite par deux méthodes.

Le bassin versant du Hodna est situé au centre de l'Algérie, il est le 5ème bassin de l'Algérie, il occupe une superficie de 26000 km<sup>2</sup> environ divisée en 23 sous bassin versant.

La disposition des reliefs montagneux du nord et du sud organisent le bassin versant du Hodna autour d'une cuvette fermée, située à 400 m d'altitude, et qui reçoit l'écoulement des eaux superficielles et souterraines de cette région. Au fond de la cuvette, le chott El Hodna a une superficie de 1150 km<sup>2</sup>.

Les oueds provenant des régions telliennes (nord) sont à l'origine de la richesse du Hodna. Le plus important est L'oued Ksob. Il se distingue par sa longueur (environ 200 km), la superficie de son bassin-versant (1480 km<sup>2</sup> dont 1330 dans le domaine tellien) et surtout par un écoulement qui se maintient même en période estivale. L'Oued Barika est plus « hodnéen » : seules ses parties supérieures qui traversant les régions telliennes ont un écoulement permanent les Oueds Berhoum ,Enfida ,Soubella et Nakbar doivent leur débit relativement régulier à de nombreuses sources situées au pied des reliefs

Au nord-ouest, l'oued El Leham a un bassin-versant de 5460 km<sup>2</sup>. Il s'étend sur le Djerr (piedmont) et la plaine de Hodna son écoulement est irrégulier

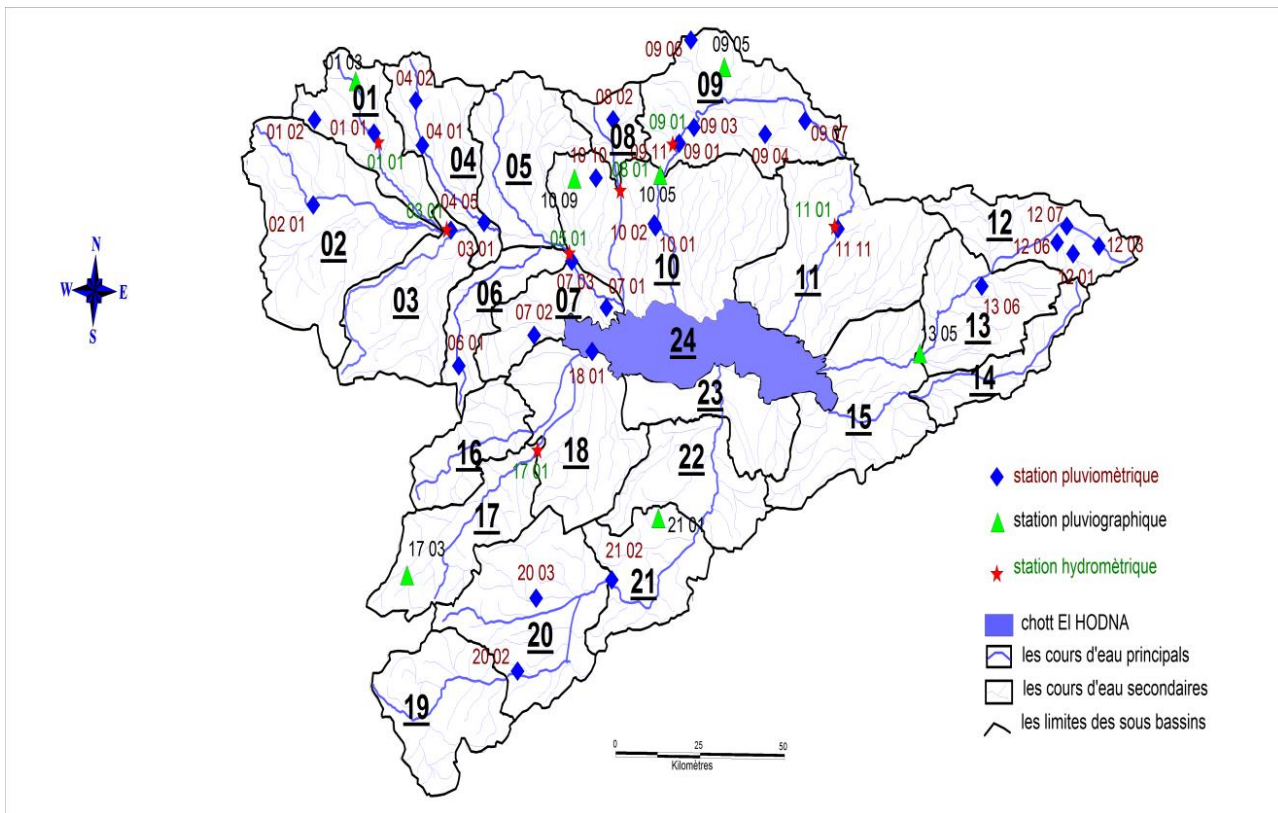
Au sud, l'oued Bousaada ne coule qu'une partie de l'année Il est alimenté par des sources qui sourdent des grés albiens à 7 km en amont de la ville de Bousaada L'oued Mcif , tronçon inférieur de l'immense oued Melah a un écoulement rarement continu de bout en bout de son cours des sources naissent dans son lit même et alimentent l'écoulement mais les prélèvement fait pour l'irrigation affectent ce dernier .

## 2.2 Les Sous Bassin- Versant Du Hodna

Selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), le bassin du Hodna peut être divisé en 23 sous-bassins, mais, en suivant le cheminement des principaux cours d'eau, ces sous-bassins peuvent être rassemblés en 08 sous-bassins ayant un même talweg principaux ou même exutoires (Figure 1, Tableau 1)

**Tableau 2.1** Les sous-bassins du Hodna.

Sous-bassins [ANRH]		Sous-bassins hydrographiques	
Nom	Surfaces [km <sup>2</sup> ]	Nom	surface [km <sup>2</sup> ]
1 El ham	791.6	El ham	6129.6
2 Sbisbebe	1847		
3 Guernini	1050		
4 Djenene	842.3		
5 Torga	1035		
6 El karse	563.7		
7 El leham	629.7	El lahm	629.7
8 Lougman	336.9	Lougman	336.9
9 K'sob	1439	K'sob	3605
10 M'sila	2166		
11 Soubella	1828	Soubella	1828
12 Barika amont	886.2	Barika	3783
13 Barika aval	989.6		
14 Barriche	518.2		
15 Bithem Barika	1389		
16 Maiter amont	651.9	Bousâada	2912.9
17 Boussaâda	1008		
18 Maiter aval	1253		
19 Ain Rich	1090	M'cif	5235.2
20 Chair amont	1551		
21 Chair aval	857.4		
22 M'cif amont	959.7		
23 M'cif aval	777.1		
24 Chott El Hodna	1142	/	/



**Figure 2.1** Les sous-bassins versant du Hodna

### 2.3 Regroupement des sous bassins du Hodna

L'étude des 08 grande sous-bassins du Hodna de point de vue jaugeage montre que les seuls sous bassins disposant des stations hydrométrique fiable sont : K'sob, El ham, et Soubella, le reste des sous bassins (Bousaâda, M'sif, Lougman et El lahm et Barika) sont considérés comme non jautés. Pour pouvoir quantifier les apports liquides du grand bassin du Hodna on est amené à extrapoler les données dessous-bassins jautés au bassin non jautés. Dans ce but, on a cherché à grouper les sous-bassins du Hodna en deux classes hydrologiquement homogènes, ce groupement repose sur la justification de l'homogénéisation des paramètres influençant le ruissellement

Parmi ces facteurs on se limite dans notre étude sur les paramètres suivants : la pente, la Pluie et la géologie.

L'examen de ces critères montre que les sous-bassins du Hodna peuvent être classés en deux classes

Classe 1 : regroupant les sous-bassins du Nord du Hodna (Ksob, Lougmane, Barika et Soubella)

Classe 2 : regroupant les sous-bassins du sud du Hodna (El ham, El lahem, Bousaâda et M'sif)

-Les sous Bassins jautés (Ksob ,El ham ,Bousaada ,Soubella)

-Les Sous Bassins Non Jautés (Barika, Lougmane , M'cif ,El Leham).

## 2.4 Présentation des sous bassins jaugés

Le bassin du Hodna contient quatre stations hydrométriques qui sont : El ham, Bousaada, K'sob et Soubella

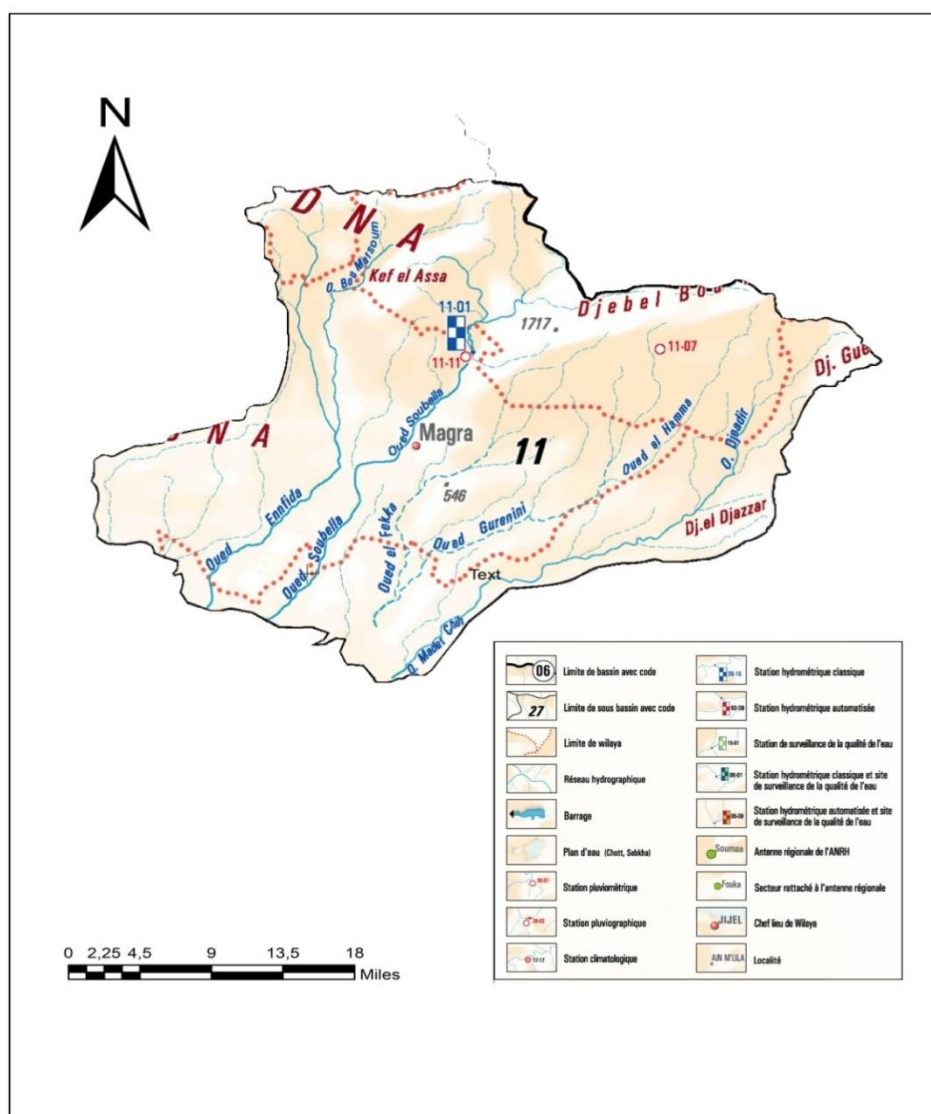
**Tableau 2.2.** Stations hydrométriques des sous-bassins jaugés

Sous bassin jaugés	El ham	Bousaada	K'sob	soubella
Station hydrométrique	Rocadesud	Moulineferrero	Medjez	Sidiouadah
Code de la station	05-07-03	05-17-01	05-09-01	05-11-01

### 2.4.1 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 183,48 km<sup>2</sup> et périmètre du bassin est 76,18 km., La pluies Moyenne interannuelle est de 332.35 mm associée à un Coefficient de variation  $cv=55\%$ , La température moyenne annuelle est comprise entre 10° et 22°c

Station hydrométrique	oued	Code
Sidi ouadah	soubella	05 11 01



**Figure 2.2.** Sous Bassin Soubella

**Tableau 2.3.** Les Apports liquides et la lame d'eau écoulee d'oued soubella (1973-2000)

Année	Apports liquide (hm <sup>3</sup> )	La lame d'eau Ecoulee (mm)
1973	3,00	18,99
1974	2,74	14,96
1975	3,49	19,06
1976	5,50	29,97
1977	3,77	20,56
1978	2,49	13,61

1979	3,04	16,61
1980	3,58	19,52
1981	7,41	40,39
1982	3,95	21,54
1983	2,55	13,92
1984	3,21	17,53
1985	9,77	53,26
1986	7,89	43,02
1987	6,63	36,14
1988	11,59	63,20
1989	3,97	21,66
1990	4,03	21,98
1991	2,59	14,15
1992	1,08	5,89
1993	0,87	4,74
		Moyenne=25,53

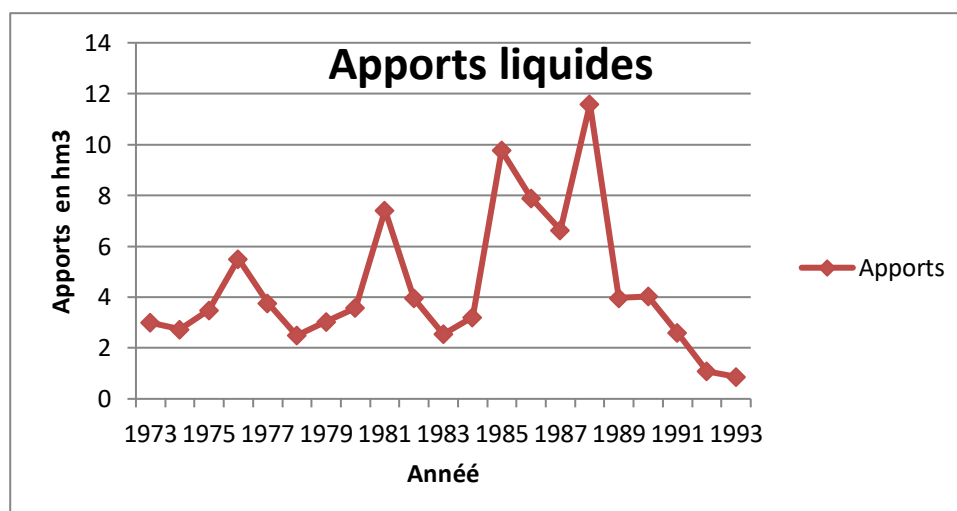
D'où :

$$Le = A/S \cdot 10^{-3}$$

**Le** : Lamme d'eau écoulee (mm)

**A** : Apport liquide annuel (hm<sup>3</sup>)

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



**Figure 2.3.** Les Apports liquide de sous bassin du soubella (1973-1993)

**Tableau 2.4.** Les Valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin soubella

Parameters de dispersion	Apports liquide (hm3)
Moyenne	4,66
Ecart Type	2,76
CV	0,59
Maximum	11,59
Minimum	0 ,87

-Le tableau 2. Et le figure 3 .montrent la variabilité des Apports liquide en fonction de temps à oued Soubella ou l'on note :

-La moyenne des séries d'étude est :

$$Al=4,66 \text{ (hm3)}$$

-En comparant les apports liquides avec la moyenne nous trouvons :

-Les apports liquides de toutes les années sont inférieurs à la moyenne interannuelle sauf 6 année : (76, 81, 85, 86, 87, 88)

-Le maximum de les apports liquide dans un an (1988)

$$Al=11,59 \text{ (hm3)} \quad (\text{année la plus humide})$$

-Le minimum des apports liquide dans un an (1993)

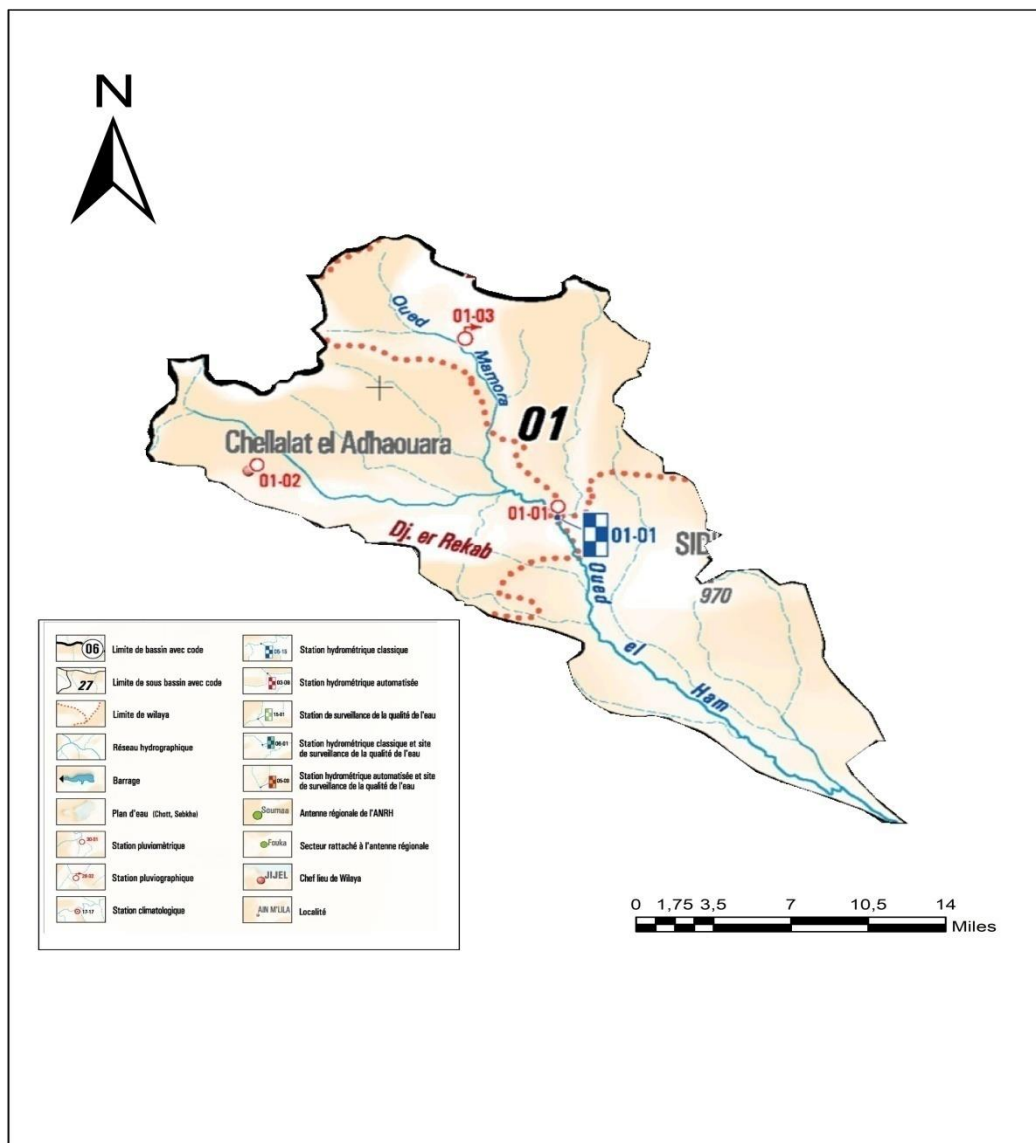
$$Al=0,87 \text{ (hm3)} \quad (\text{année la plus sèche})$$

### 2.4.2 Sous Bassin El ham

Le bassin de l'Oued El-Ham est l'un des plus grands sous bassins du Hodna, il occupe une superficie de 5600 km<sup>2</sup> (avec un périmètre de 360 km), réparti en six sous bassins (El-ham, Sbisseb, Guernini, Djenane, Terga, El-kersa), de forme allongée ( $Kc = 1,34$ ) avec une pente moyenne de 41,39 %, et une vitesse de ruissellement atteignant 3,05 km/h.

Le climat de ce bassin est typiquement semi-aride marqué d'une pluviométrie moyenne de 181,62 mm avec une évapotranspiration de 186,16 mm et d'une lame ruisselée de 20,15 mm. (Hedjazi A 2012)

Station hydrométrique	oued	Code
Rocade sud	El Ham	05 07 03



**Figure 2.4.** Sous Bassin El ham

**Tableau 2.5.** Les apports liquides et la lame d'eau ruisselée d'Oued El-ham (1973 -1993)

Année	Apports liquides (hm3)	La lame d'eau Ecoulee (mm)
1973	19,65	3,50
1974	9,67	1,72
1975	72,65	12,97
1976	34,30	6,12
1977	7,55	1,34

1978	16,43	2,93
1979	36,40	6,5
1980	7,51	1,34
1981	14,21	2,53
1982	15,55	2,77
1983	5,02	0,89
1984	16,19	2,89
1985	204,30	36,48
1986	78,82	14,07
1987	29,43	5,25
1988	55,75	9,95
1989	7,11	1,27
1990	13,34	2,38
1991	63,87	11,40
1992	10,46	1,86
1993	29,25	5,22
		Moyenne=6,66

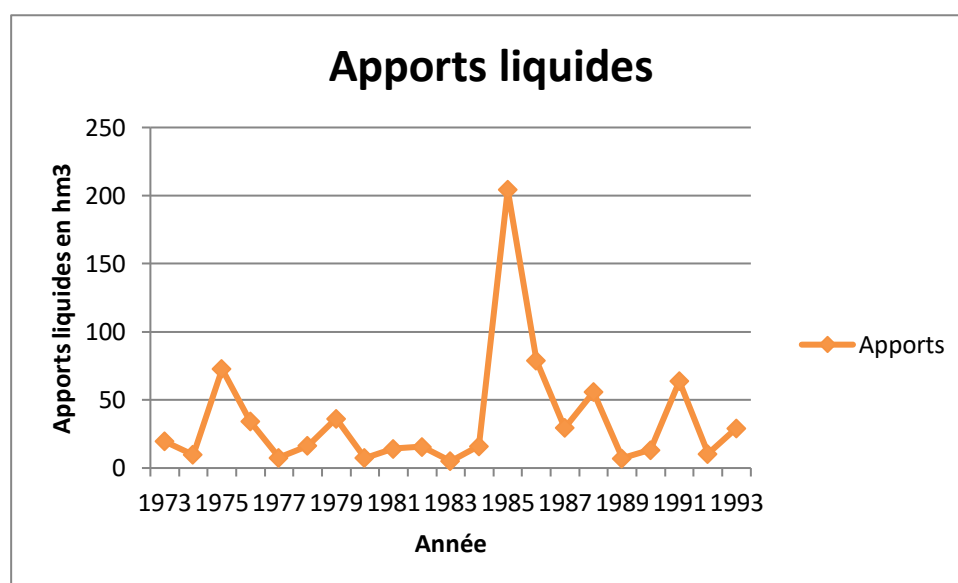
D'où :

$$Le = A/S.10^{-3}$$

**Le** : Lamme d'eau écoulee (mm)

**A** : Apport liquide annuel (hm<sup>3</sup>)

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



**Figure 2.5.** Les appports liquides de sous bassin du El ham(1973-1993)

**Tableau 2.6.** Les Valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin Elham

Paramètres de dispersion	Apports liquide (hm3)
Moyenne	37,37
Ecart Type	44,73
CV	1,19
Maximum	204,30
Minimum	5,020

-Le tableau 5 Et le figure 5 .montrent la variabilité des Apports liquide en fonction de temps à oued El Ham ou l'on note :

-La Moyenne des apports liquides sont :

$$Al=37,37 \text{ (hm3)}$$

-En comparant les apports liquides avec la moyenne nous trouvons :

-Les apports liquides de toutes les années sont inférieurs à la moyenne interannuelle sauf 5 années (1975 ,1985 ,1986 ,1988 ,1991)

-Le maximum da apport liquide dans un an (1985)  $Al=204,30$  (hm3)  
(année la plus humide)

-Le minimum da apport liquide dans un an (1983)  $Al=5,02$  (hm3)  
(Année la plus sèche)

### 2.4.3 Sous Bassin Ksob

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 1456 km, pour un Périmètre de 202 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 sous bassin ksob est de type contreforts avouâtes multiples, il mesure 46mètre de haut ,280mètres de longueur de carte et retient un volume un de 50 millions m d'eau.

D'une capacité de 50 million de mettre cubes d'eau destinés à l'irrigation de 13000 ha ,le barrage ne permet, aujourd'hui, que l'irrigation du tiers de cette superficie en raison d'un état d'envasement avancé.

Station hydrométrique	oued	Code
Medjez	K'sob	05 09 01

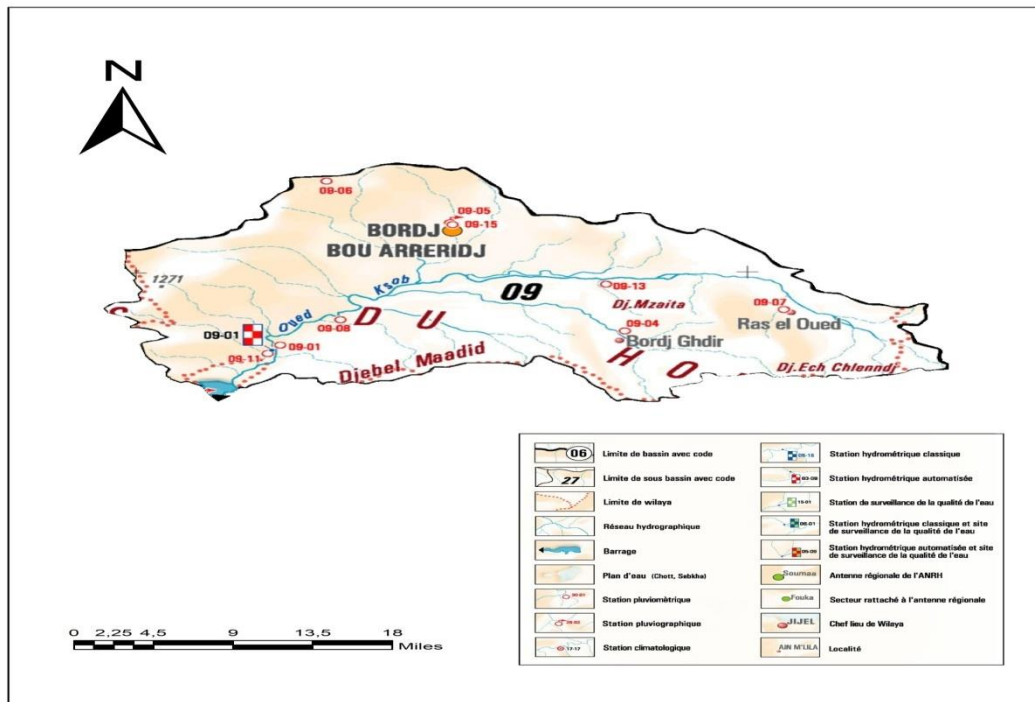


Figure 2.6. Sous Bassin Ksob

Tableau 2.7 Les Apports liquide et la lame d'eau écoulee au sous bassin Ksob(1973-1993)

Année	Apports liquides (hm3)	La lame d'eau Ecoulee (mm)
1973	36,49	25,16
1974	11,95	8,24
1975	54,99	37,92
1976	36,07	24,87
1977	8,10	5,58
1978	17,29	11,92
1979	13,78	9,50
1980	16,14	11,13
1982	32,04	22,09
1983	6,84	4,71

1984	15,94	10,99
1985	46,26	31,90
1986	44,34	30,57
1987	16,61	11,45
1988	22,96	15,83
1989	41,10	28,34
1990	21,57	14,87
1991	48,19	33,23
1992	23,89	16,47
1993	23,42	16,08
		Moyenne=26,53

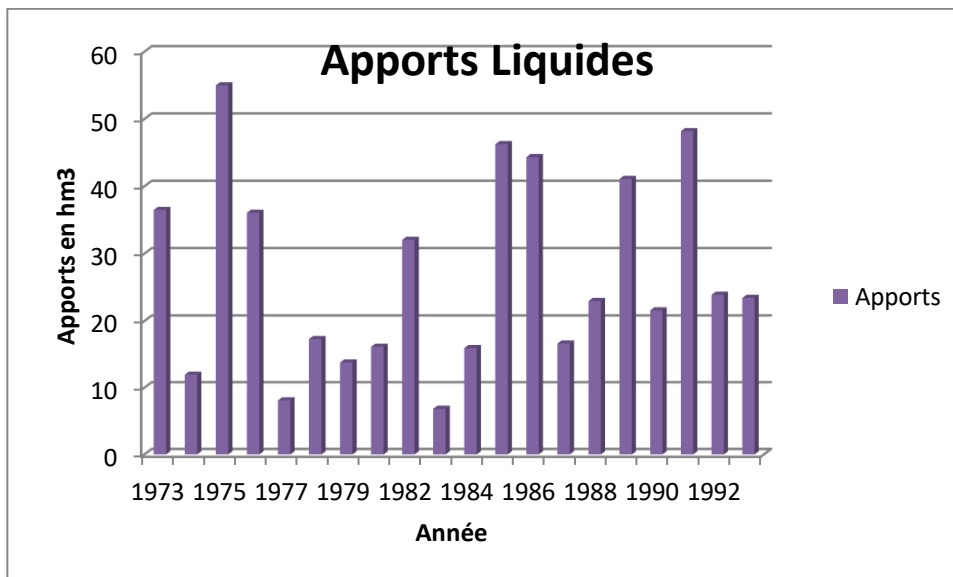
D'où :

$$Le = A/S.10^{-3}$$

**Le** : lame d'eau écoulée

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

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



**Figure 2.7.** les apports liquides de sous bassin duKsob (1973 -1993)

**Tableau 2.8.** Les valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin ksob

Paramètres de dispersion	Apports liquide (hm <sup>3</sup> )
Moyenne	26,89
Ecart Type	14 ,09
CV	0,52
Maximum	54,99
Minimum	8,1

-Le tableau 7 Et le figure 7 .montrent la variabilité des Apports liquide en fonction de temps à oued Ksobou l'on note :

-La moyenne de l'apport liquide :

$$Al : 26,89 \text{ (hm}^3\text{)}$$

--En comparant les apports liquides avec la moyenne nous trouvons :

-Les apports liquides de toutes les années sont inférieurs à la moyenne interannuelle sauf 8 années (1973 ,1975 ,1976 ,1982 ,1985 ,1986 ,1989 ,1991)

-Apport hydrique maximal dans un an (1975)

$$Al=54,99\text{(hm}^3\text{)} \text{ (année la plus humide)}$$

-Apport hydrique minimal dans un an (1977)

$$Al=8,1 \text{ (hm}^3\text{)}$$

#### **2.4.4 Sous Bassin Bousaada**

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

À sa surface du bassin est 1020km<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.

Le bassin versant (B.V) est l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau. Les débits vont donc être en partie reliés à sa surface, correspondant à l'aire délimitée par l'ensemble des points les plus hauts qui constituent la ligne de partage des eaux. Sa surface (A)

Pour les vallées traversant le périmètre de Boussaâda, on trouve :

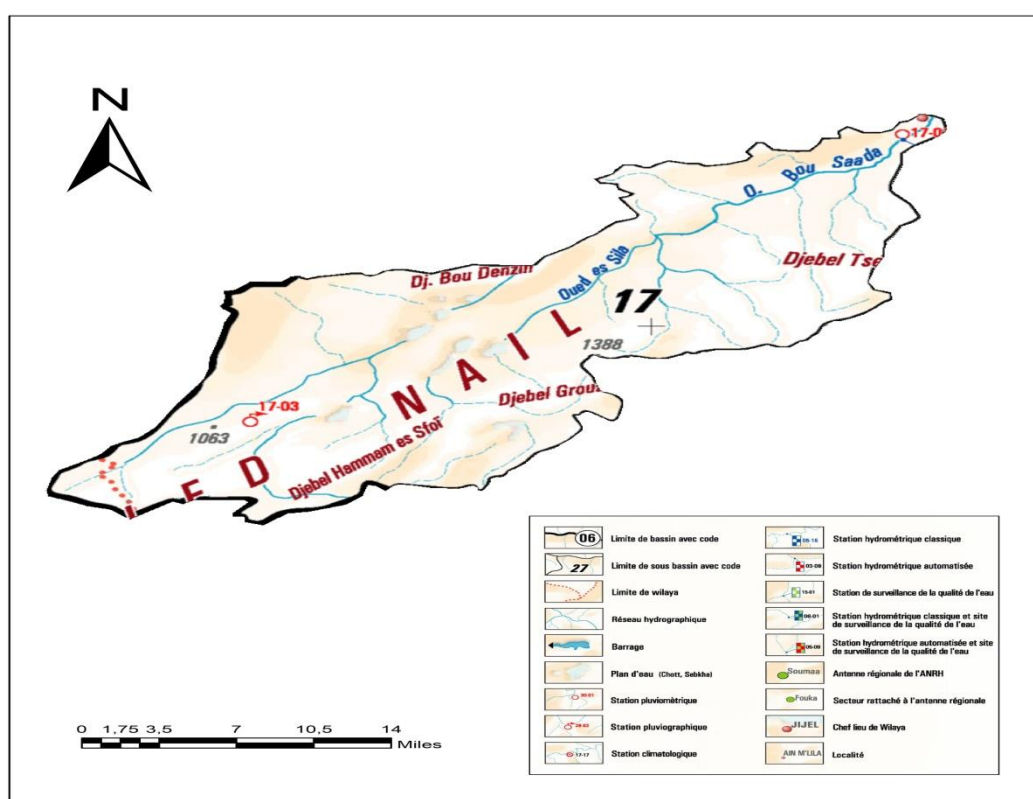
- La vallée de l'Oued Boussaâda qui forme une sorte de couloir entre le Djebel Moubakhera et Djebel Kerdada et coule au pied de ce dernier en se jetant dans la plaine Nord.

- La vallée de l'Oued Maiter située à l'Ouest de la ville de Boussaâda avec une altitude

De 587m à la limite Ouest de la commune et 547 m sur la RN 8, formant un couloir venteux Animé par les vents Ouest et Nord, engendrant des champs de dunes orientés Ouest-SudOuest-Est-Nord-est. Les formes récentes ne sont généralement pas stabilisées, ce sont parfois des dunes au pied des reliefs comme celui du Djebel Kerdada.

Sur la rive Est de l'Oued Maiter, on trouve des champs de Sebkhass où les larges lits de l'Oued Sont souvent à sec et sont soumis à la déflation des vents de l'Ouest

Station hydrométrique	oued	Code
Moulin ferrero	Bousaada	05 17 01



**Figure 8.** Sous Bassin de Bousaada

**Tableau 2.9.** Les Apports liquides et la lame d'eau écoulée au sous bassin Bousaada

Année	Apports liquide (hm <sup>3</sup> )	La lame d'eau écoulée (mm)
1973	3,48	3,41

1974	6,15	6,02
1975	12,45	12,20
1976	4,81	4,71
1977	3,35	3,28
1985	3,08	3,02
1986	2,85	2,79
1987	2,39	2,34
1988	2,40	2,35
1989	2,87	2,81
1990	2,60	2,55
1992	3,59	3,52
1993	3,12	3,06
		Moyenne=4,00

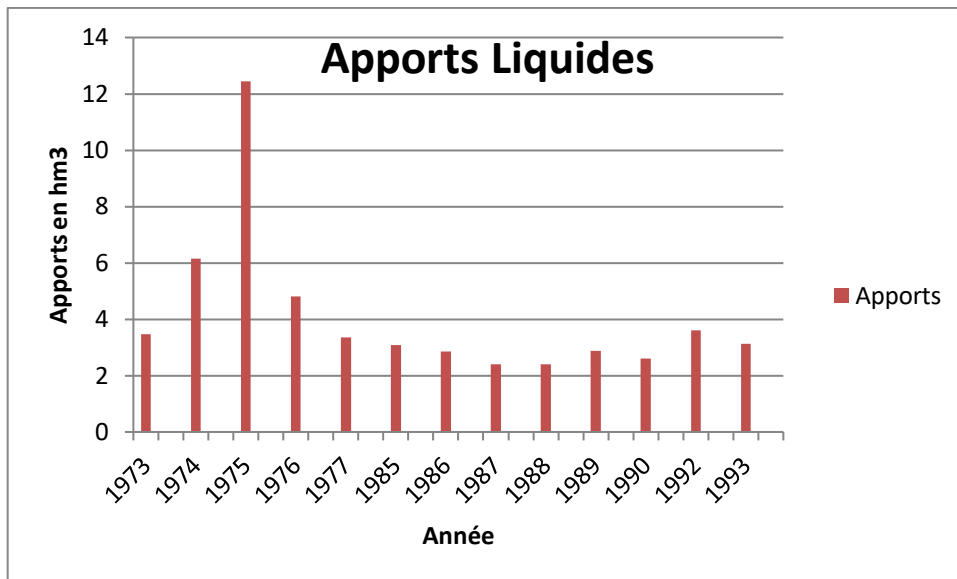
D'où

$$Le = A/S.10^{-3}$$

**Le** : lame d'eau écoulée (mm)

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

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



**Figure 2.9.** Les apports liquides de sous bassin du Boussaâda (1973 -1993).

**Tableau 2.10.** Les Valeurs statistiques des apports liquides au sous bassin Bousaada

Paramètres de dispersion	Apports liquide (hm3)
Moyenne	4,09
Ecart Type	2,82
CV	0,68
Maximum	12,45
Minimum	2,39

-Le tableau 9 Et le figure 9.montrent la variabilité des Apports liquide en fonction de temps à oued

Bousaadaou l'on note :

- Le tableau et le courbe représente les changements des apports liquide

En fonction de temps à oued Bousaada ou l'on note :

-la Moyenne des les apports liquides sont

$$Al=4,09 \text{ (hm3)}$$

-Apport hydrique maximal dans un an (1975)

$$Al=12,45 \text{ (hm3)} \quad (\text{année la plus humide})$$

Le minimum des apports liquide dans un an (1987)

$$Al=2,39 \text{ (hm3)} \quad (\text{année la plus sèche})$$

--En comparant les apports liquides avec la moyenne nous trouvons :

-Les apports liquides de toutes les années sont inférieurs à la moyenne interannuelle sauf 3 années (1974, 1975, 1976)

## 2.5 Les sous bassins non jaugés

Shatt El Hodna contient quatre sous Bassins Non jaugés

(M'cif, Barika, Lougmane, Leham)

### 2.5.1 Estimation des Apports liquides des sous Bassins non jaugés

Dans ce travail nous estimons les apports liquides dans les 3 sous bassins non jaugés (Lougmane, Barika, M'cif) du Hodna avec deux méthodes, une basée sur les données des sous-bassins jaugés et l'autre basée sur les formules empiriques

#### 2.5.1.1 Estimation des Apports liquides par les formules Empiriques

Dans ce paragraphe nous calculons les apports liquides par l'approche empirique en utilisant 6 modèles empiriques (SOGREAH, SAMIE .....

**2.5.1.1.1 Formule de SOGREAH :** Sogreah a mené son étude sur une zone comprenant les bassins de l'oued KebirRhumel N°(10), de l'oued Seybouse N° (14) et les petites bassins côtières situés entre Bejaia et la frontière tunisienne (n° 03), soit une superficie de 26000 Km<sup>2</sup> équipée de 86 stations (équivalent à 1 pluviomètre pour chaque 300 Km<sup>2</sup>), et de 15 pluviographes (équivalent à 1 pluviographe pour 1700 Km<sup>2</sup> en moyenne). Le traitement des données de cette région montre que la relation pluie (Pa)-lame écoulé (E) à l'échelle annuelle peut se formuler sous la forme suivant :

$$E = 720 \left( \frac{Pa - P0}{1000} \right)^{1,85} \text{ si } Pa > P0 + 68$$

$$E = 5 \text{ mm} \quad \text{si } Pa < P0 + 68$$

Avec :

**Pa:** pluie annuelle

**E :** lame écoulée annuelle

**P0 :** seuil (250 mm dans le nord, 150 mm sur les hautes plaines)

SOGREAH(1989)

### 2.5.1.1.2 La formule de SAMIE :

Les corrélations entre les débits et leurs hauteurs de pluies ont conduit SAMIE (dans ses études sur 12 stations hydrométriques ; dont les hauteurs des pluies s'échelonnent entre 300 et 400 mm) à établir la formule suivante :

$$L_e = \bar{P}^2 (293 - 2,2\sqrt{S})$$

$$\bar{A} = L_e \cdot S \cdot 10^3 (10^6 m^3)$$

Ou :

**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>).

**A** : Apport moyen annuel  $10^6 m^3$

LABRI. (1986)

**2.5.1.1.3 Formule de TURC** : Cette formule donne la lame d'eau écoulée d'un bassin à partir de la pluie moyenne annuelle et de sa variable thermique. Elle s'écrit :

$$L_e = \bar{P} - \frac{\bar{P}}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{V^2}}}$$

Ou:

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

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

**V** : variable thermique

$$V = 300 + 25T + 0,05T^3$$

**T** : température moyenne du B.V. (°C)

SARVARYI. (1978)

### 2.5.1.1.4 Formule de MEDINGUER:

Cette formule donne la lame d'eau écoulée d'un bassin à partir de la pluie moyenne annuelle. Elle s'écrit :

$$L_e = 1,024(P_{moy} - 0,26)^2$$

L<sub>e</sub> : Lame d'eau écoulée en (mm)

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

RATIAT (2006)

### 2.5.1.1.5 Formule de MALLET-GAUTIER :

Cette formule donne la lame d'eau écoulée d'un bassin à partir de la pluie moyenne annuelle. Elle s'écrit :

$$L_e = 0,6 \cdot P_{moy} (1 - 10^{-0,36 \cdot P_{moy}^2})$$

$P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle en (m)

$L_e$  : lame d'eau écoulée en m.

$$\bar{A} = L_e \cdot S \cdot 10^{-3}$$

KEMOUKES.(2008)

**2.5.1.1.6 Formule dite ALGERIENNE** : C'est une formule qui vient de l'Algérie, la lame d'eau écoulée moyenne annuelle est donnée par la relation :

$$L_e = \bar{P}_0 (1 - 10^{-k \cdot \bar{P}_0^2})$$

$L_e$  : lame d'eau écoulée en m

$\bar{P}_0$  : Pluie moyenne annuelle en m

$S$  : surface du bassin versant en km<sup>2</sup>.

$K$  : coefficient dépendant de la surface du bassin versant

$$k = 0,18 - 0,01 \cdot \lg_{10}(S)$$

BELLOULA M. (2008)

**2.5.1.1.7 Formule d'ANRH**: Cette formule donne directement l'apport moyen d'un bassin à partir de la pluie moyenne annuelle et de sa superficie. Elle s'écrit :

$$A_0 = 0,513 \cdot P_{moy}^{2,683} \cdot D_d^{0,5} \cdot S^{0,842}$$

$P_{moy}$ : Pluie moyenne annuelle [m].

$S$  : Superficie du bassin versant [Km<sup>2</sup>].

$D_d$  : Densité de drainage [km/km<sup>2</sup>].

BELLOULA M. (2008)

**2.5.1.1.8 Formule de l'DERYI** : La formule de DERY I donne directement l'apport moyen d'un bassin à partir de la pluie moyenne annuelle et de sa superficie. Elle s'écrit :

$$\bar{A} = 0,915 \times P^{2,684} \cdot S^{0,842}$$

$P$  : Pluie moyenne annuelle (m).

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

LABRI T. (1994)

**Tableau 2.11.** Les Apportes et la lame d'eau de l'oued Barika estimés par les formules empiriques

Formule Empiriques	Apports Estimé (hm <sup>3</sup> )	La lame d'eau (mm)
SOGREAH	19,078	5,00
SAMIE	41,52	10,89
MALLET-GAUTIER	60,47	15,87
ALGERIENNE	10,07	2,64
d'ANRH	31,52	8,27
I'DERY I	30,009	7,87

D'où

$$Le = A/S \cdot 10^{-3}$$

**Le** : lame d'eau écoulee (mm) ;

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

**S** = 3815,79 (km<sup>2</sup>). (La surface de l'oued Barika) ;

**Tableau 2.12.** Les Apportes et la lame d'eau de l'oued M'cif estimés par les formules Empiriques

Formule Empiriques	Apports Estimé (hm <sup>3</sup> )	La lame d'eau (mm)
SOGREAH	26,17	4,92
SAMIE	18,52	3,48
MALLET-GAUTIER	17,79	3,35
ALGERIENNE	7,43	1,39
d'ANRH	10,02	1,88
I'DERY I	9,45	1,78

D'où

$$Le = A/S \cdot 10^{-3}$$

**Le** : lame d'eau écoulee (mm) ;

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

**S** = 5311,26 (km<sup>2</sup>). (La surface du oued M'cif) ;

**Tableau 2.13.** Les Apports et la lame d'eau de l'oued Lougmane estimés par les formules Empiriques

Formule Empiriques	Apports Estimé (hm <sup>3</sup> )	La Lame d'eau (mm)
SOGREAH	3,98	11,93
SAMIE	5,68	17,02
MALLET- GAUTIER	2,96	8,87
ALGERIENNE	2,09	6,28
d' ANRH	0,97	2,92
I'DERY I	3,25	9,74

D'où

$$Le = A/S \cdot 10^{-3}$$

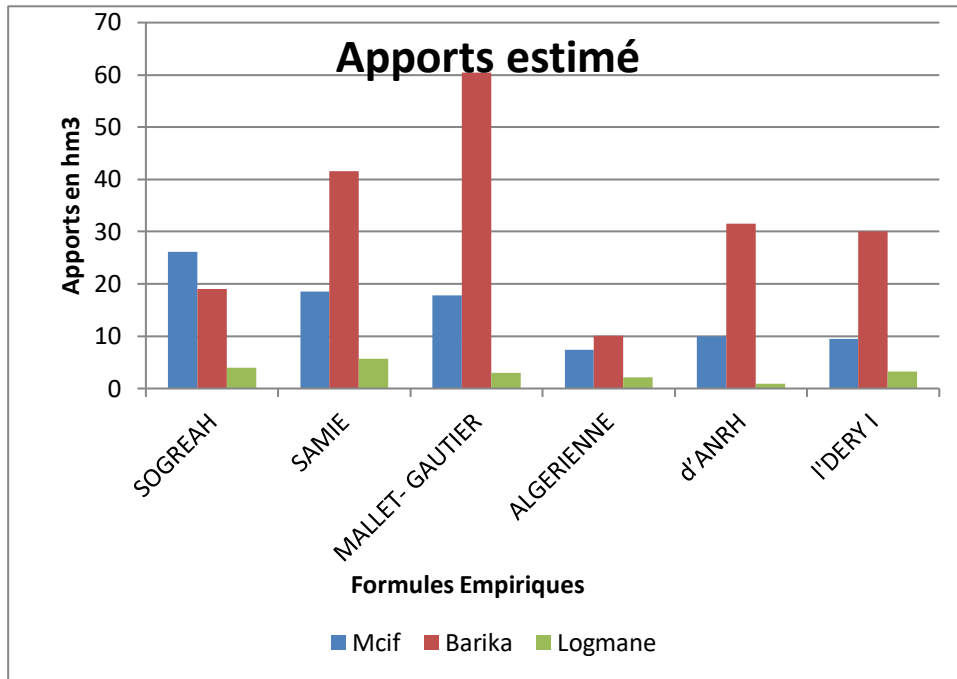
**Le** : lame d'eau écoulée (mm) ;

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

**S** = 334 (km<sup>2</sup>). (La surface de l'oued Lougmane) ;

**Tableau 2.14** Les Apports et la lame d'eau estimés des sous bassins non jaugés par les formules empiriques

Formules Empiriques	Sous Bassins non jaugés					
	Barika		Mcif		Lougmane	
	Apports Estimé (hm <sup>3</sup> )	Lame d'eau (mm)	Apports Estimé (hm <sup>3</sup> )	Lame d'eau (mm)	Apports Estimé (hm <sup>3</sup> )	Lame d'eau (mm)
SOGREAH	19,078	5,00	26,17	4,92	3,98	11,93
SAMIE	41,52	10,89	18,52	3,48	5,68	17,02
MALLET- GAUTIER	60,47	15,87	17,79	3,35	2,96	8,87
ALGERIENNE	10,07	2,64	7,43	1,39	2,09	6,28
d' ANRH	31,52	8,27	10,02	1,88	0,97	2,92
I'DERY I	30,009	7,87	9,45	1,78	3,25	9,74
Moyenne	32,11	8,42	14,89	2,80	3,15	9,46



**Figure 2.10.** Les Apports estimé des sous bassins non jaugés par les formules empiriques

### 2.5.2 Estimation des Apports liquide par les données des sous-Bassins jaugés

En utiliser les données des sous bassins jaugés pour calculer les Apports liquide des sous bassins non jaugé delà même classe en extrapolant la lame d'eau ruisselée, pour cela on peut

- Utiliser les données du Ksob pour calculer les apports liquides de l'oued Lougmane
- Utiliser les données du Soubella pour calculer les apports liquides de l'oued Barika
- Utiliser les données du Bousaada pour calculer les apports liquide du oued M'cif

$$Ae = Le_{\text{moy}} \cdot S \cdot 10^{-3}$$

**Ae** : Apports estimé

**Le** : la lame d'eau Moyenne de sous bassin jaugé

**S** : la surface du sous bassin non jaugé

**Tableau 2.15** les apports et la lame d'eau dans les sous bassin non jaugés par les données des sous-bassins jaugés

	Sous Bassins non jaugés		
	Barika	Mcif	Lougmane
Apports Estimé (hm3)	88,10	21,29	8,86
Lame d'eau (mm)	23,08	4,008	26,52

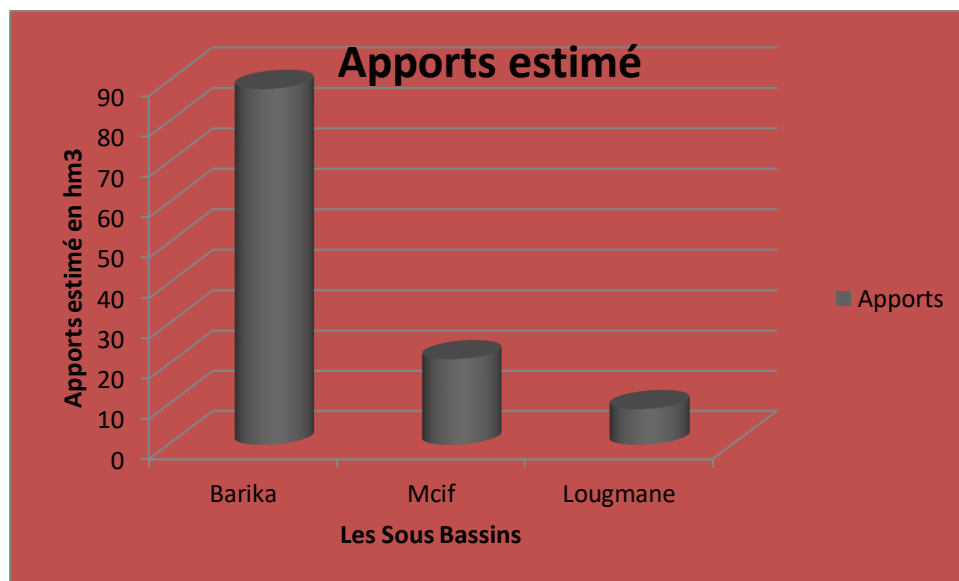
D'où

$$Le = A/S.10^{-3}$$

**Le** : lame d'eau écoulée

**A** : apport Estimé

**S** : la surface du sous Bassin



**Figure 2.11.** Les Apports estimé dans les sous bassins non jaugés par les données des sous-bassins jaugés

**Tableau 2.16.** Les Apports liquides des sous bassins jaugés et non jaugés

	Sous Bassins jaugés				Sous Bassin non jaugés		
Sous Bassins	Soubella	El ham	Ksob	Bousaada	Barika	Mcif	Lougmane
Apports liquides (hm3)	93,15	747,46	537,97	53,74	88,10	21.29	8,86

## **Conclusion**

Le bassin versant du Hodna est situé au centre de l'Algérie, il est le 5ème bassin de l'Algérie., le Hodna est constitué (selon l'ANRH) de 23 sous bassins versant. Le 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 „les principaux oueds jaugé et non jaugé sont ( El ham, K'sob, Barika, Soubella, Lougmane, Boussaâda et M'sif)

Lors du calcul les apports liquides et la lame d'eau écoulee dans les sous bassins jaugés nous pouvons estimer les apports liquides dans les sous bassins non jaugé par deux méthodes, une basée sur les données des sous-bassins jaugés et l'autre par les formules empiriques

Les résultats obtenus par les modèles empiriques largement sont déférents à ceux calculés par la génération de la donnée des sous bassin jaugée.

Totae des Apports liquides est 565859 (hm<sup>3</sup>/an)

# **Chapiter 03: Les Ressources En Eau**

## **Souterraines Du Hodna**

### 3.1 INTRODUCTION

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (sachant que près de 60% de la population algérienne sont concentrés dans la frange septentrionale du territoire qui ne représente que le dixième de la surface totale du pays), d'importants efforts sont nécessaires en matière d'urbanisation intégrée et de gestion rigoureuse dans l'exploitation des réserves. S'y ajoutent des problèmes de faible mobilisation et de mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration et l'envasement des retenues.

Les 11 bassins versants exoréiques de l'Algérie du Nord couvrant une surface de 130 000 km<sup>2</sup> présentent des potentialités en eaux de surface de 11.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> dont seulement 2,13.10<sup>9</sup> sont mobilisés par les 98 barrages en fonctionnement en 1995. Les besoins estimés à l'horizon 2010 évalués à 9,384. 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> se décomposent en 1,524.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> pour l'eau potable (AEP), 0,23.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> pour l'industrie (AEI) et 7,63.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> pour l'agriculture (AEA) (tableau 6). Sachant que les réserves en eaux souterraines sont évaluées à 1,25.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, le renforcement de la mobilisation des eaux de surface par 3,834.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> et des eaux souterraines par le captage de 0,33.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> supplémentaires constituent la projection faite en 1995 pour l'horizon 2010 par les différentes institutions publiques intervenant dans la mobilisation et la gestion des ressources en eaux. Cet objectif est déjà fortement entamé en 2002 car fixé dans un contexte de cloisonnement des différentes structures (Hydraulique et Agriculture) et de difficile circulation de l'information entre elles. Il surévalue les capacités de réalisations des barrages, les surfaces à mettre en valeur dans le cadre du programme de développement agricole ainsi que les dotations par habitant en matière d'eau potable. Cette situation constitue un facteur aggravant la difficulté d'une appréhension correcte aussi bien des besoins que des différentes projections sur l'avenir. Les données présentées dans cette synthèse montrent qu'il est désormais impératif que l'aménagement du territoire tienne compte des quantités disponibles afin de rationaliser l'utilisation, la protection de la qualité et la récupération par le recyclage.

La qualité chimique des eaux de l'Algérie du Nord est appréciée par les teneurs en nitrates et en chlorures des aquifères côtiers. Cependant, le développement économique et social conduit à une dégradation rapide de cette qualité des eaux, ce qui incite lourdement à œuvrer pour un meilleur recyclage et une meilleure protection des ressources. A défaut, la sanction serait la non satisfaction des besoins en eaux potable, d'irrigation et industrielle. Malheureusement, il semble que l'écart entre disponibilité et besoins soit difficile à réduire ( Boudjadja et al. 2003).

### 3.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

#### 3.1.1.1 Situation géographique

A une centaine de kilomètres de la méditerranée se développe Chott El Hodna au Nord d'Algérie (Figure n°1). Chott El- Hodna fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent Les eaux provenant de l'atlas saharien au Sud et l'atlas tellien au Nord (Boumezbour, 2002). Son bassin situé dans les hauts plateaux centraux comme quelques zones humides "Chott El Zahrez, DiarChioukh, Boughzoul".

La zone d'étude est circonscrite de la manière suivante :

- Au Nord par la chaîne du Bibans et les monts du Hodna d'altitude comprise entre 1400 et 1800 m .
- Au Sud par l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien (prolongement des monts du OuledNaïls d'altitude comprise entre 1470 m et 1675 m et les Monts du Zab : 980 m.
- A l'Est par le Djebel Metlili a 1495 m .
- Au Sud-Est la ville de Barika et le Djebel Tsenia .
- Au Sud- Ouest par les monts de Boussaâda terminaison des monts des OuledNaïl.

(Mahmoudi 2019)



**Figure 3.1.** Situation Géographique du bassin du Hodna(ANRH)

### 3.1.1.2 APERÇU CLIMATIQUE

L'étude réalisée par la FAO entre les années 1968 et 1969, révèle que le bassin du Hodna est caractérisé par un climat aride à semi-aride.

Les conditions climatiques du bassin sont caractérisées par:

- De faibles pluviométries moyennes annuelles d'intensité très variable et très inégalement répartie selon les saisons;
- Des cours d'eau non pérennes;
- De débits solides élevés.

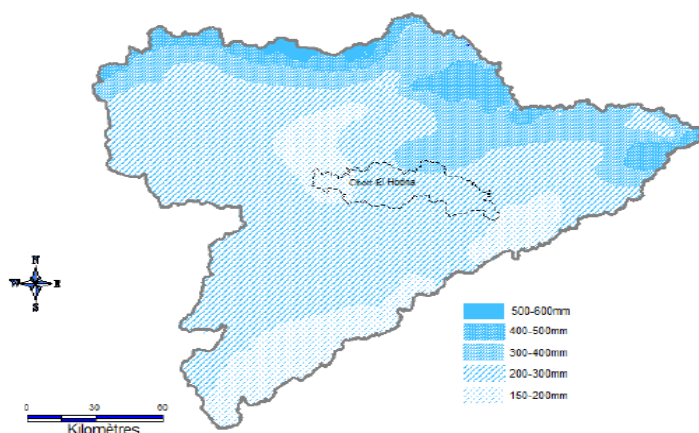
Le climat aride est localisé dans la zone de la plaine jusqu'à une altitude de 600-700 m, tandis que le climat semi aride, il est localisé dans la zone des piémonts à une altitude supérieure à 700 m.

### 3.1.1.3 PLUVIOMETRIE

La pluviométrie annuelle moyenne sur l'ensemble du bassin est de 285 mm, fluctuant entre 220 et 400 mm. Les zones les plus humides se situent dans la partie nord du bassin, autour de 400mm au niveau du Djebel Maadid et jusqu'à 500mm au niveau du Djebel Choukchot.

La zone la plus sèche se trouve à l'extrémité sud du bassin, recevant moins de 200 mm par an. Les précipitations moyennes annuelles sont régulières et les précipitations en automne et au printemps sont fondamentalement uniformes. Le bassin est caractérisé par l'existence de deux périodes distinctes, l'une avec des précipitations importantes, de novembre à février, et l'autre avec des précipitations très importantes.

Il y a peu de précipitations de juin à août.



**Figure 3.1.2** la pluviométrie dans le bassin versant du Hodna (ANRH)

### 3.1.4 LA TEMPERATURE

Les températures maximales moyennes dans le bassin varient de 24° à 27 °C en plaine et de 19° à 21°C sur

les zones d'altitude. De même pour les températures minimales moyennes, elles varient de 9° à 12°C en plaine, et de 19° à 21°C sur les zones d'altitude. Le gradient thermique annuel en fonction de l'altitude est de 0.75 °C pour chaque 100 m d'altitude (Hasbaia et al. 2012)

### 3.1.5 LES VENTS

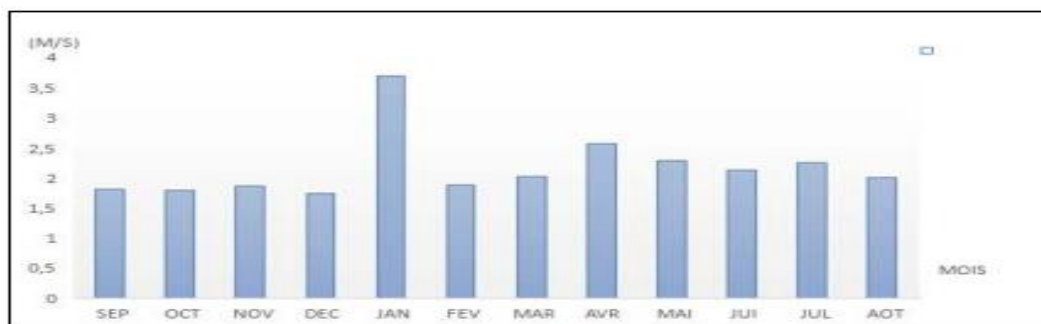
Le vent a une action directe ou indirecte sur les êtres vivants, en modifiant la température et l'humidité ambiante. Il consiste en certains biotopes un facteur écologique limitant (Ramade , 2003).

Les vents vent d'Ouest, dit " Dahraoui " qui est le plus pluvieux, il est fréquent en automne hiver et printemps ; - Le vent du Nord, dit <> qui est moins fréquent, il est froid et sec, pendant l'hiver, alors ceux du Nord-est, bien réparti sur toute l'année accède facilement dans la cuvette de Hodna par vallée de Ouest Biskra. Ceux du sud n'atteignent le Hodna qu'en été, période durant laquelle ils soufflent avec des rafales brulantes ; - Le vent à direction variable, qui soufflent surtout pendant les saisons sèches ; - Le siroco ; vent chaud et sec, souffle en général du sud, il entrave le développement des cultures, il constitue la cause du faible tapis végétal dans la wilaya de M'sila, parce que les vents chauds et sec accentuent le dessèchement du substrat et limite l'installation de la végétation. Quelles que soient leurs directions, les vents qui soufflent sur M'sila ont des vitesses relativement faibles, qui vont de 1.8m/s en septembre, octobre et décembre à 3.7m/s en janvier

### 3.1.6 HUMIDITE RELATIVE

L'humidité relative dépend de plusieurs facteurs, dont la quantité de l'eau tombée, du nombres des jours de pluie, de la forme des précipitations, de la température de l'air, des vents et des morphologies de la station considérée.

Selon la figure ci-dessous, nous remarquons que la valeur plus élevée de l'humidité relative 75,61 % au mois du janvier, alors que la moyenne la plus faible est observée au moins de juillet est 34,95 %.



**Figure 3.1.3** Variation mensuelle de humidité (M'sila). (ANRH)

### **3.1.7 L'INSOLATION**

La moyenne journalière annuelle de la durée d'insolation en heure pour les stations de M'sila, Barika et Guellalia varie entre 7,4 et 7,8 heures. Quant au total annuel, il varie de 2 700 à 2 900 heures.

### **3.1.8 LES PHENOMENES**

Grêle: Les observations faites au niveau des stations de M'Sila et Bordj-Bou-Argeridj montrent que la fréquence moyenne et générale des jours de grêle est comprise entre un et deux jours par année. Neige : Sur les monts du Hodna, la neige persiste de 10 à 30 jours par année

## **3.2 GRANDS TRAITES MORPHOLOGIQUES**

Le bassin du Hodna constitue une zone de transition entre deux grandes chaînes de montagnes qui sont :

- l'Atlas Tellien
- l'Atlas Saharien.

De part et d'autre de ces deux barrières orographiques, on retrouve :

- Une zone centrale constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines.
- Une zone de chotts et de dépressions avec le Chott El Hodna au Centre Est.
- Une zone de dunes de sable éolien.

### **3.2.2.1 LA CHAINE DE L'ATLAS TELLIEN**

L'Atlas Tellien est représenté par les Monts du Hodna de direction Est-Ouest. Ils culminent à l'Est par le sommet du Djebel TachritGuetiane à 1 902 m, et présentent une altitude décroissante vers l'Ouest jusqu'à 1000 m.

### **3.2.2.2 LA CHAINE DE L'ATLAS SAHARIEN**

L'Atlas Saharien, qui constitue la limite Sud du bassin, présente des altitudes qui ne dépassent pas 1 200 m.

### **3.2.2.3 RESEAU HYDROGRAPHIQUE**

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement.

Le bassin du Hodna, est un bassin endoréique de 25 843 km<sup>2</sup> dont le Chott El Hodna constitue son exutoire naturel. Il compte 24 sous bassins et est constitué par de nombreux oueds dont la majorité n'ont pas de débits pérennes, à l'exception des oueds El Ham à l'Ouest, K'sob au Nord, Barika à l'Est et M'cif au Sud quoique leurs débit soit très faible.

Le chott El Hodna reçoit quelques cours d'eau importants par la longueur et la fertilité : au nord, l'oued K'sob et l'oued M'Sila descendent des monts du Hodna, l'oued Barika et l'oued Bitam viennent des monts de Batna au Sud-Ouest, l'oued Chaïr et l'oued Bou Sâada, viennent des monts des OuledNayl.

A cela se rajoute une multitude de petits cours d'eau (Châaba) à sec pratiquement toute l'année et qui coulent lors des chutes de pluies

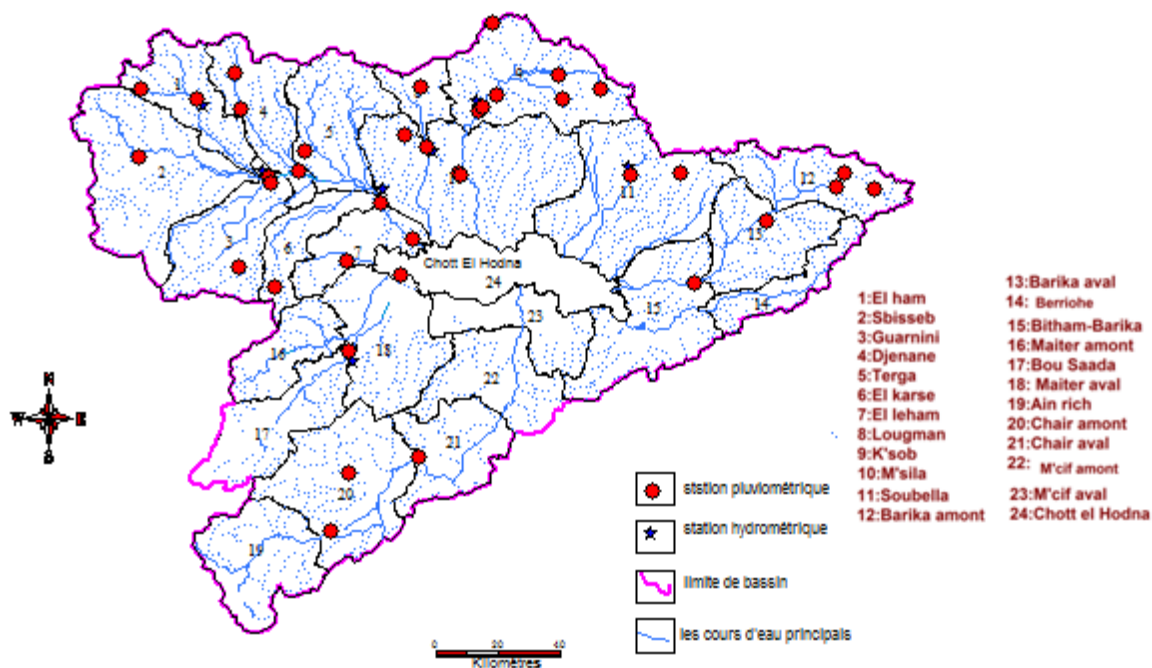


Figure 3.1.4 réseau hydrographique du Hodna (ANRH)

### 3.3 LA GEOLOGIE

Le bassin du Hodna se trouve au contact du domaine de l'Atlas Tellien Méridional au Nord, et celui de l'Atlas Saharien, représenté par les massifs qui l'entourent au Sud.

La subsidence générale dans le bassin débute au Sénorien. Les plissements des monts du Hodna se sont amorcés au Séonien inférieur et ont été accompagnés de grands accidents. La transgression du Miocène inférieur a été générale dans tout le bassin et c'est pendant la phase tectonique Miocène que les monts du Hodna ont requis leur structure actuelle.

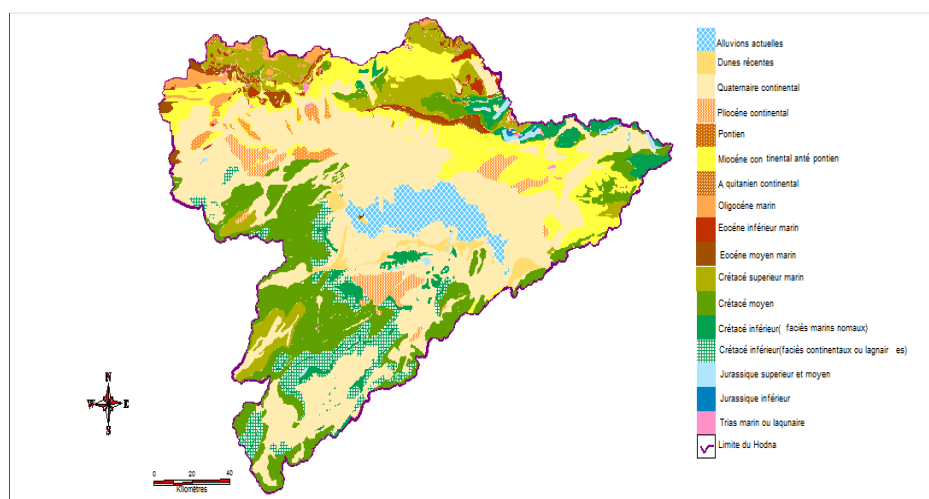


Figure 3.1.5 Carte géologique de bassin du Hodna (ANRH)

### **3.3.1 ENSEMBLES STRUCTURAUX DU BASSIN DU HODNA**

Les principales unités structurales du bassin sont comme suit :

#### **3.3.1.1 LA DEPRESSION SUB-BIBANIQUE**

Cette dépression est située entre l'anticlinorium des Bibans et celui des monts du Hodna. C'est un vaste synclinal du Crétacé supérieur dans lequel plusieurs nappes Telliennes ont été mises en place au cours du Miocène. Les contacts anormaux entre plusieurs unités de ces nappes sont souvent jalonnés par un Trias diapyrique.

#### **3.3.1.2 LES MONTS DU HODNA**

L'anticlinorium des monts du Hodna, allongés Est-Ouest, correspond à un seuil qui a arrêté les nappes Telliennes du Nord. Il est fortement tectonisé, surtout depuis le Crétacé. On y trouve plusieurs noyaux Liasiques accompagnés souvent du Trias diapyrique, le Jurassique moyen et supérieur, le Crétacé et des affleurements du Miocène sur les sommets les plus hauts du massif.

#### **3.3.1.3 LE BASSIN SUBSIDENT DU HODNA**

Ce bassin Tertiaire avait pris naissance d'abord à l'Est dans la région de Barika. Les importants travaux pétroliers ont mis en évidence l'existence des trois fosses suivantes : Barika, M'Sila et Bérine plus à l'Ouest. Ces fosses sont séparées par des zones hautes dès le début du Tertiaire. Elles ont été plissées ensuite lors de récents mouvements, vraisemblablement à la fin du Villafranchien. Ainsi, il existe dans le bassin plusieurs synclinaux et anticlinaux de direction ENE-WSW entre Barika et M'Sila : L'anticlinale du Chott El Hammam

et ceux qui sont situés au Sud de Barika et à l'extrémité orientale du Chott.

#### **3.3.1.4 L'ATLAS SAHARIEN**

L'accident majeur qui a affecté cette zone est l'accident Sud Atlantique d'âge Pliocène. Au Nord de Bou-Saada, les plis sont de type de la zone des hauts plateaux : larges voûtes affectées de cassures, tandis qu'au Sud de Bou Saada, les plis sont de type Atlas Saharien. Ces deux zones de type tectonique différent sont séparées par l'accident majeur passant par Bou-Saada en direction E-W.

#### **3.3.1.5 LES MONTS DES AURES**

Ils constituent le prolongement de l'Atlas saharien vers la zone Sud Tellienne et rejoignent le prolongement des monts du Hodna vers l'Est par l'anticlinal de Belezma, situé au Nord de Batna. L'ensemble des Aures se présente sous forme d'une série d'anticlinaux et de synclinaux de direction WSW-ENE.

### 3.4 L'HYDROGEOLOGIE

Il existe deux nappes phréatiques qui se superposent ;nappe phréatique (profondeur variant de 50 à 100 m) et nappe captive (varie de 150 à400m) les nappes convergent vers le chott. L'alimentation de ces nappes se fait respectivement par l'infiltration des eaux de précipitation et de ruissellement de surface et aussi par le drainage de la nappe phréatique et d'autres systèmes aquifères en relation avec la captive (Medjenah.,et al 2010).

Les divers oueds se déversent dans la dépression du Chott El Hodna où on distingue deux grands réseaux qui y convergent : -Au Nord , l'oued du K'sob draine les eaux des versant des mont du Hodna . -Au Sud , l'oued de Boussaâda , oued Echair , et l'oued El Melh drainent ceux des versants de l'Atlas Saharien . Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par de fortes irrégulations.la majorité des cours d'eau n'ont pas de débits pérennes, à l'exception des Oueds de : Lougmane dont le régime est permanent , Oued El'Ham , Oued Selmene , Oued Barhoum , Oued Soubela et Oued Barika.

A ce la, on ajoute des petits cours d'eau (Chaaba ) qui sont à sec pratiquement toute l'année mais coule seulement en période de pluie et de crue (Medjenah.,et al 2010). Le Bilan d'eau du Chott se reconnaît par la connaissance de l'apport annuel moyen des eaux souterraines à l'évaporation se produisant à la surface du Chott El-Hodna qui est estimée à 363 HM3, soit un débit fictif de 11.5 m3/s. (MAHMOUDI, L. (2019). Variations interannuelles de l'avifaune aquatique de la zone humide de chott-El Hodna site

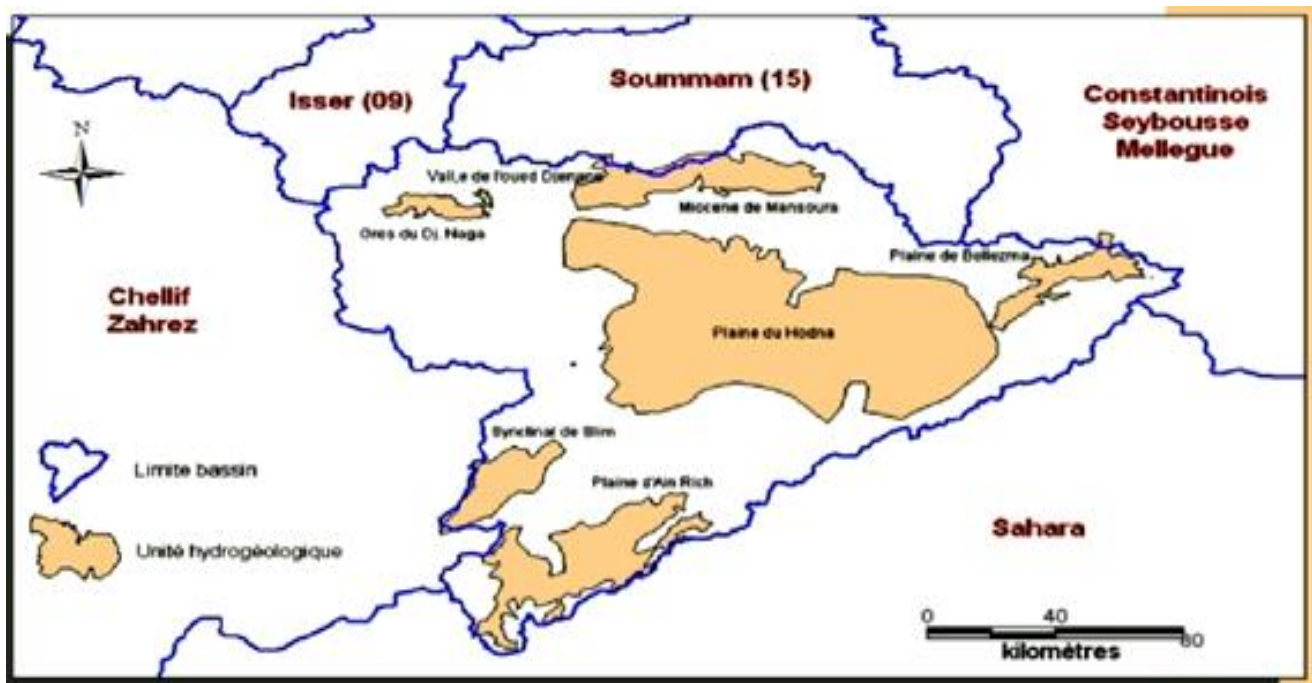


Figure 3.1.6 Les nappes du Hodna (ANRH)

### 3.4.1 NAPPES DE LA PLAINE DU HODNA

La plaine du Hodna est constituée de deux nappes superposées, l'une superficielle phréatique et l'autre profonde captive. Elles sont en communication entre elles en fonction de leur charge et de la transmissivité du terrain intercalaire.

Les écoulements de ces deux nappes convergent vers le Chott, ce qui confirme le rôle exutoire de ce dernier.

#### 3.4.1.1 NAPPE PHREATIQUE

L'aquifère de la nappe phréatique est constitué par des formations alluvionnaires hétérogènes du Quaternaire. L'épaisseur et la caractéristique morphologique et granulométrique diffèrent d'une zone à une autre :

**Tableau 3.1** Les Nappe Phréatique du Hodna

Périmètre	Surface
425361.78	6176934810.27

Source ANRH

#### a) Zone 1 (M'Sila - BirHanate)

Le matériau hétérogène du dépôt Quaternaire est fortement lié aux activités fluviales lors de pluviaux et inter pluviaux. Il semble que se soit le Saletien et l'Amérien qui constituent l'aquifère, tout à fait en amont par les gros galets du Saletien peu épais emballés dans les limons argilo- gypseux de l'Amérien qui sont remaniés avec des marnes Tertiaire allochtones et Miocène.

La partie Ouest de la zone est formée au cours des inters pluviaux Tensiftien et Soltanien. Des conglomérats mal consolidés constituent ainsi la bonne partie de l'aquifère. Son épaisseur varie de 10 à 20 m, ces matériaux deviennent de plus en plus fin vers le Chott (limons argilo-sableux et rare intercalation de graviers) ainsi dans la partie avale, l'aquifère est constitué de Soltano-Rharbien.

#### b) Zone 2 (Ain kelba – Dj Djezzar)

Le Quaternaire est caractérisé par des éléments fins et assez homogènes. Il est plus épais dans l'ensemble de cette zone par rapport aux autres.

L'épaisseur du dépôt Quaternaire devrait être assez réduite dans cette partie et le matériau remanié avec les marnes gypseuses à intercalation gréseuses du Pliocène inférieur.

#### c) Zone 3 (Barika)

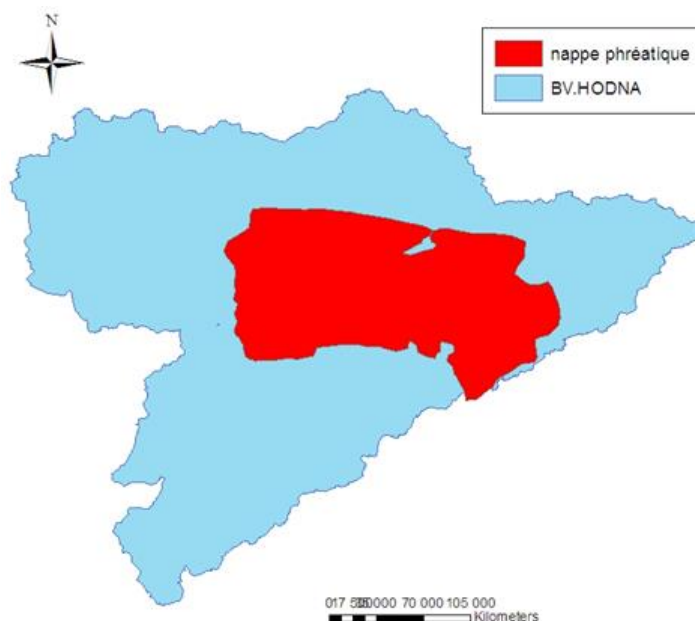
Le matériau constituant les formations Quaternaires est relativement varié et hétérogène dans cette zone par rapport à la zone 2 (Ain kelba – Dj Djeddar).

La géophysique a révélé un épandage de matériau moyennement grossier autour de Barika atteignant 10 à 40 m d'épaisseur pour une superficie bien réduite. Dans le reste de l'aquifère la formation est composée de matériau limono-sableux.

#### **d) Zone 4 (Ain Diss)**

La nappe phréatique se trouve soit :

- Dans des formations grés-argileuses du Crétacé ;
- Dans les conglomérats du Tertiaire continental ;
- Dans le Quaternaire, celui ci présente schématiquement du Sud au Nord la succession suivante :
  - Cône de déjection formé de matériaux grossiers
  - Sables d'origine éolienne avec néanmoins des intercalations de graviers.
  - Limonsargilo-sableux.



**Figure 3.1.7** Nappe phréatique du bassin du Hodna

#### **3.4.1.2 NAPPE CAPTIVE**

Dans la plaine du Hodna, la nappe captive se manifeste naturellement autour et à l'intérieur même du chott par des sources à débit généralement faible. Le nombre de ces sources aurait diminué avec le temps. Les formations lithologiques de cette nappe se présentent comme suit :

##### **a) Au Nord du Chott (zone 1,2 et 3)**

Le réservoir de la nappe captive est constitué par des formations Plio-Quaternaire et principalement par les conglomérats à ciment marno-gréseux du Villafranchien. Au Nord, le réservoir Villafranchien est isolé des réservoirs plus anciens par des centaines de mètres de marnes Tertiaires.

Les conglomérats Villafranchiens sont plus grossiers et leur ciment est plus gréseux à l'Est qu'à l'Ouest. Ceci est en relation avec la prédominance, dans les monts du Hodna, de calcaires à l'Est de Souk Ouled Nadja et de marnes à l'Ouest.

D'après les sondages électriques, les conglomérats ont une épaisseur qui atteint 250 à 300 m à M'Sila et dans les synclinaux de Magra et de Djebel Djezzar mais qui ne dépasse pas 100 m à l'Ouest de Barika. A M'sila, ils s'épaississent vers le centre du bassin alors que dans les deux synclinaux on constate le phénomène inverse.

### **b) Au Sud-Ouest du Chott (zone 4)**

Dans la zone Guelalia - Bou Saâda - chellal, la situation est plus complexe. L'ensemble Quaternaire-Tertiaire continental repose directement sur le Crétacé inférieur - Jurassique supérieur et il y a communication entre les différents réservoirs.

On rencontre la nappe dans les formations détritiques du Quaternaire inférieur Tertiaire continental au Sud immédiat du chott, de Guelalia à BirRoubei et dans une vaste zone comprise entre BirRoubei et Bou Saada. Ailleurs, où ces formations n'existent pas, on l'atteint dans une série principalement grés-argileuse qui va du Berriasien supérieur à l'Albien inférieur et dont la puissance peut dépasser 1000 m.

Ainsi dans le triangle Guelalia -Bou Saada - Chellal existe un réservoir très épais constitué principalement par des grès du Crétacé inférieur. Il représente une des pointes septentrionales de l'immense réservoir saharien dit du continental Intercalaire.

### **3.4.2 NAPPES DE LA PLAINE DE AIN RICH**

La plaine de Ain Rich est située entre :

- Djebel Fernane au Nord ;
- Les monts du Zab à l'Est ;
- Djebel Bou Kabil au Sud ;
- Les monts des OuledNail à l'Ouest.

Elle couvre une superficie de 4 000 Km<sup>2</sup> environ. Les formations importantes du point de vue hydrogéologique de la région de Ain Rich sont les suivantes :

- Quaternaire
- Tertiaire continental
- Turonien
- Albien inférieur gréseux

La description de ces formations est présentée ci-après :

### **3.4.2.1 LE QUATERNAIRE**

La plaine de Ain Rich est caractérisée par la présence de dépôts Quaternaire et les alluvions récents qui reposent sur le substratum du Néocomien ou Jurassique.

La plupart de la région est inondée pendant les périodes de pluie et l'eau est évaporée ensuite dans une série de dépressions. La perméabilité des dépôts alluviaux est mauvaise.

Les points d'eau sont concentrés le long des oueds, la plupart des puits sont peu profonds avec un débit très faible.

### **3.4.2.2 LE TERTIAIRE CONTINENTAL (ZONE A)**

L'étude géophysique de la plaine de Ain Rich a permis de délimiter une zone d'environ 100 Km<sup>2</sup>, caractérisée par la présence des formations continentales du Tertiaire. Ces formations reposent sur la série stratigraphique du Jurassique ou Néocomien inférieur et sont surmontées par le Quaternaire et les alluvions récents. Leur épaisseur varie entre 20 et 70 m.

Pour la reconnaissance de l'aquifère du Tertiaire continental, un forage de profondeur de 91.60 m été réalisé à Dar Darmus en 1970 ce forage a traversé les terrains suivants :

- 0 à 19 m : Quaternaire essentiellement argileux
- 19 à 90 m : Tertiaire continental
- 90 à 91.60 m : Néocomien marneux

Deux nappes aquifères, formées de conglomérats polygéniques à ciment calcaire ont été distinguées entre les profondeurs 27 et 41 m et entre 67 et 81 m.

### **3.4.2.3 LE TURONIEN (ZONE B : AIN SMARA)**

La région de Ain Smara est caractérisée par la présence d'un grand synclinal du Turonien qui s'étend sur une superficie d'environ 20 km<sup>2</sup>. Le Turonien repose sur le Cénomaniens et est surmonté par le Sénonien et le Quaternaire récent

### **3.4.2.4 L'ALBIEN INFÉRIEUR GRESEUX**

#### **a. Région de Oglat El Botma-Ain Rich (zone C)**

La région de Ain Rich est caractérisée par la présence d'un grand synclinal entouré par les Djebel Sba, Djebel Djebana, chebket el Malleg et Dallat El Kherdja.

Elle est constituée par les formations de l'Albien, qui sont surmontées par l'Albien supérieur calcaire, le Quaternaire et les alluvions récents. Les flancs du synclinal sont formés par les roches de l'Albien calcaire.

#### **b. Région de Moudjbara (zone D)**

Le synclinal à l'Est et au Nord de Moudjbara est constitué par les terrains de l'Albien gréseux et recouvert par les dépôts de Quaternaire récent. Cette zone couvre une superficie de 60 km<sup>2</sup>.

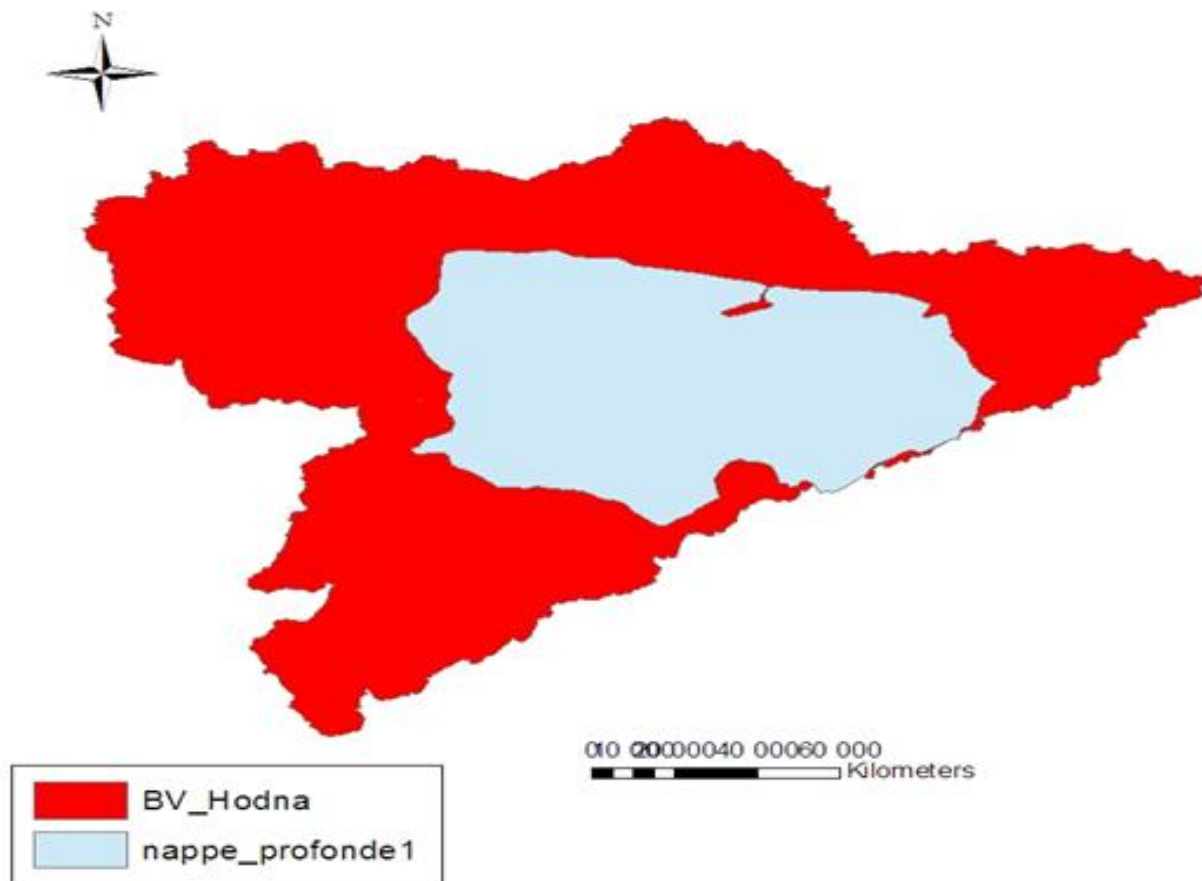
### **4.2.5 Les nappes hydrogéologiques à travers la plaine de Belezma**

#### **a) Nappe phréatique**

Constituée d'alluvion d'âge Mio-Plio-Quaternaire. Cette nappe présente peu d'intérêt du point de vue hydrogéologique vu ses faibles ressources en eaux.

### b) Nappe des calcaires Crétacés

Formée par des calcaires du Crétacé, elle se trouve en profondeur entre 300 et 400 m. Contrairement à la nappe phréatique, elle renferme d'importantes potentialités en eau.



**Figure 3.1.9** le nappe profonde du bassin hodna

## **CONCLUSION**

Le bassin Hodna a hérité d'une société pastorale imprégnée de traditions nomades. Ceci a engendré une organisation de son espace fondée sur la complémentarité de différents milieux. Cette complémentarité est liée à une mouvance constante des populations et des troupeaux, donc à des déplacements, de portée variable. L'aridité du climat met en évidence la faiblesse des précipitations sur la majeure partie du bassin-versant. La chaîne montagneuse du Hodna se dresse en barrière aux perturbations venant du Nord. Elle constitue la limite Sud des influences Méditerranéennes. Cette situation est souvent aggravée par une évapotranspiration élevée et une faible couverture végétale favorisant le travail de l'érosion. Aridité du climat n'est pas forcément synonyme d'absence d'eau : les Hodneens ont depuis longtemps pratiqué une irrigation, certes basée sur l'inondation dirigée, elle atteste de la présence d'écoulement. Les précipitations, bien que faibles, tombent sous forme d'averses traduisant ainsi des écoulements en crues. Les Oueds, enrichis par les nombreuses sources qui sourdent aux pieds des montagnes, ont des apports non négligeables. Ce paradoxe : Climat aride-richesse en eau, est confirmé par les grandes potentialités en eau souterraine offertes par les aquifères en place (nappe phréatique et nappe en charge). L'amélioration de la situation hydraulique est très possible. Elle réside dans la récupération des eaux de pluies par des retenues et l'exploitation rationnelle des eaux souterraines pour enfin espérer un aménagement intégré du Hodna.

# **Chapitre 04: Qualité des eaux**

## 4.1 Introduction

L'objectif de ce rapport est de fournir une synthèse sur la qualité des eaux superficielles et souterraines à l'échelle du bassin versant du Hodna.

La qualité des eaux souterraine est appréciée selon son aptitude à fournir de l'eau potable. La grille guide appliquée est généralement celle de l'OMS.

La qualité des eaux superficielles comprend la qualité des eaux des retenues de barrages et celle des cours d'eau. La qualité est évaluée dans ce cas selon une grille spécifique.

Qualité physico-chimique

L'interprétation des résultats est réalisée en appliquant la grille de la qualité de l'eau adoptée par l'ANRH. Cette dernière est fondée sur la notion d'altération. Les paramètres physico-chimiques de même nature ou de même effet sont regroupés en 05 altérations de la qualité de l'eau parmi lesquelles figurent :

- les matières organiques et oxydables,
- les matières azotées,
- les nitrates,
- les matières phosphorées,
- les particules en suspension,

Ces altérations sont susceptibles de perturber la fonction biologique de l'eau et ses usages (production d'eau potable, loisirs, ...).

## 4.2 QUALITE DE LA RESSOURCE EN EAU

### 4.2.1.1 RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES

Le suivi de l'évolution de la qualité des eaux superficielles est assuré à travers un réseau national de surveillance de la qualité des eaux mis en place par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques «ANRH» en 1984. Ce réseau est composé de stations d'échantillonnage situées le long des principaux oueds et au niveau des barrages.

Les critères de choix de ce réseau sont les suivants :

- Barrages destinés à l'alimentation en eau potable;
- Accessibilité aux oueds, pour la prise des échantillons;
- Proximité des stations hydrométriques, afin de disposer de données sur les débits;
- Points de rejets.

La qualité de l'eau des principaux oueds du bassin est suivie au moyen d'un réseau de surveillance de la qualité. Ce réseau est constitué d'une seule station (voir tableau 1) dont les mesures sont échantillonnées tous les ans avec une fréquence d'une (01) campagne par mois.

**Tableau 4.1** Stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles dans le bassin du Hodna

Code	Nom de la station	Oued	X (m)	Y (m)	Année de mise en service
051005	Barrage K'Sob	OuedM'sila	668 850	282 750	1984

Source ANRH

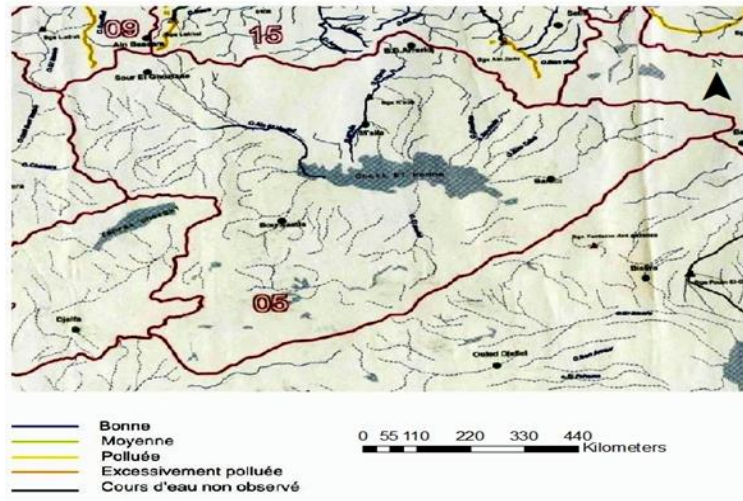


Figure 4.1 Qualité des eaux superficielles du Hodna (1991-1993) source ANRH

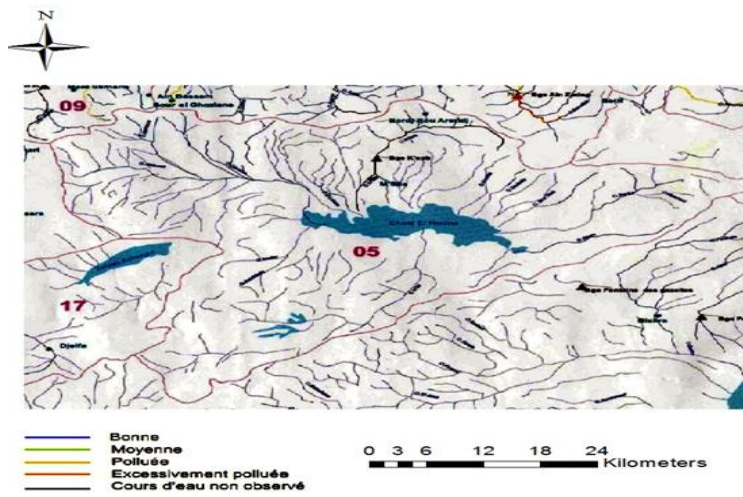
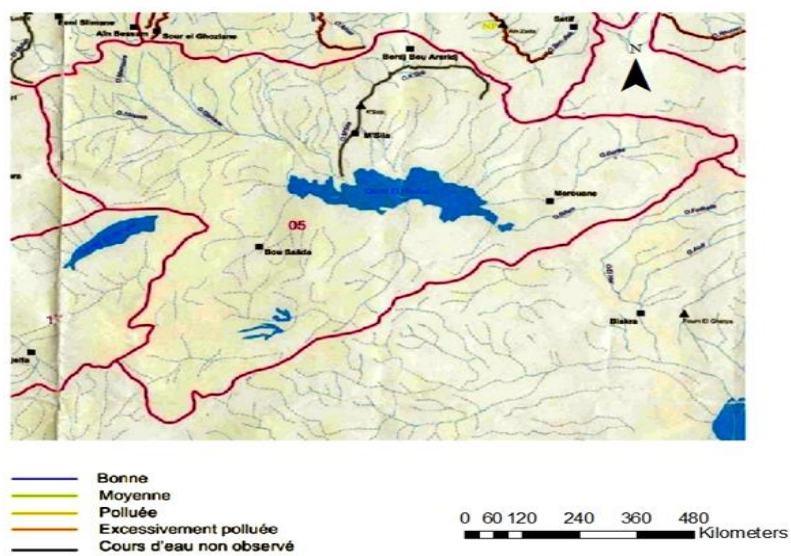
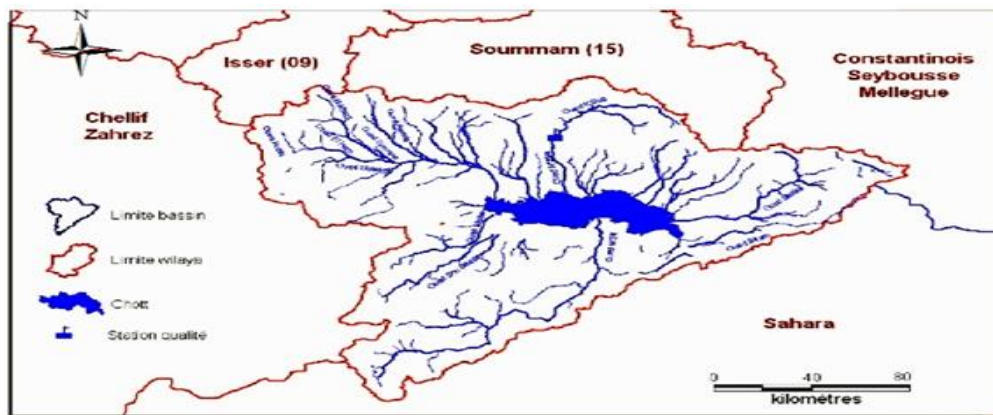


Figure 1.2 Qualitésdes eaux superficielles du Hodna ( 2000) source ANRH



Source ANRH

Figure 4.1.3 Qualité des eaux superficielles du Hodna ( 2001)



Source ANRH

**Figure 4.1.4** Réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles du Hodna

#### 4.2.1.2 ALTERATIONS ET PARAMETRES

Les altérations sont des groupes de paramètres de même nature ou de même effet permettant de décrire les types de dégradations de la qualité de l'eau. Le tableau ci-dessous présente les principaux paramètres retenus pour chacune des altérations.

#### 4.2.1.3 GRILLE DE CLASSIFICATION DE LA QUALITE

La qualité des eaux de surface est évaluée à l'aide d'une grille qui corrèle les seuils pour une gamme de paramètres. Il existe 4 niveaux de qualité : bon, passable, mauvais et très

Mauvais, représenté respectivement par le bleu, le vert, le jaune et le rouge.

Dix (10) paramètres sont utilisés pour définir la qualité. La qualité est définie en comparant les résultats analytiques, pour chaque norme

mètres, aux valeurs limites propres à chaque classe de qualité.

**Tableau 4.2.1** Grille de qualité (ANRH)

Désignation	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très Mauvaise
PH (*)	6.5-8.5	6.5-8.5	8.5-9	>9 et <6.5
O2 Dissous %	100-90	90-50	50-30	<30
NH4+ mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO2 mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO3 mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
PO43- mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
DBO5 mg/l	<5	5-10	10-15	>15
DCO mg/l	<20	20-40	40-50	>50
MO mg/l	<5	5-10	10-15	>15
RS mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

Source : ANRH

- Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière
- Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement
- Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé
- Pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques

#### **4.2.1.4 METHODOLOGIE DE CALCUL DE LA QUALITE PAR STATION**

La méthode utilisée est une approche par sondage, c'est-à-dire que l'échantillon de chaque mois est éligible, puis la qualité annuelle est déterminée en appliquant la règle dite des « 90 % », en retenant :

- la valeur maximale lorsqu'il y a moins de 10 échantillons dans l'année en cours,
- Lorsqu'il y a plus de 10 échantillons dans une année, l'avant-dernière valeur, par ordre croissant.

Le niveau de qualité global utilisé est le paramètre le plus dégradé

#### **4.2.1.5 QUALITE DES EAUX DE BARRAGES**

Le bassin du Hodna ne compte actuellement aucun barrage destiné à l'alimentation en eau potable suivi qualitativement par les services de l'ANRH. Le seul barrage existant est le barrage K'Sob destiné à l'irrigation du périmètre du même nom.

### **4.2.2 QUALITE DES EAUX D'OUEDS**

#### **4.2.2.1 ETAT DE LA POLLUTION DES OUEDS**

Ces dernières années, la qualité de l'eau des principaux fleuves du bassin de Hodner s'est considérablement détériorée.

Pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau dans le bassin versant, l'ANRH a mis en place une station de surveillance au niveau de l'eau du barrage de K'Sob.

Cette qualité est appréciée par l'étude d'un certain nombre de paramètres qui traduisent plusieurs formes d'altération:

- Matières minérales ;
- Matières organique et oxydables
- Matières azotées ;
- Matières phosphorées.

Chaque station de surveillance se voit attribuer un niveau de qualité le plus pessimiste selon la grille de qualité.

Des programmes de contrôle de la qualité des eaux de surface sont en place depuis plusieurs années. Une centaine de stations d'échantillonnage ont été installées le long des principaux fleuves et barrages.

Le bassin du Hodna bénéficie d'une seule station de contrôle de qualité surveillant les eaux du barrage de K'Sob.

Selon les cartes de qualité des eaux de surface publiées par l'ANRH (campagnes de mesures : 1991-92-93, 2000 et 2001), le réseau hydrologique du bassin du Hodna n'est pas suivi qualitativement, c'est pourquoi nous nous limiterons à donner quelques indicateurs à mettre en évidence pollution du bassin versant.

Les efforts entrepris dans la réalisation des réseaux d'assainissement ont permis d'avoir un taux de raccordement appréciable dans le bassin de l'ordre de 83%. Le volume d'eau usée quotidiennement rejeté, selon les DHW, avoisine 36 hm<sup>3</sup>/an. A défaut de systèmes d'épuration, les eaux usées sont acheminées directement vers les oueds. En effet, dans le bassin, il existe une seule station d'épuration des eaux usées permettant à la fois le traitement des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Bordj Bou Arréridj et la protection des eaux du barrage K'Sob contre la pollution. Le volume d'eau usée épuré s'élève à 4 hm<sup>3</sup>, soit 1/9 du volume total d'eau usées généré par les agglomérations raccordées.

Il convient de souligner l'existence de 36 bassins de décantation à travers le bassin, malheureusement la majorité de ces derniers sont soit abandonnés, soit dans un état dégradé.

D'une manière générale, la dégradation de la qualité des eaux superficielle dans le bassin est due principalement aux insuffisances constatées dans les domaines suivants:

- L'épuration des eaux usées urbaines et industrielles.
- Surveillance et suivi de la qualité des eaux
- Suivi réglementaire et l'exercice de la puissance publique (police des eaux, directions de l'environnement...).

Il est d'usage de distinguer les eaux souterraines et les eaux de surface, bien qu'il s'agisse d'une même eau circulant en permanence dans les bassins versants et alimentant les cours d'eau en période de basses eaux. La différence entre les deux tient au mode d'exploitation, au rythme de renouvellement et aux protections dont elles bénéficient.

Le caractère peu renouvelable des eaux souterraines s'oppose à la fluidité des eaux de surface. Les eaux souterraines sont vulnérables aux pollutions diffuses, longues à produire leurs effets, tandis que les eaux de surface sont immédiatement contaminées par des pollutions ponctuelles et accidentelles.

Quand la dégradation est constatée, la restauration de la qualité des eaux souterraines est d'autant plus difficile et longue, de quelques années à quelques dizaines d'années, ce qui souligne l'importance de préserver ce patrimoine pour l'avenir.

Les nappes d'eau souterraines constituent donc un patrimoine fondamental à l'activité et même à la vie humaine dont le suivi de la qualité est donc particulièrement important.

### **4.2.3 IMPORTANCE DES EAUX SOUTERRAINES AU NIVEAU MONDIAL**

L'eau se trouve en abondance sur notre planète. Elle constitue plus de 70% de la surface de la terre. Toutefois, seulement 2.5% de cette eau est douce, elle représente d'une part les eaux souterraines et d'autre part les eaux superficielles.

Les eaux souterraines ont été longtemps la grande incomprise de l'hydrosphère et du cycle de l'eau dans la nature. Ils forment la quasi- totalité des stocks d'eau liquide présents globalement dans les terres émergées (98 à 99%) et une part notable des écoulements totaux d'eau douce de notre planète. Les eaux souterraines offrent une ressource largement utilisée dans le monde, environ 600 à 700 milliards de m<sup>3</sup> par an doivent aujourd'hui être tirés du sous sol.

Naturellement les parts prises par les eaux souterraines dans les ressources hydriques comme dans les utilisations d'eau varient dans le monde suivant les conditions géologiques et climatiques.

### **4.2.3.1 IMPORTANCE DES EAUX SOUTERRAINES DANS L'ECONOMIE NATIONALE**

L'état actuel des connaissances en matière de potentialités en eau en Algérie montre que ces dernières sont évaluées à 19.4 Milliard de m<sup>3</sup>/an dont 12.4 Milliard de m<sup>3</sup>/an, pour les eaux superficielles et 6.8 milliards des eaux souterraines.

Les volumes mobilisables sont de 7 Milliard de m<sup>3</sup> pour le Nord du pays et 5 Milliard de m<sup>3</sup> pour le Sud, soit au total 12 Milliard de m<sup>3</sup>.

Les ressources en eaux souterraines sont réparties de la façon suivante :

- 1.8 Milliards m<sup>3</sup>/an pour les régions du Nord du pays.
- 5.0 Milliards m<sup>3</sup>/an pour les régions sahariennes.

Selon le rapport « L'eau en Algérie : le grand défi de demain » élaboré par le CNES en 2000, l'utilisation de la ressource en eau souterraine dans les secteurs économiques se fait de la manière suivante :

- 980 millions m<sup>3</sup>/an (70%) pour AEP ;
- 600 millions m<sup>3</sup>/an (20%) pour l'irrigation ;
- 114 millions m<sup>3</sup>/an (10%) pour l'industrie.

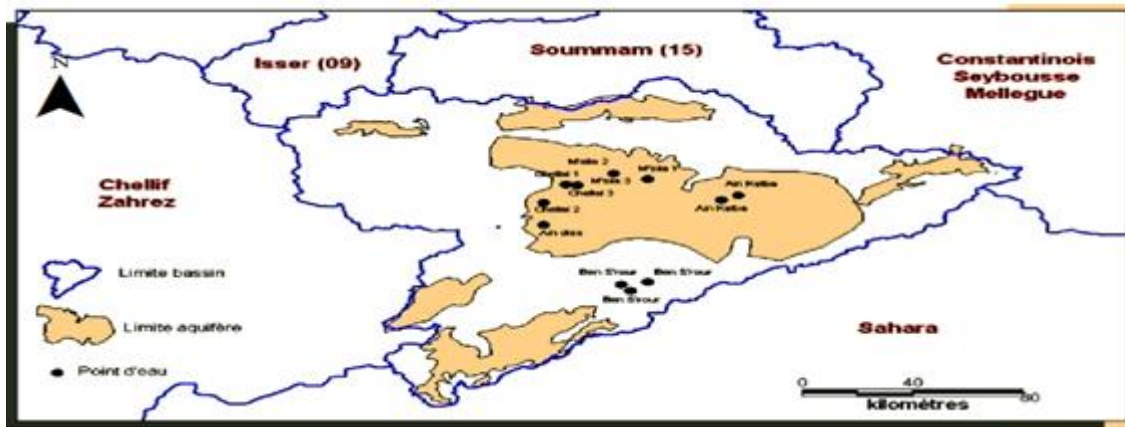
Les eaux souterraines en Algérie représentent une ressource vitale pour l'économie nationale, tout d'abord et pour une partie très importante à l'alimentation en eau potable des populations, à la production industrielle par l'alimentation en eau des usines, et à la production agricole par l'irrigation.

Par rapport aux eaux de surfaces les eaux souterraines présentent souvent plusieurs avantages :

- La protection naturelle importante dont certaines d'entre elles bénéficient vis-à-vis des pollutions accidentelles
- Le coût d'appropriation de cette ressource de qualité est le plus souvent faible

### **4.2.3.2 LA QUALITE NATURELLE DES EAUX SOUTERRAINES**

Les aquifères souterrains sont formés par l'infiltration des eaux de pluie et de ruissellement à travers le sol et la roche. La rapidité ou la lenteur du processus d'infiltration dépend des caractéristiques du sous-sol et de la nature de la roche, mais au cours de ce processus de transfert, qui peut durer de quelques jours à plusieurs décennies, l'eau acide dissout la roche et s'occupe de certains de ses éléments les plus solubles. Par conséquent, une eau souterraine qui devrait être de très bonne qualité, n'est pas toujours le cas après la filtration naturelle du sous-sol. La qualité naturelle des eaux souterraines est naturellement affectée par les propriétés géochimiques du sol. L'eau absorbe alors certains minéraux et métaux, dont certains sont bénéfiques pour la santé à dose modérée (eau minérale), tandis que d'autres peuvent être nocifs.



Source ANRH

**Figure 4.2.1** Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines

### 4.2.3.3 LE TRANSFERT DES POLLUANTS DANS LES EAUX SOUTERRAINES

La qualité des eaux souterraines en Algérie est si élevée qu'elle constitue une ressource privilégiée pour l'approvisionnement en eau de la population.

Dans ce territoire, la vie animale, notamment les activités humaines, génère une grande quantité de polluants (naturels, chimiques, accidentels ou diffus). Ce filtre naturel constitué par le sol n'est pas toujours suffisant pour assurer la contamination des eaux causée par les activités sur le territoire.

Par conséquent, comprendre les mécanismes de transfert possibles des contaminants du sol vers les eaux souterraines est essentiel pour assurer une conservation durable des ressources en eau.

Le mode et le temps de transfert des contaminants varient selon le type de contaminant et le sol et implique trois processus distincts :

- les caractéristiques du sol et son taux d'humidité ;
- réactions chimiques des molécules avec l'eau et l'environnement ;
- Activité microbienne.

Ainsi, une nappe peut être protégée pour un type de pollution et pas toutes les sources de pollution

### 4.2.3.4 L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

#### 4.2.3.4.1 NORMES DE POTABILITÉ DES EAUX DE CONSOMMATION

##### L'EAU POTABLE

« L'eau est potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. Elle ne doit contenir, en quantité nuisible, ni substances chimiques ni germes nocifs à la santé... » .

#### 4.2.3.4.2 GRILLE DE CLASSIFICATION DE LA QUALITÉ DES EAUX {SELON OMS}

«Organisation mondiale de la santé institution spécialisée des nations unies pour la santé a été fondée le 7 avril 1948 .comme il est précisé dans sa constitution, l'OMS a pour but d'amener tous les peuples au niveau de santé le plus élevé possible.

La santé est définie comme un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. ... » .

Nous présentons dans le tableau suivant la grille de la qualité adoptée par l'OMS concernant les normes de potabilités des eaux souterraines.

**Tableau 4.2.3** Normes de potabilité selon l'OMS (ANRH)

Nom-et nature-des echantillons	cond	Oxygène dissous	PH	TDS	Turbi	F-	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na-	NH <sub>4</sub> -	Fe <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> -	Cl-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> -	Mn	Ars
Unités	µS/cm	Mg/l	-	Mg/l	NTU	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l
Normes	2000	>5	6,5 8.5	1000	<5	<1.5	100	50	200	0.5	<0.3	0.2	250	250	50	0.1	0.01

La qualité d'une eau souterraine est étroitement liée à un certain nombre de critères qui sont:

- Les paramètres organoleptiques : couleur, saveur, odeur et transparence de l'eau, etc....
- Caractéristiques physico-chimiques acquise par leau au cours de son parcours naturel : température, chlorures, pH, oxygène dissous etc...
- Substance tolérées jusqu a un certain seuil (fluor, nitrates, fer)
- Substances toxiques dont les teneurs tolérées sont de l'ordre du millionième par litre.
- Paramètres microbiologiques : bactéries et virus pathogènes

**Tableau 2.4** Paramètres de qualité suivis par ANRH

Paramètres	Eléments
Physico-chimiques	Le Potentiel hydrogène (pH) et le résidu sec (RS), et le titre hydrométrique (TH).
Mineralogiques	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> ), Magnésim(MG(ca) , calcium 3Sodium ( Na ) Potassium( K ), Chlorure( Cl ), Sulfate ( SO <sub>4</sub> ).
pollution	Fer (fe) ,le maganese( Mn <sup>2+</sup> ) ,Nitrates (No <sub>3</sub> )

### 4.3 GRILLE DE CLASSIFICATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES SELON LES CRITERES S'USAGE (SELON LES NORMES EUROPEENNES)

En simplifiant cette classification, les principales catégories d'eau souterraines selon les normes Européennes sont les suivantes :

- A- Eau de bonne qualité chimique, apte, sans traitement, à de nombreux usages notamment alimentaire.
- B- Eau dont la qualité chimique permet l'utilisation soit sans traitement pour diverses industries, soit après un traitement simple pour satisfaire a des usages plus exigeants.
- C- Eau de mauvaise qualité due généralement à une minéralisation élevée ou à une forte teneur en fer, inapte sans traitement poussé a la plupart des usages.
- D- Eau dont la mauvaise qualité est due aux activités humaines.

#### 4.3.1 Le Réseau de suivi des eaux souterraines

Les aspects qualitatifs sont appréhendés par l ANRH qui procède depuis une dizaine d'année a des campagnes d'analyses sur des échantillons d'eau prélevés sur réseau de mesure constitués de puits témoins, de forages ou de champs captant.

La description de l'état qualitatif dans le bassin du Hodna portera sur l'interprétation des résultats d'analyses physico – chimiques des échantillons prélevés par l'ANRH (Direction régionale de djelfa ) durant les années 1996, 1999, 2001, 2002 ,2003 et 2004.

Cette interprétation sera basée sur les données relatives à 11 points d'eau captant les nappes de la plaine du Hodna

La liste de ces points d'eau ainsi que les années d'échantillonnage sont données dans le tableau suivant

Nom du point d'eau Nature du point d'eau Nappe Captée X Date analyse

**Tableau 4.2.5** Nom du point d'eau Nature du point d'eau Nappe Captée X Date analyse

Nom du point d'eau	Nature du point d'eau	Nappe Captée	Coordonnées (m)		Date analyse
			X	Y	
Ain Kelba	Puits	Nappe phréatique	703800	246800	12/05/1999
Ain Kelba	Puits	Nappe phréatique	710000	250000	13/06/1999
Ain diss	Puits	Nappe phréatique	640100	230950	01/09/1996
Ben S'rour	Forage	Nappe captive	669100	195800	18/11/2001
Ben S'rour	Forage	Nappe captive	672200	192000	20/05/2002
Chellal 1	Puits	Nappe phréatique	647600	254900	28/04/2002
Ben S'rour	Forage	Nappe captive	678300	197650	20/05/2002

Ouled Mahdi	puits	Nappe phréatique	662700	647500	08/07/2003
El Kherza	Puits	Nappe phréatique			15/02/2003
Chellal 2	Puits	Nappe phréatique	640000	244000	28/05/2003
Chellal 3	Puits	Nappe phréatique	652000	254900	28/05/2003
M'sila 1	Forage	Nappe captive	677000	259000	20/12/2004
M'sila 2	Forage	Nappe captive	664700	262050	17/11/2004
M'sila 3	Forage	Nappe captive	664700	262050	22/11/2004

Source : ANRH

### 4.3 1.1 Interprétation des résultats

#### A- Teneur en calcium (ca)

La valeur moyenne du calcium est de 207mg/l pendant toutes les campagnes d'analyse, c'est une valeur légèrement supérieure à la norme admissible de l'OMS (200 mg/l).

Les plus fortes concentrations sont enregistrées très au niveau des points d'eau Msila 1 et 2 Bensour et Ouled Mahdi. Les formations marneuses gypseuses existantes dans l'aquifère sont à l'origine de ces fortes concentrations en calcium.

#### B-Teneur en Magnésium (Mg)

La teneur moyenne du Magnésium (Mg) dans les eaux souterraines échantillonnée durant les 6 campagnes de mesures est de 114mg/l. Cette valeur est supérieure à la norme admissible de l'OMS (50mg/l), les teneurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des Forages de M'sila 1 et M'sila 2 puisant dans la nappe captive.

#### C-Teneur en Sodium et potassium (Na, K)

La concentration moyenne en Sodium est de 287mg/l dans les eaux souterraines captées. Cette valeur est supérieure à la norme admissible de l'OMS (200mg/l). Toutefois, il existe des points d'eau dont la concentration est 3 à 4 fois supérieure à la norme tel que : Chellal 1.2.3 et Ouled Mahdi qui captent la nappe phréatique et le forage Ben s'rour qui capte la nappe captive.

#### D-Teneur en Chlorures (Cl)

La teneur moyenne des chlorures est de 327 mg/l. cette valeur est largement supérieur à celle admise par l'OMS de 250 mg/l. Les concentration les plus fortes atteignent 488mg/l, elles sont localisées au niveau des points d'eau : Ain kelba Ben S'rour, Chellal 3, Chellal1, M'sila 2 et M'sila3.

### **E-Teneur en Sulfates (SO<sub>4</sub>)**

La concentration moyenne en ions SO<sub>4</sub><sup>--</sup> est 741 mg/l. Elle est largement supérieure à la concentration maximale admissible par l'OMS (400mg/l). Cette concentration élevée peut être expliquée par la proximité des points d'eau du chott El hodna .

En effet, la zone centrale du chott (Sebkha) est caractérisée par le développement d'une végétation indicatrice de présence de sel (Photo n°1 et n°2). Cette salinité est susceptible d'être à l'origine de fortes Minéralisations des eaux souterraines.



**Figure 4.2.3** Sebkha du Chott El Hodna



**Figure 4.2.4** couvert végétal de la sebkha du chott El hodna.

### **4.3.2 Dureté hydrométrique totale (TH)**

Quand l'eau est dite (dure) cela signifie simplement qu'elle contient plus de minéraux que l'eau ordinaire, ces minéraux sont principalement le calcium et le magnésium.

La dureté se mesure en meq/l donné par le quotient de la masse atomique ou la masse molaire d'un élément ou d'un radical par sa valence, la dureté s'exprime en degrés français (symbole 1°F)

$$1^{\circ}\text{F} = 4 \text{ mg/l de Ca } 2^{+}$$

$$1^{\circ}\text{F} = 2,4 \text{ mg/l de Mg } 2^{+}$$

La dureté totale d'une eau est la somme des duretés calcique et magnésienne, elle augmente avec la quantité de calcium et du magnésium dissout.

$$TH = (r \text{ Ca}^{2+} + r \text{ Mg}^{2+}) \times 5^\circ\text{F}$$

La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations ; Une eau dure donne des dépôts de tartre dans les canalisations, ainsi que dans les filters des robinets.

**Tableau 4.2.6** Dureté de l'eau en fonction du Fonctitre hydrométrique (ANRH)

TH (°F)	0 à 7	7 à 22	22 à 32	32 à 54	>54
Dureté de l'eau	douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure

La dureté des eaux souterraines échantillonnée varie entre 33,65 °F et 154,42 °F , se sont des eaux très dures ce qui nécessite un traitement spécifique avant leur consommation (adoucissement). Cette dureté est due principalement à la nature de la roche (calcaire) que les eaux de ruissellement traversent.

### 4.3.3 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

#### PH:

Le PH est lié à l'équilibre acido-basique d'une nappe d'eau et la mesure de concentration des ions hydrogène en solution, l'une des raisons que l'on a de contrôler le PH est de réduire la corrosion ou l'entartrage dans la tuyauterie.

On rencontre dans les eaux naturelles :

- Un milieu acide :  $\text{PH} < 7$ .
- Un milieu neutre :  $\text{PH} = 7$ .
- Un milieu basique :  $\text{PH} > 7$ .

Un PH inférieur à 7 peut être dû à la présence d'acide carbonique libre ou d'acide humique e. Le caractère plus ou moins agressif d'une eau tient généralement à un excès d'acide carbonique libre. Une certaine teneur en oxygène dissous peut être en relation, avec l'agressivité de l'eau.

Dans le bassin du Hodna, Les valeurs du PH mesurées se situent entre 7,4 et 8,3 ; se sont des valeurs qui répondent à la norme de potabilité de l'OMS.

#### Le résidu sec:

Le résidu sec est la concentration total des sels dissous dans l'eau après une évaporation à 105 °, il renseigne sur la minéralisation globale de l'eau.

Le graphique ci-après, illustre la variation de la concentration en résidu sec Durant les 6 campagnes d'analyse

Les résultats d'analyse obtenus pour les 6 campagnes de mesures montrent que les concentrations en résidu sec sont comprises entre 3990 mg/l (forage M'Sila 1) et 679 mg/l (puit Ben S'rour). Les plus faibles teneurs sont enregistrées au Nord du chott avec des concentrations variant entre 679 à 1900 mg/l.

#### 4.3.4 parametres de pollution

Les pollutions que l'on rencontre dans les eaux souterraines peuvent être d'ordre :

\* **Physique:** eaux chaudes, matières en suspensions\*

\* **chimique :**

-les polluants minéraux (acides, bases et sels : chlorures, nitrates, métaux lourds ...)

-les polluants organiques naturels ou synthétiques (les pesticides, les composés organiques, les solvants....).

\***Bactériologique :** Micro-organismes, virus, bactéries.

\***Thermique:** selon l'origine, les pollutions sont :

\* **Diffuses :** Utilisation des engrais, des produits phytosanitaires, bétail, retombées des pollutions atmosphériques

\* **Ponctuelles ou localisées :** stockages, décharges, puisards d'eaux usées domestiques, industries. .

A réparation linéaire : routes et autoroutes, voies ferrées, cours d'eau canaux. ,

#### C.1 Les Nitrates

Concernant les nitrates, les teneurs mesurées varient entre 3 et 89,4 mg/l. Il est à constater que les concentrations les plus faibles (3 à 24 mg/l) n'évoluent que très peu au Nord du chott. Par contre, ces teneurs sont plus élevées au Sud, cela est dû probablement à l'existence d'une activité agricole dans la région.

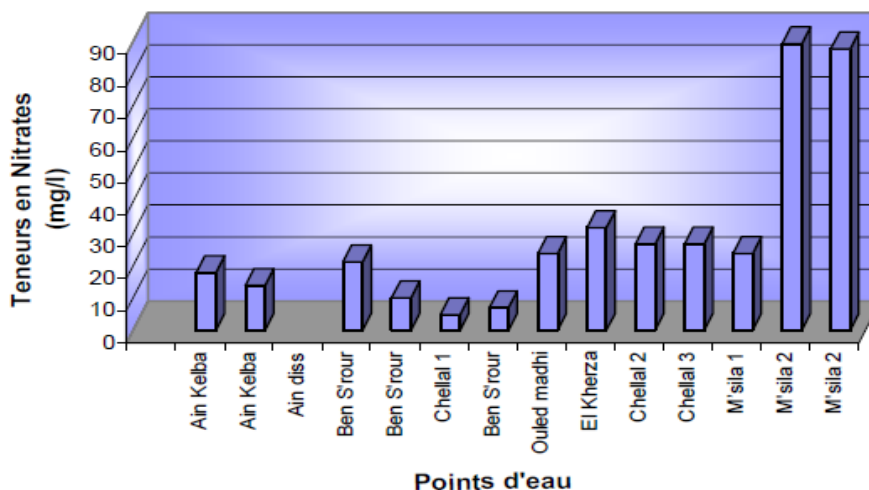


Figure 4.2.5 Variantation des teneurs en Nitrates (ANRH)

## Conclusion

L'eau reste l'une des ressources naturelles les plus sensible et la plus fragile de l'environnement. De façon générale, les eaux usées compromettent dangereusement la vie des êtres humains.

D'une part le rejet dans la nature d'eaux usées brutes entraîne une dégradation plus ou moins grave du niveau hydrographique.

L'eutrophisation et l'asphyxie du milieu provoquent ainsi la perturbation des écosystèmes puis les mortalités piscicoles massives et même la mort biologique de certains cours d'eau. Selon les cartes de la qualité des eaux superficielles éditée par l'ANRH (Campagnes de mesures : 1991-92-93, 2000 et 2001, le réseau hydrographique du bassin du Hodna, n'a pas fait l'objet d'un suivi qualitatif. Néanmoins, une dégradation globale de la qualité des eaux superficielle a été mise en évidence compte tenu les facteurs suivant:

- l'insuffisance en matière d'épuration des eaux usées urbaines et industrielles.
- L'insuffisance en matière de suivi de la qualité des eaux
- L'insuffisance en matière du suivi réglementaire et l'exercice de la puissance publique (police des eaux, direction de l'environnement...).

Par voie de conséquence et dans l'objectif de la protection de cette ressource vitale, il est d'une importance capitale d'investir dans la réalisation des stations d'épuration. De même, l'application de la politique d'incitations financières au profit des industriels pour se doter des systèmes internes d'épuration est un autre moyen qui permettra d'atteindre cet l'objectif.

Quant aux eaux souterraines, les campagnes d'analyses effectuées dans le bassin n'ont concerné que les nappes de la plaine du Hodna (nappe phréatique et captive). L'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques effectuées par l'ANRH (direction régionale de Djelfa) durant les années 1996, 1999, 2001,2002, 2003 t 2004 révèle une forte minimalisation des eaux souterraines échantillonnées.

## **Chapitre 05**

# **Les Besoins en Eau Potable dans le bassin du Hodna**

## 5.1 Introduction

L'eau est importante pour la vie humaine et comme composant de l'écosystème mondial. Dans ce chapitre, on calcule la population et ses besoins en eau potable de toutes les communes du bassin du Hodna aux différents horizons : actuel, à moyen terme 2035 et à long terme 2050. La dotation et le taux de croissance de la population sont pris comme données à partir du plan national de l'eau établi par le ministère des ressources en

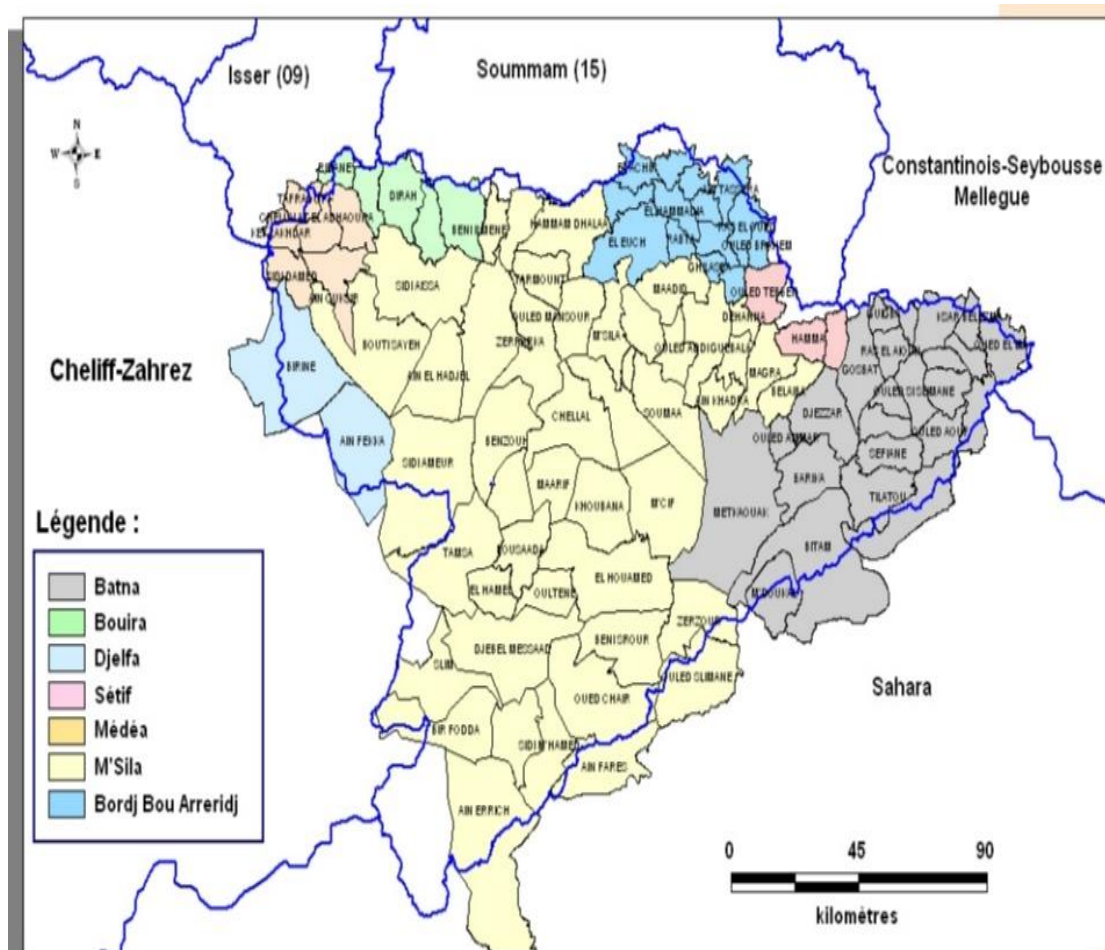


Figure 5.1. Découpage Administratif Du Bassin Du Hodna

## 5.2 Calcul de la population aux horizons (2035 et 2050)

Pour effectuer les calculs nous appuyons sur la population des années 1998 et 2004 (Source ONS)

### 5.2.1 Taux de croissance

Le taux de croissance démographique est relatif au mouvement naturel de la population lié aux naissances et aux décès. Il se calcule comme le rapport du solde naturel pendant une période à la population moyenne de cette période, il est aussi égal à la différence entre le taux de natalité et le taux de mortalité

**Le taux de croissance =**

$$\frac{((\text{Indicateur année } n \text{ (année 2004)} - \text{indicateur année } n-1 \text{ (année 1998)})/N)/\text{indicateur année } n-1 \text{ (année 1998)}}$$

N : la différence entre les deux années

### 5.2.2 La Population dans la future (2035,2050)

Le nombre d'habitants futur (à l'année du projet) dans une agglomération urbaine,  $P_{\text{futur}}$ , est déterminé par la formule en (Hab.) :

$$P_{\text{futur}} = P_{\text{actuel}} (1 + \text{Taux de croissance})^n$$

$P_{\text{futur}}$  : la population dans (2035, 2050)

$P_{\text{actuel}}$  : la population dans (2004)

n : est le nombre d'années entre  $P_{\text{futur}}$  et  $P_{\text{actuel}}$

**Tableau 5.1** Taux de croissance et population futur de wilaya de Msila

Communes	Taux de croissance	P(2035)	P(2050)
M'SILA	0,19	3805984	620796
MAADID	0,02	194321	21187
HAMMAM DELLAA	0,09	51116	68498
OULED DERRADJ	0,08	40115	60281
TARMOUNT	0,02	86010	10702
M'TARFA	0,01	3212	4222
KHOUBANA	0,02	6297	7339

M'CIF	0,04	14497	19905
CHELLALA	0,02	7103	104210
OULED MAADI	0,01	2735	35510
MAGRA	0,02	30973	46159
BERHOUM	0,03	49853	84984
AIN KHADRA	0,14	37759	57309
OULED ADDI GUEBALA	0,01	20641	26317
BELAIBA	0,05	13097	20347
SIDI AISSA	0,06	164525	259477
AIN EL HADJEL	0,03	73089	114692
SIDI HADJRES	0,009	3140	3731
OUANOUG HA	0,01	20007	23170
BOU SAADA	0,06	354537	587159
OULEDSIDI BRAHIM	0,06	18590	25816
SIDI AMEUR	0,02	42986	658957
TEMZA	0,02	6229	8428
BEN SROUR	0,03	56746	94779
OULED SLIMANE	0,05	231	550
EL HOUAMED	0,01	5603	6758

EL HAMEL	0,02	21631	29603
OULED MANSOUR	0,02	3024	4339
MAARIF	0,05	12653	19077
K. SED EL DJIR	0,008	19910	2277
MOHAMED BOUDIAF	0,05	12653	19077
BENZOUH	0,01	4104	4558
BIR FODDA	0,02	2224	3110
AIN FARES	0,006	1528	1682
SIDI M'HAMED	0,0005	2913	3010
SOUAMAA	0,01	1527	1799
AIN EL MELH	0,03	68110	108688
SLIM	0,009	6542	7588
AIN ERRICH	0,003	8985	9401
BENI ILMANE	0,01	9811	11578
DJEBEL MESSAAD	0,01	19628	26218

**Tableau 5.2** Taux de croissance et population futur de wilaya de Batna

Communes	Taux de croissance	p(2035)	p(2050)
MEROUANA	0,10	72 518	105 604
N'GAOUS	0,02	64966	94919
GUIGBA	0,04	13 020	15 340

BITAM	0,02	8215	10243
A.E.K AZIL	0,05	9352	14529
SEFIANE	0,01	3589	4650
RAHBAT	0,12	33048	61935
KSAR BELEZMA	0,01	5272	6481
SEGGANA	0,03	6685	8829
OUED EL MA	0,03	18174	20372
TALKHAMT	0,02	7211	10297
TAXLENT	0,02	3278	3917
GOSBAT	0,05	16 226	19 977
BOUMAGUE R	0,07	11858	16876
BARIKA	0,02	212370	317544
DJEZZAR	0,02	8484	11629
AIN TOUTA	0,10	168106	283172
RAS EL AIOUN	0,02	17547	19639
OULED SI SLIMANE	0,09	18349	256810
M'DOUKAL	0,01	11073	13419
OULED AMMAR	0,02	2942	42410

**Tableau 5.3** Taux de croissance et population futur de wilaya de Bordj Bou Arreridj

Communes	Taux de croissance	p(2035)	p(2050)
B.B.ARRERIDJ	0,14	486454	829251
RAS EL OUED	0,08	80469	110127
EL ACHIR	0,12	47036	75438
BORDJ GHDIR	0,06	42721	57527
EL HAMADIA	0,18	43125	68014
BELIMOUR	0,06	28069	44120
OUED BRAHIM	0,02	8737	12153
KSOUR	0,05	16531	20289
EL EUCH	0,04	13918	17438
EL ANASSEUR	0,06	33507	54930
AIN TESSERA	0,06	11337	14408
GHILASSA	0,11	444310	79207
RABTA	0,06	10411	19135

**Tableau 5.4** Taux de croissance et population futur de wilaya de Bouira

Communes	Taux de croissance	p(2035)	p(2050)
DIRAH	0,13	308339	2108313
TAGUEDITE	0,04	10151	14352
MAMORA	0,01	1601	1860
HADJRA ZERGA	0,02	2034	2784

**Tableau 5.5** Taux de croissance et population futur de wilaya de Médéa

Communes	Taux de croissance	P(2035)	p(2050)
CHELLALET EL	0,05	145320	314787
TAFRAOUT	0,03	5525	8861
CHENIGUEL	0,04	687	3260
AIN OUKSIR	0,01	2158	2591

**Tableau 5.6** Taux de croissance et population futur de wilaya de Sétif

Communes	Taux de croissance	p(2035)	p(2050)
BOUTALEB	0,008	3382	3488
OUED TEBBEN	0,002	44210	45923
HAMMA	0,02	15479	19088

**Tableau 5.7** Taux de croissance et population futur de wilaya de Djelfa

Communes	Taux de croissance	p(2035)	p(2050)
BIRINE	0,02	52392	73234
AI FEKKA	0,03	54193	93654

### **5.3 Calcul des Besoins de la population dans la future en (2035 et 2050)**

#### **5.3.1La dotation**

C'est une estimation de la consommation unitaire par catégorie d'utilisateur. Elle s'obtient par le rapport entre la consommation totale d'une catégorie déterminée et le nombre de consommateurs de cette catégorie (L/j/hab.)

Dans ce travail nous allons calculer et les besoins de la future (2035 ,2050), la dotation est prise comme donnée à partir du plan nationale de l'eau (Ministère des ressources en eau)

**Tableau 5.8** Les Besoins de la population de wilaya de Msila

Communes	P(2035)	P(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoins (2050)
M'SILA	380598	620796	0,14	53283,72	86911,44
MAADID	19432	21187	0,11	2137,52	2330,57
HAMMAM DELLAA	51116	68498	0,12	6133,92	8219,76
OULED DERRADJ	40115	60281	0,12	4813,8	7233,72
TARMOUNT	86010	10702	0,11	9461,1	1177,22
M'TARFA	3212	4222	0,09	289,08	379,98
KHOUBANA	6297	7339	0,11	692,67	807,29
M'CIF	14497	19905	0,11	1594,67	2189,55
CHELLALA	7103	104210	0,12	852,36	12505,2
OULED MAADI	5389	7016	0,09	485,01	631,44
MAGRA	53721	80060	0,12	6446,52	9607,2
BERHOUM	49853	84984	0,13	6480,89	11047,92
AIN KHADRA	37759	57309	0,11	4153,49	6303,99
OULED ADDI GUEBALA	27572	35155	0,12	3308,64	4218,6
BELAIBA	13097	20347	0,11	1440,67	2238,17
SIDI AISSA	164525	259478	0,13	21388,25	33732,14
AIN2 EL HADJEL	73089	114692	0,13	9501,57	14909,96

SIDI HADJRES	3140	27310	0,11	345,4	3004,1
OUANOUGHA	20007	23170	0,11	2200,77	2548,7
BOU SAADA	354537	587159	0,13	46089,81	76330,67
OULEDSID	18590	25816	0,02	371,8	516,32
SIDI AMEUR	42986	65895	0,12	5158,32	7907,4
TEMZA	6229	8428	0,12	747,48	1011,36
BEN SROUR	56746	94779	0,11	6242,06	10425,69
OULED SLIMANE	231	550	0,13	30,03	71,5
EL HOUAMED	5603	6758	0,11	616,33	743,38
EL HAMEL	21631	29603	0,12	2595,72	3552,36
OULED MANSOUR	3024	4339	0,12	362,88	520,68
MAARIF	12653	19077	0,10	1265,3	1907,7
K. SED EL DJIR	20000	2277	0,09	1800	204,93
MOHAMED BOUDIAF	15602	20540	0,11	1716,22	2259,4
BENZOUH	4104	4558	0,10	410,4	455,8
BIR FODDA	2224	3110	0,09	200,16	279,9
AIN FARES	1528	1382	0,09	137,52	124,38
SIDI M'HAMED	2913	2899	0,09	262,17	260,91
SOUAMAA	1527	1799	0,09	137,43	161,91
AIN EL MELH	68110	108688	0,13	8854,3	14129,44
SLIM	6542	7588	0,12	785,04	910,56

AIN ERRICH	8985	9401	0,11	988,35	1034,11
BENI ILMANE	9811	11578	0,12	1177,32	1389,36
DJEBEL MESSAAD	19628	26218	0,11	2159,08	2883,98

**Tableau 5.9** Les Besoins de la population de wilaya de Batna

Communes	p(2035)	p(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoin (2050)
MEROUANA	72518	105604	0,12	8702,16	12672,48
N'GAOUS	64966	94919	0,13	8445,58	12339,47
GUIGBA	13020	15340	0,11	1432,2	1687,4
BITAM	8215	10243	0,11	903,65	1126,73
A.E.K AZIL	9352	14529	0,11	1028,72	1598,19
SEFIANE	3589	4650	0,11	394,79	511,5
RAHBAT	33048	61935	0,11	3635,28	6812,85
KSAR BELEZMA	5272	6481	0,09	474,48	583,29
SEGGANA	6685	8829	0,12	802,2	1059,48
OUED EL MA	18174	20372	0,11	1999,14	2240,92
TALKHAMT	7211	10297	0,12	865,32	1235,64
TAXLENT	3278	3917	0,09	295,02	352,53
GOSBAT	16226	19977	0,11	1784,86	2197,47

BOUMAGUER	11858	16876	0,14	1660,12	2362,64
BARIKA	212370	317544	0,11	23360,7	34929,84
DJEZZAR	8484	11629	0,11	933,24	1279,19
AIN TOUTA	168106	283172	0,09	15129,54	25485,48
RAS EL AOUN	17547	19639	0,1	1754,7	1963,9
OULED SIELIMANE	18349	25690	0,1	1834,9	2569
M'DOUKAL	11073	13419	0,09	996,57	1207,71
OULED AMMAR	2942	4250	0,11	323,62	467,5

**Tableau 5.10** Les Besoins de la population de wilaya de Bordj Bou Arreridj

Communes	p(2035)	p(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoins (2050)
B.B.ARRERIDJ	486454	829251	0,14	68103,56	116095,14
RAS EL OUED	80469	110127	0,12	9656,28	13215,24
EL ACHIR	47036	75438	0,12	5644,32	9052,56
BORDJ GHDIR	42721	57527	0,12	5126,52	6903,24
EL HAMADIA	43125	68014	0,12	5175	8161,68
BELIMOUR	28069	44121	0,11	3087,59	4853,31
OUED BRAHIM	8737	12153	0,11	961,07	1336,83
KSOUR	16531	20289	0,10	1653,1	2028,9
EL EUCH	13918	17438	0,16	2226,88	2790,08
EL ANASSEUR	33507	54931	0,11	3685,77	6042,41

AIN TESSERA	11337	14408	0,1	1133,7	1440,8
GHILASSA	44440	79207	0,11	4888,4	8712,77
RABTA	13689	19135	0,1	1368,9	1913,5

**Tableau 5.11** Les Besoins de la population de wilaya Bouira

Communes	p(2035)	p(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoins (2050)
DIRAH	308339	2108313	0,1	30833,9	210831,3
TAGUEDITE	10151	14352	0,09	913,59	1291,68
MAMORA	1601	1860	0,09	144,09	167,4
HADJRA ZERGA	2034	2784	0,09	183,06	250,56

**Tableau 5.12** Les Besoins de la population de wilaya Médéa

Communes	p(2035)	p(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoins (2050)
CHELLALET EL	145320	314787	0,12	17438,4	37774,44
TAFRAOUT	5525	8861	0,09	497,25	797,49
CHENIGUEL	688	3260	0,11	75,68	358,6
AIN OUKSIR	2158	2591	0,09	194,22	233,19

**Tableau 5.13** Les Besoins de la population de wilaya Sétif

Communes	p(2035)	p(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoins (2050)
BOUTALEB	3382	4980	0,11	372,02	547,8
OUED TEBBEN	4430	4593	0,12	531,6	551,16
HAMMA	15479	19088	0,11	1702,69	2099,68

**Tableau 5.14** Les Besoins de la population de wilaya Djelfa

Communes	p(2035)	p(2050)	Dotation	Besoins (2035)	Besoin(2050)
BIRINE	52392	73234	0,13	6810,96	9520,42
AI FEKKA	54193	93654	0,13	7045,09	12175,02

**Tableau 5.15** Besoins en eau potable de la population du Hodna aux différents horizons

Wilaya	P(2035)	P(2050)	Besoins(2035) (m3/an/hab.)	Besoins(2050) (m3/an/hab.)
Msila	954024	2052786	208657,1992	1788917,32
Batna	712 283	1 338 592	76756,79	114683,21
BordjBouArreridj	1266625	1352600	1368,9	1913,5
Bouira	322125	2127309	32074,64	212540,94
Médéa	153691	326564	18205,55	39163,72
Sétif	63071	67999	2606,31	3198,64

Djelfa	106585	166888	13856,05	21695,44
Totale	3578403	7432738	353525,439	2182112,77

## **Conclusion**

Ce chapitre nous a permis d'estimer les variations de la demandée eau potable de toutes les communes du bassin versant Hodna à l'horizon (2035 et 2050) Et en comparant cela avec la ressource en eau de surface du bassin on constate que pour l'horizon de 2035 , le bassin en bilan hydrique positif , toutefois ,pour l'horizon 2050 le bassin est en déficit hydrique .par conséquent , les mesures nécessaires au développement durable des générations futures doivent être envisagées pour répondre à leurs besoins en eau.

## Conclusion générale

Le bassin du Hodna est le cinquième plus grand bassin d'Algérie. Situé au centre de l'Algérie, il couvre une superficie d'environ 26 000 kilomètres carrés et est délimité par deux séries de montagnes au nord et au sud, entourées d'une dépression naturelle presque plate "nommée Chott El Hodna" à une altitude de 400 mètres. . Selon l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH), le bassin versant du Hodner peut être divisé en 23 sous-bassins, mais ces sous-bassins peuvent être agrégés en 08 sous-bassins avec le même cours d'eau principal en fonction de la trajectoire du talweg principal.

A partir des résultats de calcul de l'apport liquide dessous-bassins jaugés, nous pouvons estimer l'afflux du sous-bassin non jaugés de deux manières, ce dernier peut être estimé également par une autre méthode basée sur les formules empiriques proposées dans les mêmes conditions hydrologiques.

Les résultats obtenus par les modèles empiriques sont différents significativement de ceux calculés à partir des données du sous-bassin jaugés.

Le calcul par les différents modèle montre que le bassin versant du Hodna compte un apport liquide de l'ordre de 565958 hm<sup>3</sup> par an ce volume est quasiment rejeté dans le chott sans être exploité

En calculant la population et sa demande en eau potable future de toutes les agglomérations duHodna en 2035 et 2050, et en comparant cela avec la ressource en eaude surface du bassin, on on constate que pour l'horizon de 2035, le bassin en bilan hydrique positif, toutefois, pour l'horizon 2050 le bassin est en déficit hydrique.

Par conséquent, les mesures nécessaires au développement durable des générations futures doivent être envisagées pour répondre à leurs besoins en eau.

## Références bibliographique

- AMAL, M. (2016). L'OR BLEU SOURCE D'ENERGIE VERTE. Revue d'économie et de statistique appliquée, 13(1), 226-241.
- AMIN, M. E. K. K. I., et Wail, D. A. M. E. N. E. (2021). Amélioration de la production d'un distillateur solaire avec chambre de condensation refroidie par l'effet thermoélectrique.
- AOUINA, Z., et MECHEGUEG, A. (2021). Etude expérimental d'un écoulement franchissant un déversoir de forme U dans un canal rectangulaire (Doctoral dissertation, university of M'sila).
- Boudjadja, A., Messahel, M., et Pauc, H. (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord. Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science, 16(3), 285-304.
- Boutouatou, F., Mebarki, A., et Laignel, B. Les barrages en exploitation dans l'Est algérien (Doctoral dissertation, جامعة الإخوة منتوري قسنطينة).
- Chalouche, N., Chouial, H., Dib, N., & Mayache, B. E. (2004). Etude comparative de la qualité des eaux qui alimentent la ville de Taher (Doctoral dissertation, université de Jijel)..
- Contribution à l'étude du transport solide dans le sous bassin versant de Soubella (Hodna).
- Dorchies, D., Belaud, G., Charron, F., et Dejean, C. (2014). Métrologie: mesure de débit dans les canaux à surface libre.
- HAMENNI, N. (2011). ETUDE DES RESSOURCES EN EAUDU BASSIN VERSANT DE LA SOUMMAM PAR L'UTILISATION DU SIG (Doctoral dissertation).
- Hasbaia ,M , et al.(2012).ICSE6 Paris - August 27-31,
- 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.
- Henry, M. (1998). QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DANS LA MRC DE COATICOOK.
- KASTLER, F. (2021). 68 ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ.
- l'Environnement", Ministère de l'environnement et du cadre de vie, Paris, 511-528..

MAHMOUDI, L. (2019). Variations interannuelles de l'avifaune aquatique de la zone humide de chott-El Hodna site RAMSAR (Région de M'sila) (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila.

Marcoen, J. M., et Vandenberghe, C. (2005). De la gestion globale anthropique de l'eau à la mise en oeuvre de la Directive Nitrates en région wallonne. *Gestion environnementale de l'Agriculture*, 217-230 .

Margat, J., Erhard-Cassegrain, A., et Hubert, P. (1979). Quelles ressources en eau peut-on et veut-on utiliser. Journées de Limoges" L'Eau, la Recherche et

Tiaiba ,O et Rouane ,H .(2021) Etude de la ressource en eaux dans le bassin versant de hodna

Bourenane,A , Mechri, Said. (2008),

Charabi,A et Blisag, B. ETUDE CRITIQUE DES APPORTS LIQUIDES ET SOLIDES :CAS DE SOUS BASSIN VERSANT DU KSOB DANS LE BASSIN DU HODNA Seddi, A. (2012). L'étude des apports liquides et solides du grand bassin versant du Hodna, Impact sur l'environnement

Hedjazi, A. QUANTIFICATION DES APPORTS LIQUIDES ET SOLIDES DE L'OUED EL-HAM

Rouabhia,A. E. K., et Djabri, L. (2010). L'irrigation et le risque de pollution saline. Exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'el ma el abiod. *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (8).

Mustapha K. (1994). Le bassin versant du Hodna (Algérie): Ressources en eau et possibilités d'aménagement



