

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

Mémoire
Pour l'obtention du Diplôme de Magister en Hydraulique
Option : Mobilisation et protection des ressources en eau

Thème

**Problématique de la mobilisation et de la préservation
des ressources hydriques dans le Sersou
(Bassin Cheliff amont Boughzoul)**

Présenté par Mr : LADJAL Rabah

Soutenu le : 09/05 /2013
Devant le Jury composé de :

Mr	A. SEDDINI	Pr	Université de Tlemcen	Président
Mr	A. BOUANANI	Pr	Université de Tlemcen	Examineur
Mme	F. ADJIM	MCA	Université de Tlemcen	Examineur
Mr	A. CHIBOUB FELLAH	Pr	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr	B. ROUISSAT	MAA	Université de Tlemcen	Invité

Année universitaire 2012/2013

Résumé

Le début du XXIème siècle, s'annonce sous le signe d'une aggravation de la pénurie d'eau, dans la région occidentale du pays où l'attention est particulièrement attirée sur l'approvisionnement des ressources en eau dans le bassin versant Cheliff amont Boughzoul exclusivement imputables aux effets de l'aridification du climat, de la croissance démographique et des politiques de développement envisagées notamment en agriculture.

En effet, le déficit hydrique chronique estimé à 44.92 Hm³/an à l'horizon 2020 est le résultat d'un climat défavorable, caractérisé principalement par une faible pluviosité (150 mm/an) et une intense évapotranspiration, conjuguée à une composante en besoins de la petite et moyenne hydraulique accrus, dictée par la politique de développement agricole mise en œuvre par les programmes FNDRA et PSD (Fonds National de Régulation et de Développement Agricole - Programmes Sectoriels de Développement) visant à accroître la superficie irriguée.

La confrontation des paramètres initiaux de dimensionnement à ceux enregistrés réellement durant 16 ans d'exploitation des barrages, révèle des écarts sensibles en faveur de la diminution tant des apports que des précipitations.

Le recours au transfert Djelfa P1 (Transfert des eaux du Sahara septentrional vers les hauts plateaux), puisant dans l'Albien par des champs captants dans le complexe terminal, constitue une option incontournable pour équilibrer le bilan hydrique déficitaire du bassin à l'horizon 2020 et assurer une disponibilité de la ressource même au-delà.

Les gains résultants de l'adoption d'un nouveau mode de gestion dans l'exploitation des barrages sont susceptibles de contribuer dans le redressement de la situation par la réactualisation des affectations initiales, restées immuables depuis leurs inaugurations.

Mots clés :

Bassin versant - Déficit - Confrontation -Transfert - Albien - Bilan.

Abstract

The beginning of the XXI century looks under the sign of a worsening water shortage in the western region of the country where attention is particularly drawn to the resources supply water in the Cheliff Boughzoul watershed upstream exclusively attributable to the effects of aridity, population growth and development policies which are envisage, especially in agriculture.

Indeed, the deficit chronic water estimated at $44.92\text{Hm}^3/\text{year}$ in 2020 is the result of an unfavorable climate, characterized mainly by low rainfall (150 mm / year) and intense evapotranspiration, combined with increased SMH (Small and mediem hydraulic) component dictated need by the agricultural development policy implementation programs DARNF and DSP (Development and Agriculture Regulation National Fund- Development of Sectoral Programs) to increase the irrigated area.

The initial parameters comparison of design to those actually recorded 16 years at dams showed significant differences in reducing favor both input and precipitation. The use of transfer Djelfa P1 (Transfer of water from the Sahara to the north highlands), drawing from the Albian by catchment areas in the terminal complex, is an inevitable option to balance the bilan water in 2020 and ensure the availability of resource.

The adoption of a new management gains resulting from in the dams operation are likely to contribute to situation redressing by updating affectations, remained unchanged since their inauguration.

Keywords:

Watershed - Deficit - Comparison - Transfer - Albian - Bilan.

ملخص

تميزت بداية القرن الحادي والعشرين، بنقص حاد في المياه بالمنطقة الغربية من البلاد أين يواجه الإنتباه و بشكل خاص إلى الموارد المائية في الحوض الساكب شلف قبل بوغزول وذلك بسبب الجفاف والنمو السكاني وسياسة التنمية المتبعة خاصة في مجال الزراعة.

إن العجز المزمن المقدر ب44.92م³/سنة خلال آفاق 2020 هو نتيجة لمناخ غير ملائم ميزته قلة الأمطار بشكل عام (150م/سنة) إلى جانب التبخر الشديد موازاة مع زيادة الطلب الذي تمليه سياسة التنمية الزراعية FNDRA و PSD (الصندوق الوطني للتنمية الزراعية والتنظيم, برامج قطاع التنمية) و التي تهدف إلى توسيع المساحة المروية .

المواجهة بين الخصائص الأولية لإنجاز السدود مع قريناتها المسجلة خلال 16 سنة من الاستغلال أظهرت فارقا محسوسا في كمية التساقط والإمدادات بالمياه .

اللجوء إلى نقل مياه الجلفة م1 (نقل مياه الصحراء نحو الهضاب العليا) والذي يستمد مياهه من حقول الطبقة الجوفية مركب تارمينال بالألبان هو خيار لا مفر منه لتحقيق التوازن في ميزانية المياه لآفاق 2020 مع ضمان توافر الموارد.

المكاسب الناتجة عن اعتماد طريقة جديدة في تسيير السدود من المحتمل أن تساهم في إنعاش الوضع عن طريق إعادة النظر في التخصيصات و التي بقيت دون تغيير منذ تدشين السدود

الكلمات المفتاحية:

الحوض الساكب - العجز – المواجهة - نقل- الألبان- الميزانية.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma grande reconnaissance et mon inestimable gratitude aux honorables personnes qui m'ont consacré leur savoir, leurs compétences et leur disponibilité en prenant part à l'élaboration et à l'examen de ce travail :

Messieurs les membres de jury :

Pr. Abdelali SEDDINI

Pr. Abderrazak BOUANANI

Dr. Fouzia ADJIM (NEE BENSAOULA)

Mes encadreurs Pr. A. CHIBOUB FELLAH et Mr. B.ROUISSAT

Je remercie également les responsables des structures qui ont participé activement dans l'aboutissement de ce travail :

A.N.R.H de Djelfa et Tiaret

D.H.W de Tiaret, Djelfa et Tissemsilt

I.N.S.I.D de Ksar Chellala

Direction des forêts Tissemsilt

O.N.A de Tiaret et Tissemsilt

BIBLIOTHEQUE de l'université ABB Tlemcen

Je suis également redevable pour l'accueil, l'égard et l'assistance qui m'ont été personnellement réservés par messieurs :

Mouaffak Mohamed de la D.H.W de Djelfa

Metidji Messaoud du barrage de Boughzoul

Chikh Abdelkader du barrage de C.Bougara

Loucif Djamel et Mme Aribi de l'A.N.R.H de Djelfa

Je ne saurai terminer sans remercier Mr R. Chellali enseignant chercheur au centre universitaire de Tissemsilt pour sa contribution effective et ses encouragements.

Dédicaces

*A la mémoire de mon père, que Dieu le tout
puissant l'accueille dans son vaste paradis*

A ma mère

A ma famille frères et sœurs

A tous mes amis

A tous ceux qui me sont chers (es)

A tous les universitaires

Je dédie ce modeste travail

Ladjal Rabah

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Répartition des ressources en eau dans l'Algérie du Nord.....	3
Figure 1.2	Répartition des eaux superficielles en Algérie.....	5
Figure 1.3	Région hydrographique (Oranie - Chott Chergui).....	6
Figure 1.4	Région hydrographique Cheliff – Zahrez.....	9
Figure 1.5	Région hydrographique (Algérois-Hodna-Soummam).....	13
Figure 1.6	Région hydrographique (Constantinois- Seybousse Mellegue).....	16
Figure 1.7	Région hydrographique du Sahara.....	19
Figure 1.8	Ressources en eau souterraine dans l'Algérie du Nord.....	21
Figure 1.9	Ressources souterraines de la région Hydrographique (Algérois - Hodna - Soummam).....	23
Figure 1.10	Limites hydrographiques des nappes Complexe terminale du Continental intercalaire dans le bassin.....	25
Figure 2.1	Bassins hydrographiques du Cheliff Zahrez.....	38
Figure 2.2	Découpage Administratif à l'échelle du bassin.....	39
Figure 2.3	Répartition de la population (plus de 1000 habitants) année 2005.....	42
Figure 2.4	Carte géologique du Bassin versant Cheliff amont de Boughzoul.....	44
Figure 2.5	Carte des sous bassins versants du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	50
Figure 2.6	Sous bassins versants du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	52
Figure 2.7	Carte du réseau hydrographique du bassin Cheliff amont de Boughzoul.....	55
Figure 3.1	Stations climatiques et hydrométriques pour l'étude climatique du bassin versant Cheliff amont Boughzoul.....	58
Figure 3.2	Température minimale et maximale du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	60
Figure 3.3	Température moyenne mensuelle des différentes stations du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	61
Figure 3.4	Température moyenne mensuelle du bassin du Cheliff amont Boughzoul.....	61
Figure 3.5	Climat du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	64
Figure 3.6	Climagramme de L. Emberger.....	65
Figure 3.7	Courbe Ombrothermique selon Gaussen.....	67
Figure 3.8	Abaque de Wundt –Coutagne.....	69
Figure 3.9	Abaque P. Verdeil (1988).....	70
Figure 3.10	Précipitations mensuelles de la station d'Aflou (1995-2007).....	76
Figure 3.11	Précipitations mensuelles de la station de Ksar Chellala (1990-1999).....	76
Figure 3.12	Précipitations mensuelles de la station de Tiaret (1978-2002).....	77
Figure 3.13	Précipitations mensuelles de la station de Boughzoul (1980-2005).....	77
Figure 3.14	Précipitations mensuelles de la station de Had Sahary (1980-2007).....	77
Figure 3.15	Evaluation du volume total de précipitation par la méthode des deux axes... ..	80
Figure 3.16	Evaluation du volume total de précipitation par la méthode de Thiessen.....	82
Figure 4.1	Sous bassin versant du barrage Bougara.....	88
Figure 4.2	Déclivité des versants sur le bassin versant du barrage Bougara.....	90
Figure 4.3	Barrage et bassin versant de Dahmouni.....	95
Figure 4.4	Figure .4.4.Corrélation pluies-apports (Série initiale ;1994/2010) Barrage Boughzoul.....	109
Figure 4.5	Corrélation pluies-apports (Série avec valeurs extrêmes ;1973/2010) Barrage Boughzoul.....	109

Figure 4.6	Corrélation pluies-apports (Série initiale ;1994/2010) Barrage Dahmouni...	110
Figure 4.7	Figure .4.7.Corrélation pluies-apports (Série avec valeurs extrêmes ; 1973/2010) Barrage Dahmouni.....	110
Figure 4.8	Corrélation pluies-apports (Série initiale ;1994/2010) Barrage Bougara.....	110
Figure 4.9	Corrélation pluies-apports (Série avec valeurs extrêmes ;1973/2010) Barrage Bougara.....	110
Figure 4.10	Volume prélevé par type d'ouvrage.....	112
Figure 4.11	Volume prélevé par type d'usage.....	113
Figure 4.12	Unités industrielles du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	116
Figure 4.13	Périmètres irriguées du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	118
Figure 4.14	Confrontation entre les ressources disponibles et les besoins en eau dans le bassin Cheliff amont Boughzoul	121
Figure 4.15	Schéma des transferts établis lors de l'étude de faisabilité.....	122
Figure 4.16	Transfert Djelfa P1 (Transfert des eaux du Sahara septentrional vers les hauts plateaux).	123

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Précipitations des quatre régions hydrographiques de l'Algérie du nord...	4
Tableau 1.2	Potentialité en eau superficielle de la région (Oranie - Chott Chergui).....	6
Tableau 1.3	Barrages en exploitation (région hydrographique Oranie - Chott Chergui)	7
Tableau 1.4	Transferts dans la région hydrographique Oranie - Chott Chergui.....	8
Tableau 1.5	Potentialité en eau superficielle du bassin Cheliff – Zahrez.....	9
Tableau 1.6	Barrages en exploitation du bassin Cheliff –Zahrez.....	11
Tableau 1.7	Les systèmes de transferts dans la région hydrographique Cheliff- Zahrez.	12
Tableau 1.8	Potentialité en eau superficielle du bassin (Algérois-Hodna-Soummam)...	13
Tableau 1.9	Barrages en exploitation du bassin (Algérois-Hodna-Soummam).....	14
Tableau 1.10	Potentialité en eau superficielle du bassin (Constantinois- S-M).....	16
Tableau 1.11	Barrages en exploitation du bassin (Constantinois- Seybousse Mellegue)...	18
Tableau 1.12	Potentialité en eau superficielle du bassin du Sahara.....	19
Tableau 1.13	Barrages en exploitation (Bassin du Sahara).....	20
Tableau 1.14	Potentialités des eaux souterraines de l'Algérie du nord.....	22
Tableau 1.15	Ressources souterraines de la région (Oranie -Chott Chergui).....	22
Tableau 1.16	Ressources Souterraines du bassin (Algérois - Hodna - Soummam).....	24
Tableau 1.17	Ressources souterraines du bassin (Constantinois - Seybousse – Mellègue).	24
Tableau 1.18	Récapitulatif des deux aquifères.....	26
Tableau 1.19	Nappes dans le sud Algérien.....	26
Tableau 1.20	Stations monoblocs de dessalement réalisées par LINDE-KCA / Allemagne.....	29
Tableau 1.21	Stations monoblocs de dessalement réalisées par Hydro Traitement / Algérie.....	29
Tableau 1.22	stations de dessalement.....	30
Tableau 1.23	Stations de déminéralisation.....	31
Tableau 1.24	Stations d'épuration.....	31
Tableau 1.25	Volume d'eaux usées rejeté (Hm ³).....	32
Tableau 2.1	Surface agricole utile par commune (en hectares pour l'année 2005).....	40
Tableau 2.2	Population des principales agglomérations du bassin versant Cheliff amont Boughzoul.....	41
Tableau 2.3	Classification de l'O.R.S.T.O.M.....	48
Tableau 2.4	Sous bassins 01 à 12 et leurs caractéristiques morphométriques.....	49
Tableau 2.5	Classification des bassins versants selon leur superficie.....	51
Tableau 2.6	Principales caractéristiques du bassin versant.....	53
Tableau 2.7	Classification du relief du basin Cheliff amont Boughzoul.....	53
Tableau 3.1	Température moyenne mensuelle et annuelle de quelques stations du bassin Cheliff Amont Boughzoul.....	59
Tableau 3.2	Précipitations des stations utilisées pour la classification des climats (en mm)	63
Tableau 3.3	Indices mensuels de De Moral.....	66
Tableau 3.4	Classification de De Moral.....	67
Tableau 3.5	Valeurs de l'ETP corrigées.....	71
Tableau 3.6	Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite.....	73
Tableau 3.7	Ruissellement et déficit d'écoulement selon différentes méthodes.....	74
Tableau 3.8	Caractéristiques des stations pluviométriques retenues pour l'étude climatique.....	75

Tableau 3.9	Précipitations mensuelles.....	75
Tableau3.10	Moyennes pluviométriques interannuelles de quelques stations du bassin Cheliff amont Boughzoul.....	78
Tableau3.11	Calcul de la lame précipitée par la méthode des deux axes.....	79
Tableau3.12	Evaluation de la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen.....	81
Tableau3.13	Evaluation de la lame d'eau précipitée par trois méthodes (moyenne arithmétique, deux axes et Thiessen).....	81
Tableau 4.1	Potentialités en eaux souterraines dans le Cheliff à l'amont Boughzoul.....	84
Tableau 4.2	Ressources en eau superficielle.....	85
Tableau 4.3	Barrages en exploitation au bassin Cheliff amont Boughzoul.....	86
Tableau 4.4	Caractéristiques des dénivelées dans le sous-bassin versant du barrage Bougara.....	89
Tableau 4.5	Superficie et portion des communes situées dans le sous-bassin versant du barrage Bougara.....	89
Tableau 4.6	Caractéristiques des dénivelées dans le sous-bassin versant du barrage Dahmouni.....	91
Tableau 4.7	Communes dans le sous-bassin versant du barrage Dahmouni.....	91
Tableau 4.8	levé bathymétrique du barrage C. Bougara.....	93
Tableau 4.9	Levé bathymétrique du barrage de Dahmouni.....	96
Tableau4.10	Levé bathymétrique du barrage c. Bougara.....	98
Tableau4.11	Calcul des apports moyens des trois barrages par différents modèles.....	100
Tableau4.12	Précipitations et apports des barrages (Dahmouni ,Col.Bougara et Boughzoul ; Période 1994/2010).....	102
Tableau4.13	Confrontation des ressources évaluées entre projet initial et régularisation actuelle.....	103
Tableau4.14	Précipitations et apports des trois barrages (Dahmouni ,Col.Bougara; période 1973/2010 - Boughzoul ;Période 1984/2010).....	104
Tableau4.15	Calcul des erreurs relatives.....	106
Tableau4.16	Décision sur la densité de la série.....	108
Tableau4.17	Impact des valeurs extrêmes sur la dispersion.....	110
Tableau4.18	Etat des retenues collinaires.....	111
Tableau4.19	Volume prélevé par type d'ouvrage.....	112
Tableau4.20	Volume prélevé par type d'usage.....	112
Tableau4.21	Etat de l'alimentation en eau potable de l'agglomération supérieure à 50 000 habitants.....	114
Tableau4.22	Besoins en eau des grands périmètres d'irrigations.....	117
Tableau4.23	Besoins en eau d'irrigation (irrigation intensive).....	119
Tableau4.24	Besoins en eau d'irrigation (irrigation rationalisée).....	119
Tableau4.25	Répartition de la superficie par culture.....	119
Tableau4.26	Confrontation ressources – besoins (Hm ³).....	120
Tableau4.27	Bilan final (Hm ³).....	120

LISTE DES PHOTOS

4.1	Barrage Colonel. Bougara.....	92
4.2	Barrage Dahmouni.....	94
4.3	Barrage Boughzoul.....	97
4.4	Digue sud du barrage Boughzoul.....	98

Liste des abréviations

ABH : Agence du bassin hydrographique

AEP : Alimentation en eau potable

ANB : Agence nationale des barrages (actuellement ANBT « Transferts »)

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques

CI : Continental intercalaire

CT : Complexe terminal

FNDRA : Programme National de Régulation et de Développement

G.P.I : Grand périmètre d'irrigation

MAO : Mostaganem Arzew Oran

O.N.I.D : Office nationale de l'irrigation et drainage

PNE : Plan national de l'eau

P : Poste pluviométrique

PMH : Petite et moyenne hydraulique

PSD : Programmes Sectoriels de Développement.

S.A.U : Surface agricole utile

SASS : Système aquifère du Sahara septentrional

TOL : Taux d'occupation de logement

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE.1. L'EAU EN ALGERIE SITUATION, BILAN ET PERSPECTIVES.....	3
1.1 Introduction.....	3
1.2 L'eau en Algérie du nord	3
1.3 L'eau dans le Sud algérien.....	4
1.4 Les eaux superficielles.....	4
1.4.1 Ressources superficielles dans la région hydrographique (Oranie - Chott Chergui	5
1.4.2 Ressources superficielles dans la région hydrographique (Cheliff –Zahrez).....	9
1.4.3 Ressources superficielles dans la région hydrographique (Algérois - Hodna - Soummam)	13
1.4.4 Ressources superficielles dans la région hydrographique (Constantinois - Seybouse –Mellegue)	15
1.4.5 Ressources superficielles dans la région hydrographique du Sahara.....	19
1.5 Eaux souterraines	20
1.5.1 Eaux souterraines dans le Nord de l'Algérie	20
1.5.2 Les eaux souterraines dans le sud Algérien	25
1.5.3 Autres ressources en eaux	24
1.6 Eaux non conventionnelles	25
1.6.1 La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles	25
1.7 Politique et stratégie de développement	32
1.7.1 Synthèses sur les ressources en eau Algérie	32
1.7.2 Stratégie de développement	33
1.8 Conclusion.....	36
CHAPITRE .2.PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	37
2.1 Introduction.....	37
2.2 Le bassin versant Cheliff amont Boughzoul	37
2.2.1 Inventaire des ressources en sols	37
2.2.2 Le couvert végétal	41
2.2.3 La population	41
2.2.4 Géologie.....	41
2.3 Morphométrie du bassin versant Cheliff amont Boughzoul	45
2.3.1 Généralité.....	45
2.3.2 Caractéristiques morphométriques du bassin versant.....	45
2.4 Paramètres hydrographiques	53
2.5 Conclusion.....	56
CHAPITRE.3. ETUDE CLIMATIQUE DU BASSIN VERSANT CHELIFF AMONT BOUGHZOUL	57
3.1 Introduction.....	57
3.2 Etude du climat.....	57
3.2.1 Etude de la température.....	58
3.2.2 Classification du climat de la région	62
3.3 Evapotranspiration et déficit d'écoulement.....	67
3.3.1 Evapotranspiration réelle	68
3.3.2 Le bilan hydrologique.....	73
3.4 Etude des précipitations.....	75
3.4.1 Généralités.....	75

3.4.2	Pluviométrie de la zone d'étude.....	75
3.4.3	Caractéristiques des stations pluviométriques.....	76
3.4.4	Précipitations mensuelles.....	76
3.4.5	Estimation de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant.....	79
3.5	Conclusion.....	84
CHAPITRE.4. EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DU BASSIN VERSANT		85
AMONT BOUGHZOUL ET CONFRONTATION AVEC LES BESOINS		
4.1	Ressources en eau dans le Cheliff à l'amont de Boughzoul.....	84
4.1.1	Ressources en eau souterraines.....	84
4.1.2	Ressources en eau superficielles.....	84
4.1.3	Ressources en eau non-conventionnelles.....	85
4.2	Evaluation des ressources superficielles.....	85
4.2.1	Ouvrages de mobilisation.....	85
4.2.2	Description du bassin versant des deux barrages (Barrage Col.Bougara et barrage Dahmouni)	86
4.2.3	Présentation des barrages.....	92
4.2.4	Retenues collinaires.....	98
4.2.5	Estimations des écoulements superficiels.....	99
4.2.6	Influence de la densité des séries sur la corrélation pluies-apports.....	109
4.3	Mobilisation par petite et moyenne hydraulique.....	111
4.4	Exploitation des ressources en eau souterraine.....	112
4.4.1	Utilisation des ressources en eau souterraines.....	112
4.4.2	Taux d'affectation des ressources souterraines.....	113
4.5	Estimation des différents besoins.....	113
4.5.1	Alimentation en eau potable.....	113
4.5.2	Approvisionnement en eau Industrielle.....	115
4.5.3	Grands périmètres d'irrigations.....	116
4.5.4	Petite et moyenne hydraulique (PMH).....	118
4.6	Confrontation entre les ressources disponibles et les besoins en eau.....	120
4.7	Recherche d'un bilan hydrique équilibré.....	121
4.7.1	Réalisation de nouveaux barrages.....	121
4.7.2	Recours aux eaux souterraines.....	121
4.7.3	Transferts	121
4.8	Conclusion.....	124
CONCLUSION GENERALE.....		125
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES		

INTRODUCTION GENERALE

Bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie dans le monde. Au vu du développement industriel et de la demande de plus en plus croissante, de nombreux pays seront exposés au stress hydrique (moins de 1700 m³/an par habitant) et à la pénurie hydrique (moins de 1000 m³/an par habitant). Les pays les plus exposés sont ceux de l'Afrique du Nord, de l'Afrique subsaharienne et du Moyen-Orient [Hinrichen D. et al. 1998]. Sans le recours aux eaux fossiles par « la grande rivière artificielle », la Libye serait aujourd'hui dans une situation de faillite hydrique.

L'Algérie ne fait pas exception à ce constat, elle qui sera confronté au même titre que les autres pays, au problème de la rareté de l'eau dans l'avenir. Malgré les efforts considérables fournis, notamment dans le domaine de la réalisation des infrastructures de mobilisation, la qualité de l'offre reste aléatoire et insuffisante puisque dans de nombreuses villes algériennes, la population n'a accès à l'eau que pendant une durée très limitée. Cette faiblesse de l'offre est due à plusieurs facteurs dont le plus important est la faiblesse du pays en matière de ressource en eau. Cette faiblesse est due en premier lieu au climat. En effet, à cause du climat semi-aride, l'Algérie voit une très grande proportion de ses précipitations revenir à l'atmosphère par le phénomène de l'évapotranspiration. Une autre caractéristique du climat semi-aride, c'est que les pluies sont intenses. Dans ces cas, il n'est pas rare de voir tomber la moyenne mensuelle, bimensuelle ou tri-mensuelle en quelques heures. Les conséquences seront une érosion importante provoquant un envasement rapide des barrages. La faiblesse du pays en matière de ressource en eau est due aussi à une sécheresse qui s'est installée dans le pays, spécialement dans sa région Nord-Ouest, depuis au moins les années 80, qui s'est traduite par une offre extrêmement faible pour les divers usagers de l'eau.

En Algérie la population était estimée à 23 millions en 87; 28 en 95; 32 en 2000; 39 en 2010; et 46 en 2020, soit une consommation d'eau potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³ alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³. Il faudrait mobiliser dans les 20 ans à venir 3 milliards de m³, en excluant les eaux d'irrigations et les fuites dans les conduites. Les superficies irriguées sont estimées à 450000 ha, l'objectif à atteindre à court terme étant de 770000 ha, et si l'on suppose qu'en moyenne, il faut 8000 m³/ha, il nous faudrait mobiliser 6.2 milliards de m³.

En somme, il faudrait mobiliser en 2020, plus de 11 milliards de m³ d'eau, alors que nos capacités théoriques ne sont que de 6 milliards. [A. Kettab, 2000]

Un réel déficit, qui ne saurait trouver épilogue, que dans la mise en œuvre d'une politique basée sur trois approches :

- La première consiste à adopter des techniques curatives et préventives pour la réhabilitation et la conservation du patrimoine existant.
- La deuxième repose sur l'exploitation des ressources non conventionnelles.

- La troisième est d'ordre managérial visant à résorber les déficits par une gestion intégrée des ressources disponibles au moyen de l'actualisation des réaffectations et la mise en place de systèmes d'inter-connection des barrages et des transferts.

C'est dans cette dernière optique (troisième approche) que le présent travail vient résoudre l'épineuse équation qui oppose les potentialités hydriques mobilisables à la satisfaction des besoins en eau de la population, de l'industrie et de l'irrigation, à une échelle plus fine en s'intéressant au bassin du Cheliff amont de Boughzoul, comme zone d'étude.

Le Cheliff amont de Boughzoul s'identifie par ses caractéristiques très hétérogènes ou on note une disparité importante des grandeurs climatiques et hydrologiques.

Cette zone est constituée de 12 sous- bassins, totalisant une superficie de 19645 Km² avec une densité de population de 14 hab/Km².

Le sous – bassin est drainé par deux grands Oueds Nahr Ouassel et Oued Touil dont la confluence donne naissance à Oued Cheliff.

La démarche adoptée vise essentiellement, l'étude morphologique et climatique du Sersou ainsi que l'établissement d'un bilan de confrontation des besoins aux ressources disponibles.

Ce bilan cible les deux aspects liés à la problématique de mobilisation et à la préservation des ressources sur le plan quantitatif et qualitatif.

Dans cet objectif est à la base de tous les critères liés aux aspects développés dans le présent mémoire qui est structuré en quatre chapitres, des solutions concrètes ont été proposées pour surmonter le déficit hydrique prononcé de la région.

L'essentiel des chapitres porte sur :

- L'eau en Algérie, situation, bilan et perspectives
- Présentation de la zone d'étude
- Etude climatique du bassin versant Cheliff amont Boughzoul
- Evaluation des ressources en eau du bassin versant Cheliff amont Boughzoul et confrontation avec les besoins.

Chapitre 1

L'eau en Algérie

Situation, bilan et perspectives

1.1. Introduction

L'eau, élément fondamental de l'environnement et facteur de développement apparaît comme un enjeu essentiel pour l'avenir. Les pénuries actuelles et futures, dans la plupart des pays du monde vont encore s'aggraver du côté sud de la méditerranée [Margat J. et al. 1999]. Prenant la mesure de la gravité du problème, l'Algérie a énormément investi dans les infrastructures de mobilisation de ces ressources. Ainsi, on estime les investissements réalisés entre 1973 et 1993 dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement à 117 Milliards de Dinars (16,4 Milliards de Dollars). Actualisée au cours de 1993, cette somme représente 580 Milliards de Dinars (23 Milliards de Dollars) [M.E.A.T., 1995]. Pourtant, la réussite n'est pas totale puisque ces investissements n'arrivent pas à répondre à une demande sans cesse croissante.

1.2. L'eau en Algérie du nord

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie, l'AEP, pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà des efforts de développement de nombreux pays.

La pluviométrie moyenne annuelle est évaluée entre 95 et 100 milliards de m^3 dont seulement plus de 80 milliards de m^3 s'évaporent, 3 milliards de m^3 s'infiltrent et 12.5 milliards de m^3 s'écoulent dans les cours d'eau. Dans cette partie de l'Algérie, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surfaces sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5.2 milliards de m^3 , donc le reste (7.3 milliards de m^3) se déverse directement dans la mer (figure 1.1). Autrement dit la moitié même des eaux qui ruissèlent ne sont pas mobilisées.

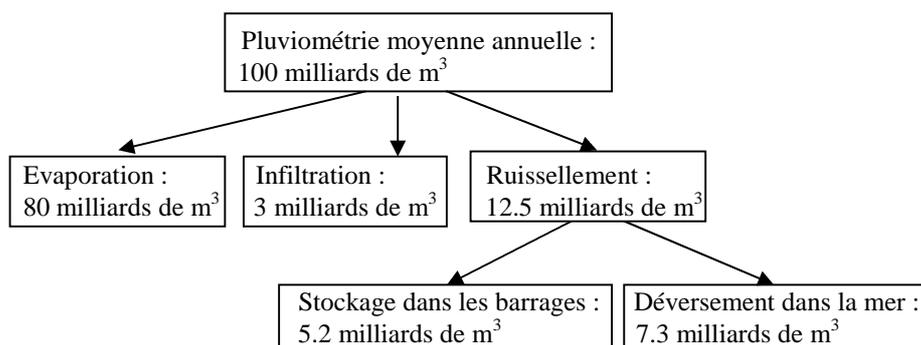


Figure 1.1. Répartition des ressources en eau dans l'Algérie du Nord

1.3. L'eau dans le Sud Algérien

Quant au Sud de l'Algérie, il couvre 85% du territoire global du pays. Considérée comme une zone désertique, où les précipitations sont quasi nulles, les crues sont violentes et dévastatrices, le charriage est considérable et l'érosion des berges participe au transport solide dans les cours d'eau avec un débit appréciable. Pour ce grand espace, l'essentiel de ses ressources en eau est localisé dans deux grands systèmes aquifères ; la nappe du continental intercalaire qui est un grand réservoir d'eau fossile qui s'étend sur tout le Sahara septentrional et la nappe du complexe terminal qui est un aquifère peu profond. Le système aquifère du Sahara septentrional (SASS) désigne la superposition des couches aquifères profondes : la nappe du continental intercalaire (qui est la plus étendue et la plus profonde) et celle du complexe terminal.

Le débit exploité du système aquifère du Sahara septentrional (SASS) avoisine 2.2 milliards de m³ (en 2005) répartie entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, dont l'Algérie exploite 1.33 milliards de m³.

1.4. Les eaux superficielles

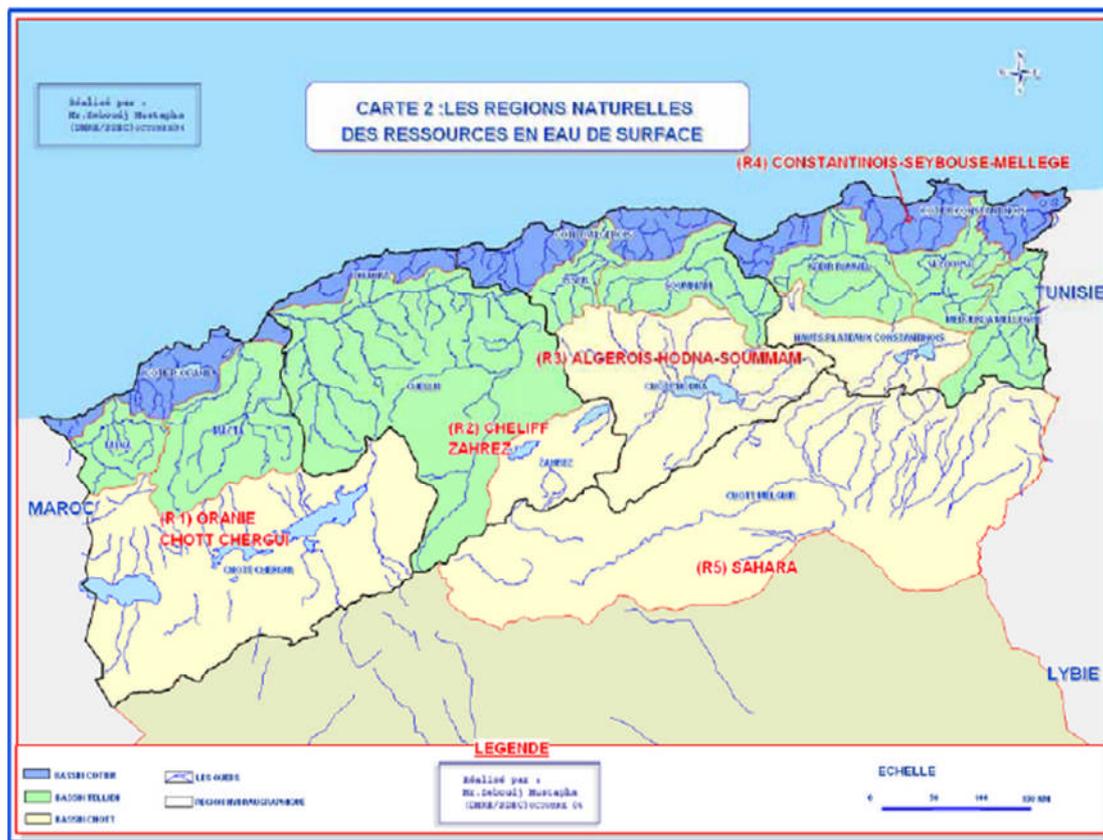
Les données hydrométriques recueillies au moyen des réseaux d'observation sont la base principale de toute évaluation des eaux de surface. La qualité de cette évaluation dépend de la disponibilité de ces données, de leur densité dans le temps et dans l'espace ainsi que de leur précision.

L'ANRH dispose à cet effet 220 stations hydrométriques, 800 postes pluviométriques et 60 stations complètes. Les premières stations du réseau hydrométriques algérien ont été installées en 1924 ; puis ce réseau s'est développé progressivement pour atteindre leur niveau actuel. Le tableau 1.1 permet de donner la répartition de la pluviométrie et l'apport annuel en Algérie du nord.

Tableau. 1.1 Précipitations des quatre régions hydrographiques de l'Algérie du nord

Régions Désignations	Oranie Chott Chergui	Cheliff Zahres	Algérois soummam Hodna	Constantinois Seybouse Mellègue	Total Algérie du nord
Superficie en (Km ²)	76000	56200	50000	43000	225200
Pluviométrie (milliards m ³ /an)	24,5	23,5	21	26	95
Apport annuel moyen (millions m ³ /an)	958	1974	4300	5595	12827

La répartition des eaux superficielles en Algérie est illustrée sur la figure 1.2



Source : MRE

Figure 1.2. Répartition des eaux superficielles en Algérie

1.4.1. Ressources superficielles dans la région hydrographique (Oranie - Chott Chergui)

La région hydrographique Oranie - Chott Chergui se situe au Nord Ouest de l'Algérie et s'étale sur une superficie de 69 484 km².

Elle regroupe douze (11) wilayas :

- 05 intégrées en totalité
- 06 intégrées en partie.

Et deux cent cinquante (250) communes.

La région hydrographique est subdivisée en 02 grands ensembles (Oranie et Chott Chergui) contenant 04 bassins hydrographiques :

- Côtiers Oranais
- Macta
- Tafna
- H.P.Oranais

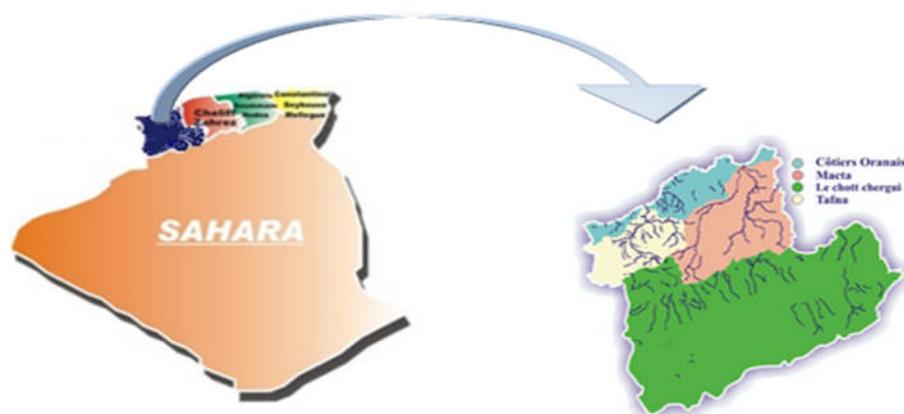


Figure.1.3. Région hydrographique (Oranie - Chott Chergui)

a) Potentialités de la région.

Les potentialités hydriques de la région hydrographique Oranie - Chott Chergui sont illustrées au niveau du tableau 1.2.

Tableau 1.2. Potentialité en eau superficielle de la région (Oranie - Chott Chergui)

N° Code	Bassins versants	Superficie Km ²	Apport Période globale (Hm ³ /an)	Apport Période sèche (Hm ³ /an)	Taux de réduction en %
04	Côtiers Oranais	5 831	50	33	34
11	Macta	14 389	-	966	-
16	Tafna	7 245	335	232	30
08	H.P.Oranais	49 370	-	140	-

Source : MRE, 2009

b) Mobilisations superficielles.

i) Barrages en exploitation.

Les différents barrages en exploitation dans la région hydrographique Oranie- Chott Chergui sont illustrés sur le tableau 1.3

Tableau 1.3. Barrages en exploitation (région hydrographique Oranie - Chott Chergui)

N°	Barrage	Wilaya	Oued	Type Ouvrage	Année mise en service	Capacité initiale Hm ³	Capacité Der. Levé Hm ³	Volume régularisé Hm ³ /an	Affectation
1	Beni-Bahdel	Tlemcen	Tafna	Voûte	1952	63,0	54,63	48	mixte
2	Meffrouch	Tlemcen	Meffrouche	Voûte	1963	15,0	14,99	17,0	AEP
3	Sidi-Abdelli	Tlemcen	Isser	Terre	1988	110,0	106,61	50	AEP
4	H.Boughrara	Tlemcen	Tafna	Terre	1999	177,0	175,45	59,0	AEP
5	Sikkak	Tlemcen	Sekkak	Terre	2004	27,0	27,0	25,0	Mixte
6		S.B. Abbes	Sarno	Terre	1954	22,0	21,25	10	AEP
7	Cheurfas II	Mascara	Mebtouh	Béton	1954	82,0	70,21	45,0	IRR
8	Ouzert	Mascara	Taria	Terre	1986	100,0	93,91	Transf.	Transf. vers Bouhnifia
9	Bou-Hanifia	Mascara	El-Hammam	Enroch	1948	73,0	38,11	Transf.	Transf. vers Fergoug
10	Fergoug	Mascara	El-Hammam	Terre	1970	18,0	3,93	93	Mixte
11	Kramis	Mostaganem	Kramis	Terre	2004	50	45,38		

Source : MRE, 2009

Les ressources superficielles sont estimées à 1 010 Hm³.

Il existe 14 barrages dont 10 (d'une capacité totale de 673 Hm³) sont en exploitation.

ii) Retenues collinaires

Sur 180 retenues collinaires et petits barrages recensés, seuls 30 sont fonctionnels avec une mobilisation de l'ordre de 1 Hm³/an.

Globalement les ressources superficielles mobilisées restent toujours inférieures à 300 Hm³/an.

iii) Transferts.

Les plus importants transferts dans le bassin Oranie - Chott Chergui sont illustrés dans le tableau 1.4.

Tableau.1.4 Transferts dans la région hydrographique Oranie - Chott Chergui

Code	Transfert	Longueur (Km)	Matériaux	Diamètre (mm)	Capacité Transfert (m ³ /j)	État
TRA003	Mefrouche -Tlemcen	11,5	Béton précontraint	500	21 600	Fonctionnel
TRA001	Bouhlou - Remchi	21	Acier enrobé	300-350	8 640	Fonctionnel
TRA001	Bouhlou - Hennaya	6	Acier enrobé	250	6 912	Fonctionnel
TRA001	Bouhlou - Marset ben M'hidi	33	Acier galvanisé	200-250	2 592	Fonctionnel
TRA001	Bouhlou - Zenata	11	Acier enrobé	125	864	Fonctionnel
TRA001	Bouhlou - Nedroma	23	Acier et fonte	300	3 456	Fonctionnel
TRA001	Beni bahdel - Oran	180	Béton précontraint	1100	110 000	Fonctionnel
TRA002	Bouhlou - Maghnia	59	Acier galvanisé	300-450-500	21 600	Fonctionnel
TRA004	Sidi Abdelli - Sidi Bel Abbés	82	Fonte	900-1000	110 000	Fonctionnel
TRA005	Sidi Abdelli - Remchi	28		1 200-600	27 000	En projet
TRA006	Bouhrara - Dziuoua	49,5		1 400-1 500	247 000	En projet
TRA007	Bouhrara - Maghnia	17.4	Fonte	700-800	48 400	Fonctionnel
TRA009	Tafna - Oran	91,5	Acier	1 400-1 600	250 000	Fonctionnel
TRA009	Tafna - Ain Temouchent	12	Acier	600	18 000	Fonctionnel
	Bredeah - Oran	21	Fonte	800	35 000	Fonctionnel

Source : ABH, 2005

1.4.2. Ressources superficielles dans la région hydrographique (Cheliff –Zahrez)

La région hydrographique est subdivisée en 02 grands ensembles Cheliff et Zahrez, contenant 05 bassins hydrographiques.

Dans l'aire géographique que couvre ce bassin s'inscrit l'Oued Cheliff, le plus long cours d'eau de notre pays, et un réseau hydrographique de 6 500 Km ; ils façonnent le paysage de cette région et drainent les eaux de surface du bassin.

Pour avoir une idée de l'importance des barrages dans la mobilisation des eaux de surface mais aussi de la limite de cette possibilité, il faut préciser que:

Sur la base des données existantes, les apports totaux du bassin Cheliff -Zahrez, sont estimés selon le ministère des ressources en eau à 1650 Hm³

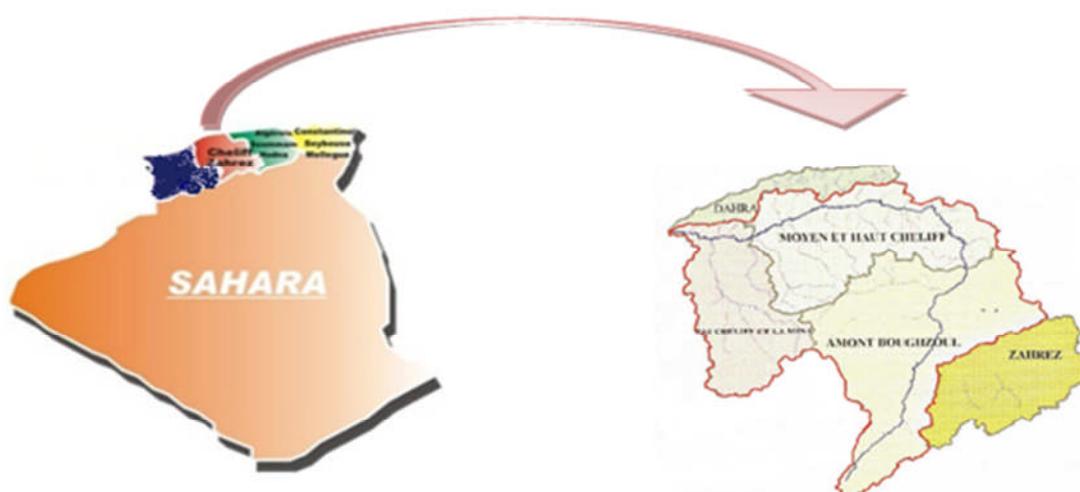


Figure 1.4. Région hydrographique Cheliff – Zahrez

a) Potentialités de la région.

Les potentialités en eau superficielle de la région hydrographique Cheliff –Zahrez sont illustrés niveau du tableau 1.5

Tableau 1.5 Potentialité en eau superficielle du bassin Cheliff - Zahrez

N° Code	Bassins versants	Superficie Km ²	Apport Période globale (Hm ³ /an)	Apport Période sèche (Hm ³ /an)	Taux de réduction en %
01	Chéiff	43 750	1 540	1 078	30
07	Zahrez	9 102	110	77	30

Source : MRE, 2009

b) Mobilisation superficielle

A l'avenir, nous estimons que les 25 barrages en exploitation, en construction et en projet permettront un contrôle de 71% des apports du grand bassin.

Actuellement, et afin de répondre aux différentes demandes en eau pour tous les usages (alimentation en eau potable, irrigation et industrie), 16 barrages sont d'ores et déjà en exploitation et totalisent une capacité de stockage de 1 646,18 Hm³, régularisant ainsi un volume total de 554,60 Hm³/an (recalculé récemment par l'ABH) et d'un taux d'envasement moyen de 17,29%.

i) Barrages en exploitation

La région hydrographique Cheliff- Zahrez régularise un volume de 733.5 Hm³/an par quatorze barrages en exploitation et qui sont illustrés au niveau du tableau 1.6

Tableau 1.6 Barrages en exploitation du bassin Cheliff –Zahrez

N°	Barrage	Wilaya	Oued	Type Ouvrage	Année mise en service	Capacité initiale Hm ³	Capacité Der.Levé (Hm ³)	Volume régularisé (Hm ³ /an)	Affectation
12	Merdja.S.Abed	Relizane	Chlef	Terre	1984	54,9	47,97	40	IRR
13	Gargar	Relizane	Rhiou	Terre	1988	450,0	358,28	120	Mixte
14	S.M.B.Aouda	Relizane	Mina	Terre	1978	235,0	153,71	100	Mixte
15	Bakhadda	Tiaret	Mina	Enroch	1959	56,0	39,94	44	AEP
16	Dahmouni	Tiaret	Nahr Ouassel	Terre	1987	41,0	39,52	9	IRR
17	C.Bougara	Tissemsilet	Nahr Ouassel	Terre	1989	13,0	11,32	5,5	IRR
18	Sidi-Yacoub	Chlef	Ardjen	Terre	1985	280,0	252,85	98	Mixte
19	Oued-Fodda	Chlef	Fodda	Poids	1932	228,0	102,85	69	IRR
20	Deurdeur	Ain Defla	Ain Defla	Terre	1984	115,0	105,12	40	Mixte
21	Harreza	Ain Defla	Hareza	Terre	1984	70,0	76,65	23	IRR
22	Ghrib	Ain Defla	Chlef	Enroch	1939	280,0	115,32	105	Mixte
23	S.M.B.Taiba	Ain Defla	Bda	Enroch	2005	95	75	21	Mixte
24	O.Mellouk	Ain Defla	Rouina	Terre	2003	127,0	127,00	38	Mixte
25	Kt.Rosfa	Tissemsilet	Fodda	Terre	2004	75,00	75,00	21	Mixte
26	Pr.Harbil	Medea			1988	1,00	0,20	Transf.	Transf.
T O T A L						2118,9	1580,73	733,5	

Source : MRE, 2009

ii) Retenues collinaires.

S'il existe 145 retenues collinaires, 27 seulement sont en exploitation avec une capacité de 16 Hm³, le reste est totalement envasé.

8 retenues sont en construction avec une capacité de 9,570 Hm³.

144 retenues collinaires ont été lancées en étude par l'ANBT.

iii) Les transferts

Les systèmes de transferts dans la région hydrographique Cheliff- Zahrez sont représentés dans le tableau 1.7

Tableau 1.7. Les systèmes de transferts dans la région hydrographique Cheliff- Zahrez

Nom du système	Source	Capacité du système en 2010 (l/s)
Système MAO	Barrage	4915.00
Système Djelfa	Forages	2355.33
Système SDEM Mainis	Station de dessalement	2314.50
Système Gargar	Barrage	2123.81
Système Ghrib	Barrage	1701.44
Système Sidi Mhamed Benaouda	Barrage	1356.40
Système Sidi Yacoub	Barrage	1200.37
Système SDEM Mostaganem	Station de dessalement	967.00
Système Kramis	Barrage	870.00
Système Deurdeur	Barrage	745.63
Système Oued Fodda	Barrage	665.91
Système Kodiet Rosfa	Barrage	534.14
Système Merdja Sidi Abed	Barrage	475.65
Système Bakhadda	Barrage	359.20
Système Birine	Forages	295.00
Système Rechaiga	Forages	167.11
Système Tousnina	Forages	93.00
Système Oued Mina (Sidi Ouadhah)	Forages	81.00
Système Dahra	Forages	81.00
Système Ouarsenis	Forages	69.00
Système Ain Dzarit	Forages	30.00
Système Boukerdane	Barrage	17.12
Système Ardh El Beidha	Forages	14.75
Système Hassi Fedoul	Forages	13.50

Source : ABH, Mars 2010

1.4.3. Ressources superficielles dans la région hydrographique (Algérois - Hodna - Soummam).

Le bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam est situé dans la partie centrale de l'Algérie du Nord. Il couvre une superficie de 47 588 Km². Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par le bassin Chellif-Zahrez, à l'Est par le bassin Constantinois-Seybouse-Mellègue et enfin au Sud par le bassin du Sahara.

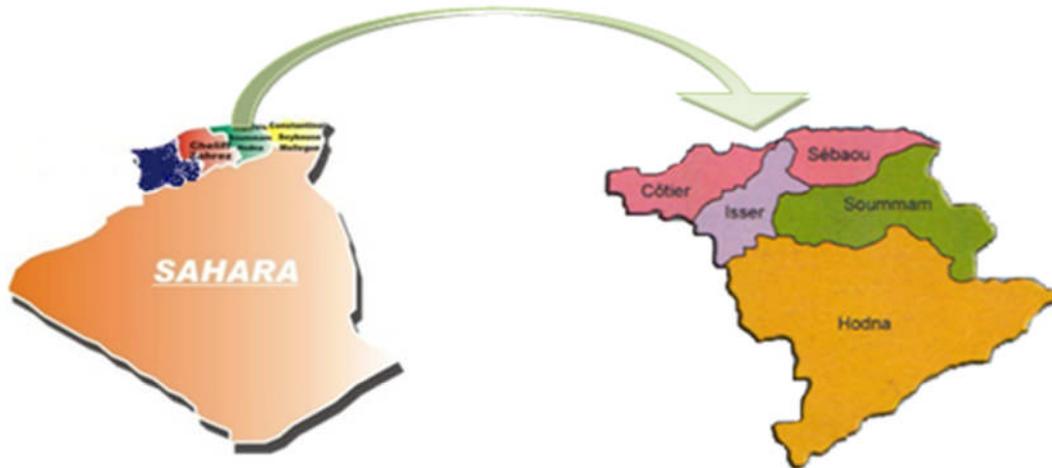


Figure.1.5. Région hydrographique (Algérois-Hodna-Soummam)

a) Potentialités de la région

Les potentialités hydriques de la région hydrographique Algérois-Hodna-Soummam sont illustrées au niveau du tableau 1.8.

Tableau 1.8 Potentialité en eau superficielle du bassin (Algérois-Hodna-Soummam)

N° Code	Bassins versants	Superficie (Km ²)	Apport Période globale (Hm ³ /an)	Apport Période sèche (Hm ³ /an)	Taux de réduction en %
02	Côtiers Algérois	11 972	2 850	1 536	46
09	Isser	4 149	520	312	40
15	Soummam	9 125	700	630	10
05	Chott Hodna	25 843	220	156	29

Source : MRE, 2009

b) Mobilisations superficielles**i) Barrages en exploitation.**

La région hydrographique Algérois-Hodna-Soummam compte actuellement un volume de 1 023,88 Hm³/an (tableau 1.9)

Tableau 1.9 Barrages en exploitation du bassin (Algérois-Hodna-Soummam)

N°	Barrage	Wilaya	Oued	Type Ouvrage	Année mise en service	Capacité initiale (Hm ³)	Capacité Der.Levé (Hm ³)
	Boughzoul	Medéa	Nahr Ouassel	Terre	1934	55,0	20,27
27	Bouroumi	Blida	Bouroumi	Terre	1985	188,0	181,86
28	Ladrat	Medéa	Ladrat	Terre	1989	10,0	8,47
29	Meurad	Tipaza	Boudjabroun	Terre	1960	0,3	0,25
30	Boukourdane	Tipaza	El-Hachem	Terre	1992	97,0	105
31	Keddara	Boumerdes	Boudouaou	Terre	1985	145,6	142,39
32	Beni-Amrane	Boumerdes	Isser	Enroch	1988	16,0	11,85
33	Hamiz	Boumerdes	Arbattache	Poids	1935	21,0	15,6
34	Lakehal	Bouira	Lekhal	Terre	1985	30,0	27,16
35	K'Sob	M'Sila	K'sob	Voûte	1977	29,5	12,34
36	Ain-Zada	B.B.Arreridj	Bousselam	Terre	1986	121,4	121,40
37	Taksebt	T.Ouzou	Aissi	Terre	2001	175,0	181,02
38	Tilesdit	Bouira	Eddous	Terre	2004	167,00	167,00
T O T A L						1648,2	1023,88

Source : MRE, 2009

ii) Retenues collinaires

Dans la région hydrographique Algérois-Hodna-Soummam il existe 269 retenues collinaires d'une capacité totale de 42 Hm³.

iii) Transferts.

Les plus importants transferts en cours de réalisation dans le bassin Algérois-Hodna-Soummam sont comme suit:

-Transfert à partir du barrage Tichy Haf.

Ce transfert est destiné à l'approvisionnement en eau potable de 22 communes (854 000 hab) situées sur le couloir Akbou - Béjaïa et l'irrigation de 6 400 hectares dans la vallée de la Soummam et 3 200 ha dans la région du Sahel.

-Transfert à partir du barrage Tilesdit.

Cet aménagement est destiné au renforcement de l'approvisionnement en eau potable et industrielle de 12 communes (291 000 hab) de la wilaya de Bouira.

-Transfert Douéra-Mazafran-El Harrach.

Ce transfert est inscrit dans le cadre du plan de développement hydro-agricole de la plaine de la Mitidja. Il est destiné à l'irrigation de la partie Est du périmètre de la Mitidja centre (17 180 ha).

-Transfert à partir du barrage Koudiat Acerdoune

Le barrage de Koudiat-Acerdoune, qui régularise les eaux de l'oued Isser, a une capacité de 640 millions de mètres cubes. Le transfert à partir de ce barrage vise la satisfaction en eau potable des wilayas M'Sila, Tizi Ouzou, Bouira et Médéa (notamment la nouvelle ville de Boughzoul) situées sur les couloirs Koudiat Acerdoune - Ain El Hadjel – Boughezoul et Ouadhias.

En plus de l'alimentation des populations de ces quatre wilayas, les eaux de ce barrage serviront à l'irrigation des périmètres de Mitidja Est et le moyen Isser.

-Transfert Taksebt - Alger

Le barrage de Taksebt est situé sur l'axe de l'Oued Aïssi, affluent principal de l'oued Sébaou dans la wilaya de Tizi Ouzou. Le transfert des eaux du barrage de Taksebt vise l'alimentation en eau potable des wilayas de Tizi Ouzou (57Hm^3), de Boumerdes et Alger ($118\text{Hm}^3/\text{an}$).

-Dérivation oued Djer.

Ce transfert permettra l'irrigation de 24 000 hectares de la Mitidja Ouest grâce au transfert de 21Hm^3 vers la retenue du barrage de Bouroumi situé dans la wilaya 32 d'Ain Defla.

1.4.4. Ressources superficielles dans la région hydrographique (Constantinois - Seybouse – Mellegue)

La région hydrographique (Constantinois - Seybouse – Mellegue) s'étend sur une superficie de $44,348\text{ km}^2$ et regroupe les bassins versants suivants:

- Côtiers Constantinois
- Kebir Rhumel
- Seybouse
- Hauts Plateaux Constantinois
- Medjerda-Mellegue.

La région est limitée au Nord par la Méditerranée, à l'Est par la Tunisie, au Sud par le bassin hydrographique du Sahara et à l'Ouest par le Bassin hydrographique de l'Algérois-Hodna-Soummam.

Le bassin hydrographique Constantinois- Seybousse-Mellegue regroupe 14 wilayas dont :

- Neuf en totalité (Mila, Jijel, Skikda, Constantine, Guelma, Tarf, Annaba, Souk Ahras, Oum El Bouaghi).
- Cinq en partie (Batna, Béjaia, Sétif, Khenchela, Tébessa).

348 communes et 467 agglomérations de plus de 1 000 habitants.

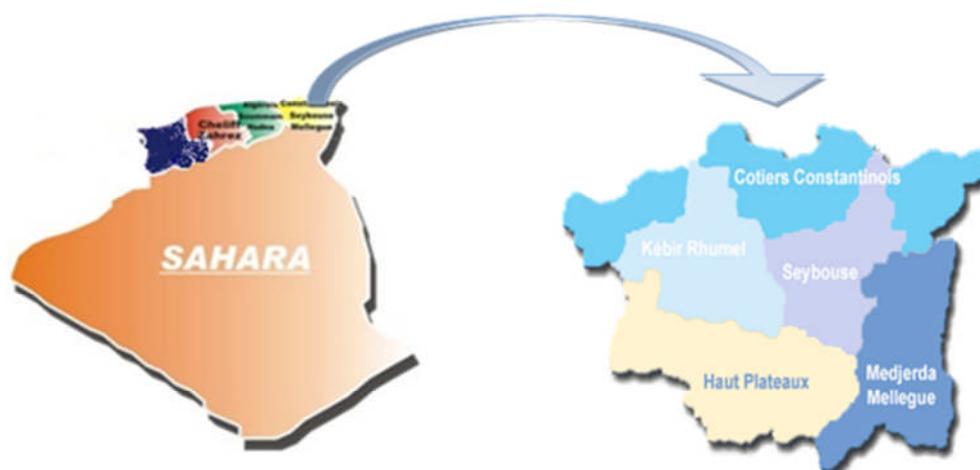


Figure 1.6. Région hydrographique (Constantinois- Seybousse Mellegue)

a) Potentialités de la région

Les potentialités de la région hydrographique Constantinois- Seybousse Mellegue sont illustrées au niveau du tableau 1.10.

Tableau 1.10 Potentialité en eau superficielle du bassin (Constantinois- S-M)

N° Code	Bassins versants	Superficie (Km ²)	Apport Période globale (Hm ³ /an)	Apport Période sèche (Hm ³ /an)	Taux de réduction en %
03	Côtiers Constantinois	11 566	3 250	2 753	15
10	Kébir Rhumel	8 815	910	700	23
12	Medjerdah	7 785	240	220	8
14	Seybousse	6 475	450	359	20
07	H.P.Constantinois	9 578	135	105	22

Source : MRE, 2009

- Nombre de barrages existants : 15.
- Ressources superficielles mobilisées : 402 Hm³/an.
- Nombre de barrages en construction : 06
- Ressources superficielles à mobiliser : 569 Hm³/an.
- Volume total mobilisé : 837 Hm³/an.

b) Mobilisation superficielle

i) Barrages en exploitation.

Les barrages en exploitation de la région hydrographique Constantinois- Seybousse Mellegue sont illustrés au niveau du tableau 1.11.

Tableau 1.11. Barrages en exploitation du bassin (Constantinois- Seybousse Mellegue).

N°	Barrage	Wilaya	Oued	Type Ouvrage	Année mise en service	Capacité initiale (Hm ³)	Capacité Der.Levé (Hm ³)	Volume régularisé (Hm ³ /an)	Affectation
39	H.Grouz	Mila	Rhumel	Poids	1987	45,0	40,15	16	AEP
40	Ain-Dalia	S.Ahras	Medjerra	Terre	1987	82,0	76,08	30	AEP
41	O. Cherf	S. Ahras	Cherf	Enroch	1995	157,0	152,65	30	IRR
42	Zardezas	Skikda	Safsaf	Terre	1974	31,0	18,68	32	Mixte
43	Guenitra	Skikda	Fessa	Terre	1984	125,0	117,82	48	Mixte
44	H.Debagh	Guelma	Bouhamden	Terre	1987	220,0	184,35	55	Mixte
45	Cheffia	El Tarf	Bounamoussa	Terre	1965	171,0	158,83	95	Mixte
46	F.E.Gueiss	Khenchela	Gueiss	Enroch	1939	3,0	0,43	3,2	Mixte
47	Babar	Khenchela	Babar	Terre	1995	41,0	38,01	12	IRR
48	Mexa	El Tarf	El-Kebir	Terre	1999	47,0	30,27	37	AEP
49	Beni Zid	Skikda	Beni-Zid	Terre	1992	40,0	39,39	20	Mixte
50	Zit Emba	Skikda	Hammam	Terre	2001	117,39	116,59	43,4	IRR
51	El Agrem	Jijel	El-Agrem	Enroch	2000	33,90	33,04	21,5	AEP
52	B. Haroun	Mila	Kebir	BCR	2003	960,0	960,00	435	Mixte
53	Kt.Medouar	Batna	Reboa	Terre	2003	62,0	74,32	20	Mixte
54	Tichi Haf	Béjaia	Boussellam	Voûte	2007	80		150	Mixte
TOTAL						2215,29	2040,61	1048,1	

Source : MRH, 2009

1.4.5 Ressources superficielles dans la région hydrographique du Sahara

Le bassin hydrographique du Sahara couvre une superficie de 2 018 054 km² et une population de 3,5 millions d'habitants regroupés dans 264 communes. Il se subdivise en (04) quatre sous-unités : Chott Melrhir, le Sahara septentrional, la Saoura-Tindouf et le Hoggar-Tassili.

Les températures élevées peuvent dépasser les 45°C, accusant des amplitudes thermiques significatives et également par une faible humidité relative de l'air.

L'eau au Sahara est un facteur primordial pour tout développement des activités humaines. L'agriculture dans les régions sahariennes constitue l'activité principale, elle implique la valorisation des ressources hydrauliques.

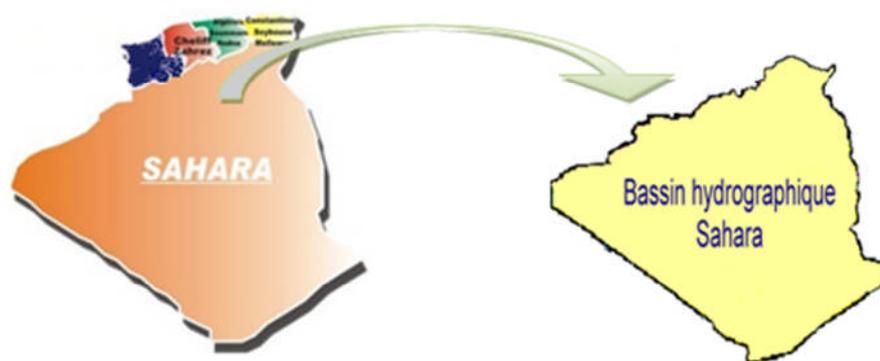


Figure 1.7. Région hydrographique du Sahara

a) Potentialités de la région

Pour la région hydrographique du Sahara les apports sont estimés à 620 Hm³ /an pendant la période globale et 440 Hm³ pendant la période sèche avec un taux de réduction global de 29% (Tableau 1.12)

Tableau 1.12. Potentialité en eau superficielle du bassin du Sahara

N° Code	Bassins versants	Superficie (Km ²)	Apport Période globale (Hm ³ /an)	Apport Période sèche (Hm ³ /an)	Taux de réduction en %
13	Sahara	100 000	320	200	37
08	Chott Melrhir	68 750	300	240	20

Source : MRE, 2009

b) Mobilisation superficielle.**i) Barrages en exploitation.**

Les barrages en exploitation de la région hydrographique du Sahara sont illustrés au niveau du tableau 1.13

Tableau 1.13. Barrages en exploitation (Bassin du Sahara)

N°	Barrage	Wilaya	Oued	Type Ouvrage	Année mise en service	Capacité initiale (Hm ³)	Capacité Der. Levé (Hm ³)	Volume régularisé (Hm ³ /an)	Affectation
55	Djorf-Torba	Bechar	Guir	Poids	1969	350,0	260,25	100,0	Mixte
56	Brézina	El Bayadh	Mouileh	Poids	2000	122,5	108,47	11,5	IRR
57	F.E.Gherza	Biskra	El-Biod	Poids	1950	47,0	14,89	13,0	IRR
58	F.D.Gazelles	Biskra	El-Hai	Terre	2000	55,5	54,74	14,0	IRR
T O T A L						575,0	438,35	263	

Source : MRE, 2009

1.5. Eaux souterraines**1.5.1. Eaux souterraines dans le Nord de l'Algérie.**

Les ressources en eau souterraine dans l'Algérie du Nord sont évaluées à plus de 2 milliards de m³. Elles sont exploitées à plus de 90%, soit 1,9 milliards de m³ et beaucoup de nappes se trouvent actuellement en état de surexploitation. Cette évaluation est effectuée à partir de 50 000 points d'eaux (forage et puits) recensés par l'ANRH. Le tableau 1.8 donne les estimations des ressources en eau souterraines de l'Algérie du Nord.

Tableau 1.14. Potentialités des eaux souterraines de l'Algérie du nord

Régions Désignations	Oranie Chott Chergui	Cheliff Zahrez	Algerois Soummam Hodna	Constantinois Seybouse Mellègue	Total Algérie du Nord
Ressources souterraines mobilisables (Hm ³ /an)	400	245	775	580	2 000
Ressources souterraines mobilisées (Hm ³ /an)	375	230	745	550	1 900

Source : Remini, 2009

Les ressources en eaux souterraines dans l'Algérie du Nord sont illustrées au niveau de la figure 1.8



Source : MRE

Figure 1.8. Ressources en eau souterraine dans l'Algérie du Nord

a) Ressources souterraines de la région hydrographique (Oranie -Chott Chergui)

La région Oranie Chott Chergui est caractérisée par 29 unités hydrographiques principales identifiées par une potentialité estimée à 400 Hm³ d'eau recensés seuls 6000 sont exploités.

Tableau 1.15. Ressources souterraines de la région (Oranie -Chott Chergui)

Code	Bassin	Nom Nappe	Type	Superficie (Km ²)	Potentialité (Hm ³)
M4	Macta	Djebel Er Remailia	Profonde	320,00	9,00
T2	Tafna	Plaine des Ghossels	Phréatique	36,60	0,80
M5	Macta	Djebel Sokeif	Phréatique	68,00	2,00
M6	Macta	Guetarnia	Profonde	76,00	2,00
M7	Macta	Vallée Oued Saida	Phréatique	228,00	36,40
M8	Macta	Monts des Beni Chougrane	Profonde	631,00	5,00
M4	Macta	Djebel Er Remailia	Profonde	320,00	9,00
C4	Cotiers Oranais	Arbal	Phréatique	184,00	5,00
C10	Cotiers Oranais	Djebel Murdjadjo	Phréatique	376,00	9,00
C11	Cotiers Oranais	Nemours	Profonde	264,00	4,00
C6	Cotiers Oranais	Plaine des Bordjias	Phréatique		21,00
C7	Cotiers Oranais	Synclinal de Bouguirat	Profonde		15,30
C9	Cotiers Oranais	Plaine de Brédéah	Phréatique	194,00	3,00
M9	Macta	Vallée de l'oued El Hammam	Phréatique	48,00	2,00
M11	Macta	Djebel Marhoum	Profonde	388,00	4,00
T1	Tafna	Plaine de Maghnia	Phréatique	188,82	15,00
M1	Macta	Plaine de Sidi Bel Abbés	Phréatique	1292,05	44,00
C5	Cotiers Oranais	Plaine d'Ain Temouchent	Phréatique	207,08	4,00
M2	Macta	Plaine de Slissen	Phréatique	186,98	0,40
M4	Macta	Plaine de Telagh	Phréatique	361,93	2,00
M5	Macta	Plaine de Melghir	Phréatique	437,33	6,00
C3	Cotiers Oranais	Plateau des Hassis	Phréatique	275,29	5,00
C6	Cotiers Oranais	Plateau de Mostaganem	Phréatique	229,89	27,00
T3	Tafna	Vallée de Tafna	Phréatique	178,11	0,60
M3	Macta	Plaine de Habra	Phréatique	889,82	15,00
C1	Cotiers Oranais	Plaine Côtière Ain-Turk	Phréatique	37,24	4,00
T4	Tafna	Monts des Traras	Profonde	291,92	6,50
M14	Macta	Plaine de Ghriss	Profonde	580,47	70,00
T6	Tafna	Monts de Tlemcen	Profonde	3070,37	30,00
C8	Cotiers Oranais	Plaine de Mléta	Profonde	923,60	6,00
M10	Macta	Plateau de Saida	Profonde	2720,35	50,00
CG	Chott El Gharbi	Chott El Gharbi	Profonde	802,1	6,40

Source : ABH, 2009

c) Ressources Souterraines du bassin hydrographique (Algérois - Hodna - Soummam).

A la lecture du tableau 1.16, il apparaît que la région de l'Algérois Soummam Hodna a le volume le plus important par rapport aux autres régions en eau souterraines. Ceci est dû à la présence au niveau de cette région d'importantes nappes, comme par exemple la nappe de la Mitidja qui est surexploitée actuellement car, ses eaux constituent la principale source d'approvisionnement de la ville d'Alger.

Tableau 1.16. Ressources souterraines du bassin (Algérois - Hodna - Soummam)

Aquifères	Potentialités (Hm ³ /an)	Volume prélevé (Hm ³ /an)
Plaine de Mitidja	328	335
Bas et haut Sebaou	53	33
Bas et moyen Isser	14	12
Oued El Hachem	3.8	3.8
Vallée de la Soummam	100	80
Plaine Ain Rich	8	8
Bassin de Chott Hodna	133	81

Source : B. Remini., 2009

d) Ressources souterraines de la région hydrographique (Constantinois - Seybouse – Mellègue).

Les différents aquifères de la région hydrographique Constantinois - Seybouse – Mellègue sont illustrées au niveau du tableau 1.17.

Tableau 1.17. Ressources souterraines du bassin (Constantinois - S - M)

Aquifères	Potentialités (Hm ³ /an)	Volume prélevé (Hm ³ /an)
Plaine de Ain Mila	22	7.5
Alluvion Oued Djendjen	10	15
Alluvion Oued Nil	20	15
Nappe Annaba Bouteldja	45	47
Valée de Oued Seybouse	17	17
Valée de Oued SafSaf	12	12
Plaine de collo	4	3
Plaine de Tébessa	18	18
synclinal de de Taoura	6	3
Plateau de Cheréa	28	28
Nappe de Tolga	60	60
Valée de Oued M'zi	199	195.5
Oued Biskra	19	19
Medjerda Mèllegue	29	25

Source : B. Remini., 2005

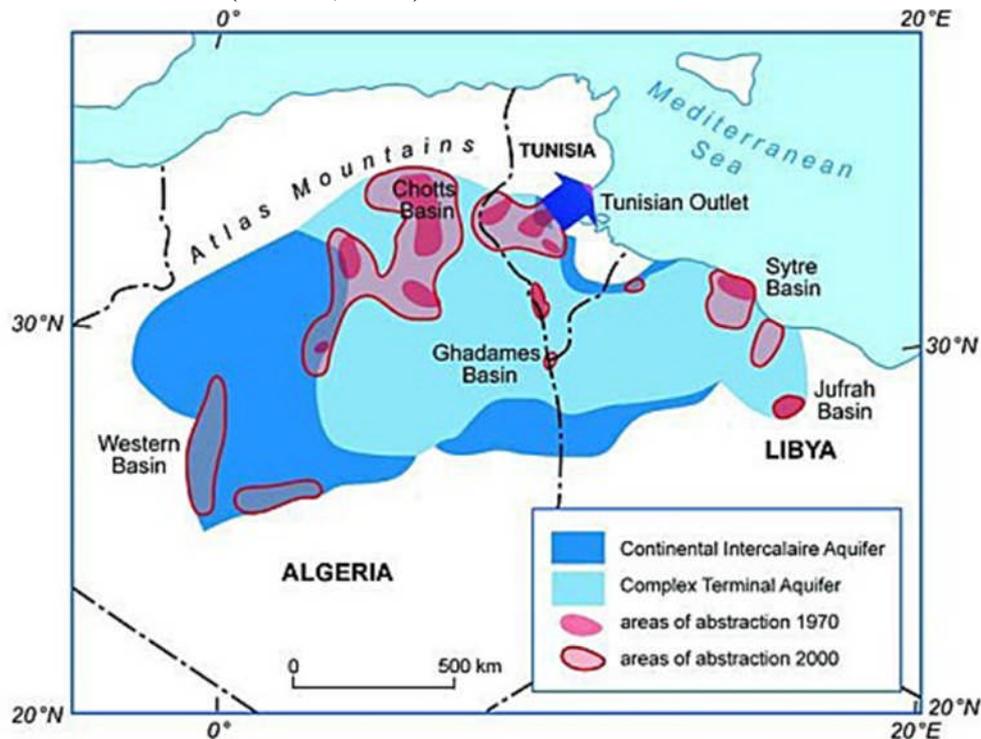
1.5.2. Les eaux souterraines dans le sud Algérien

Le sud du pays se caractérise par la présence des nappes phréatiques, souvent saumâtres, localisé dans les lits d'Oueds (Oued Ghir, M'zab, Saoura etc.) dont le potentiel se trouve dans les nappes du Sahara septentrional (Rémini, 2005). Le système aquifère du Sahara septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes:

- La nappe du continental intercalaire qui est la plus étendue et la plus profonde que celle du complexe terminal, il couvre une superficie de plus de 10 millions de km², répartie entre les trois pays (Algérie–Tunisie et la Libye) (Rémini, 2005).

La forte consommation d'eau par les trois pays a été accélérée par l'évolution du nombre de forages et de leurs régimes d'exploitation ce qui a provoqué une baisse sensible du niveau de la nappe, la disparition de l'artésianisme dans certains endroits du Sahara et l'assèchement de plusieurs foggaras.

- La nappe continentale intercalaire, c'est une nappe fossile appelée nappe Albiennaise estimée à 60 000 milliards de m³, soit l'équivalent de 12 000 fois la capacité de nos barrages actuels mais malheureusement ces eaux ne sont pas renouvelables (Rémini, 2005).



Source : Observatoire du Sahara du Sahel

Figure 1.10. Limites hydrographiques des nappes Complexe terminale et du Continental intercalaire dans le bassin

Les potentialités hydriques des deux aquifères CT et CI sont évaluées à 4935 Hm³/an dont le volume exploité est estimé à 1296.5 Hm³/an.

Tableau 1.18. Récapitulatif des deux aquifères

Aquifère	Nombre de forages	Débits potentiels Hm ³ /an	Débits exploités Hm ³ /an
CT	915	2175.9	589.5
CI	725	2759.2	807.0
Total	1640	4935.1	1296.5

Source : B. Remini., 2005

1.5.3 Autres ressources en eaux

On note l'existence d'autre nappes dans le sud, de capacités moins importantes par rapport à celles du complexe terminal du continental intercalaire. On cite comme exemple (tableau 1.19)

Tableau 1.19. Nappes dans le sud Algérien.

Région	Nappes
Adrar	<ul style="list-style-type: none"> • Nappe de Combro- Ordovicien (30 à 130m) • Nappe de Devonien inférieur <p>Leur alimentation est assurée par l'oued Imraguen</p>
Biskra	<ul style="list-style-type: none"> • Nappe phréatique du quaternaire (30 à 40m) : Constituée de sable ; galets et argiles. • Nappe des calcaires de l'Eocène (40 à 50m) : Ils sont alimentés par précipitation et la nappe est alimentée par précipitations et la nappe est alimentée par précipitations et la nappe est alimentée par la nappe est alimentée par précipitations et la nappe est alimentée par la nappe des calcaires sous-jacents (la nappe de Tolga). • Nappe alluviale (bonne perméabilité (40m). • Nappe artésienne de l'Éocène (150m).
Illizi	<p>Nappe des alluvions de l'oued Illizi.</p> <p>Nappe des grès du Devonien Inférieur (400m).</p>

Source : B. Remini., 2005

1.6. Eaux non conventionnelles.

1.6.1. La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles

La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles est constituée du :

- Dessalement de l'eau de mer,
- Déminéralisation des eaux saumâtres (souterraines et superficielles)
- Réutilisation des eaux usées épurées.

a) Dessalement de l'eau de mer

L'augmentation rapide des besoins en eau dicte la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement et le lancement d'aménagements hydrauliques nouveaux.

Les aléas pluviométriques enregistrés notamment lors de ces dernières décennies ont malheureusement réduit l'impact attendu de ces investissements. D'où la nécessité d'imaginer des solutions complémentaires et parfois même de remplacement.

i) Avantages du dessalement

Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres a connu ces dernières années une avancée remarquable grâce au développement de différents procédés. Aujourd'hui, plusieurs facteurs militent en faveur de la mise en œuvre de cette technologie dans notre pays :

- Un littoral long de 1200 kilomètres;
- Disponibilité de l'eau de mer, ressource inépuisable;
- Une population et une industrie grandes consommatrices d'eau se trouvant à proximité de la mer;

Disponibilité de la ressource énergétique ou combinaison de sa production

Sur un plan technique, le marché mondial est dominé par le procédé de distillation ou MSF (Multi Stage Flash). Toutefois, l'osmose inverse ou RO connaît un essor considérable. Plus compétitive par rapport à beaucoup de systèmes à grande capacité, elle présente les avantages suivants :

- Le contrôle de niveau de prétraitement permet de sauver les performances des membranes et augmenter leur durée de vie, et par conséquent réduire le coût de l'eau produite.

ii) Programme de dessalement de l'eau de mer dans l'Algérie

Le programme de dessalement de l'eau de mer en Algérie conduit par le ministère des ressources en eau se présente comme suit :

- 23 petites stations mobiles monobloc, d'une capacité totale de 57 500 m³/jour sont en cours d'installation, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans sept (07) wilayas de la bande côtière;
- 04 grandes stations (capacité totale de production: 360 000 m³/jour) sont retenues pour 2003 et concernant cinq grandes villes en situation de stress hydrique : Alger (200 000 m³/j), Ain Temouchent, Bejaia, Annaba (100 000 m³/j) et Ténès (60 000 m³/j).
- Une étude générale sur le dessalement a été lancée par le secteur. En attendant ses résultats, trois scénarios (échéance 2010) sont étudiés pour projeter les futures installations de dessalement :
- Prise en compte de 42 agglomérations côtières (06 six millions d'habitants), soit 16 stations modulables. Besoins totaux en 2010 : 1 200 000 m³/j;
- 193 agglomérations à moins de 30 km de la mer et avec une altitude de 300 m (9,75 millions d'habitants), soit 28 stations modulables. Besoins totaux : 1 950 000 m³/j;
- 235 agglomérations à 60 km de la mer et avec une altitude de -300 m (10 millions d'habitants), soit 34 stations modulables. Besoins totaux : 2 000 000 m³/j.

iii) Principales stations de dessalement et volumes dessalés

Le volume dessalé mobilisé actuellement est de : 111.45 millions de mètre cube par an, dont :

- 105,85 Hm³/an produites par les grandes stations de dessalement de l'eau de mer.
- 5.60 Hm³/an produites par les stations monoblocs de dessalement de l'eau de mer.

-Les stations monoblocs :

21 stations monoblocs de dessalement d'eau de mer pour une capacité globale de 57 500 m³/j ont été réalisées au titre du programme d'urgence 2002. Le programme a été réalisé par deux entreprises.

- LINDE-KCA / Allemagne : 08 stations d'une capacité de 22 500 m³/j.

Tableau1.20.Stations monoblocs de dessalement réalisées par LINDE-KCA / Allemagne.

N°	Désignation	Wilaya	Capacité Optimale (m ³ /j)
01	Ain Benian 1	Alger	2 500
02	Ain Benian 2	Alger	2 500
03	Bou Ismail	Tipaza	5 000
04	Palm Beach	Alger	2 500
05	Zeralda 1	Alger	2 500
06	Zeralda 2	Alger	2 500
07	Ghazaouet 1	Tlemcen	2 500
08	Ghazaouet 2	Tlemcen	2 500
Total			22 500

- Hydro Traitement / Algérie : 13 stations d'une capacité de 35 000 m³/j.

Tableau1.21.Stations monoblocs de dessalement réalisées par Hydro Traitement / Algérie

N°	Désignation	Wilaya	Capacité Optimale (m ³ /j)	Observations
01	Bousfer 1	Oran	3 000	
02	Bousfer 2	Oran	2 500	
03	Skikda 1	Skikda	2 000	
04	Skikda 3	Skikda	5 000	
05	Tigzirt	Tizi ousou	2 500	
06	Bateau Cassé 1	Alger	2 500	En cours de transfert vers Chatt El Ward (W.Ain Temouchent)
07	Cap Caxine	Alger	2 500	En cours de transfert vers Chatt El Ward (W.Ain Temouchent)
08	Corso	Boumerdes	5 000	
09	Les Dunes	Oran	5 000	
10	Bateau Cassé 2	Alger	2 500	En cours de transfert vers Bouzedjar (W.Ain Temouchent)
11	Ain Benian 3	Alger	2 500	En cours de transfert vers Bouzedjar (W.Ain Temouchent)
Total			35 000	

- Les stations de dessalement de mer :

Parmi les stations de dessalement de l'eau de mer prévu dans le programme 2002-2003, il a été réceptionné en 2005, la station de Kahrama dans le wilaya d'Oran et en 2008 celle de El Hamma dans la wilaya d'Alger.

Tableau 1.22 stations de dessalement

Nom	Wilaya	année de mise en service	Capacité (m ³ /j)
Kahrama Arzew	Oran	2005	90 000
EL Hamma	Alger	2008	200 000
Skikda	Skikda	2009	100 000
Beni-Saf	Ain Temouchent	2009	200 000
Mostaganem	Mostaganem	2010	200 000
Honaine	Tlemcen	2010	200 000
Ouled Ben Ayad	Tlemcen	2010	200 000
Douaouda	Alger	2010	120 000
Cap Djenet	Boumerdes	2010	100 000
Mactaa	Oran	2010	500 000
Oued Sebt	Tipaza	2010	100 000
2Tenès	Chlef	2010	200 000
Echatt	Tarf	2011	50 000
Total			2170000

Source : MRE, 2009

b) Déminéralisation des eaux saumâtres

A part le dessalement de l'eau de mer au nord d'Algérie, il a été prévu la déminéralisation des eaux saumâtres dans les hauts plateaux et le sud. Plusieurs stations de débit faible de traitement entre 100 et 200 m³/j existantes dans le sud, sont en exploitation par les collectivités locales et Sonatrach, dont l'information est non disponible. Le volume mobilisé actuellement est celui de Brédeah qui est de 27 000 m³/j à 7g/l de sel au lieu de 34 000 m³/j à cause d'insuffisance d'eau produite et d'un module défectueux.

Tableau 1.23. Stations de déminéralisation.

Nom des stations de déminéralisation	Wilaya	année de mise en service	Capacité (m ³ /j)	Volume traité
Brédeah	Oran	2006	34 000	20 000
Gharbouz	Ouargla	2009	5 000	4 320
Ain El Kheir	Ouargla	2009	9 000	7 920
Hai Bouzid	Ouargla	2009	10 000	9 000
Mekhadma	Ouargla	2009	3 000	4 608
Bamendil (El Khafedji)	Ouargla	2009	7 500	5 184
Village Bamendil	Ouargla	2009	3 000	1 440
Ifri - Gara	Ouargla	2009	10 500	7 560
Sokra	Ouargla	2009	3 000	1 440
Ruisset El Haddeb	Ouargla	2009	27 000	21 600
Touggourt	Ouargla	2009	34 000	28 800
El Oued	El Oued	2009	30 000	30 000
Total			176 000	141 872

Source : MRE, 2009

c) Réutilisation des eaux usées épurées.

La mobilisation des eaux usées épurées, est très faible actuellement, le seul ouvrage existant est celui situé à l'aval de la station d'épuration de Bordj Bou Arreridj d'une capacité de 2 500 m³/j destiné à l'irrigation d'un périmètre de superficie près de 100 ha. Selon le programme 2009-2013, ce volume sera de 554 512 m³/j

Tableau 1.24. Stations d'épuration

Nom	Wilaya	année de mise en service	Capacité (m ³ /j)	Volume traité
BBA	BBA	2008	2 500	30 000
Ibn Ziad	Constantine	2009	5 000	69 120
Ain Hout	Tlemcen	2009	9 300	30 000
Oran	Oran	2010		240 000
Touggourt	Ouargla	2012	460 000	10 000
Ghriss	Mascara	2012	1 000	3 700
Baraki	Alger	2013	76 712	150 000
Annaba	Annaba	2013		116 000
Total			554 512	648 820

1.7. Politique et stratégie de développement

1.7.1. Synthèses sur les ressources en eau en Algérie.

L'Algérie, disposait, jusqu'en 2000, de 44 barrages en exploitation. La capacité théorique de cette mobilisation des eaux superficielles, avoisinait les 4.5 milliards de m³. La capacité réellement mobilisable n'excédait guère 2.5 milliards de m³ pour des raisons liées principalement à une sécheresse accrue et une irrégularité spatiale et temporelle des précipitations. Les sédiments y déposés sont évalués à 20 10⁶ m³/an de volume perdu. C'est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Si on considère une capacité de 3.4 milliards de m³ mobilisée par les eaux souterraines, les potentialités de mobilisation totales du pays atteignaient 5.9 milliards de m³, alors que les besoins réels étaient de 6.85 milliards de m³.

En Algérie, la population était de 23 millions en 1987, et sera de 46 millions en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 6 milliards de m³/an, alors que la mobilisation réelle, à l'époque, était à peine de 3 milliards de m³. Cela signifie qu'il fallait mobiliser, uniquement pour ces deux secteurs, 3 milliards de m³ supplémentaires, sans inclure les eaux d'irrigations ni les fuites dans les conduites, soit au total 10 milliards de m³ d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir.

En matière d'assainissement et d'épuration des eaux, l'Algérie disposait jusqu'en 2000, de 48 stations d'épuration pour un volume épuré de 200 millions de m³. Le volume rejeté, à l'époque était de 600 millions de m³. Il passera en 2020 à 1.15 milliards de m³.

Tableau.1.25. Volume d'eaux usées rejeté (Hm³)

Type d'agglomération	1995	Taux (%)	2020	Taux (%)
Côtières	169	31	282	25
Amont barrages	48	09	122	11
Proximité des périmètres	62	11	143	12
Autres	149	27	352	30
> 20 000 < 50 000 habitans	122	22	251	22
Total	550	100	1 150	100

Malgré le nombre important des stations d'épuration, la moitié étaient à l'arrêt ou fonctionnaient avec des rendements trop faibles générant ainsi de multiples sources de nuisance quant à l'environnement et aux infrastructures à l'aval.

Dans le domaine de la protection des villes contre les inondations, de nombreux cas ont été enregistrés. Il s'agit, à titre d'exemple, de la vallée du M'zab, des villes de Sidi

Bel Abbès et Alger, de l'assainissement urbain de nombreuses agglomérations du pays, de la remontée des eaux à Ouargla...etc.

1.7.2. Stratégie de développement.

a) Mobilisation et distribution de l'eau potable

Dans le domaine de la mobilisation et de la distribution de l'eau potable, les efforts entrepris durant la décennie en cours, et notamment les cinq dernières années, ont permis d'enregistrer des améliorations sensibles.

Ainsi, alors que le pays ne possédait que 44 barrages seulement jusqu'en l'an 2000, 15 nouveaux barrages ont été mis en exploitation durant les cinq dernières années dont ceux de Beni Haroun et de Taksebt en 2007. Avec les 13 barrages en fin de réalisation, ce nombre sera porté à 72 barrages à la fin 2009. En outre, les réceptions attendues porteront les capacités de mobilisation de l'eau des barrages à 7,8 milliards de m³/an à la fin de l'année 2009, contre 2,5 milliards de m³ en 2000. En plus, il y a lieu de signaler que 28 sites de barrages sont lancés en études et accusent des avancements appréciables. Par ailleurs, ces nouveaux barrages sont intégrés dans de véritables grands systèmes de transfert permettant de résoudre la contrainte liée au caractère éparse de la ressource mobilisée. A titre indicatif, pour le Constantinois, l'aménagement Beni Haroun est le principal système de la région. Il permettra d'assurer à l'horizon 2009 un volume annuel de 504 millions de m³:

- 242 millions de m³ pour l'A.E.P de 4 620 000 habitants de Jijel, Mila, Oum El Bouaghi, Batna, Constantine, Aïn M'lila et Khenchela.

- 262 millions de m³ pour l'irrigation de 30 000 ha

Pour le transfert de Setif - Hodna - El Eulma, l'aménagement est constitué de deux systèmes

- Systèmes Ouest:

Ce système permettra d'assurer un volume annuel de 122 millions de m³ dont 31 millions de m³ pour l'A.E.P de 566 000 habitants de la ville de Sétif et des agglomérations avoisinantes et 91 millions de m³ pour l'irrigation d'une superficie de 13 000 Ha des hautes plaines sétifiennes

- Systèmes Est:

Ce système mobilisera un volume annuel de 190.5 millions de m³ dont 38 millions de m³ pour l'A.E.P de 694 000 habitants de la ville d'El Eulma et des agglomérations avoisinantes et 152.5 millions de m³ pour l'irrigation d'une superficie de 30 000 ha.

En ce qui concerne la mobilisation au niveau de l'Ouest Algérien, l'aménagement du système de production d'eau Chélif-Kerrada dénommé M.A.O assurera 155 millions de m³/an destinés à l'A.E.P du couloir Mostaganem-Arzew-Oran.

Un autre programme est lancé en vue du transfert des eaux du Sahara Septentrional vers les régions du Nord de l'Algérie, cette action vise essentiellement l'identification des zones aux fortes potentialités en eau, avec des excédents permettant des transferts vers le nord.

b) Réhabilitation et gestion efficace des réseaux

La mobilisation de la ressource hydrique pour l'alimentation en eau potable s'est accompagnée aussi de la réhabilitation et de l'élargissement du réseau de distribution.

Parmi les grandes opérations achevées dans ce domaine, on cite les réalisations, réhabilitation et rénovation de réseaux d'approvisionnement en eau potable dont 11 wilayas ont bénéficié à savoir: Tarf, Annaba, Bejaia, Bouira, Jijel, Tissemsilt, Tlemcen, les villes d'Oran, de Constantine, de Sidi Bel Abbés, ainsi que l'ouest d'Alger. Le réseau national d'alimentation en eau potable totalise désormais 60.000 kilomètres.

En outre, le souci de mieux gérer la ressource en eau potable a amené les pouvoirs publics à conclure des contrats de gestion des réseaux de distribution, avec des sociétés spécialisées au niveau de grandes villes dont, Alger, Oran, Constantine et Annaba.

c) Assainissement et agriculture

En matière d'assainissement, d'importantes actions ont été engagées en vue de la prise en charge de ce secteur dans le cadre d'une politique de développement en l'occurrence :

- La réalisation et la réfection des systèmes de collecteurs d'eaux usées du groupement urbain d'Oran, du Grand Alger, de Tiaret, de Skikda, de Constantine,
 - Les opérations de réhabilitation des systèmes d'assainissement de Oued Righ dans la wilaya de El Oued et de la vallée du M'zab dans la wilaya de Ghardaia,
 - La réhabilitation des systèmes de lutte contre la remontée des eaux dans les régions de Oued Souf et de Ouargla,
 - La réalisation du système de protection du barrage de Béni Haroun contre la pollution,
 - La protection de la ville de Sidi Bel Abbés et du quartier de Bab El Oued à Alger contre les inondations.
 - La réalisation de 40 stations d'épuration des eaux usées et la réhabilitation de 20 autres stations.
 - La construction de 50 stations de lagunage pour le traitement des eaux usées.
- La capacité nationale d'épuration des eaux usées atteindra 600 millions de m³ en 2010

avec la réception des projets en cours de réalisation, soit plus de 86% du volume actuel des eaux usées, qui est de 750 millions de m³.

En matière de mobilisation de ressources hydrauliques pour l'agriculture, l'année 2007 a vu l'achèvement d'un total de 24 grands périmètres équipés qui totalisent 219.000 hectares. En outre, 04 autres grands projets ont été livrés en 2007, totalisant près de 11.000 hectares dans les Wilayas de Tlemcen, Tiaret, Jijel et Oum el Bouaghi. Une quinzaine d'autres périmètres sont en cours de réalisation avec une superficie de plus de 120.000 hectares de terres irriguées.

d) Petite et moyenne hydraulique

Plus de 160 retenues collinaires sont en cours d'étude ou de réalisation et viendra s'ajouter aux 400 autres retenues collinaires en exploitation pour un potentiel de 44 millions de mètres cubes qui contribuent à l'irrigation de 850.000 hectares dans le cadre de la petite et moyenne hydraulique.

e) Stations de dessalement de l'eau de mer

A toutes ces importantes actions, s'ajoute un ambitieux programme de dessalement d'eau de mer totalisant 13 stations en 2009 avec une production de près de 2,26 millions de m³/jour, soit 825 millions de m³/an. Ce volume représente près du 1/3 des capacités de retenue des barrages qui existaient jusqu' en 2000.

Ce programme stratégique est destiné à libérer le pays de l'addiction à la pluviométrie pour l'alimentation en eau potable des populations des régions côtières, et notamment dans l'Ouest du pays qui souffre d'un déficit chronique en pluviométrie. Deux stations sur les 13, sont déjà en production à savoir celle d'Arzew pour Oran et celle de Hamma pour Alger, alors que près de 10 contrats de réalisation ont déjà été conclus avec des chantiers lancés et dont la plupart en voie d'achèvement.

1.8. Conclusions

L'eau fait partie de notre environnement naturel tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit ; Ce rôle fondamental confère, à cette précieuse ressource, une place prépondérante dans toute stratégie de préservation des écosystèmes naturels et de développement durable. [Benyahia M., Kerfouf A., Abdelhakk H & Moueddene K, 2006].

En Algérie, le secteur de l'eau fait l'objet d'une attention particulière de la part des pouvoirs publics qui lui consacrent des moyens de plus en plus importants. La construction de nouveaux barrages, la réalisation de grands transferts régionaux et de grandes adductions urbaines et agricoles, des usines de dessalement ont permis d'augmenter nettement le volume des ressources en eau mobilisées et d'améliorer les conditions d'approvisionnement des régions et des agglomérations déficitaires.

Cependant, l'efficacité de ces efforts reste limitée parce que le service de l'eau est encore imparfait dans la plupart des villes, les irrigations dans les grands périmètres ne progressent pas et les pollutions menacent les nappes souterraines dans plusieurs zones. De plus, des volumes importants sont perdus dans les réseaux de distribution d'eau urbaine et les réseaux d'irrigation sont vétustes ou mal entretenus.

Toutes ces défaillances traduisent une maîtrise insuffisante dans la gestion des ressources hydrauliques du pays. Une politique de gestion de la demande en eau qui permettrait de contrôler, réduire et ajuster les consommations à ce qui est nécessaire, tout en luttant contre les pertes et les gaspillages, s'avère ainsi un impératif. [Benblidia M & Gaëlle Thivet. 2010].

Chapitre 2

Présentation de la zone d'étude

2.1. Introduction

Partant de toutes les considérations citées précédemment en terme de management de la ressource hydrique à l'échelle des bassins hydrographiques, notre intérêt s'est penché vers le bassin Cheliff amont Boughzoul.

La réflexion menée au niveau de cette zone d'étude est motivée par les critères suivants.

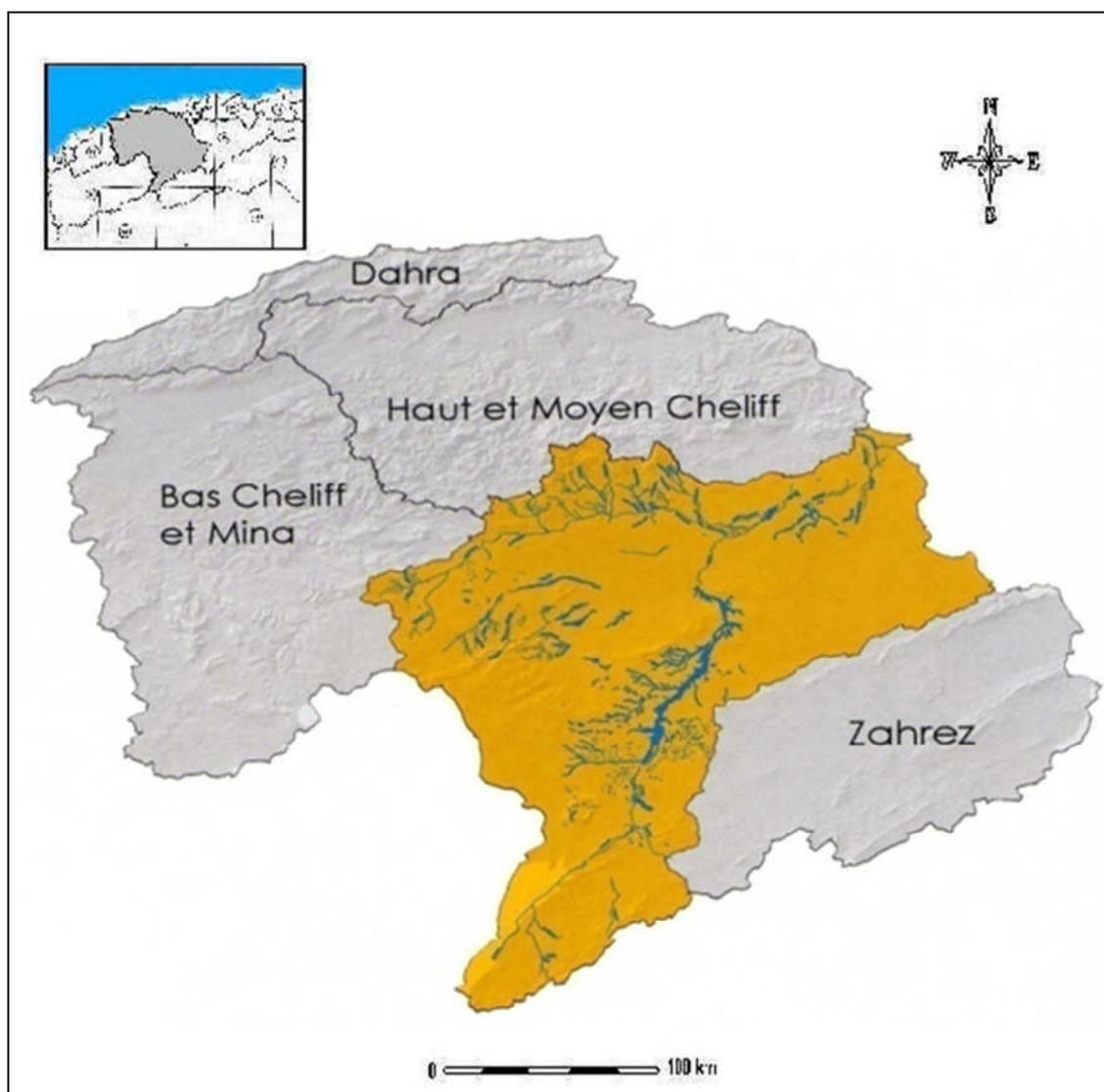
- Importance géographique du bassin hydrographique
- Variété de la ressource.
- Schéma d'affectation non cohérent et adopté d'une manière quantitative uniquement
- Nécessité de mener une politique de mobilisation, d'affectation et de gestion à l'échelle globale et non fractionnée.
- Bassin hydrographique, en terme d'affectation ; intéressant plusieurs wilayates avec des besoins variables sur le plan quantitatif et qualitatif.

2.2. Le bassin versant Cheliff amont de Boughzoul

Située au centre Ouest de l'Algérie du Nord, la région hydrographique « Cheliff –Zahrez » regroupe trois bassins hydrographiques : Le Cheliff, le Zahrez, et le côtier Dahra

Le bassin du Cheliff qui s'étend sur 43750 km², est le plus vaste bassin hydrographique du Nord du pays. Il est compartimenté en trois bassins versants :

- ✚ Le bassin du Cheliff- amont du barrage de Boughzoul,
- ✚ Le bassin du haut et du moyen Cheliff,
- ✚ Le bassin du bas Cheliff et de la Mina (figure 2.1)



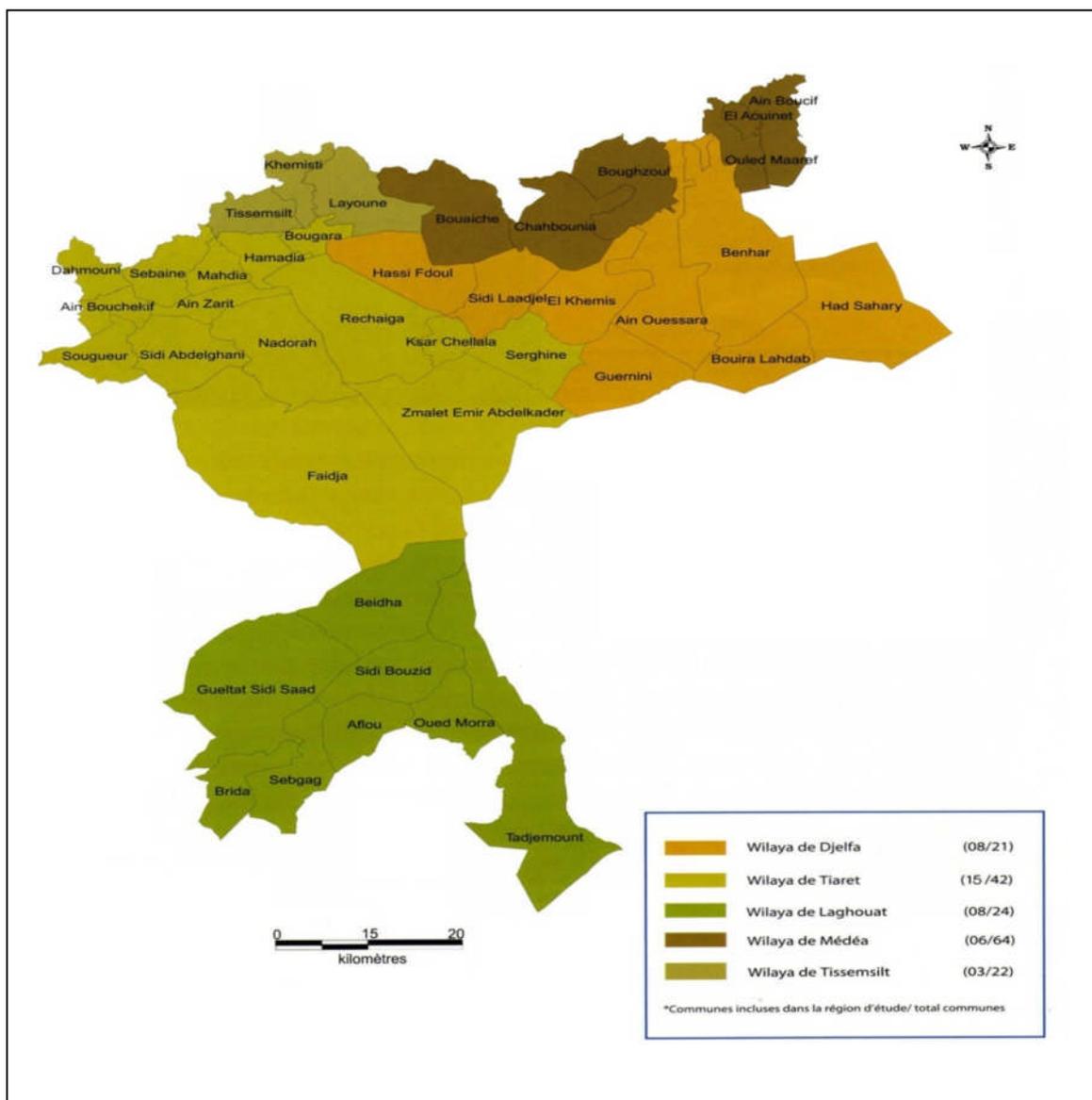
Source : ABHCZ

Figure 2.1. Bassins hydrographiques du Cheliff Zahrez

Le bassin versant du Cheliff à l'amont de Boughzoul est l'objet de notre étude.

Sur le plan administratif, ce bassin versant couvre 40 communes de 5 wilayas :

- 08 communes de la wilaya de Laghouat : Aflou, Beidha, Brida, Gueltat, Sidi Saad, Oued Mora, Sebgag, Sidi Bouzid, Tadjmount.
- 08 communes de la wilaya de Djelfa : Ain Oussera ; Benhar, Bouira Lahdeb, El Khemis, Guernini, Had Sahary, Hassi Fedoul, Sidi Laadjel.
- 15 Communes de la wilaya de Tiaret : Ain-bouchekif, Ain-Dzarit, Bougara, Dahmouni, Faidja, Hamadia, Ksar Chellala, Mahdia, Nadorah, Rechaiga, Sebaine, Serghine, Si Abdelghani, Sougueur et Zmalet El Amir A.E.K.
- 03 communes de la wilaya de Tissemsilt : Khemisti, Layoune et Tissemsilt.
- 06 communes de la wilaya de Médéa : Ain Boucif, Bouaiche, Boughzoul, Chahbounia, El Aouinet et Ouled Maaref.



Source : ABHCZ

Figure 2.2. Découpage administratif à l'échelle du bassin

2.2.1. Inventaire des ressources en sols

La surface agricole utile (SAU) du bassin Cheliff amont de Boughzoul est de 497 947 ha répartie sur les communes des cinq (5) wilayas incluses dans le bassin hydrographique, comme le montre le tableau 2.1

Tableau 2.1. Surface agricole utile par commune (en hectares pour l'année 2005)

Wilaya	Commune	S.A.U (ha)	Wilaya	Commune	S.A.U (ha)
Djelfa	Ain Ousara	23 800		El Aouinet	4 267
	Ben Har	17 300		Ouled Maareuf	6 953
	Bouiret Lahdab	7 300	Total Médéa		34 067
	El khemis	9 250	Tiaret	Ain Bouhekif	13 281
	Guernini	14 450		Ain Dzarit	14 042
	Had Sahary	9 100		Bougara	5 774
	Hassi Fdoul	26 675		Faidja	12 903
	Sidi Laadjel	13 425		Hamadia	14 736
Total Djelfa	121 300	Ksar Chellala		6 613	
Laghouat	Aflou	1 923		Mahdia	13 410
	Brida	2 173		Nadhora	31 360
	El Beida	3 351		Rechaiga	45 766
	Gueltet Sidi Saad	1 800		Sebaine	25 305
	Oued Mourra	3 676		Serguine	15 589
	Sebgag	2 099	Si Abdelghani	21 114	
	Sidi Bouzid	1 578	Sougueur	21 429	
	Tadjmout	7 214	Zmalet Emir AEK	20 465	
Total Laghouat	23 814	Total Tiaret		261 787	
Médéa	Ain Boucif	12 074	Tissemsilt	Khemisti	14 115
	Bouaiche	3 876		Layoune	25 438
	Boughzoul	3 122		Tissemsilt	17 426
	Chahbounia	3 775	Total Tissemsilt		56 979
			Total Amont Boughzoul		497 947

Source: DSA, 2005

2.2.2 Le couvert végétal

D'une façon générale, le bassin versant possède une couverture végétale assez maigre mais l'Alfa (*Stipa tenacissima*) donne lieu à une exploitation peu rémunératrice. Des cultures maraîchères ainsi que la culture de l'orge et du blé y sont pratiquées.

2.2.3 La population

La population totale du bassin versant est de 706 740 habitants (recensement général de la population et de l'habitat 1998).

Population des principales agglomérations

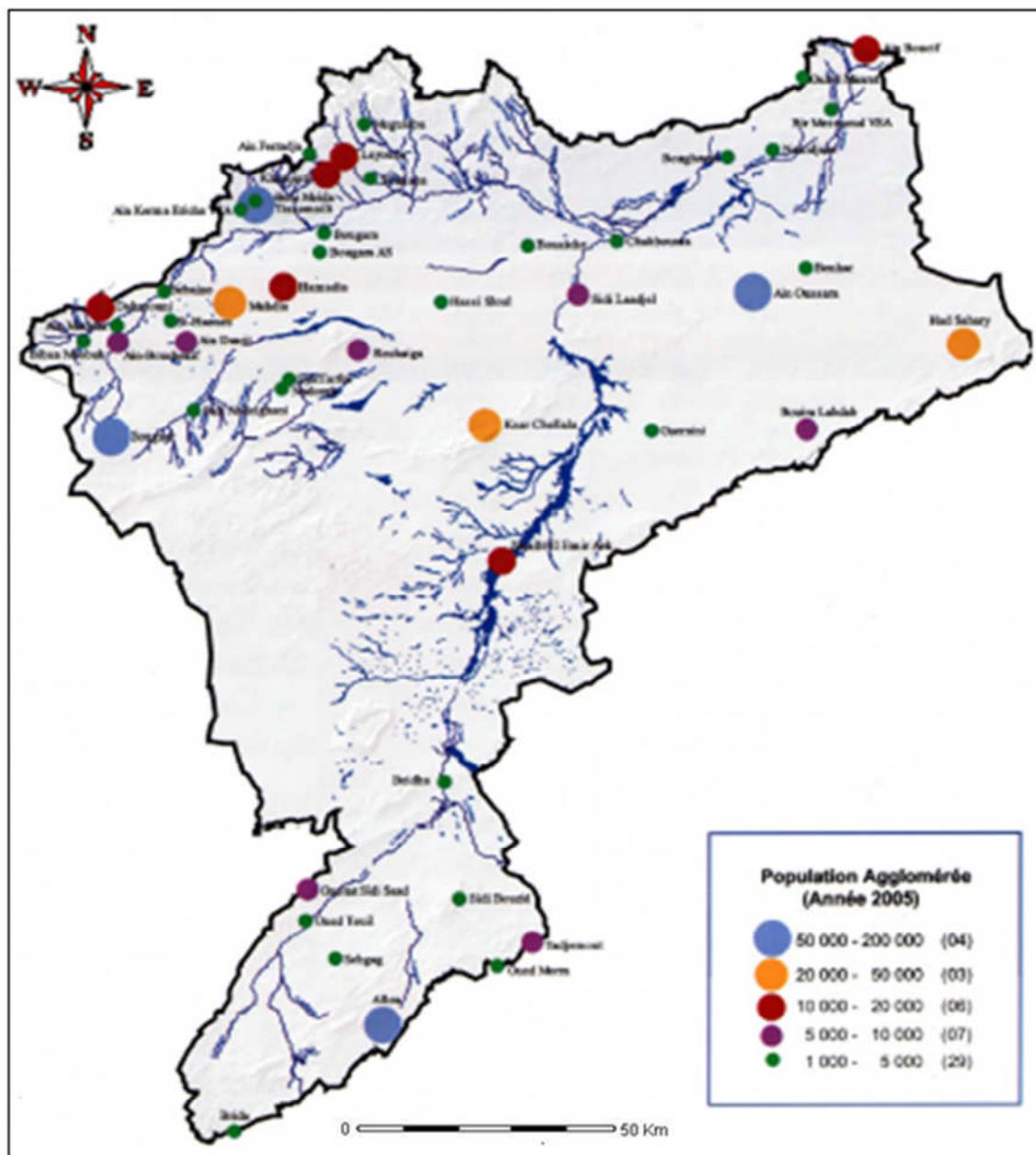
La région compte treize agglomérations supérieures à 10 000 habitants en 2005 avec une population totale de 481152 habitants, elles sont présentées par ordre décroissant dans le tableau 2.2.

Tableau.2.2. Population des principales agglomérations du bassin versant Cheliff amont
Boughzoul

Agglomération principale	Commune	Wilaya	Population (hab)		Taux d'accroissement	Population estimée En 2005	Population Estimée En 2006	Population Estimée En 2009
			RGPH 1987	RGPH 1998				
Ain Oussara	Ain Oussara	Djelfa	44270	81145	4.34	109249	113990	129485
Sougueur	Sougueur	Tiaret	38407	57819	2.1	66873	68277	72670
Aflou	Aflou	Laghouat	29890	47996	3.63	61603	63839	71047
Tissemsilt	Tissemsilt	Tissemsilt	26250	52451	1.34	57573	58345	60722
Ksar Chellala	Ksar Chellala	Tiaret	27058	39344	2.1	45505	46461	49449
Mahdia	Mahdia	Tiaret	20007	28493	2.1	32955	33647	35811
Had Sahary	Had Sahary	Djelfa	8606	18356	4.34	24713	25786	29291
Dahmouni	Dahmouni	Tiaret	8583	13581	2.1	15708	16038	17069
Ain Boucif	Ain Boucif	Médéa	6940	13616	1.85	15480	15767	16658
Khemisti	Khemisti	Tissemsilt	6775	13962	1.34	15325	15531	16164
Z.E.A	Z.E.A	Tiaret	7025	10923	2.1	12633	12899	13729
Mamadia	Mamadia	Tiaret	5208	10873	2.1	12576	12840	13666
Layoune	Layoune	Tissemsilt	4620	9984	1.34	10959	11106	11558
Total			233639	398543	2.37	481152	494525	537319

Source: ONS ,2007

La répartition de la population est illustrée sur la figure par ordre décroissant (figure 2.4).



Source : ABHCZ

Figure 2.3. Répartition de la population (plus de 1000 habitants) Année 2005.

2.2.4 Géologie

L'Algérie se divise de la méditerranée au Sahara, en cinq unités géographiques et structurales plus ou moins parallèles du Nord au Sud

- Les chaînons calcaires littoraux
- L'Atlas tellien
- Les hautes plaines
- L'Atlas saharien
- Le Sahara

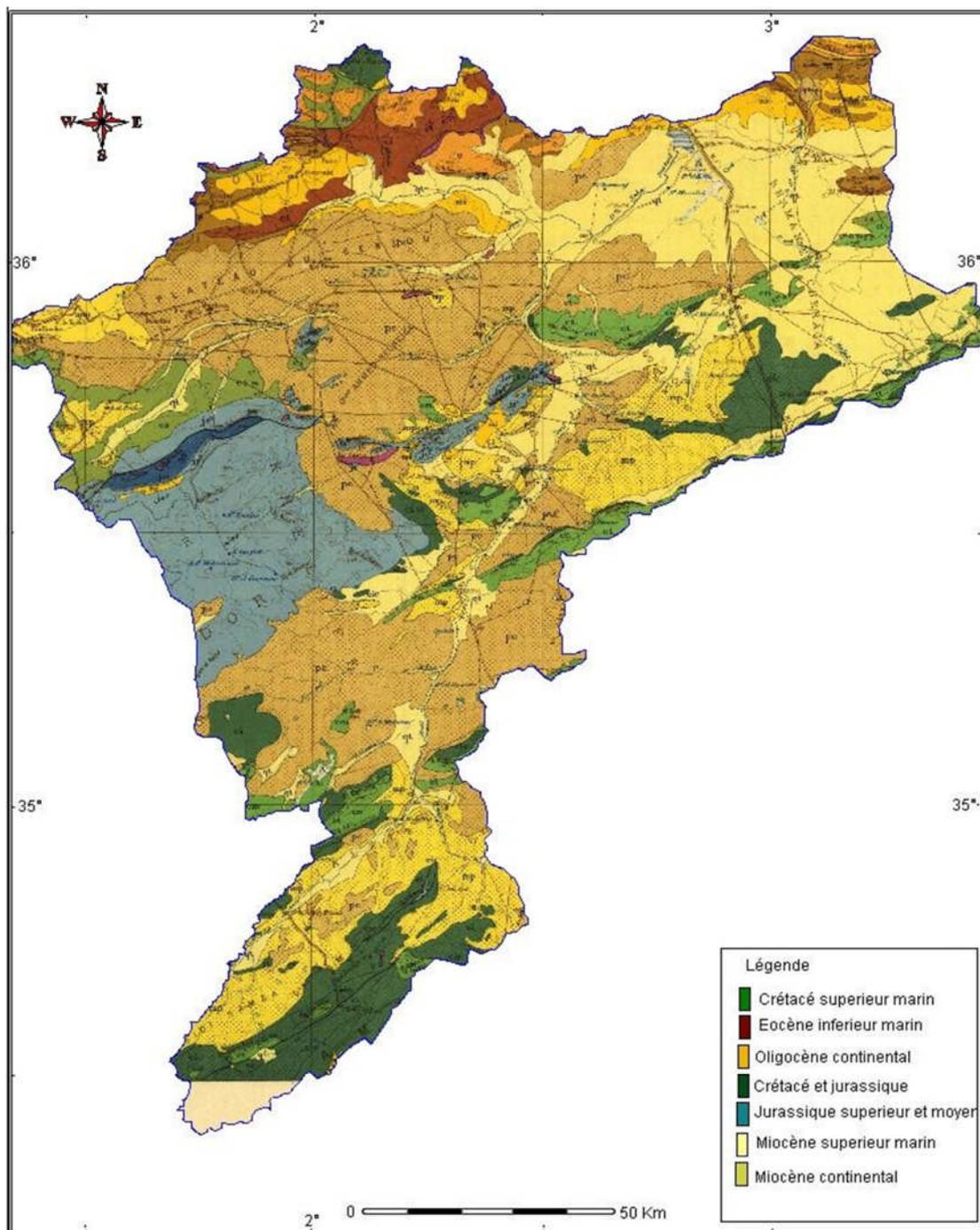
La région étudiée, se situe dans les hautes plaines, entre les reliefs de l'Atlas tellien au nord, plus précisément, le massif d'Ouarsenis dont les charriages telliens, les plus méridionaux viennent les recouvrir en partie, et l'Atlas Saharien qui s'étend vers le Nord, en une succession de massifs qui viennent border les hautes plaines du Sud.

Un aperçu sur la géologie au centre du bassin (Figure 2.4) laisse se distinguer par leurs importances, les dépôts post miocènes dont :

- a- Les alluvions modernes : régulièrement réparties le long des cours d'eau formés de sables limoneux extrêmement vulnérables à l'érosion hydrique
- b- Accumulations des piedmonts : Aux pieds des reliefs s'étendent d'importants glacis d'accumulations presque uniquement constitués de blocs et de galets de dolomie tithonique.
- c- Daïa temporaire : Dépression endoréique tapissée d'argile gypseuse et gréseuse et temporairement recouverte par les eaux ; elles représentent des aires de stockage d'eau importantes.
- d- Croûte calcaire : Les encroûtements calcaires couvrent de grandes surfaces, leur épaisseur est souvent supérieure à 1 m.
- e- Argiles gréseuse rouge : Cette formation est très importante au sud ouest ou son épaisseur peut dépasser 10 m.

Grâce à leurs qualités de porosité et perméabilité, les formations gréseuses du crétacé inférieur représentent le meilleur réservoir hydraulique de la région.

Ces grès constituent eux-mêmes un impluvium étendu, mais ils sont en outre alimentés par la nappe du Sersou et par les eaux de l'Oued Touil.



Source : ABHCZ

Figure.2.4. Carte géologique du bassin versant Cheliff amont de Boughzoul

2.3. Morphométrie du bassin versant Cheliff amont Boughzoul

2.3.1. Généralités

Le bassin versant en un point donné d'un cours d'eau est l'étendue topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents. Le point vers lequel se dirigent les écoulements est appelé exutoire. Le bassin versant est défini par ses limites, c'est en principe l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique.

La réponse du bassin versant à des précipitations dépend d'un nombre important de paramètres. Parmi ces facteurs, certains sont difficilement quantifiables comme ceux se rapportant au climat, à la couverture végétale, etc. Par contre, d'autres paramètres ont l'avantage de se prêter à une analyse quantifiée. Ce sont les paramètres morphométriques (forme, altitude, pente du relief, etc.) qui interviennent dans les modalités d'écoulement. Dans ce chapitre, nous nous limitons à l'exposé des principaux paramètres d'ordre morphométrique, de relief et hydrographique qui permettent de caractériser le bassin versant amont de Boughzoul

2.3.2. Caractéristiques morphométriques du bassin versant

Les caractéristiques morphométriques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Il est donc intéressant de quantifier ces paramètres par des termes simples qui permettront la schématisation du bassin versant.

Pour que la quantification du bassin versant par le biais de la morphométrie soit rigoureuse et valable il faut que cette dernière soit appliquée à des bassins de taille réduite et homogène du point de vue géologique.

a) Paramètres de forme

- Superficie du bassin versant

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations, il est donc tout à fait logique que ce paramètre soit le premier à rechercher. Cette surface peut être déterminée par planimétrage sur des cartes d'échelle convenable ou en utilisant les techniques de digitalisation actuelles.

- Rectangle équivalent

Un autre paramètre permet de comparer les bassins versant entre eux, c'est le rectangle équivalent. C'est une transformation purement géométrique où la forme du bassin est rendue comme étant celle d'un rectangle ayant même périmètre et même superficie que le bassin versant. La largeur étant prise égale à la largeur de l'exutoire, la longueur L_{Re} est déterminée en résolvant l'équation du second degré suivante :

$$2.L_{Re}^2 - \frac{K.\sqrt{A}}{0,28}.L_{Re} + 2.A = 0$$

A est la superficie du bassin versant.

On place sur ce rectangle les lignes de niveau de telle sorte que le rectangle équivalent ait même répartition hypsométrique. Ceci permettra de schématiser le bassin par quelques valeurs numériques (utiles pour les modèles mathématiques).

Indice de compacité Gravelius

La réponse d'un bassin versant à une averse dépend de sa forme. Gravelius a défini alors l'indice de compacité (qui porte d'ailleurs son nom) comme étant le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant même surface. Cet indice permet de comparer les bassins entre eux. Il est donné par la formule suivante :

$$K_G = \frac{\text{Périmètre du bassin}}{\text{Périmètre du cercle de surface équivalente}}$$

Ce paramètre peut être calculé à l'aide de la relation suivante :

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

Où P et A représentent respectivement le périmètre et la surface du bassin versant.

En fonction de la valeur de ce paramètre, on dira que le bassin est ramassé ou allongé. Ce paramètre caractérise le temps de réaction du bassin, il détermine l'allure de l'hydrogramme de crue.

b) Paramètres de relief

- Courbe hypsométrique

La plupart des phénomènes hydrologiques et climatologiques sont directement liés à l'altitude. Il est donc important de connaître la répartition des altitudes dans le bassin. On utilise pour cela la représentation de la courbe hypsométrique. Elle peut aussi être donnée sous forme d'histogramme, c'est la courbe des fréquences altimétriques.

La forme de cette courbe donne implicitement une certaine idée sur les pentes du bassin et leurs répartitions en altitude et permet d'apprécier le potentiel érosif du bassin versant. La courbe hypsométrique est déterminée par planimétrie des surfaces entre les courbes de niveau.

-Altitudes caractéristiques

Certaines altitudes sont notées pour caractériser les bassins versants. Ces altitudes donnent des indications supplémentaires sur le potentiel érosif du bassin. Ces altitudes sont :

- L'altitude moyenne, c'est l'altitude qui correspond à la moyenne de la courbe hypsométrique.

- L'altitude la plus fréquente, c'est le maximum de la courbe des fréquences altimétriques.
- L'altitude de fréquence 1/2, c'est l'altitude qui correspond au point d'abscisse 1/2 de la courbe des fréquences altimétriques.

-Les indices des pentes

Le relief d'un bassin est caractérisé par des indices qui ont été définis pour rendre compte de l'influence de la pente sur le régime hydrologique, pour comparer des bassins entre eux, etc.

L'indice de pente introduit par Roche (1963) est donné par :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L_{Re}}} \sum_{i=1}^n \sqrt{B_i(a_i - a_{i-1})}$$

Dans cette formule, L_{Re} , B_i , a_i et a_{i-1} représentent respectivement la longueur du rectangle équivalent, la fraction en pour-cent de la surface comprise entre deux lignes de niveaux, les altitudes délimitant la surface B_i .

L'indice de pente global I_g sert à caractériser la pente d'un bassin et de permettre des comparaisons et des classifications. Il est déterminé à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique du bassin. Il est donné par la formule:

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

Dans cette formule, $H_{95\%}$ et $H_{5\%}$ représentent les altitudes qui correspondent respectivement à 95% et à 5% de la surface totale du bassin. Elles sont toutes les deux tirées de la courbe hypsométrique. L_{Re} , qui est la longueur du rectangle équivalent, est exprimé en kilomètre.

L'indice de pente moyen I_m est utilisé dans les mêmes conditions que le précédent. Il est donné par :

$$I_m = \frac{D_{max}}{L}$$

D_{max} étant la différence entre les niveaux extrêmes du bassin versant.

-Dénivelée spécifique

Le dénivelé spécifique sert à classer les bassins en fonction de leurs reliefs. Cette dénivelée est donnée par :

$$D_s = I_g \cdot \sqrt{A}$$

Les paramètres de la formule ont été définis auparavant.

On se réfère généralement à la classification dressée par l'O.R.S.T.O.M. pour classer les bassins en fonction de leurs reliefs. Cette classification est donnée par le tableau 2.4

Tableau.2.3. Classification de l'O.R.S.T.O.M

Relief	Valeur de I_g		Valeur de D_s
1	Relief très faible	$I_g < 0,002$	$D_s < 10$
2	Relief faible	$0,002 < I_g < 0,005$	$10 < D_s < 25$
3	Relief assez faible	$0,005 < I_g < 0,01$	$25 < D_s < 50$
4	Relief modéré	$0,01 < I_g < 0,02$	$50 < D_s < 100$
5	Relief assez fort	$0,02 < I_g < 0,05$	$100 < D_s < 250$
6	Relief fort	$0,05 < I_g < 0,5$	$250 < D_s < 500$
7	Relief très fort	$0,5 < I_g$	$500 > D_s$

c) Paramètres hydrographiques

-Densité de drainage

La densité de drainage D_d , qui s'exprime en km/km^2 , est définie pour un bassin donnée de superficie A , comme la longueur totale des cours d'eau de tous ordre sur la surface drainée; elle est donnée par la relation suivante:

$$D_d = \frac{\sum_i^a L_x}{A}$$

Dans cette relation, L_x est la longueur cumulée de toutes les rivières d'ordre x (km) et A la superficie du bassin versant (km^2).

-Rapport de confluence

Le rapport de confluence est le quotient du nombre de talwegs d'ordre x par celui des talwegs d'ordre immédiatement supérieur ($x+1$). Il est donné par la relation :

$$R_c = \frac{N_x}{N_{x+1}}$$

-Rapport de longueur

C'est le quotient de la longueur moyenne des talwegs d'ordre (x+1) par celle des talwegs d'ordre immédiatement inférieur (x). Ce rapport est donné par la relation suivante :

$$R_L = \frac{L_{x+1}}{L_x}$$

-Coefficient de torrentialité

C'est un coefficient qui tient compte à la fois du nombre de talwegs élémentaires ordre 1 et la densité de drainage, il est donné par:

$$C_T = D_d \cdot F_1$$

Dans cette relation D_d est la densité de drainage (km/km²) et F_1 est la densité des talwegs élémentaires. Il est déterminé de la façon suivante :

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

Où N_1 est le nombre de cours d'eau d'ordre 1 et A la superficie du bassin versant (km²).

d) Paramètres morphométriques.

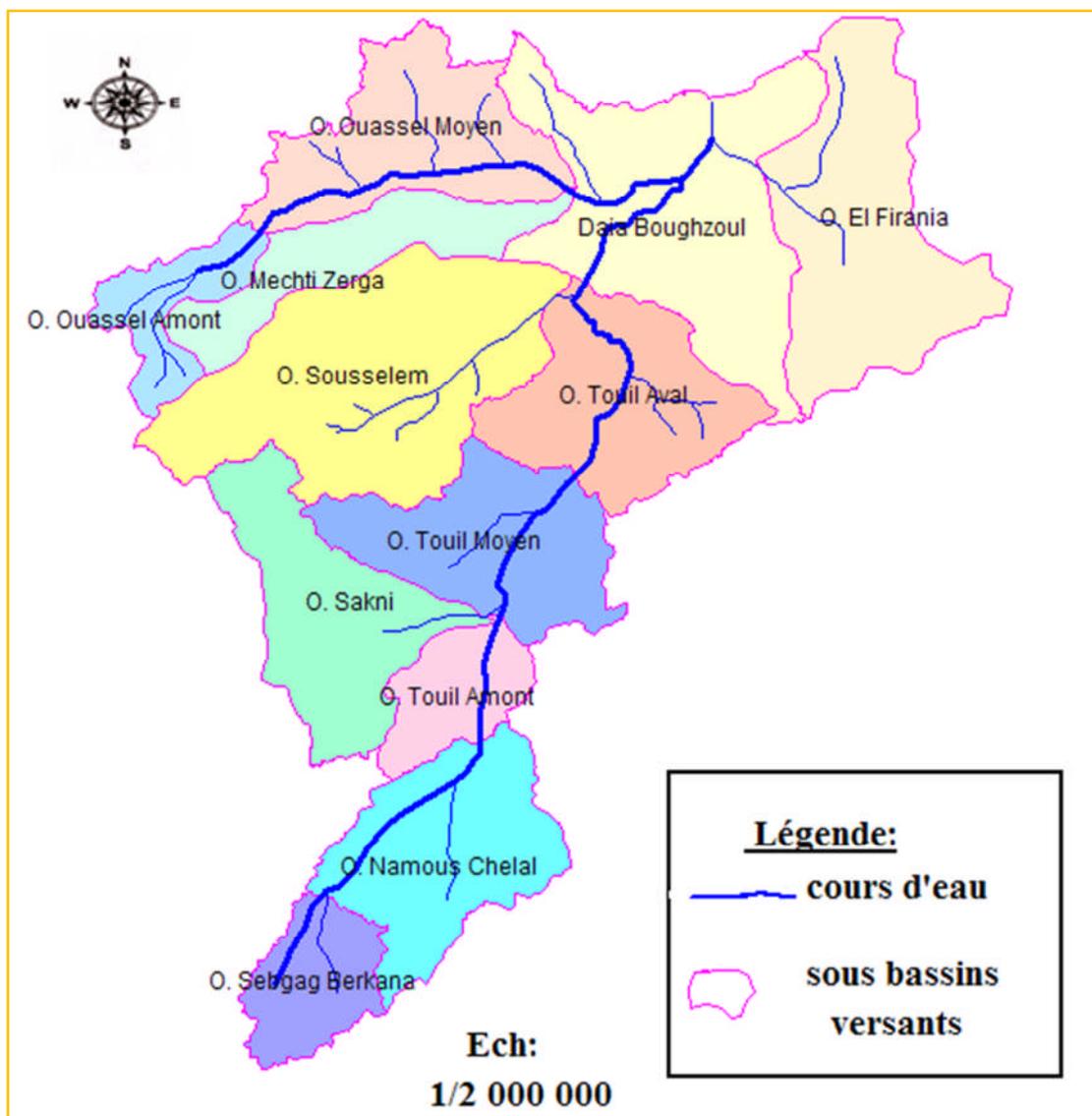
Le tableau 2.5. Obtenu de l'ANRH (Agence nationale des ressources hydriques) d'Alger, nous donne les différents SBV (sous bassins versants) du Cheliff à l'amont de Boughzoul ainsi que leurs caractéristiques morphométriques.

Tableau 2.4. Sous bassins 01 à 12 et leurs caractéristiques morphométriques

Code SBV	Sous Bassins	Surface	Périmètre	Long Chev	Kc	L	l	Dd	H _{min}	H _{max}	H _{moy}
101	O. Sebgag Berkana	777.73	129.61	544.27	1.30	48.90	15.90	0.70	1150.00	1700.00	1425.00
102	O. Namous Chelal	1734.30	210.15	1446.43	1.41	84.57	20.51	0.83	1000.00	1700.00	1350.00
103	O. Touil Amont	689.58	123.09	646.13	1.31	46.82	14.73	0.94	900.00	1250.00	1075.00
104	O. Sakni	1675.14	245.10	563.46	1.68	106.88	15.67	0.34	900.00	1450.00	1175.00
105	O. Touil Moyen	1604.32	213.82	854.25	1.49	88.85	18.06	0.53	800.00	1300.00	1050.00
106	O. Touil Aval	1750.85	202.00	1105.65	1.35	78.77	22.23	0.63	700.00	1300.00	1000.00
107	O. Sousselem	3005.10	280.66	1748.41	1.43	113.96	26.37	0.58	700.00	1500.00	1100.00
108	O. Mechti Zerga	1055.35	225.03	395.38	1.94	102.19	10.33	0.37	700.00	1100.00	900.00
109	O. Ouassel Amont	626.53	156.66	375.24	1.75	69.29	9.04	0.60	900.00	1200.00	1050.00
110	O. Ouassel Moyen	1621.66	237.91	1145.49	1.65	103.25	15.71	0.71	700.00	1750.00	1225.00
111	Dait El Firania	2366.23	279.84	796.62	1.61	120.24	19.68	0.34	650.00	1400.00	1025.00
112	Daia Boughzoul	2817.97	340.47	1991.05	1.80	151.65	18.58	0.71	650.00	1750.00	1200.00

Source : ANRH.2005

Les douze sous-bassins Cheliff amont –Boughzoul sont illustrés par la figure 2.1



Source : ABHCZ

Figure 2.5. Carte des sous bassins versants du bassin Cheliff amont Boughzoul

-Surface (S) :

La surface topographique est le paramètre le plus important, il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques (apport, volume de précipitations ou infiltration). Elle est déterminée par planimétrie sur carte topographiques.

A partir des valeurs du tableau 2.4, la surface du bassin versant étudié est obtenue par addition des surfaces des sous bassins versants.

D'où $S = 19724.76 \text{ Km}^2$

En général, on classe les bassins versant relativement à leur surface (tableau 2.5)

Tableau 2.5. Classification des bassins versants selon leur superficie

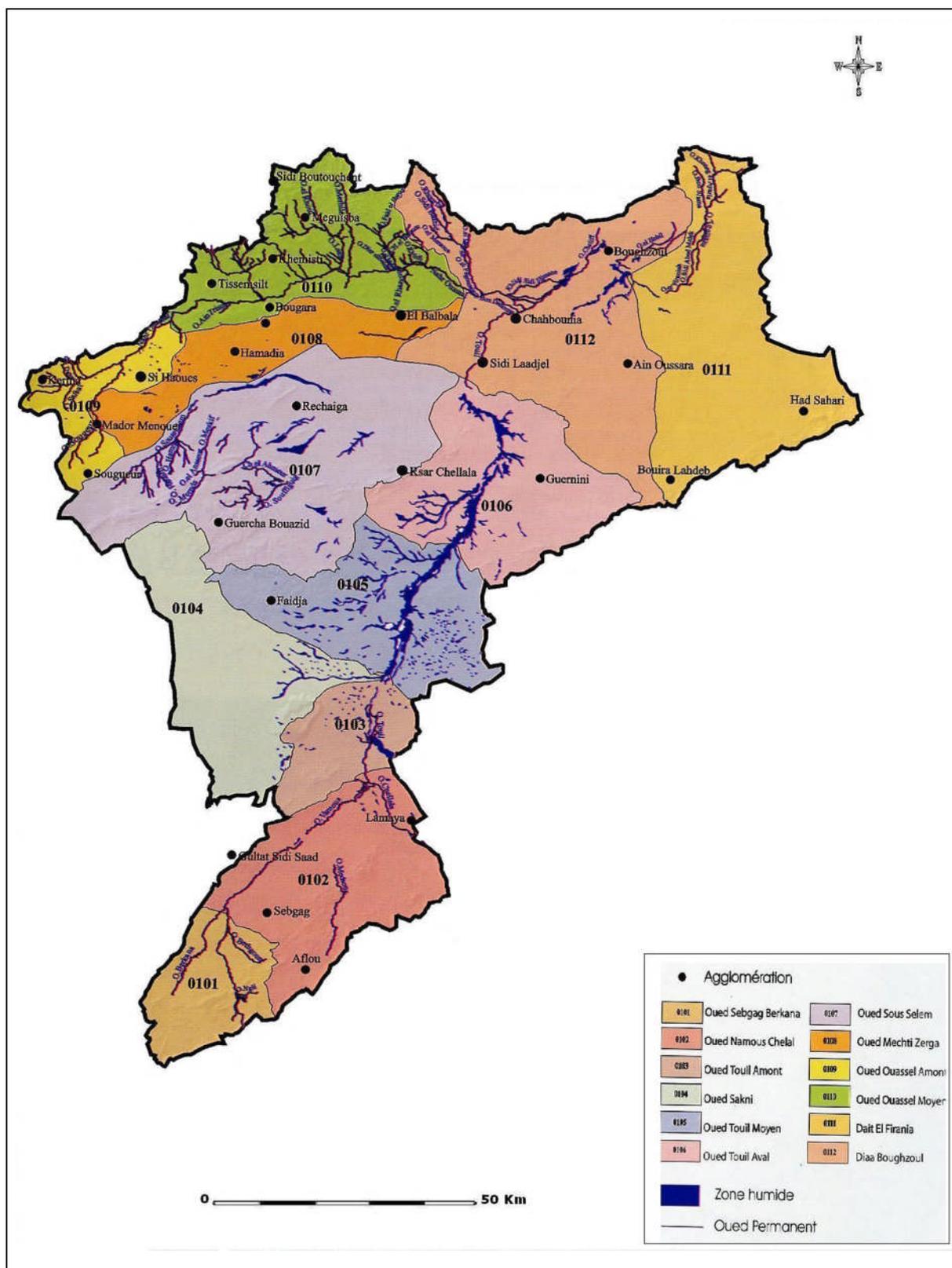
Très petit bassin versant	Petit bassin versant	Grand bassin versant	Très grand bassin versant
$0 \leq S \leq 10 \text{ km}^2$	$10 \leq S \leq 200 \text{ km}^2$	$200 \leq S \leq 2000 \text{ km}^2$	$S > 2000 \text{ km}^2$

D'après cette classification, notre bassin est de type très grand.

- Périmètre (P) :

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin, il est mesuré à l'aide d'un curvimètre.

Le périmètre de notre bassin versant est obtenu à l'aide du logiciel "Mapinfo" à partir d'une carte numérique du bassin. $P = 946.29 \text{ Km}$



Source : ABHCZ Figure 2.6. Sous bassins versants du bassin Cheliff amont Boughzoul

Toutes les caractéristiques morphométriques du bassin Cheliff amont Boughzoul sont illustrés sur le tableau récapitulatif 2.6

Tableau 2.6. Principales caractéristiques du bassin versant

Désignation	Symbole	Unité	Quantité
Superficie du bassin versant	S	Km ²	19724.76
Périmètre du bassin versant	P	Km	946.29
Indice de compacité de Gravellius	K _G	-	1.88
Longueur du rectangle équivalent	L _{Re}	Km	425.09
Largeur du rectangle équivalent	l	Km	46.40
Altitude médiane	H _{50%}	m	1180
Altitude moyenne	H _{moy}	m	1155.54
Dénivelée simple	D	m	380
Indice de pente de roche	I _p	%	0.35
Indice de pente globale	I _g	m/Km	0.89
Indice de pente moyenne	I _m	m/Km	1.17
Dénivelée spécifique	D _s	m	124.99
Densité de drainage	D _d	Km/ Km ²	0.58
Temps de concentration	T _c	h	66.84
Vitesse de ruissellement	V _R	Km/h	3.9

Pour classer le relief du bassin d'étude (Cheliff amont Boughzoul) on peut se référer à la classification de l'O.R.S.T.O.M illustrée sur le tableau 2.8.

Tableau 2.7. Classification du relief du bassin Cheliff amont Boughzoul

R1	Relief très faible	Ds <10 m
R2	Relief faible	10<Ds<25
R3	Relief assez	25<Ds<50
R4	Relief modéré	50<Ds<100
R5	Relief assez fort	100<Ds<250
R6	Relief fort	250<Ds<500
R7	Relief très fort	Ds>500 m

D'après la classification faite par l'O.R.S.T.O.M le relief de notre bassin versant est assez fort de type R5.

2.4 Paramètres hydrographiques

Le bassin du Cheliff à l'amont du barrage de Boughzoul regroupe douze (12) sous bassins versants du 101 au 112 .Il représente un chevelu hydrographique faible, avec un réseau de l'ordre de 1468 km d'oueds permanents et 8395 km d'oueds temporaires. Le principal

cours d'eau est Oued Touil qui draine une superficie de 16338 km², orienté du Sud au Nord jusqu'à sa confluence avec Nahr Ouassel, qui coule en oblique de l'Ouest à l'Est, dont la confluence donne naissance à l'Oued Cheliff. La densité de drainage permanent dans l'ensemble du bassin reste faible, mais elle est relativement élevée dans la partie Nord aux sous bassins : Mehti Zerga (32%), Oued Ouassel Amont (35%) et Oued Ouassel Moyen (34%). Fig (2.1)

a) Oued Touil

La superficie totale du bassin versant de L'Oued Touil est de 11460 km² dont 8255 km², surface active contrôlée par le poste hydrométrique de Sidi Bouabdallah.

Sa longueur étant de 288 km, et son altitude moyenne est de 1020m.

Les principaux affluents de l'Oued Touil sont Oued Sebgag et Chellal qui prennent naissance sur les versants nord des monts Djebel Amor de l'Atlas Saharien.

Dans son parcours l'Oued Touil traverse les hauts plateaux qui représentent une zone semi-désertique recouverte d'Alfa et d'Absinthe avec de nombreuses dépressions fermées, dont le nom local est Daïa ou l'eau s'accumule lors des pluies favorisant l'écoulement endoréique.

Le bassin de Touil est asymétrique, la rive gauche est plus développée que la rive droite, de l'aval vers l'amont on rencontre les affluents suivants : oued Sakni, Zalech, Bouchouat, Ermets et Ouerk.

Marécageuse et couverte d'herbe, la plaine inondable est assez large et décrit par endroits de nombreux méandres en formant ici et là plusieurs bras et petits cours d'eau. Le régime de l'Oued Touil est caractérisé par l'absence de l'écoulement d'eau durant la plus grande partie de l'année. Le débit de Touil n'est formé que par les pluies torrentielles ou prolongées.

Dans le cours inférieur du Touil on constate le rabattement des débits d'eau dans la plaine inondable et les pertes de l'écoulement allant au remplissage des dépressions et des micros cavités de la terre submersible.

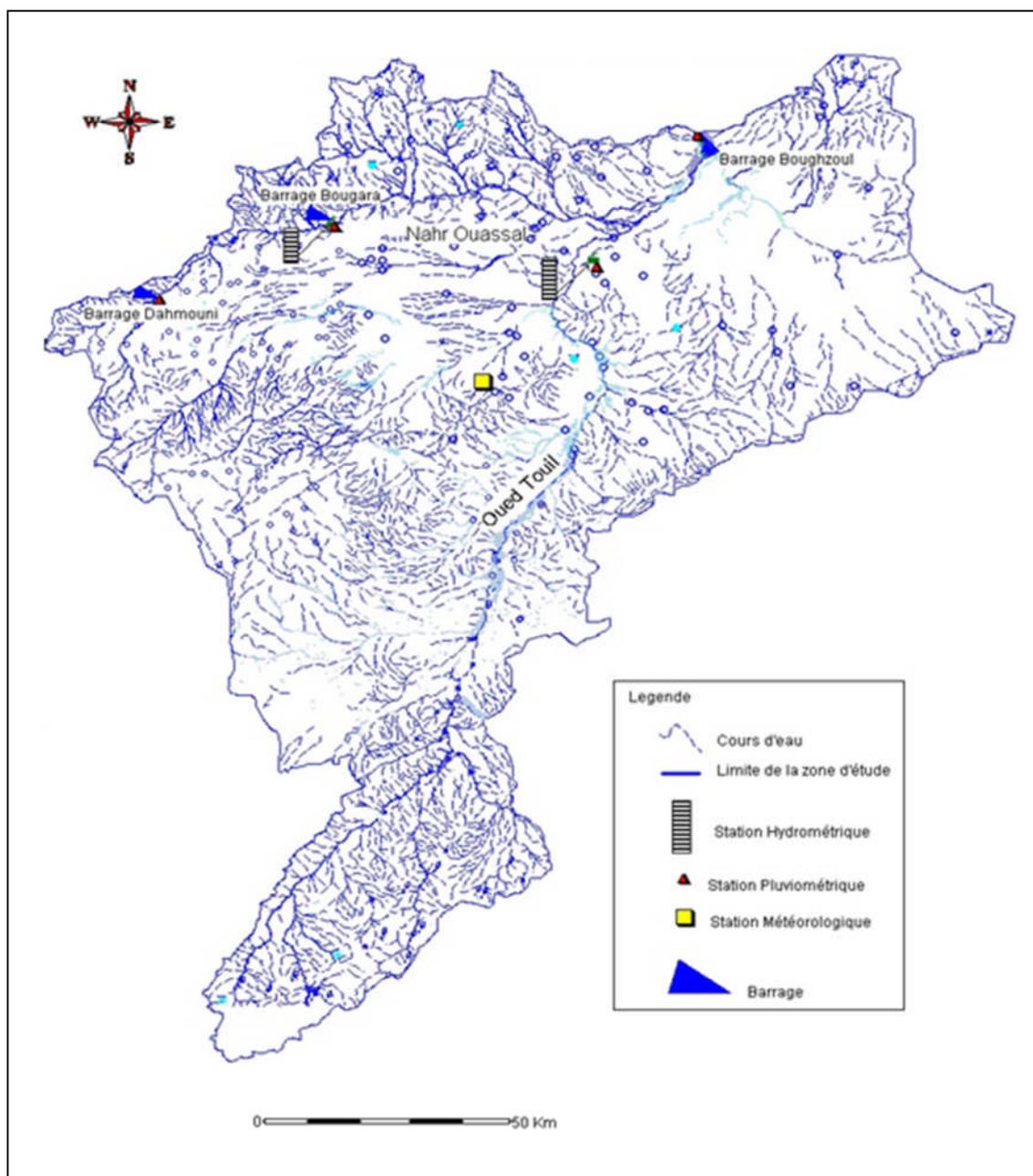
b) Nahr Ouassel

L'oued Nahr Ouassel est en fait constitué de deux branches principales, l'Oued Nahr Ouassel proprement dit, originaire de la région de Tiaret et l'Oued Bou Skif qui prend sa source plus au sud vers Sougheur. Il coule dans une vaste plaine d'altitude 950 m environ bordé au nord par les monts de Tiaret (culminant à 1225m) et au sud par le plateau de Sersou d'altitude proche de 1000m.

Le plateau est parsemé de dépressions ou Daïa dont la surface totale peut être estimée à 125 km². Une partie du bassin versant de l'Oued Bou Skif est donc endoréique, c'est-à-dire que les ruissellements de surface n'atteignent pas l'Oued mais sont piégés dans le centre de ces dépressions.

Les deux Oueds ont un lit mineur à faible capacité d'écoulement méandrant dans une plaine sans lit majeur marqué. Les crues s'épandent largement dans cette plaine, arrivé au niveau de Tissemsilt l'oued rencontre son deuxième affluent principal oued Boukaala qui draine un bassin versant de 244km², ayant une forme ramassée.

Le réseau hydrographique de ce dernier semble beaucoup plus efficace que celui du reste du bassin de l'Oued Nahr Ouassel ; les terrains semblent plus imperméables, les lits mineurs sont bien marqués, le relief est plus accusé.



Source : ABHCZ

Figure 2.7. Carte du réseau hydrographique du bassin Cheliff amont de Boughzoul

2.5. Conclusion

Le bassin versant Cheliff à l'amont de Boughzoul fait partie du bassin hydrographique Cheliff Zahrez. Il présente un chevelu hydrographique faible avec un réseau linéaire de 1468 km d'Oueds permanents et 8395 km d'oueds temporaires, le principal cours d'eau est Oued Touil qui draine une superficie de 11460 km², orienté du sud jusqu'à sa confluence avec Nahr Ouassel, qui coule de l'Ouest en Est, pour donner naissance au niveau du barrage de Boughzoul de l'Oued Cheliff.

L'étude des caractéristiques morphologiques et du relief a montré que le bassin versant du Cheliff amont Boughzoul est de type 'très grand', de forme allongée, avec un relief assez fort de classe R5.

Chapitre 3

Etude climatique du bassin versant Cheliff amont Boughzoul

3.1. Introduction

La pluie n'arrose pas de la même manière la surface de la terre. Ainsi, des sécheresses sévissent dans certaines régions, tandis que d'autres sont continuellement inondées. Ces phénomènes sont dus d'abord à la variabilité naturelle du climat. Le changement climatique provoqué par le dégagement de gaz carbonique à effet de serre semble aggraver la situation puisque les scientifiques pensent que les phénomènes extrêmes comme les sécheresses et les inondations seront dans l'avenir plus fréquents et plus violents.

Le climat est la moyenne, sur un certain nombre d'années, des variations quotidiennes de températures, des précipitations, des vents et d'autres conditions atmosphériques qui caractérisent un point quelconque de la surface de la terre. Il englobe aussi la variabilité de chacun de ses éléments, comme la température et les précipitations, ainsi que la fréquence de divers phénomènes météorologiques. Mais le climat étant un phénomène plus ou moins périodique, il est indispensable de définir la durée durant laquelle on étudie les éléments atmosphériques.

Dans le langage courant, on entend par climat la caractérisation du temps qui règne sur une région donnée en fonction d'un certain nombre de paramètres dont les précipitations, la chaleur et les vents. Ainsi, on qualifie le climat de sec, tempéré ou pluvieux. On peut aussi rencontrer des qualificatifs relatifs aux régions. On rencontre par exemple le climat méditerranéen, le climat tropical, etc.

En Algérie, il est connu que deux climats prépondérants règnent :

- Un climat chaud et sec au sud (Sahara) recevant moins de 250 mm/an de pluie.
- Un climat semi-aride dans le Nord recevant moins de 500 mm/an de pluie.

Aussi et en fonction des données disponibles, nous allons essayer dans ce chapitre de caractériser le climat du bassin Cheliff amont Boughzoul, sachant que la pluviométrie d'une région est très influencée par son climat.

3.2. Etude du climat

Les conditions climatiques du bassin s'expliquent par sa situation géographique, le caractère de circulation atmosphérique, et par le relief de son territoire. La caractérisation du climat est établie en fonction des observations fournies par le réseau de mesures pluviométriques, hydrométriques et climatologiques installé au sein du bassin.

3.2.1. Etude de la température

Pour l'étude de la température du bassin Cheliff amont Boughzoul, nous avons pu disposer de températures moyennes des stations météorologiques indiquées dans le tableau 3.1. Ces températures ont été arrangées selon l'année hydrologique. Le choix de ces stations a d'abord été tributaire de la disponibilité de l'information. Mais il se trouve que la répartition spatiale de ces stations (figure N° 3.1) encadre bien le bassin, ce qui confère aux résultats de leur exploitation une plus grande représentativité.



Source : ABHCZ

Figure 3.1 Stations climatiques et hydrométriques pour l'étude climatique du bassin versant Cheliff amont Boughzoul.

Tableau 3.1 Température moyenne mensuelle de quelques stations du bassin Cheliff amont Boughzoul

Stations	Moyenne	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Tiaret (1984/2009)	m	14	10,1	5,4	2,5	1	1,6	3,2	5	8,8	13,8	17,7	17,7
	M	28,3	22,5	16,2	11,9	10,9	12,8	15,7	18,3	23,7	30,3	34,8	34,1
	(M+m)/2	21,2	16,3	10,8	7,2	6,0	7,2	9,5	11,7	16,3	22,1	26,3	25,9
Ksar Chellala (1990/2009)	m	16,8	12,7	7,1	4,5	2,9	3,6	6,0	8,4	13,3	18,0	21,1	20,8
	M	21	19,9	17,5	16,2	19,5	23,1	27,1	28,5	28,6	28,7	27,6	25
	(M+m)/2	18,9	16,3	12,3	10,4	11,2	13,4	16,6	18,5	21,0	23,4	24,4	22,9
Ain Oussara (1985/1989)	m	16,2	11,9	6,6	3	1,7	2,9	4,6	7,5	12,7	17,2	19,8	20,2
	M	30,8	24,7	17,4	13,5	12,2	15,2	18,2	21,5	27,3	32,4	36,4	36,7
	(M+m)/2	23,5	18,3	12	8,3	7	9,1	11,4	14,5	20	24,8	28,1	28,5
Boughzoul (2000/2007)	m	17,2	12,8	6,2	3,8	1,9	2,7	6,5	9,5	13,7	21,4	24,8	23,5
	M	31,2	25	15,6	13,6	13,2	14	18,5	22,1	27,1	34,4	38,8	37,8
	(M+m)/2	24,2	24,2	10,9	8,7	7,6	8,3	12,5	15,8	20,4	27,9	31,8	30,6
Aflou (1975/1996)	Moyenne	19,1	13,9	8,3	4,8	4,3	3,5	8,3	10,8	15,7	20,4	24,1	23,9
Tissimsilt(1975/1996)	Moyenne	21	15,1	9,9	6	5,8	6,4	8,7	11,2	15,6	20,4	25,3	25,3
Moyenne des stations		21.3	17.4	10.7	7.6	7.0	8.0	11.2	13.8	18.2	23.2	26.7	26.2

Le tableau 3.1 montre que la température au sein du bassin commence à baisser à partir du mois de décembre pour atteindre la température la plus faible 1.°C en janvier et puis remonte pour atteindre la température la plus élevée au mois de juillet 38.8°C. Les températures les plus basses se produisent généralement au mois de janvier, elles ont été enregistrées aux stations de Tiaret et d'Ain Oussara.

Les températures les plus élevées se produisent au mois de juillet et août et avoisinent les 35°C, elles ont été enregistrées aux stations de Boughzoul et de Ain Oussara.

Une remarque importante se dégage du tableau 3.1.

- Comme le montre la figure 3.2, l'écart entre la température maximale et la température minimale est presque constant sur le bassin le long de l'année.

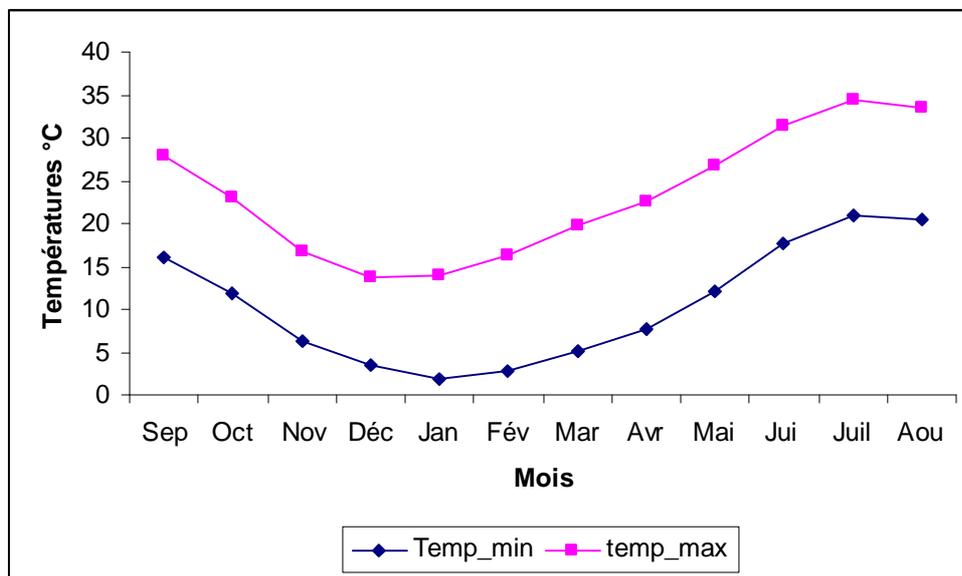


Figure 3.2 Température minimale et maximale du bassin Cheliff amont Boughzoul.

Les températures moyennes mensuelles des six stations météorologiques implantées sur le bassin Cheliff amont Boughzoul sont illustrées sur la figure 3.3

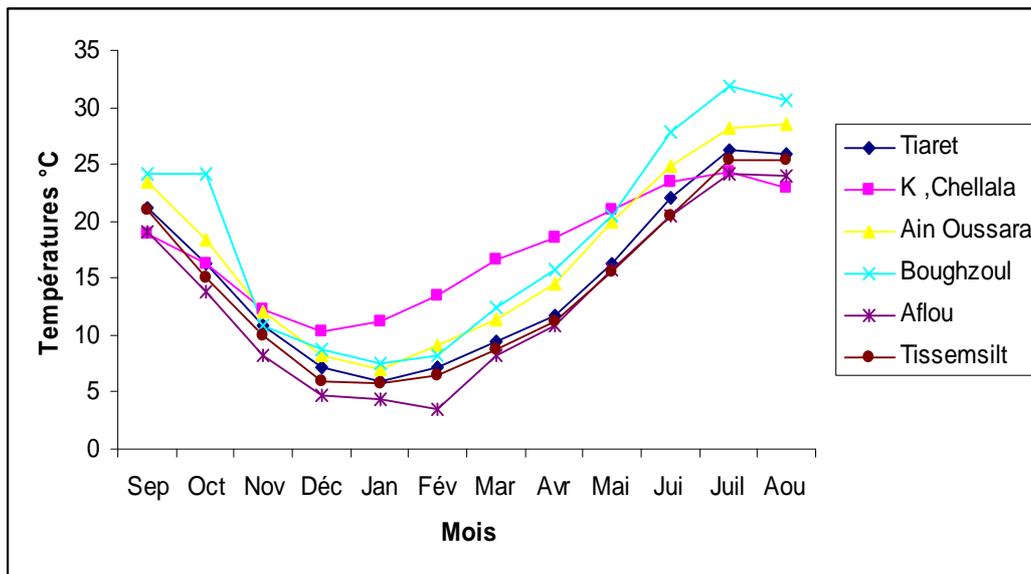


Figure 3.3 Températures moyennes mensuelles aux différentes stations du bassin Cheliff amont Boughzoul.

La figure 3.4 représente la variation de la température moyenne mensuelle du bassin sur la base des stations utilisées. Ce diagramme montre que le mois de janvier est le mois le plus froid de l'année avec une température moyenne de 7 °C et le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 26.7 °C. La température moyenne annuelle du bassin est de 16 °C.

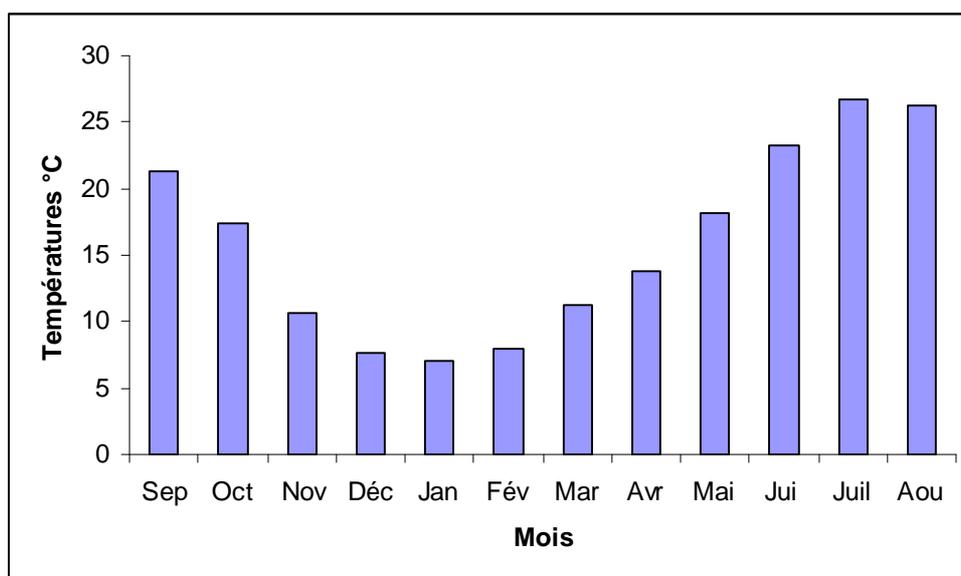


Figure 3.4 Température moyenne mensuelle du bassin du Cheliff amont Boughzoul.

3.2.2. Classification du climat de la région

La région d'étude est caractérisée par des conditions climatiques qui seront précisées en utilisant plusieurs méthodes :

L'indice d'aridité de De Martonne, le diagramme L. Emberger, la méthode de H. Gaussen F. Bagnouls et la méthode de G. Euvert.

a) Indice de De Martonne

Caractériser le climat d'une région donne une idée générale sur les conditions météorologiques et climatiques qui y règnent. Certains auteurs ont dressé des formules, tableaux ou abaques pour qualifier globalement un climat. Ainsi, le géographe De Martonne (1989) a proposé un indice calculé par la formule suivante :

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

I_M : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles (°C).

Pour mieux interpréter l'indice d'aridité annuel, De Martonne a donné un abaque où six climats sont définis en fonction des précipitations moyennes et des températures moyennes. Ces zones sont :

A : Zone à écoulement abondant.

B : Zone à écoulement exoréique.

C : Zone tempérée, drainage extérieur, irrigation non indispensable.

D : Régime semi-aride, écoulements temporaires, formations herbacées.

E : Régime désertique, écoulements temporaires, drainage intérieur- exoréique.

F : Hyperaridité, aréisme.

L'application de cet indice au bassin du Cheliff amont Boughzoul nécessite la connaissance de la température moyenne interannuelle et les précipitations moyennes interannuelles. A cet effet, nous avons préféré utiliser les stations pluviométriques pour lesquelles la température est disponible. Les données relatives aux températures sont celles du tableau 3.2.

Tableau 3.2: Précipitations des stations utilisées pour la classification des climats (en mm).

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Aflou 1985-2007	18,8	23,5	19,2	18,8	22	19,5	28,3	25,5	21,7	13,7	7,2	15
Boughzoul 1980-2005	19,7	21,5	23,4	22	23,3	17,6	27,1	20,7	22,8	13,7	5,9	6,9
F.Ferhat 1974-2002	20,4	18,8	20	15	25,1	23,7	18,2	20,5	21,7	8,3	4,2	3,8
Hadsahary 1980-2007	17	21,8	25	21	21,1	25,1	27	25,8	19,5	14,3	7,3	10,5
Layoune 1980-2005	26,5	28,2	41	43	39,5	38,9	31,9	31,2	26	4,7	5,4	8,3
Tiaret 1978-2002	22,8	36,5	53	65	65,2	60,8	53,6	57,8	36,7	10,1	2,6	13,8
AinBaadj 1974-1996	21,1	25,6	21	30	29,8	29,5	26,3	27	23,5	11,1	5	7,4
K.Chellala 1990-1999	22,8	27,4	30	22	32,4	12	12,4	14,5	32,1	20,9	14,1	23,4
Khemisti 1980-2005	26,9	34,2	45	51	59,3	49,2	41,9	38,9	30	13,7	8	10,7
Moyenne	21,8	26,4	30,8	31,9	35,3	30,7	29,6	29,1	26	12,3	6,6	11,1

Les deux tableaux précédents (tableau 3.1 et tableau 3.2) donnent une température moyenne annuelle de $T = 16^{\circ}\text{C}$ et une précipitation moyenne annuelle de $P = 291,6 \text{ mm}$ utilisés pour la détermination de l'indice d'aridité de De Martonne de 11,2.

Cet indice place le bassin en une zone (figure 3.5) où le climat est qualifié de semi-aride avec des écoulements temporaires et des formations (cultures) herbacées.

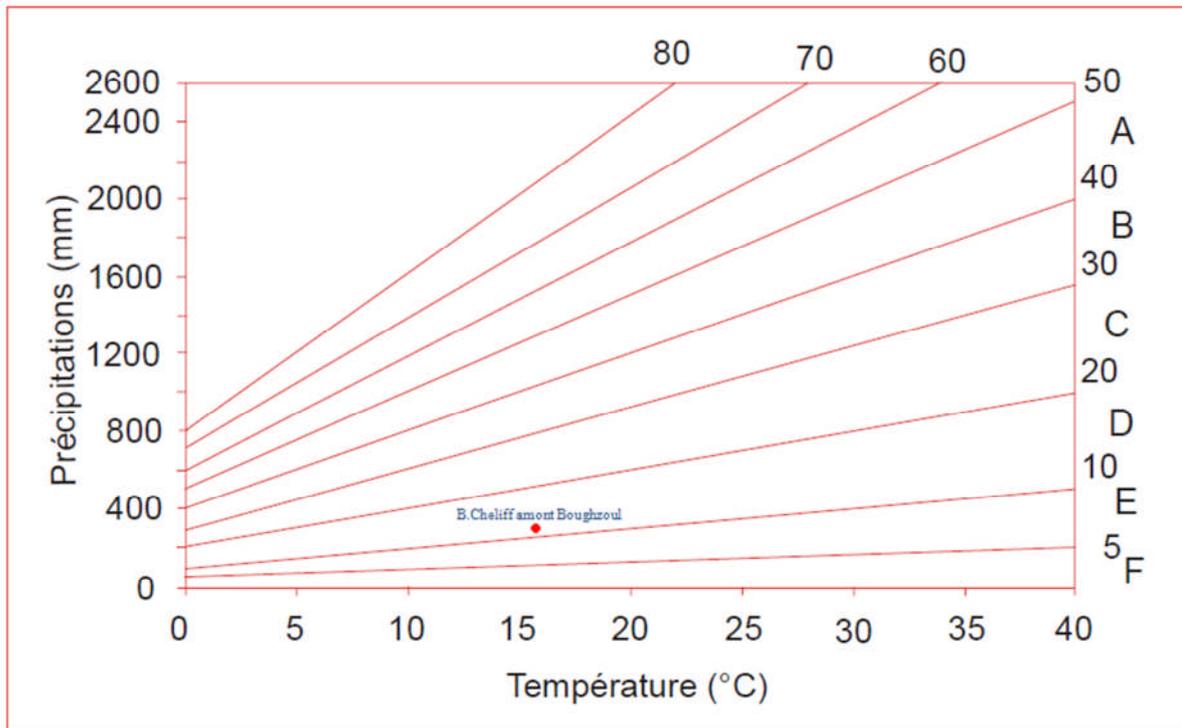


Figure 3.5 : Climat du bassin Cheliff amont Boughzoul

b) Le diagramme d'Emberger

Pour préciser le climat de la région nous allons utiliser le climagramme de L. Emberger sur lequel nous avons reporté les données des stations choisies, avec en abscisse la moyenne des températures minimales de la saison froide (en °C), et en ordonnée Q_2 donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q_2 : quotient pluviométrique

P : Précipitation annuelle en mm ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en (°k) ;

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en (°k).

Après calcul nous obtenons les résultats suivants.

$$M (^{\circ} K) = 307.4$$

$$m (^{\circ} K) = 274.9$$

$$P (mm) = 291.6$$

$$Q_2 = 30.81$$

Le rapport de ces données sur le climagramme de L. Emberger, nous permet de dire que la zone d'étude se situe dans la zone climatique semi-aride à hiver frais.

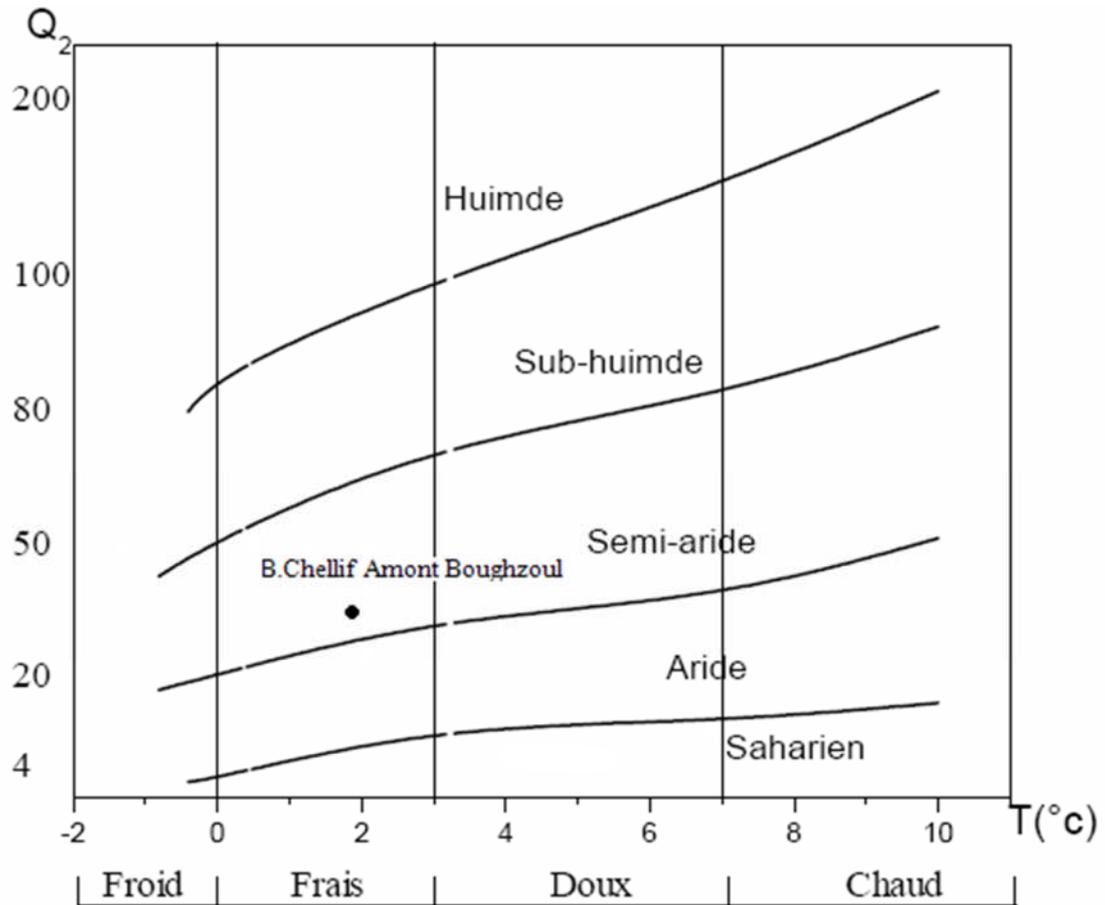


Figure 3.6 Climagramme de L. Emberger

c) Méthode de Stewart

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{M + m}$$

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm).

Q_2 : quotient pluviométrique.

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°c).

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°c).

Le calcul de Q_2 donne une valeur de 27.55 qui est comprise entre 10 et 50. Donc selon Stewart, nous sommes dans un régime semi – aride.

d) Indice de De Moral

De Moral (1964) a introduit un indice I_A ;

$$I_A = \frac{P}{T - 10T + 200}$$

Nous obtenons $I_A = 0.91$

Pour préciser le caractère climatique mensuel, De.Moral a proposé un indice mensuel I_m

$$I_m = \frac{P}{\frac{T}{10} - T + 20}$$

I_m ; indice mensuel de De. Moral.

P_m : Précipitations mensuelles (mm).

T : Température mensuelles (°c).

Les valeurs des indices mensuels de De Moral sont représentées dans le tableau 3.4.

Tableau 3.3. Indices mensuels de De Moral.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juj	Jul	Aou
I_M	0.49	0.8	1.48	1.75	1.97	1.66	1.38	1.15	0.74	0.24	0.10	0.17

De Moral a classifié les mois en 4 types :

- Mois pluvieux : $P > 0.1.T^2 + T + 30$
- Mois humide : $0.1.T^2 + T + 30 > P \geq 0.1.T^2 - T + 20$
- Mois sec : $0.1.T^2 - T + 20 > P \geq 0.05.T^2 - T + 10$

- Mois aride : $P < 0.05.T^2 - T + 10$

Tableau 3.4. Classification de De Moral.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juj	Jul	Aou
Type	Sec	Sec	Humide	Humide	Humide	Humide	Humide	Humide	Sec	Arde	Arde	Arde

D’après toutes les méthodes que nous avons utilisé, on peut conclure que le climat de la région est un climat semi- aride.

3.3. Evapotranspiration et déficit d’écoulement

L’évaporation représente le processus au cours duquel l’eau se transforme en vapeur. L’ensemble des processus d’évaporation et de transpiration est connu sous le nom d’évapotranspiration. Cette dernière est l’une des composantes fondamentales du cycle hydrologique. La précision avec laquelle elle est estimée est essentielle pour le calcul du bilan d’eau, du calcul de l’irrigation, de la gestion des ressources hydriques et également pour le dimensionnement des ouvrages d’aménagement.

Pour permettre d’atteindre une estimation acceptable des valeurs de l’évaporation et du déficit d’écoulement, nous utilisons des méthodes empiriques.

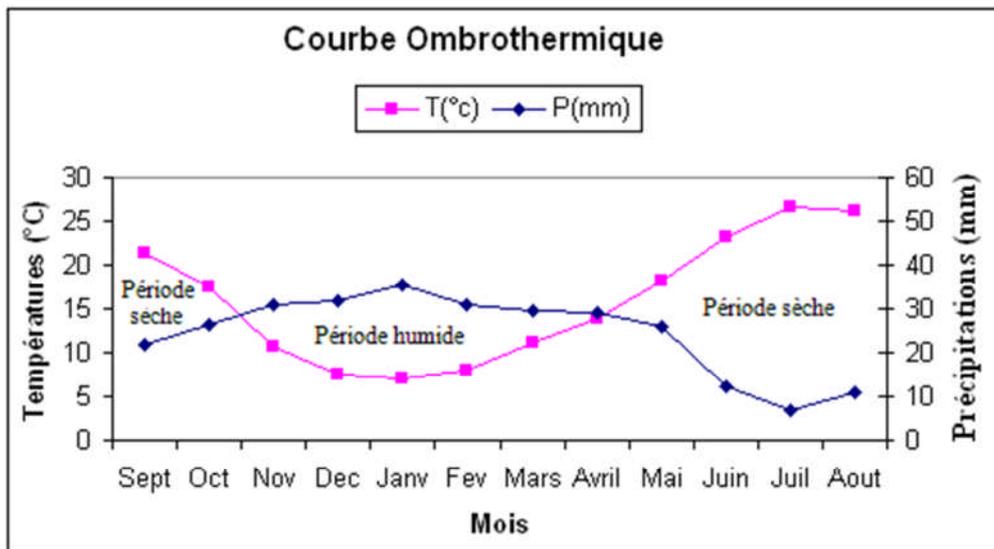


Figure 3.7 .Courbe ombrothermique selon Gaussen.

3.3.1. Evapotranspiration réelle

a) Méthode de TURC

Elle est établie à partir des observations faites sur 254 bassins situés sous tous les climats du globe.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P}{L}}}$$

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

L : $0,05 T^3 + 25 T + 300$.

Le tableau 3.5. Présente les résultats de cette méthode

Les résultats de cette méthode sont représentés comme suit

Paramètres

P (mm) = 291.6

T (°C) = 16

ETR = 291.03

Ecoulement et infiltration = 0.57

b) Méthode de Coutagne

Coutagne propose de calculer le déficit d'écoulement, qui est l'équivalent de l'évapotranspiration réelle, par :

$$D = P - \lambda P^2$$

D : Déficit d'écoulement (m/an).

P : Pluviométrie annuelle (m/an).

T : Température annuelle (°C).

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14T}$$

Malheureusement, nous n'avons pas utilisé cette méthode parce qu'elle ne vérifie pas la condition d'application qui est :

$$\frac{1}{8\lambda} < \lambda < \frac{1}{2\lambda}$$

c) Méthode de Wundt

L'hydrogéologue Wundt a établi un abaque qui permet d'obtenir une valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations.

L'abaque de Wundt (Figure 3.9) nous a donné les résultats suivants :

- Déficit d'écoulement 290 mm.
- Quotient d'écoulement inférieur à 10%

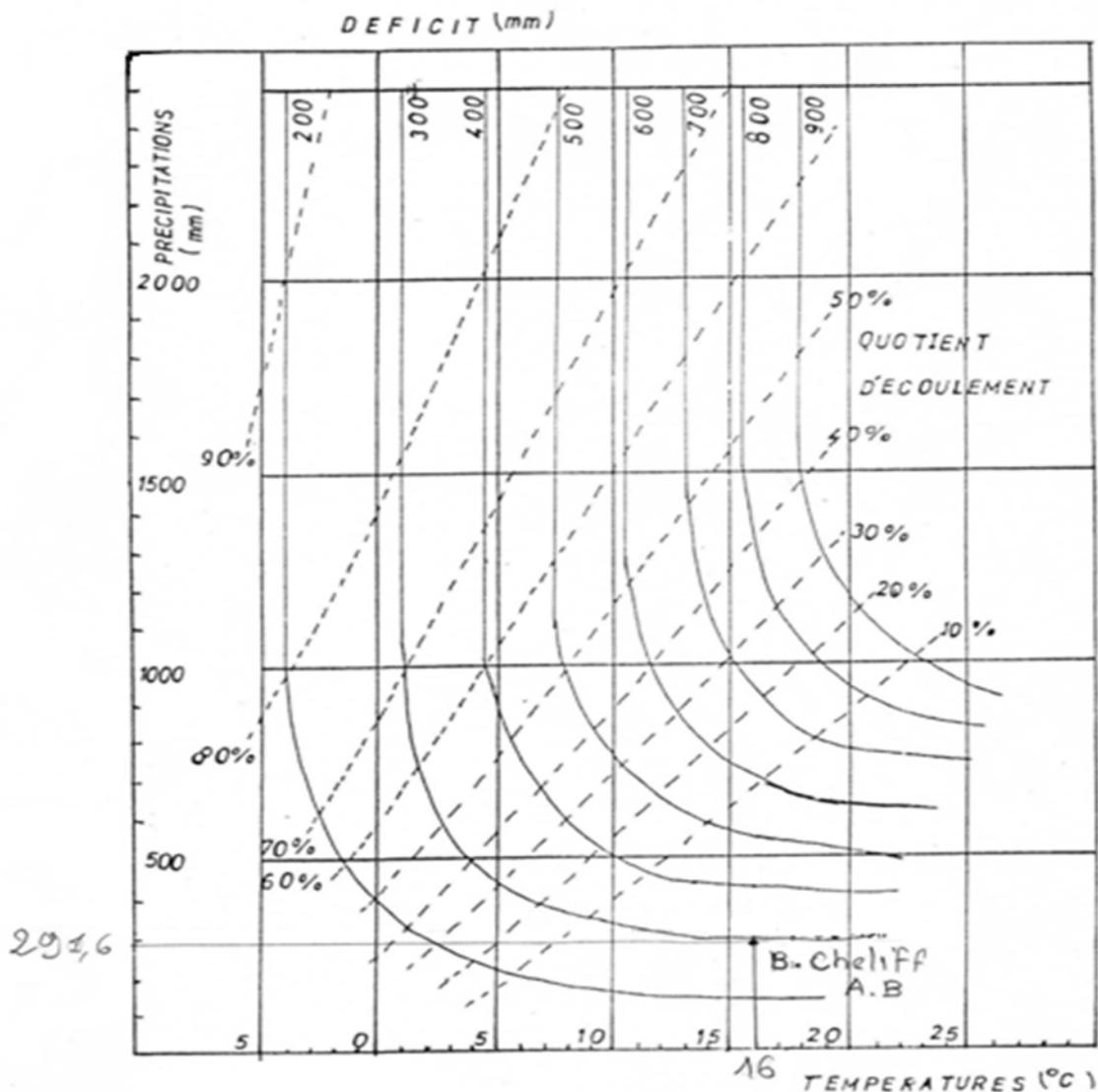


Figure 3.8. Abaque de Wundt -Coutagne

d) Méthode de P. Verdeil (1988)

Afin d'estimer les valeurs de l'évapotranspiration réelle ou du déficit d'écoulement, P. Verdeil a établi un abaque bi-logarithmique pour les régions semi-arides en tenant compte uniquement des précipitations annuelles.

Le déficit d'écoulement est estimé à 290mm selon Verdeil (figure 3.10)

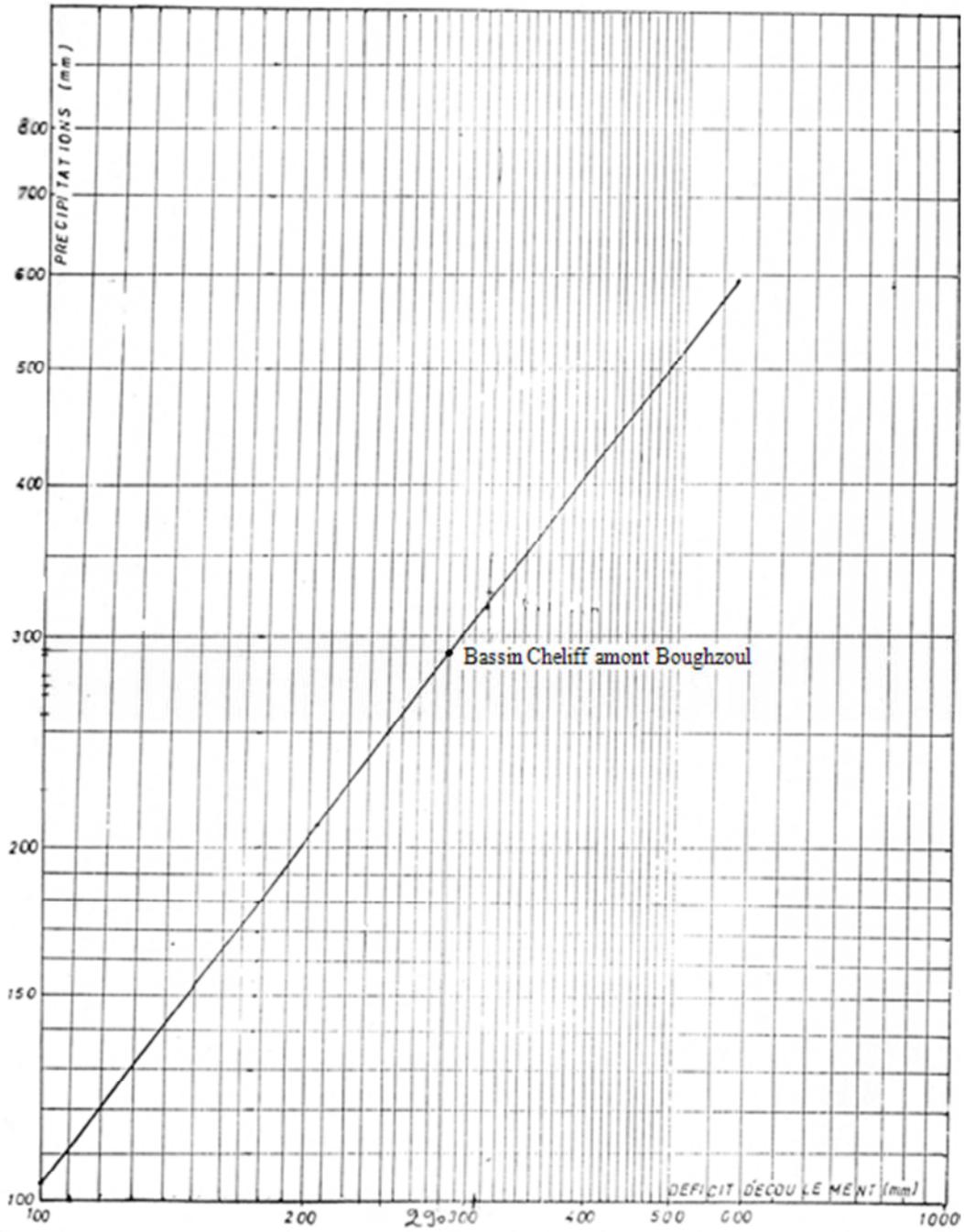


Figure 3.9.Abaque P. Verdeil (1988)

e) Méthode de THORNTWAITE.

L'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1948 une expression pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle.

Le développement de cette expression donne la formule suivante :

$$E_p = 1,6.K \left(\frac{10}{I} \right)^\alpha$$

E_p , K , t et I sont respectivement l'évapotranspiration potentielle en mm, un coefficient de correction en fonction de la latitude de la région étudiée (il est donné par des tables), la température moyenne mensuelle en degré Celsius et la somme des indices de chaleur mensuelle.

α est un paramètre qui vaut :

$$\alpha = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49$$

I est la somme des indices mensuels,

ces derniers sont donnés par :

$$i_m = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

$$I = \sum i_m$$

$$I = 74.52$$

Tableau 3.5.Valeurs de l'ETP corrigées

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
T (°C)	21.3	17.4	10.7	7.6	7	8	11.2	13.8	18.2	23.2	26.7	26.2
i	8.97	6.60	3.16	1.88	1.66	2.03	3.39	4.65	7.07	10.21	12.63	12.27
ETP nc (cm)	9.24	6.59	2.92	1.65	1.44	1.8	3.15	4.47	7.1	10.66	13.48	13.06
Coef correction	1.03	0.97	0.85	0.83	0.85	0.84	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16
ETP c (mm)	95.17	63.92	24.82	13.69	12.24	15.12	32.44	49.17	85.91	130.05	167.15	151.49

ETP nc : ETP non corrigée ETP c : ETP corrigée

3.3.2. Le bilan hydrologique

a) Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite

Cette méthode est utilisée pour le climat semi-aride, ce qui convient à la région du Cheliff amont Boughzoul, vu les caractéristiques de son climat. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). L'estimation de ce paramètre a été faite par l'application de la formule de Hallaire 1960 (cité par J.Ricard1979).

$$RFU = \frac{1}{3} D_a H_e . P$$

D_a : densité apparente du sol $D_a = 1.4$

H_e : humidité équivalente en %, estimée à 20%

P : Profondeur de la couche traversée par les racines, estimée à 50 cm

$RFU = 50mm$.

Tableau 3.6. Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite.

	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	
Bassin global du Cheliff amont Boughzoul													
T(°c)	21,3	17,4	10,7	7,6	7	8	11,2	13,8	18,2	23,2	26,7	26,2	16
P(mm)	21,8	26,4	30,8	31,9	35,3	30,7	29,6	29,1	26	12,3	6,6	11,1	291.6
ETP	95.2	63.91	24.8	13.7	12.2	15.1	32.4	49.2	85.9	130	167.1	151.5	841
P-ETP	-73.4	-37.5	6	18.2	23.1	15.6	-2.8	-20.1	-59.9	-117.7	-	-140.4	
RFU	0	0	6	24.2	47.3	50	47.2	27.1	0	0	0	0	
ETR	21.8	26.4	24.82	13.7	12.2	15.1	32.4	49.2	53.1	12.3	6.6	11.1	278.7
Déficit	0	0	0	0	0	0	0	0	32.8	117.7	160.5	140.4	
Excédant	0	0	0	0	0	12.9	0	0	0	0	0	0	12.9
Station d'Aflou													
T(°c)	19,1	13,9	8,3	4,8	4,3	3,5	8,3	10,8	15,7	20,4	24,1	23,9	13,1
P(mm)	18,8	23,5	19,2	18,8	22	19,5	28,3	25,5	21,7	13,7	7,2	15	233.2
ETP	87.5	53.9	22.6	10.3	9.1	6.7	27.4	42.2	78.3	113.7	145.8	134.9	732.4
Excédant	0	0	0	35	12.9	12.8	0.9	0	0	0	0	0	61.6
ETR	18.8	23.5	19.2	10.3	9.1	6.7	27.4	42.2	55	13.7	7.2	15	204.9
Station de Ksar Chellala													
T(°c)	18,9	16,3	12,3	10,4	11,2	13,4	16,6	18,5	21	23,4	24,4	22,9	17,4
P(mm)	22,8	27,4	30	22	32,4	12	12,4	14,5	32,1	20,9	14,1	23,4	264
ETP	74.8	53.8	28.4	20.5	24.2	32.7	59.2	76.9	106.3	130.4	142.9	119.2	869
Excédant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETR	22.8	27.4	28.4	20.5	24.2	23.5	12.4	14.5	32.1	20.9	14.1	23.4	264
Station de Tiaret													
T(°c)	21,2	16,3	10,8	7,2	6	7,2	9,5	11,7	16,3	22,1	26,3	25,9	15
P(mm)	22,8	36,5	53	65	65,2	60,8	53,6	57,8	36,7	10,1	2,6	13,8	477.9
ETP	97	60.3	27.5	14.2	11	14.3	27.3	40.4	75.2	122.7	164.1	149.8	803.8
Excédant	0	0	0	25.8	14.2	46.5	26.3	17.4	0	0	0	0	130.2
ETR	22.8	36.5	27.5	14.2	11	14.3	27.3	40.4	75.2	21.6	2.6	13.8	307.2
Station de Boughzoul													
T(°c)	24,2	24,2	10,9	8,7	7,6	8,3	12,5	15,8	20,4	27,9	31,8	30,6	18,6
P(mm)	19,7	21,5	23,4	22	23,3	17,6	27,1	20,7	22,8	13,7	5,9	6,9	224.6
ETP	134.4	126.6	18.5	10.9	8.3	9.91	30.5	55.1	107.6	219	298.6	256.2	936.3
Excédant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETR	0	0	0	0	0	0	0	0	83.81	205.3	292.7	249.3	831.1
Station de Had Sahary													
T(°c)	23,5	18,3	12	8,3	7	9,1	11,4	14,5	20	24,8	28,1	28,5	17,1
P(mm)	17	21,8	25	21	21,1	25,1	27	25,8	19,5	14,3	7,3	10,5	235.4
ETP	129.1	74.1	28.1	13.2	9.7	16	30.8	53	30.6	170.3	221.7	231.2	816.3
Excédant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETR	17	21.8	24.7	13.2	9.7	16	30.8	49.8	19.5	14.3	7.3	10.5	234.6

Tableau 3.7 Ruissellement et déficit d'écoulement selon différentes méthodes.

Bassin ou station	Turc		Thornthwaite		Tixeront -Berkaloff	
	R (mm)	R %	R (mm)	R %	R (mm)	R %
Bassin Cheliff A.Boughzoul	0.6	0.2	12.9	4.4	12	4.1
Aflou	0.2	0.08	61.6	26.4	8	3.4
Ksar Chellala	0	0	0	0	8	3.03
Tiaret	9.4	9.4	130.2	27.2	56	11.71
Boughzoul	0	0	0	0	2	0.89
Had Sahary	0	0	0	0	4	1.69

b) Commentaire sur le bilan hydrologique

La première remarque qui se dégage dans les tableaux 3.8 est l'importance de l'évapotranspiration dans les trois régions Ksar Chellala, Boughzoul et Had Sahary ou deux des trois méthodes utilisées montrent que ces dernières sont défavorisées en matière de ressources en eau puisque, théoriquement il n'y aura ni écoulement de surface ni infiltration et que toute la précipitation revient à l'atmosphère.

3.4. Etude des précipitations

3.4.1. Généralités

Les précipitations d'une région sont intimement liées au climat. C'est le cas du bassin du Cheliff amont Boughzoul où il a été déjà signalé que c'est le climat semi-aride qui y règne. Connaître les ressources d'une région commence d'abord par connaître les régimes des pluies. C'est ce qui fera l'objet de cette partie.

Le nombre de stations pluviométriques mis à notre disposition étant de 9 seules 5 stations seront retenues.

Le choix s'est porté sur ces stations parce qu'elles sont les seules à avoir fonctionné pendant une longue période.

3.4.2. Pluviométrie de la zone d'étude

L'exploitation des données climatiques enregistrées dans les stations de mesures permettront de caractériser les conditions climatiques de la zone d'étude. Des relevés climatiques sur différentes périodes d'observations sont enregistrés au niveau des stations du tableau 3.9. Il s'agit des données de l'ANRH.

3.4.3. Caractéristiques des stations pluviométriques

Les différentes caractéristiques des stations pluviométriques retenues pour l'étude climatique sont représentées sur le tableau 3.9

Tableau 3. 8. Caractéristiques des stations pluviométriques retenues pour l'étude climatique

Stations	Code	Latitude X(Km)	Longitude Y(km)	Altitude (m)	Période d'observation
Aflou secteur	10208	-	-	-	1985-2007
Boughzoul	11208	507,1	272,25	643	1980-2005
Ferme Ferhat	10708	417	227	900	1974-2002
Had Sahary	11102	-	-	-	1980-2007
Layoune	11007	436,5	266,8	900	1980-2005
Tiaret	12908	-	-	-	1978-2002
AinBaadj	10701	404	214	1025	1974-1996
Ksar Chellala	10704	-	-	-	1990-1999
Khemisti	11004	433,5	263,45	935	1980-2005

3.4.4. Précipitations mensuelles.

La pluviométrie moyenne mensuelle et la période de fonctionnement des stations retenues pour l'étude climatique sont données dans le tableau suivant.

Tableau 3.9. Précipitations mensuelles

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avl	Mai	Juin	Jul	Aoû	P.Ann.
Aflou (1985-2007)	18.8	23.5	19.2	18.8	22.0	19.5	28.3	25.5	21.7	13.7	7.2	15.0	233.2
Ksar Chellala (1990-1999)	22.8	27.4	30.4	21.6	32.4	12.2	12.4	14.5	32.1	20.9	14.1	23.4	264.2
Tiaret (1978-2002)	22.8	36.5	52.1	65.4	65.2	60.8	53.6	57.8	36.7	10.1	2.6	13.8	478.4
Boughzoul (1980-2005)	19.7	21.5	23.4	22.1	23.3	17.6	27.1	20.7	22.8	13.7	5.9	6.9	224.7
HadSahary (1980-2007)	17	21.8	24.7	20.5	21.1	25.1	27	25.8	19.5	14.3	7.3	10.5	234.6

Les histogrammes représentant les précipitations mensuelles des 5 stations montrent l'existence d'un hiver et d'un printemps humide et d'un été sec.

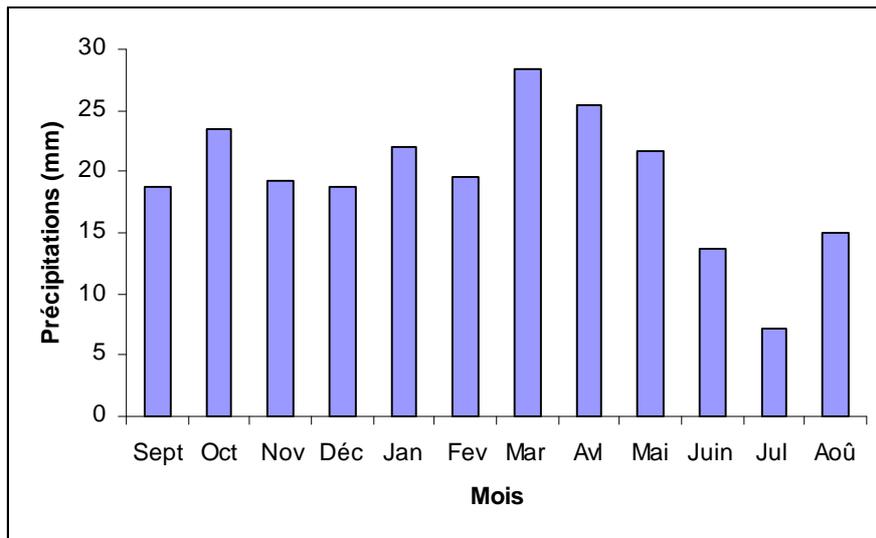


Figure 3.10. Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Aflou (1995-2007)

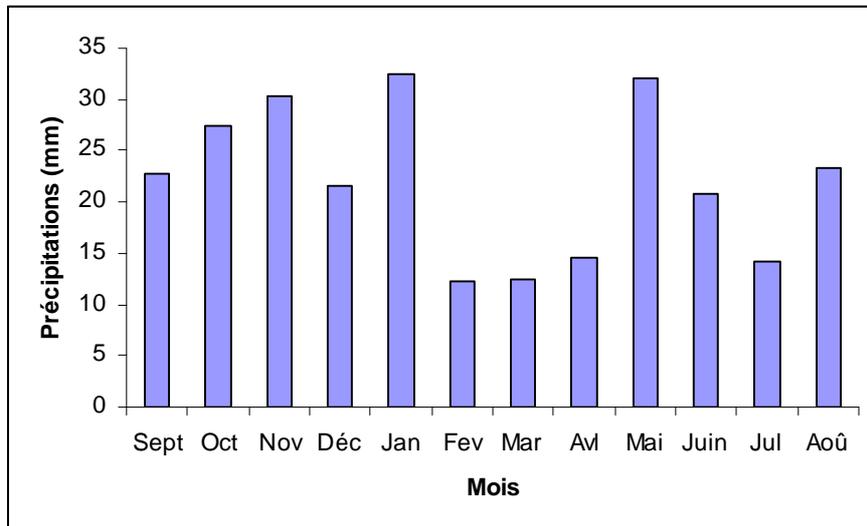


Figure 3.11. Précipitations moyennes mensuelles de la station de K. Chellala (1990-1999)

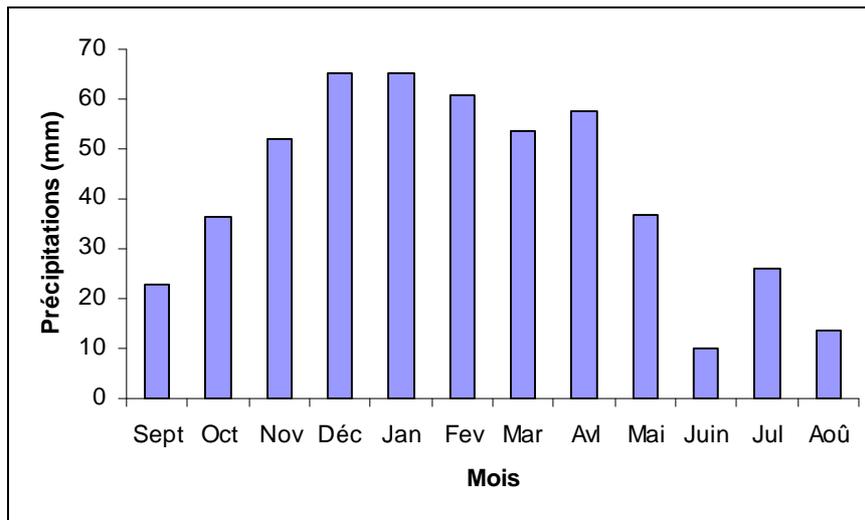


Figure 3.12. Précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiaret (1978-2002)

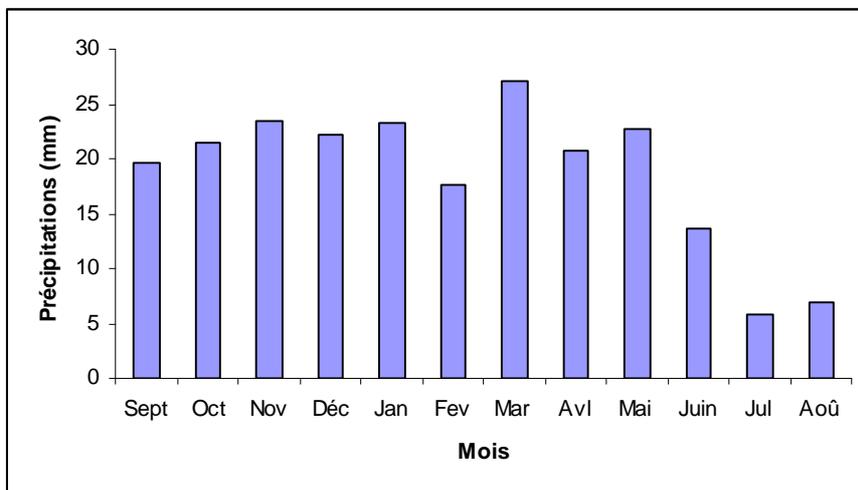


Figure 3.14. Précipitations moyennes mensuelles de la station de Boughzoul (1980-2005)

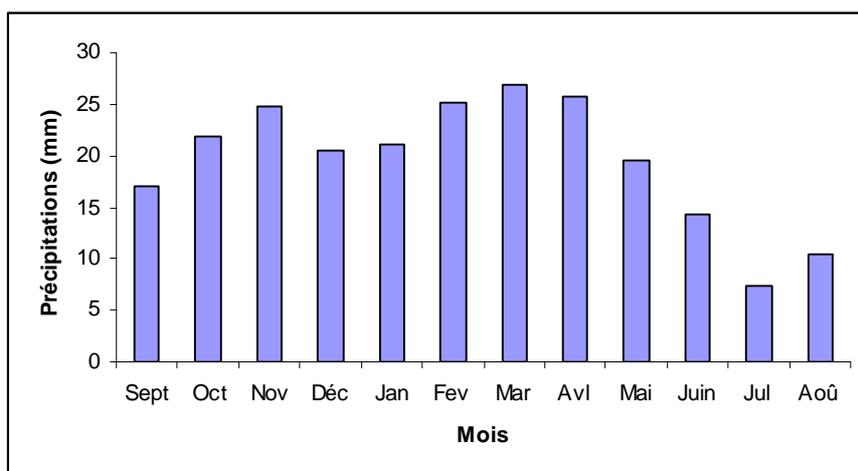


Figure 3.14. Précipitations moyennes mensuelles de la station de Had Sahary (1980-2007)

3.4.5. Estimation de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant

a) Introduction

L'évaluation de la ressource en eau du bassin a pour objet de la quantifier afin de pouvoir la comparer aux besoins ou demandes d'utilisation, présents ou prévisibles, à des échelles spatio-temporelles appropriées. L'évaluation est une offre d'information utile interprétant, sélectionnant et adaptant des connaissances à la rencontre des demandes d'éléments d'appréciation et de décision. L'évaluation de la ressource est donc à la fois déterminée en amont, par l'état des connaissances sur lesquelles elle se base et commandée en aval par les questions auxquelles elle est censée répondre.

b) Méthodes d'évaluation

Pour évaluer le volume total des précipitations sur le bassin, nous avons choisis plusieurs méthodes de calcul qui sont.

- Méthode de la Moyenne arithmétique.
- Méthode des deux axes.
- Méthode de Thiessen.

i) Méthode de la moyenne arithmétique.

Cette méthode simple, mais néanmoins assez grossière consiste à calculer la moyenne arithmétique de hauteurs de précipitation relevées au cours du même intervalle du temps aux diverses stations de mesures du bassin. Cette méthode reste peu précise car en l'absence aux valeurs extrêmes, car la répartition des stations n'est pas homogène sur l'ensemble du bassin, de ce fait la variation des précipitations d'une station à l'autre risque d'être importante.

$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{N}$$

Dans cette formule, P_{moy} représente la moyenne interannuelle du bassin, P_i est la moyenne pluviométrique interannuelle de la station i et N le nombre total des stations du bassin.

Tableau 3.10 moyennes pluviométriques interannuelles de quelques stations du bassin Cheliff amont Boughzoul.

Station	Précipitation (mm)
Aflou	233.2
Ksar Chellala	264
Tiaret	477.9
Boughzoul	224.6
Had Sahary	235.4
Tissimsilt	408.08
P_{moy}	307.3

En utilisant la moyenne arithmétique, on trouve $P_{moy} = 307.3$. Cette valeur donne un volume total de 6031Hm^3

ii) Méthode des deux axes

La méthode des deux axes utilisée pour évaluer la moyenne des précipitations sur un bassin versant repose sur l'hypothèse relative à l'importance de l'éloignement des stations de mesures prises en compte par rapport au centre de gravité géographique du bassin. Cet éloignement est pris en compte sous la forme de coefficients de pondération qui seront affectés aux différentes stations utilisées. La position du centre géographique du bassin est déterminée par une construction géométrique.

La moyenne des précipitations P_{moy} sur un bassin est donnée par :

$$P_{moy} = \sum_{i=1}^k Y_i P_i$$

Le coefficient de pondération de chaque station est égal à

$$Y_i = \frac{B_i}{\sum_{i=1}^k B_i}$$

B_i l'angle formé par la station SP_i et chacune des extrêmes la plus éloignée des deux axes

$$B_i = \cos^{-1} \left[\frac{L_{i1}^2 + L_{i2}^2 - L_{i3}^2}{2L_{i1}L_{i2}} \right]$$

L'axe mineur et l'axe majeur sont déterminés en traçant sur une carte à l'échelle une droite joignant les points les plus éloignés du bassin suivant le talweg principal. La médiatrice à cette droite donne l'axe mineur, ce dernier sera arrêté au niveau des limites du bassin. La médiatrice à l'axe mineur donne de la même manière l'axe majeur

Tableau 3.11. Calcul de la lame précipitée par la méthode des deux axes

N ^o	Station	$Li_1(\text{Km})$	$Li_2(\text{Km})$	$Li_3(\text{Km})$	$Bi(^{\circ})$	Y_i	P_i (mm)	$P_i Y_i$ (mm)
1	SP ₁	100	88	60	36.52	0.148	477.9	70.73
2	SP ₂	74	85	62	45.24	0.184	408.8	75.22
3	SP ₃	117	116	60	29.84	0.121	224.6	27.17
4	SP ₄	154	134	60	22.71	0.092	235.4	21.65
5	SP ₅	62	75	88	79.31	0.322	264	85.008
6	SP ₆	132	165	88	32.08	0.130	233.2	30.31
Somme					245.7		Somme	310.088

$$P_{moy} = \sum YP = 310.08 \text{ mm}$$

Avec l'utilisation de la méthode des deux axes, le volume total précipité sur le bassin versant est de $V = 6089 \text{ Hm}^3$

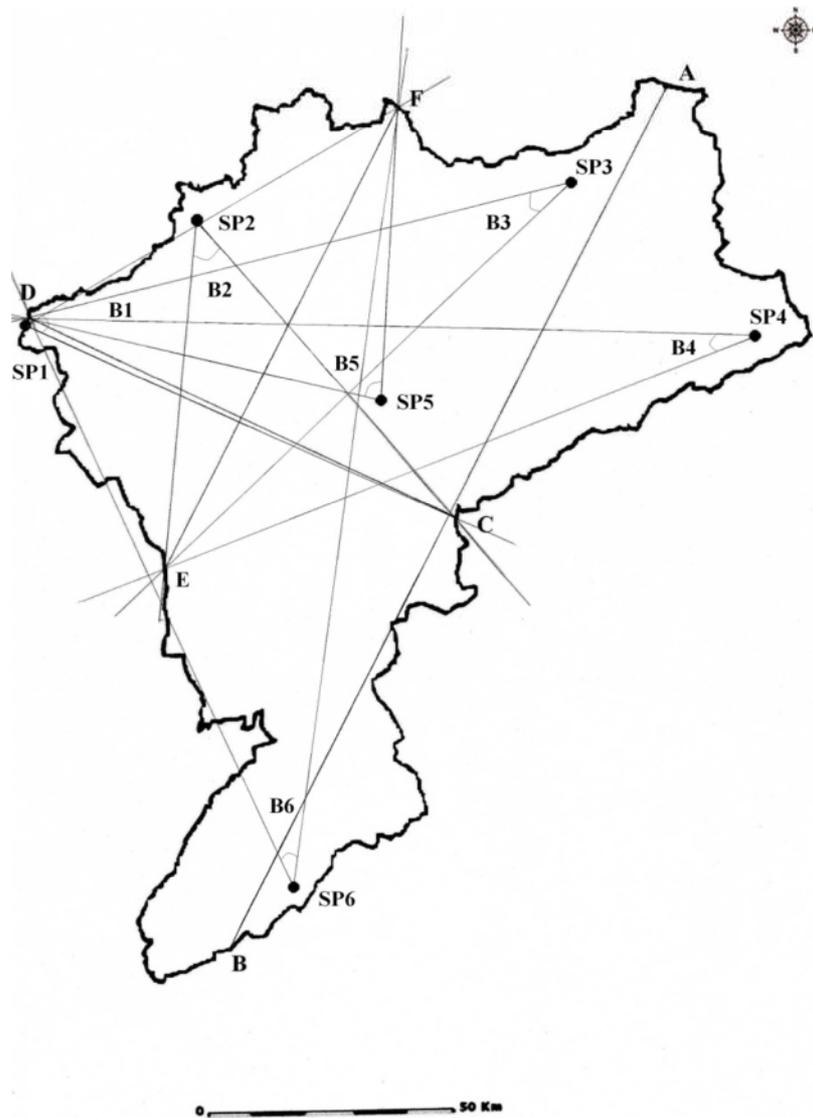


Figure 3.15. Evaluation du volume total de précipitation par la méthode des deux axes

iii) Méthode de Thiessen

Cette méthode consiste à diviser la surface du bassin en polygones dans lesquels on attribue à chaque poste pluviométrique un poids proportionnel à une zone d'influence. Un point situé dans cette zone soit plus près en distance horizontale du pluviomètre.

De ce fait P est la hauteur de précipitation recherchée sur le bassin total de superficie A

$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i A_i}{A}$$

Avec :

P_i : la pluie moyenne sur la surface élémentaire qui est égale à celle de la station située à l'intérieure de la surface élémentaire.

A_i : surface élémentaire d'égale précipitation ;

A : surface totale du bassin.

Tableau 3.12. Evaluation de la lame d'eau précipitée par
La méthode de Thiessen

Station	A_i (Km ²)	P_i (mm)	$A_i P_i$
SP1	1339	477.9	639908.1
SP2	2665	408.8	1089452
SP3	3126	224.6	702099.6
SP4	1572	235.4	370048.8
SP5	7616	264	2010624
SP6	3661	233.2	853745.2
somme			5665877.7

$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N}$$

Après calcul on trouve la pluie moyenne égale à 283.59mm

La lame d'eau précipitée, avec la méthode de Thiessen vaut

$P = 283\text{mm}$

Le volume total précipité sur le bassin versant est $V = 5559\text{Hm}^3$

Tableau 3.13. Evaluation de la lame d'eau précipitée par trois méthodes
(Moyenne arithmétique, deux axes et Thiessen)

Méthodes	P (mm)	Volume total précipité (10 ⁶ m ³)
Arithmétique	307	6031
Deux axes	310	6089
Thiessen	283	5559

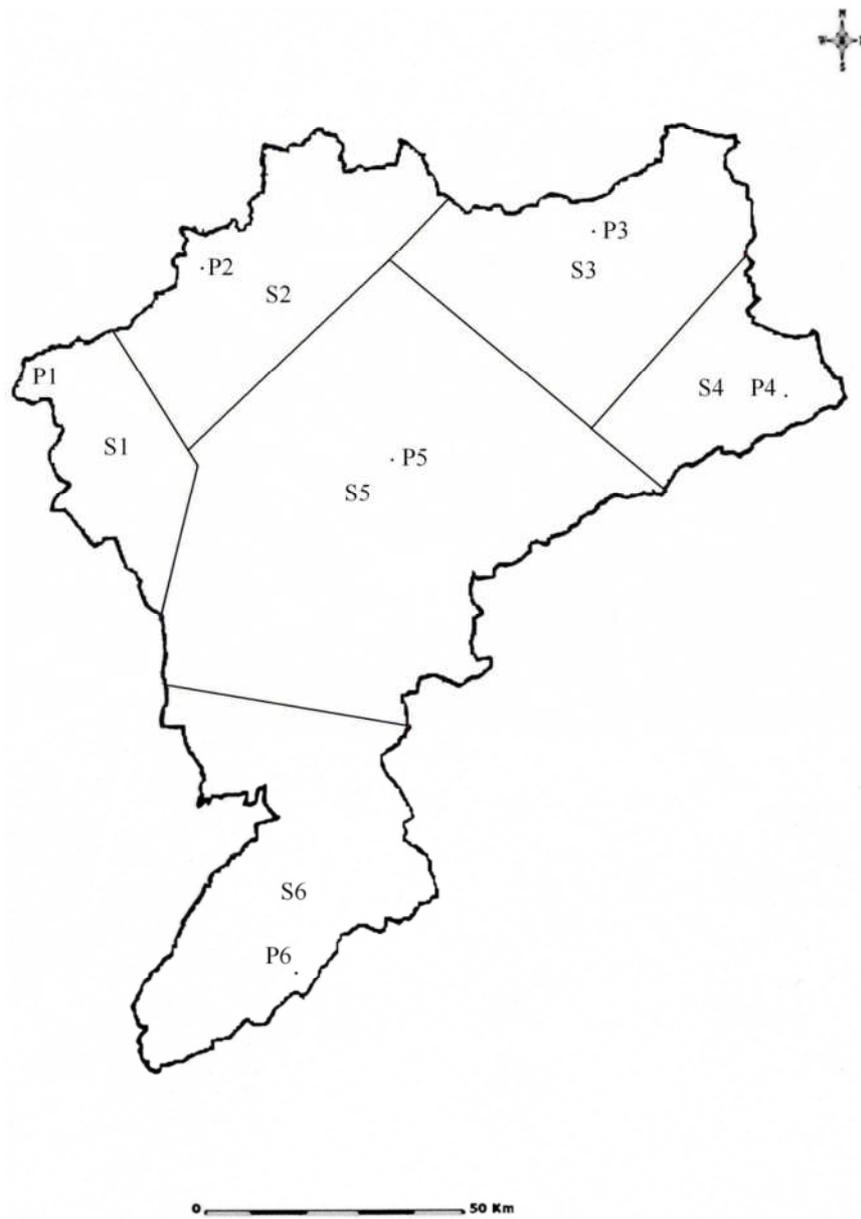


Figure 3.16. Evaluation du volume total de précipitation par la méthode de Thiessen

3.5. Conclusion

L'étude climatique a montré que le bassin du Cheliff amont Boughzoul est caractérisé par un climat semi-aride avec un hiver pluvieux et un été sec. La période sèche peut s'étaler parfois jusqu'à six mois (Mai jusqu'à Octobre).

La détermination de l'évapotranspiration a aussi montré l'ampleur du phénomène au sein du bassin. En effet, les précipitations retournent en grande partie à l'atmosphère puisque les chiffres obtenus pour l'évapotranspiration varient entre 100% et 72.8% avec un ruissellement qui varie entre 0 et 27.8%.

La méthode de Turc et celle de Thornthwaite ont montré une importante évapotranspiration au niveau de Ksar Chellala, Boughzoul et Had Sahary qui sont défavorisées en matière de ressources en eau. Cette information est d'une importance capitale puisqu'elle informe les gestionnaires sur les taux de déperdition des eaux de surface dans les lacs et réservoir des barrages.

Chapitre 4

Evaluation des ressources en eau du bassin versant Cheliff amont Boughzoul et confrontation avec les besoins

4.1. Ressources en eau dans le Cheliff à l'amont de Boughzoul

4.1.1. Ressources en eau souterraines

Les potentialités en ressources en eau souterraine, dans le bassin du Cheliff a l'amont du barrage Boughzoul sont estimées a $192.18 \text{ hm}^3/\text{an}$ par l'ANRH. Elles sont concentrées, selon la lithologie de la zone d'étude, dans les formations géologiques citées dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1. Potentialités en eaux souterraines dans le Cheliff à l'amont Boughzoul.

Unité hydrogéologique	Potentialités (Hm^3/an) (ANRH)	Exploitation (Hm^3/an) (DHW)
Plaine de Ain Oussera	27	21.87
Plaine de Nahar Ouassel	26	2.56
Plateau du Sesou (Partie occidentale) et plaine de Ksar Chellala	26	19.77
Oued Touil	17	7.6
Djebel Benhammad	3.31	2.2
Pliocène de Nador	33	1.68
Oued Sousselem	2	1.68
Djebel Adjaltès	2	1.65
Djebel Nador	31.98	0.12
Synclinal d'Aflou	25	13.70
Divers	-	1.21
Total	192.18	75.08

Source : ABH, 2007

4.1.2. Ressources en eau superficielles

Le bassin du Cheliff a l'amont du barrage de Boughzoul est contrôlé par (08) huit stations hydrométriques, mais nous ne disposons de données hydrométriques que pour (03) trois stations : celles de Sidi Bouabdelah (011210). Ferme Ferhat (010711) et Col Bougara (011001). L'apport annuel moyen du bassin amont Boughzoul consiste en un volume de 96 Hm^3 , étant donné que ce volume est généré sur une surface de plus de $19\,000 \text{ km}^2$. L'apport annuel moyen plus au sud dans le bassin amont Boughzoul est extrêmement difficile à estimer car il n'existe aucune station hydrométrique pouvant fournir ces données.

Tableau 4.2.Ressources en eaux superficielles

Sous bassin	Superficie du sous bassin en (Km ²)	Code station	dénomination	Superficie contrôlée en (Km ²)	Pluies moy annuelles (mm)	Apport Interannuel 68-2001		
						Station (Hm ³)	Sous bassin (Hm ³)	
0101	791	-	-	-	180.1			
0102	2019	010201	Gueltat S.Saad	-	183.8			
		010207	El Baida	-				
0103	963.8	-	-	-	178.5	-	33.47	
0104	1329	-	-	-	257.3			
0105	1403	-	-	-	224.2			
0106	2033	-	-	-	245.5			
0107	2833	010706	S.Boudaoud	2690	302.9	-	-	
		010711	F.Farhat	490		2.20	-	
0108	1549	-	-	-	328.3	-	8.49	
0109	699.3	010907	Ain Sabaine	515	369.2	-	26.64	
0110	1403	011001	Col.Bougara	1000	414.8	26.64		
0111	2339	-	-	-	308.4		12.83	
0112	2617	011202	Kef Lasfar	3310	325.5	-	14.64	
		011210	S.Boudaoud	11460		33.48		
Total								96.07

Source : ABH ,2007

4.1.3. Ressources en eau non-conventionnelles

Le Cheliff amont Boughzoul compte cinq stations d'épuration. Celle de Tiaret récemment mise en service et qui dispose d'une capacité de 19192 m³/j. La station de Tissemsilt en état de construction de capacité 15840 m³/j.

Trois autres stations sont en état d'étude pour les agglomérations de Thniet El Had, Ain Oussara, et Ksar Chellala.

4.2. Evaluation des ressources superficielles

4.2.1 Ouvrages de mobilisation.

Le bassin Cheliff à l'amont du barrage Boughzoul comporte trois (3) barrages en exploitation, d'une capacité de stockage totale de plus de 100Hm³. Le volume régularisable des deux barrages (Bougara et Dahmouni) est de 14.5Hm³. Concernant le barrage Boughzoul il joue le rôle d'un érecteur de crues ; c'est un bassin de décantation pour la vase réduisant ainsi l'envasement du barrage Ghrib.

En plus il existe le petit barrage de M'ghila avec une capacité de 4Hm³. Le tableau 4.3 illustre les données sur les trois barrages en exploitation.

Tableau 4.3 Barrages en exploitation au bassin Cheliff amont Boughzoul.

Barrage	Sous bassin	Wilaya	Commune	Année mise en service	Capacité totale (Hm ³)	Volume de la retenue (Hm ³ /an)	Affectation
Boughzoul	0112	Médéa	Boughzoul	1934	55	35.5	Transfert Ghrib
Col. Bougara	0110	Tiaret	Bougara	1984	13	5.5	Irrigation
Dahmouni	0109	Tiaret	Sébain	1987	41	9	Irrigation

Source : ANBT, 2009

4.2.2. Description du bassin versant des deux barrages (Barrage Col.Bougara et barrage Dahmouni)

Le grand bassin versant du barrage Bougara draine un territoire couvrant un peu plus de 1000 km². Les sous-bassins des barrages Dahmouni et Bougara occupent respectivement 425 km² et 454 km².

a) Géologie et géomorphologie

Le bassin versant du barrage Bougara se situe dans le domaine des hautes plaines sud-oranaises, plus précisément dans le Plateau du Sersou. Ce dernier est formé d'un vaste bassin continental compris entre la limite du piedmont méridional des reliefs de Tiaret et la chaîne du Nador. Le Plateau du Sersou est caractérisé par un substrat de conglomérats calcaires pliocènes engendré par l'accumulation de dépôts issus du démantèlement des reliefs environnants. À l'exception de modestes reliefs entre Tiaret et Sougueur, le paysage est plat avec une légère pente SO-NE près des principaux cours d'eau.

Le bassin versant du barrage Bougara présente des formations géologiques datant du tertiaire jusqu'au quaternaire récent. Les formations tertiaires proviennent du miocène supérieur dans le Djebel Guezou et du Miocène inférieur pour la zone comprise entre Tiaret et Dahmouni. Ces formations sont caractérisées par du grès, du grès marneux, des marnes et des marnes gréseuses.

Finalement, des formations quaternaires se trouvent sous la forme de croûtes et/ou d'encroûtements calcaires indurés et de terrasses alluviales créées par l'Oued Nahr Ouassel.

b) Topographie

Les ensembles géographiques les plus importants au sein du grand bassin versant du barrage Bougara sont les plateaux du Sersou et de Beni Leent, situés respectivement sur les rives droite et gauche de l'Oued Nahr Ouassel, de même que le Djebel Ghezou se trouvant dans la portion est du bassin versant. La dénivelée maximale du bassin atteint 579 m, en débutant à 797 m au barrage Bougara, pour culminer à 1 244 m sur la limite sud du bassin dans la commune de Sougueur Figure.4.1.

Le barrage de Dahmouni est situé à 925m d'altitude.

Les caractéristiques des dénivelées dans le sous-bassin versant du barrage Bougara sont illustrées au niveau du tableau 4.4.

Tableau 4.4 Caractéristiques des dénivelées dans le sous-bassin versant du barrage Bougara.

Classe de pente	Superficie et proportion du sous – bassin	
	(km ²)	%
Nulle à faible	164.8	36.3
Modérée	213.8	47.1
Abrupte	39.5	8.7
Très abrupte	32.7	7.2
Extrême	3.18	0.7

Source : DHW Tissemsilt, 2009

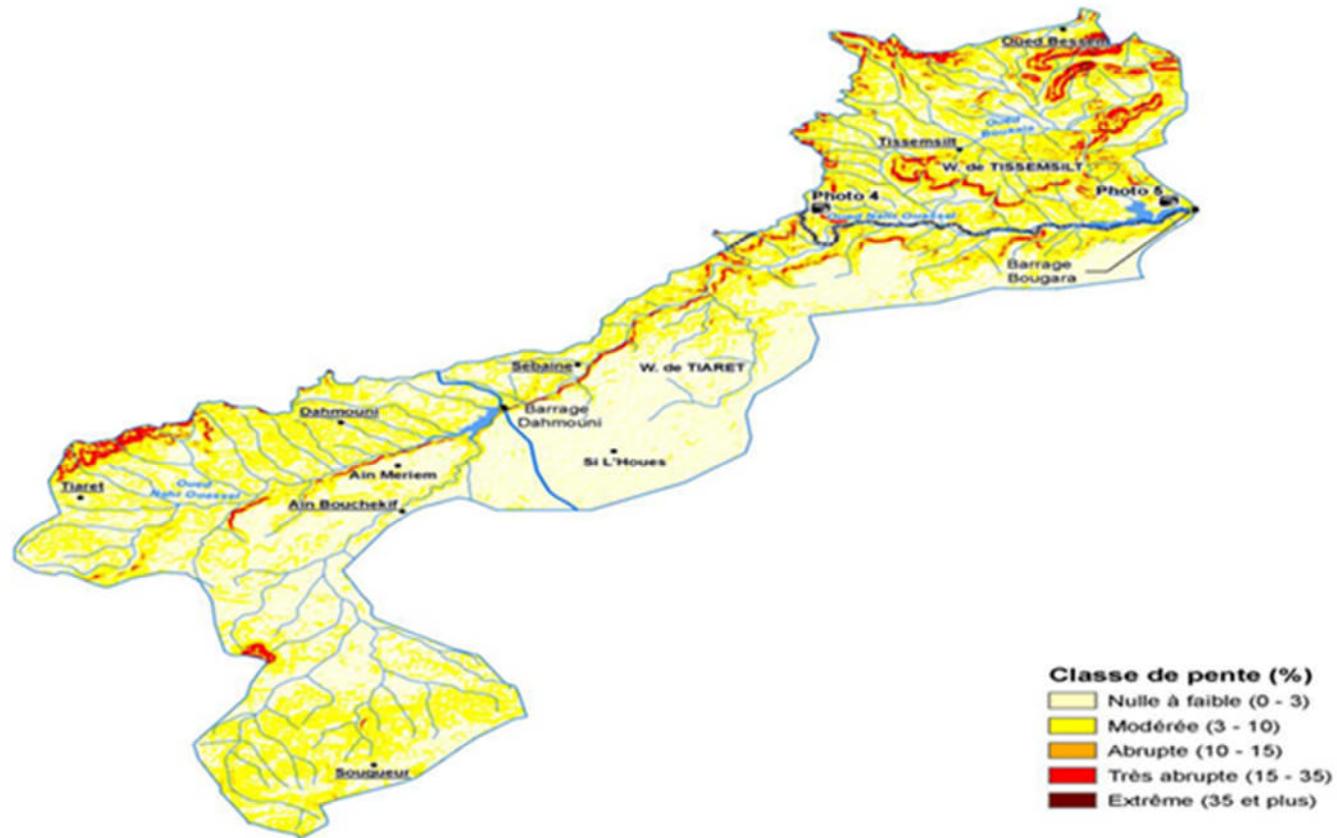
La superficie du bassin versant du barrage Bougara est de 454 Km² et qui englobe neuf communes dont les superficies sont illustrées sur le tableau 4.5

Tableau 4.5. Superficie et portion des communes situées dans le sous-bassin versant du barrage Bougara

Wilaya	Communes	Superficie dans le sous-bassin (Km ²)	Surface partielle (%)
Tissemsilt	Tissemsilt	169.3	37.3
Tiaret	Sebaine	132.5	29.2
Tiaret	Hamadia	57.6	12.7
Tiaret	Mahdia	41.7	9.2
Tissemsilt	Ouled Bessam	29.5	4.0
Tissemsilt	Khemisti	11.8	2.6
Tissemsilt	Sidi Abed	4.9	1.1
Tiaret	Bougara	4.9	1.1
Tissemsilt	Ammari	1.3	0.3
Total		454.0	100.0

Source : DHW Tissemsilt, 2009

Dans le bassin versant du barrage de Bougara la pente est généralement faible à modérée



Source : AECOM Tecslut « Etude du cadastre des zones humides » Yolaine B, (2010)

Figure 4.2 Déclivité des versants sur le bassin versant du barrage Bougara

La superficie du bassin versant du barrage Dahmouni est de 425Km², 55% de cette superficie présente une pente modérée le reste de la superficie varie entre pente nulle et extrême (tableau 4.6)

Tableau 4.6. Caractéristiques des dénivelées dans le sous-bassin versant du barrage Dahmouni

Classe de pente	Superficie et proportion du sous – bassin	
	(km ²)	%
Nulle à faible	156.4	36.8
Modérée	235.8	55.5
Abrupte	19	4.5
Très abrupte	11	2.7
Extrême	2.9	0.7

Source : DHW Tissemsilt, 2009

Sur le plan administratif, le sous-bassin versant du barrage Dahmouni couvre 10 communes en partie, les communes de Sougueur et Ain Bouchekif présentent la moitié du bassin.

Tableau 4.7. Communes dans le sous-bassin versant du barrage Dahmouni

Wilaya	Communes	Superficie dans le sous-bassin (Km ²)	Surface partielle (%)
Tiaret	Sougueur	130.4	30.7
	Ain Bouchekif	91.8	21.84
	Tiaret	71.7	17.12
	Dahmouni	63.1	14.88
	Sebaine	42.5	10.08
	Sidi Abdelghani	24.1	5.68
	Mellakou	1.1	0.30
	Naima	0.1	Insignifiant
	Ain Zarit	<0.1	Insignifiant
	Oued Lili	<0.1	Insignifiant
Total		425	100.00

Source : DHW Tissemsilt, 2009

4.2.3. Présentation des barrages

a) Barrage colonel Bougara

- **Objectif :**

Il est destiné à stocker 13 Hm^3 pour l'irrigation du périmètre de Bougara (1000 ha)

- **Localisation :**

Le barrage de C.Bougara (*photo 4.1*) se situe à 40 km en aval du barrage de Dahmouni sur le même cours d'eau, et à une dizaine de km au sud de la ville de Tissemsilt, aux coordonnées U.T.M suivantes :

X = 403781.86 m

Y = 3936192.251m

Z = 818.226 m



Photo 4.1 Barrage Col. Bougara

- **Caractéristiques hydrologiques :**

🚧 Bassin versant : Sur les 1000 km^2 que représente la superficie du bassin versant, le barrage Colonel Bougara ne contrôle que la moitié soit 454 km^2 , le reste est contrôlé par le barrage de Dahmouni en amont.

🚧 Précipitation moyenne (1972/2001 station Bougara) : 356.4 mm/an

🚧 Apport liquide annuel moyen : 9 Hm^3 .

🚧 Apport solide annuel moyen estimé : $38\,000 \text{ m}^3$

🚧 Débit annuel moyen de l'oued $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$.

🚧 Température extrêmes en année normale $0^\circ\text{c} + 37^\circ\text{C}$.

- **Caractéristiques de la retenue.**

✚ Plus hautes eaux (PHE).....	813.70 [m]
✚ Niveau de retenue normale (NRN).....	809.50 [m]
✚ Cote de la retenue au niveau mort.....	806,11[m]
✚ Superficie de la retenue au RN.....	510,16 [ha]
✚ Volume de la retenue au N R.....	13 [km ²]
✚ Volume utile de la retenue	11.00 [Hm ³]
✚ Volume régularisable.....	5,5 [Hm ³]
✚ Volume mort.....	2 [Hm ³]

- **Caractéristiques techniques.**

- ✚ Digue en terre
- ✚ Hauteur de la digue : 20 m
- ✚ Longueur de la crête : 300 m.

Tableau .4.8 levé bathymétrique du barrage C. Bougara

Années	Situation	Nombre d'années d'exploitation	Capacité (Hm ³)	Perte annuelle (Hm ³)	Taux envasement (%)
1989	Mise en eau	16	12.92	0.1	12
2005	Levé bathy		11.31		

Source : ANBT ,2005

b) Barrage de Dahmouni

- **Objectif**

Le barrage de Dahmouni est un ouvrage hydraulique construit en 1987, ayant spécialement pour but de stocker la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation de la région (1422 ha). Il est surtout alimenté par l'oued Nahr Ouassel ainsi que les eaux usées épurées de la ville de Tiaret, et les eaux usées brutes provenant de Sougheur et Dahmouni.



Photo 4.2. Barrage de Dahmouni

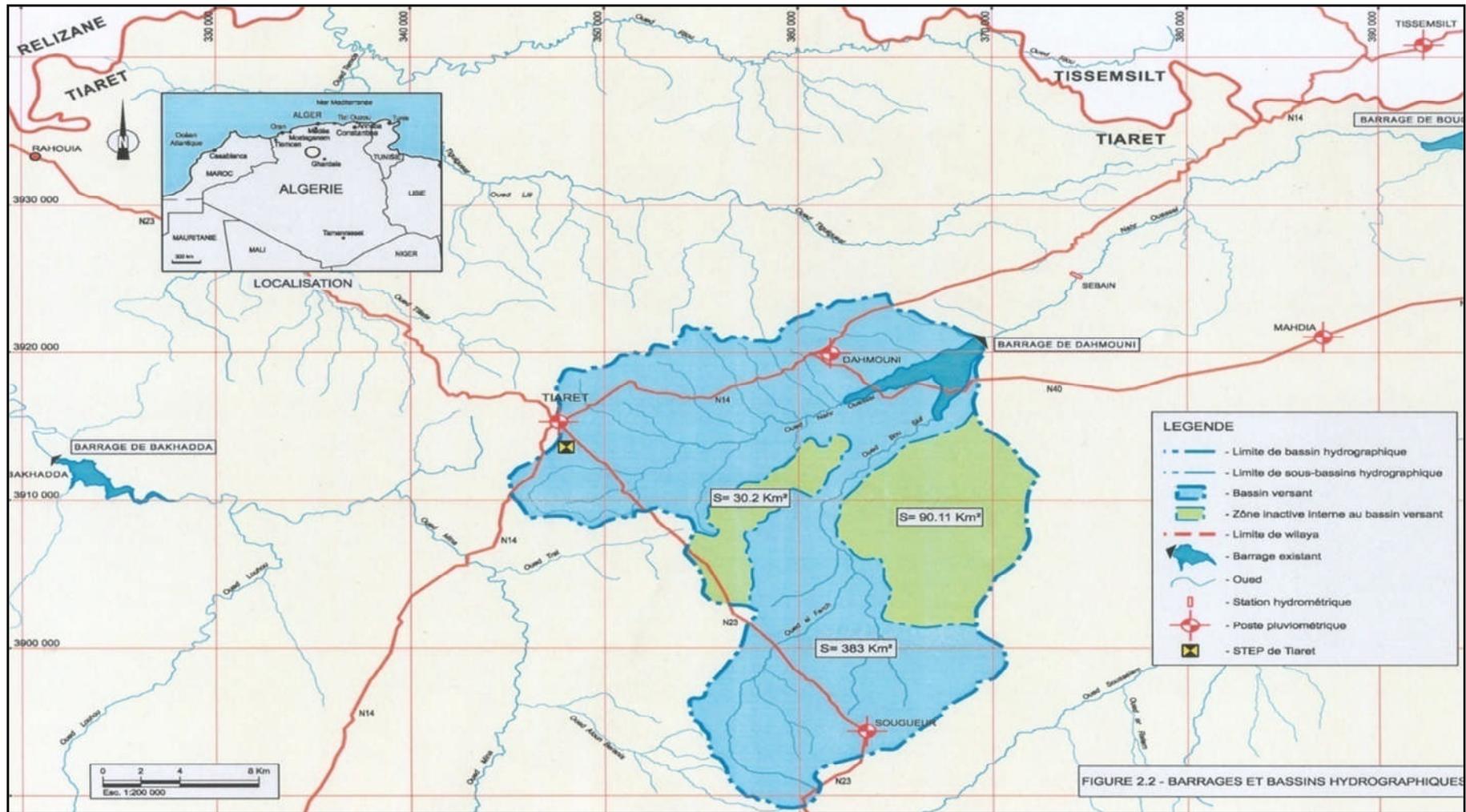
- **Localisation**

Le barrage de Dahmouni se situe sur l'Oued Nahr Ouassel affluent de l'Oued Cheliff à environ 8 km au Nord Est de la ville de Dahmouni et 20 km à l'Est de Tiaret (Tiaret) aux coordonnées U.T.M suivantes :

X = 369740.626 m.

Y = 3920467.723 m.

Z = 945.271 m.



Source :ANBT

Figure 4.3. Barrage et bassin versant de Dahmouni

- Caractéristiques hydrologiques

- ✚ Surface du bassin versant :425 km²
- ✚ Précipitation moyenne (1986/2006) :305.9mm
- ✚ Apport annuel maximum :52 Hm³
- ✚ Apport liquide annuel moyen théorique (1913/1968) : 23 Hm³
- ✚ Apport solide annuel moyen :0.1 Hm³
- ✚ Volume régularisé :11.6 Hm³

- Caractéristiques de la retenue.

- ✚ Niveau de couronnement (NC).....931[m]
- ✚ Plus hautes eaux (PHE).....928, 80 [m]
- ✚ Niveau de retenue normale (NRN)..... 925 [m]
- ✚ Surface inondée au N R.....1.57 [km²]
- ✚ Niveau minimale d'exploitation(Nme).....912,40[m]
- ✚ Volume total de la retenue.....40,58[Hm³]
- ✚ Volume utile de la retenue36,44[Hm³]
- ✚ Volume mort.....4,14[Hm³]

- Caractéristiques techniques

- ✚ Digue en terre
- ✚ Hauteur 35 m
- ✚ Longueur de la crête 885 m.

- Levé bathymétrique.

Tableau .4.9: Levé bathymétrique du barrage de Dahmouni

Années	Situation	Nombre d'année d'exploitation	Capacité (Hm ³)	Perte annuelle (Hm ³)	Taux d'envasement (%)
1987	Mise en eau	18	41	0.082	3.63
2005	Levé bathy		39.51		

Source : ANBT ,2005

c) Barrage de Boughzoul

- Objectif :

Le barrage est destiné à :

- ✚ la protection du barrage Ghrib en aval par l'écrêtement des crues
- ✚ Assurer la décantation pour diminuer apports solides et réduire l'envasement du barrage Ghrib.
- ✚ Réservoir complémentaire de stockage d'eau.

Parmi les objectifs futurs

- ✚ Elément structurant de la ville lac.
- ✚ Maintenir une biodiversité pérenne.
- ✚ Assurer les activités nautiques et récréatives.



Photo 4.3. Barrage Boughzoul

- Localisation :

Le barrage de Boughzoul se situe à 80 km au sud de la wilaya de Médéa, sur le territoire de la commune de Boughzoul futur siège de la nouvelle ville lac; il se situe aux coordonnées U.T.M :

X = 480072.671m
Y = 3955803.338m
Z = 656.211m

- Caractéristiques hydrologiques :

- ✚ La surface du bassin versant est de : 19645 km²
- ✚ La précipitation moyenne (1982/2006) : 216.9 mm
- ✚ Apport liquide annuel moyen : 45Hm³
- ✚ Apport solide annuel moyen : 0.61Hm³

Caractéristiques techniques:

- ✚ Digue principale déversante en béton et digue latérale en terre (photo.4.3.)
- ✚ Hauteur 10m
- ✚ Longueur de la crête 450m.
- ✚ Digue sud de 3 000m de longueur photo 4.4



Photo .4.4.Digue sud du barrage Boughzoul

- Levé bathymétrique:

Tableau 4.10. Levé bathymétrique du barrage c. Bougara

Année	Capacité (Hm ³)	Nombre d'années d'exploitation	Perte de capacité (Hm ³)	Perte annuelle (Hm ³)	Taux d'envasement (%)
1934	55	71	34.37	0.489	63
1956	50				
1965	41				
2005	20.27				

Source : ANBT ,2005

4.2.4. Retenues collinaires.

Les retenues collinaires ont, certes , un impact tres réduit mais elles présentent l'avantage de demander des investissements limités et d'être maitrisables a l'échelle d'un petit bassin ou d'une commune .L'ensemble des retenues collinaires existantes dans la région d'étude est destinée a l'irrigation et a la lutte contre les feux de forêts .Cependant la majorité de ces retenues est abandonnée . vu le taux d'anvasement avancé qui atteint les 100 % pour la majorité.

Les retenues collinaires recensées dans le bassin Cheliff a l'amont du barrage Boughzoul sont au nombre de dix huit (18) retenues : sept (07) dans la wilaya de Laghouat ,deux (02) dans la wilaya de Tiaret,six (06) dans la wilaya de Tissemsilt , trois (03) dans la wilayas de Médéa.

Cependant deux (02) retenues collinaires seulement sont en exploitation : Il s'agit de la retenue de Ain Boucif dans la wilaya de Médéa et la retenue de Oued Morra dans la wilaya de Laghouat . Par ailleurs,dans la wilaya de Tiaret , une retenue est en cours de réalisation dans la commune de Feidja et une autre est en cours d'étude dans la commune de Rechaiga .

4.2.5. Estimations des écoulements superficiels.

Afin de rendre compte sur l'activité hydrologique en matière d'apport liquide dans le bassin, l'approche par les modèles empiriques se relève être une alternative, très intéressante pour l'estimation des écoulements dont on présente l'essentiel dans ce qui suit

a) Utilisation des modèles empirique

Plusieurs modèles d'estimation servent à déterminer l'apport moyen annuel des oueds de l'Algérie. Ces modèles sont liés généralement à des coefficients différents, autrement dit, les modèles applicables à l'ensemble du pays ne fournissent qu'un ordre de grandeur de l'apport liquide moyen.

Pour estimer l'apport moyen interannuel, nous avons utilisé les modèles suivantes :

1) Modèle SAMIE

$$L_e = P_o (293 - 2.2\sqrt{S})$$

$$A_o = L_e \cdot S \cdot 10^3$$

L_e : Lamme d'eau écoulee (mm)

P_o : Pluie moyenne annuelle (m)

S : Superficie du bassin (Km^2)

A_o : Apport moyen annuel (Hm^3)

2) Modèle DERI I

$$A_o = 0.915 \cdot P_o^{2.684} \cdot S^{0.842}$$

3) Modèle DERI II

$$A_o = 0.31 \cdot P_o^{3.032} \cdot S^{1.016}$$

4) Modèle DERI III

$$A_o = 0.513 \cdot P_o^{2.683} \cdot Dd^{0.5} \cdot S^{0.842}$$

Ou Dd : densité de drainage (Km / Km^2)

5) Modèle URGIPROVOKHAZ

$$M_o = \left(\frac{P_o}{340} \right)^{2.24} (l/s \cdot Km^2)$$

$$A_o = M_o \cdot S \cdot K$$

P_o : pluviométrie moyenne annuelle (m)

6) Modèle rationnel

$$A_o = C_e \cdot P_o \cdot S$$

C_e : Coefficient d'écoulement tiré de la courbe $C_e = F(P_o)$

$$C_e = 12\%$$

$C_e = 6\%$ -Formation perméable.

$C_e = 15\%$ -Formation marneuse –argileuse.

7) Modèle MEDINGER I

$$L_e = P_o^2 (0.24 - 0.0014\sqrt{S})$$

$$A_o = L_e \cdot S \cdot 10^3$$

8) Modèle MEDINGER II

$$L_e = 1.024 (P_o - 0.26)^2$$

$$A_o = L_e \cdot S \cdot 10^3$$

Tableau 4.11. Calcul des apports moyens des trois barrages par différents modèles

Modèles	Apports moyens annuels (Hm ³)		
	Barrage C.Bougara	Barrage Dahmouni	Barrage Boughzoul
Modèle SAMIE	6.35	12.32	Modèle non adopté à la surface
Modèle DERI I	3.31	8.52	66.36
Modèle DERI II	1.97	5.71	74.37
Modèle DERI III	1.56	3.70	31.4
Modèle URGIPROVOKHAZ	1.215	2.62	45.43
Modèle rationnel	12.91	17.54	523.3
Modèle MEDINGER I	5.35	21.93	42.23
Modèle MEDINGER II	0.24	10.62	28.87

Mis à part les deux modèles SAMIE et rationnel qui cadrent bien avec les apports du projet et les apports mesurés, le reste des modèles ne reflètent en rien la réalité de la chose .eu égard aux résultats obtenus (Tableau 4.11).

b) Estimation des apports superficiels au niveau des sites de barrages en corrélation avec les précipitations.

Dans l'optique de confronter les apports ayant servi de dimensionnement des aménagements de barrages initiaux avec ceux enregistrés réellement, il a été mis en évidence une comparaison entre les apports attendus des divers projets, et ceux enregistrés réellement.

Tableau 4.12 .Précipitations et apports des barrages (Dahmouni, Col.Bougara et Boughzoul ; Période 1994/2010)

Années	Barrage Dahmouni		Barrage Col.Bougara		Barrage Boughzoul	
	P _i	A _i	P _i	A _i	P _i	A _i
1994/1995	409,9	16,89	363,4	11,5	222,6	34,187
1995/1996	464,1	12,27	246,2	12,23	325,5	44,227
1996/1997	329,3	6,996	258,4	2,435	197,5	8,371
1997/1998	485,1	14,2	274,8	6,517	267,7	23,254
1998/1999	197,6	7,622	87,6	1,15	194,8	25,079
1999/2000	230,5	10,66	261,2	2,097	203,9	42,65
2000/2001	309,9	8,93	208,2	10,27	169	29,561
2001/2002	182,3	4,566	227,4	2,944	167,6	31,518
2002/2003	230,9	11,45	253,5	6,481	177,5	37,368
2003/2004	357,8	8,921	197,2	8,329	288,03	54,235
2004/2005	218,7	5,767	196,9	5,633	149,4	18,034
2005/2006	388,4	8,857	263,9	5,926	205,92	43,409
2006/2007	286,6	7,206	211	3,43	173,8	3,73
2007/2008	261,8	5,476	78,8	2,467	317,9	18,848
2008/2009	508,9	3,981	329,1	24,97	214,2	20,63
2009/2010	484,1	20,36	332,2	36,6	273,6	15,101
Moyenne (X)	334,119	9,635	236,863	8,936	221,809	28,138
Ecart type (σ)	107,958303	4,38917538	74,6710693	9,1225403	53,8223733	13,5862237
Coefficient de variation (C _v)	0,32311333	0,45554493	0,31525004	1,02087514	0,24265189	0,48284255

Pour pouvoir juger de l'évolution des paramètres de base ayant servis au projet et ceux enregistrés actuellement pour la séquence (94/2010), le tableau 4.13 nous présente une confrontation entre les évaluations projetés, enregistrée et calculée.

Tableau 4.13. Confrontation des ressources évaluées entre projet initial et régularisation actuelle

Barrages	Précipitations		Apports		
	Précipitation moyenne annuelle du projet (mm)	Précipitation mesurée période (1994-2010) (mm)	Apport projet (Hm ³)	Apport empirique (Hm ³)	Apport mesuré période (1994/2010) (Hm ³)
Barrage Dahmouni	350	315.92	13.3	10.62	9.635
Barrage Col. Bougara	355	236.86	9	6.35	8.936
Barrage Boughzoul	227	221.81	45	28.87	28.13

Discussion

La diminution sensible des apports des projets par rapport aux volumes régularisés se confirme aussi bien par la tendance à la baisse des précipitations pour les mêmes périodes des références (projet et mesurée) que par les résultats empiriques ou les barrages de Dahmouni, Col Bougara et Boughzoul s'alignent dans ce contexte par les modules enregistrés au tableau 4.13.

En effet les résultats empiriques corroborent parfaitement cette situation tendancielle qui s'explique par la sécheresse chronique qui s'installe dans la région d'étude . Des mesures urgentes doivent être prises notamment en matière de gestion des barrages qui doit être perfectionnée pour s'adapter en conséquence, et rompre avec l'héritage de la gestion stéréotype déjà mise en œuvre jusqu'à présent basée exclusivement sur la disponibilité de la ressource.

Tableau 4.14. Précipitations et apports des trois barrages (Dahmouni ,Col.Bougara; période 1973/2010 - Boughzoul ;Période 1984/2010)

Années	Barrage Dahmouni		Années	Barrage Col.Bougara		Années	Barrage Boughzoul	
	P _i	A _i		P _i	A _i		P _i	A _i
1973/1974	605,6	12,28	1973/1974	357,9	20,17	1984/1985	159,8	11,691
1974/1975	569,9	6,72	1974/1975	463,8	12,35	1985/1986	206,6	27,573
1975/1976	592,8	9,84	1975/1976	446,6	17,64	1986/1987	238,7	28,05
1976/1977	643	11,58	1976/1977	449,2	18,68	1987/1988	220,3	2,027
1977/1978	602	8,86	1977/1978	332,7	17,29	1988/1989	167,2	2,674
1978/1979	584,6	10,57	1978/1979	336,6	20,88	1989/1990	368,4	10,375
1979/1980	614,6	7,24	1979/1980	311,4	22,36	1994/1995	222,6	34,187
1980/1981	513,6	9,73	1994/1995	363,43	11,501	1995/1996	325,5	44,227
1994/1995	409,9	16,893	1995/1996	246,2	12,227	1996/1997	197,5	8,371
1995/1996	464,1	12,265	1996/1997	258,4	2,435	1997/1998	267,7	23,254
1996/1997	329,3	6,996	1997/1998	274,77	6,517	1998/1999	194,8	25,079
1997/1998	485,1	14,195	1998/1999	87,6	1,15	1999/2000	203,9	42,65
1998/1999	197,6	7,622	1999/2000	261,23	2,097	2000/2001	169	29,561
1999/2000	230,5	10,663	2000/2001	208,2	10,268	2001/2002	167,6	31,518
2000/2001	309,9	8,93	2001/2002	227,36	2,944	2002/2003	177,5	37,368
2001/2002	182,3	4,566	2002/2003	253,5	6,481	2003/2004	288,03	54,235
2002/2003	230,9	11,452	2003/2004	197,2	8,329	2004/2005	149,4	18,034
2003/2004	357,8	8,921	2004/2005	196,9	5,633	2005/2006	205,92	43,409
2004/2005	218,7	5,767	2005/2006	263,92	5,926	2006/2007	173,8	3,73
2005/2006	388,4	8,857	2006/2007	211	3,43	2007/2008	317,9	18,848
2006/2007	286,6	7,206	2007/2008	78,8	2,467	2008/2009	214,2	20,63
2007/2008	261,8	5,476	2008/2009	329,1	24,968	2009/2010	273,6	15,101
2008/2009	508,9	3,981	2009/2010	332,2	36,602	/	/	/
2009/2010	484,1	20,357	/	/	/	/	/	/
Moyenne (X)	419,667	9,624	Moy (X)	282,087	11,841	Moy (X)	223,18	24,209
Ecart type (σ)	151,084989	3,73437599	Ecart type (σ)	98,266541	8,94102603	Ecart type (σ)	58,4431807	14,3499447
Coef var (C _v)	0,3600116	0,38802743	Coef var (C _v)	0,34835544	0,75509045	Coef var (C _v)	0,26186567	0,59275248

Cette considération nous conduit à élaborer une comparaison entre les précipitations et les apports des deux séries avec ajout de valeurs extrêmes.

Le tableau 4.15 témoigne de l'influence de la densité de série .En effet, les erreurs relatives atteignent environ 25% pour les précipitations (cas du barrage Dahmouni) 40% pour l'écart type (barrage Dahmouni) et 26% pour le coefficient de variation (cas du barrage Col Bougara)

Tableau 4.15. Calcul des erreurs relatives

Barrages	Paramètres	Série initiale			Série après ajout de valeurs extrêmes			Erreurs relatives		
		Moyenne (X)	Ecart type (σ)	Coef var (C_v)	Moyenne (X)	Ecart type (σ)	Coef var (C_v)	Erreurs relatives sur X (%)	Erreurs relatives sur σ (%)	Erreurs relatives sur C_v (%)
Barrage Dahmouni	Précipitations	334,119	107,958303	0,32311333	419,667	151,084989	0,3600116	25.06	39.94	11.41
	Apports	9,635	4,38917538	0,45554493	9,624	3,73437599	0,38802743	0.11	14.91	14.81
Barrage Col.Bougara	Précipitations	236,863	74,6710693	0,31525004	282,087	98,266541	0,34835544	19.09	31.59	10.5
	Apports	8,936	9,1225403	1,02087514	11,841	8,94102603	0,75509045	32.5	1.98	26.03
Barrage Boughzoul	Précipitations	221,809	53,8223733	0,24265189	223,18	58,4431807	0,26186567	0.61	8.58	7.91
	Apports	28,138	13,5862237	0,48284255	24,209	14,3499447	0,59275248	13.96	5.62	22.96

La densité des séries occupe une part importante dans l'évaluation des paramètres de dimensionnement des ouvrages .Ces paramètres définis vont conditionner donc toutes les actions de mobilisation, d'affectation et de gestion.

Pour ce faire, nous avons calculé la variation de l'erreur relative sur la moyenne calculée sur plusieurs périodes d'observation.

Tableau 4.16.Décision sur la densité de la série

Barrage Dahmouni				Barrage Col.Bougara				Barrage Boughzoul			
Années	Précipitations	Moyenne sur période N	Erreurs (%)	Années	Précipitations	Moyenne sur période N	Erreurs (%)	Années	Précipitations	Moyenne sur période N	Erreurs (%)
1973/1974	605,6	605,6000	44,30	1973/1974	357,900	357,9	26,87	1984/1985	159,8	159,8000	28,39
1974/1975	569,9	587,7500	40,05	1974/1975	463,800	410,850	45,64	1985/1986	206,6	183,2000	17,91
1975/1976	592,8	589,4333	40,45	1975/1976	446,600	422,767	49,87	1986/1987	238,7	201,7000	9,62
1976/1977	643,0	602,8250	43,64	1976/1977	449,200	429,375	52,21	1987/1988	220,3	206,3500	7,54
1977/1978	602,0	602,6600	43,60	1977/1978	332,700	410,04	45,35	1988/1989	167,2	198,5200	11,04
1978/1979	584,6	599,6500	42,88	1978/1979	336,600	397,800	41,02	1989/1990	368,4	226,8333	1,63
1979/1980	614,6	601,7857	43,39	1979/1980	311,400	385,457	36,64	1994/1995	222,6	226,2286	1,36
1980/1981	513,6	590,7625	40,76	1994/1995	363,43	382,704	35,66	1995/1996	325,5	238,6375	6,92
1994/1995	409,9	570,6667	35,98	1995/1996	246,2	367,537	30,29	1996/1997	197,5	234,0667	4,87
1995/1996	464,1	560,0100	33,44	1996/1997	258,4	356,623	26,42	1997/1998	267,7	237,4300	6,38
1996/1997	329,3	539,0364	28,44	1997/1998	274,77	349,182	23,78	1998/1999	194,8	233,5545	4,64
1997/1998	485,1	534,5417	27,37	1998/1999	87,6	327,383	16,05	1999/2000	203,9	231,0833	3,54
1998/1999	197,6	508,6231	21,19	1999/2000	261,23	322,295	14,25	2000/2001	169,0	226,3077	1,40
1999/2000	230,5	488,7571	16,46	2000/2001	208,2	314,145	11,36	2001/2002	167,6	222,1143	0,47
2000/2001	309,9	476,8333	13,62	2001/2002	227,36	308,359	9,31	2002/2003	177,5	219,1400	1,80
2001/2002	182,3	458,4250	9,23	2002/2003	253,5	304,931	8,09	2003/2004	288,03	223,4456	0,11
2002/2003	230,9	439,7294	4,78	2003/2004	197,2	298,594	5,85	2004/2005	149,4	219,0900	1,83
2003/2004	357,8	440,1944	4,89	2004/2005	196,9	292,944	3,84	2005/2006	205,92	218,3583	2,16
2004/2005	218,7	428,5368	2,11	2005/2006	263,92	291,416	3,30	2006/2007	173,8	216,0132	3,21
2005/2006	388,4	426,5300	1,63	2006/2007	211,0	287,396	1,88	2007/2008	317,9	221,1075	0,92
2006/2007	286,6	419,8667	0,04	2007/2008	78,80	277,462	1,63	2008/2009	214,2	220,7786	1,07
2007/2008	261,8	412,6818	1,66	2008/2009	329,1	279,810	0,80	2009/2010	273,6	223,1795	0
2008/2009	508,9	416,8652	0,66	2009/2010	332,2	282,087	0	/	/	/	/
2009/2010	484,1	419,6667	0	/	/	/	/	/	/	/	/

D'après les calculs des erreurs élaborés, on ne constate que les erreurs sur le calcul de la moyenne élément important de décision, sont de 43.60 , 33.44 , 13.62 et 1.63 respectivement pour les périodes de 5ans , 10ans , 15ans et 20ans .

L'erreur admissible de l'ordre de 10% s'obtient pour une densité de série au moins égale à 16années.

Cette conclusion devait, obligatoirement incité à la reconsidération des paramètres de décision et d'action en terme de planification des aménagements à l'avale relation avec les critères de mobilisation, d'affectation et de gestion.

4.2.6. Influence de la densité des séries sur la corrélation pluies –apports

Afin d'étudier l'influence de la densité des series sur les corrélations pluies – apports , nous avons considéré pour cet objectif les corrélations des deux paramètres pour des series (initiales et avec extensions) .

Les différentes corrélations pour les trois sites de barrages sont illustrées sur les figures (de la figure 4.4 à lafigure.4.9)

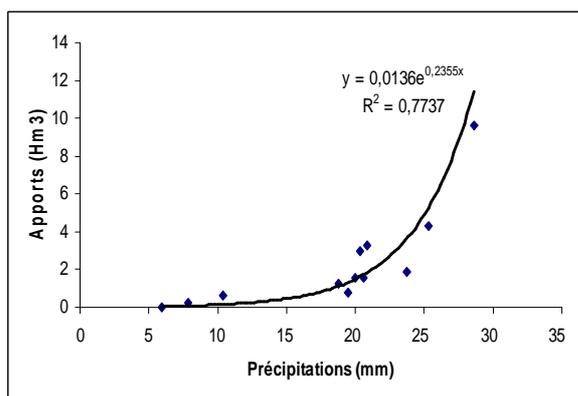


Figure .4.4.Corrélation pluies-apports
(Série initiale ;1994/2010) Barrage Boughzoul

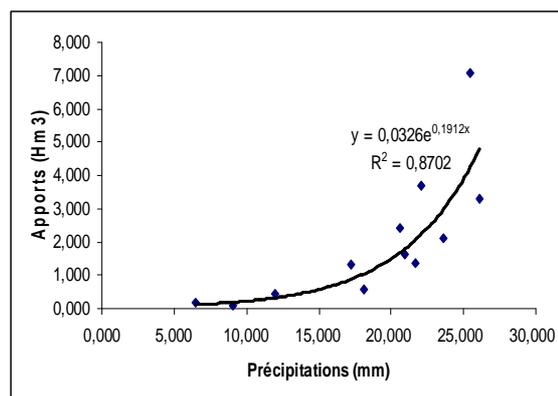


Figure 4.5.Corrélation pluies-apports
(Série avec valeurs extrêmes;73/10) B.Boughzoul

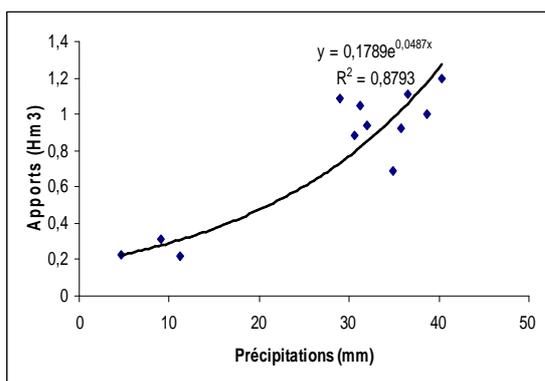


Figure .4.6.Corrélation pluies-apports (Série initiale ;1994/2010) Barrage Dahmoun

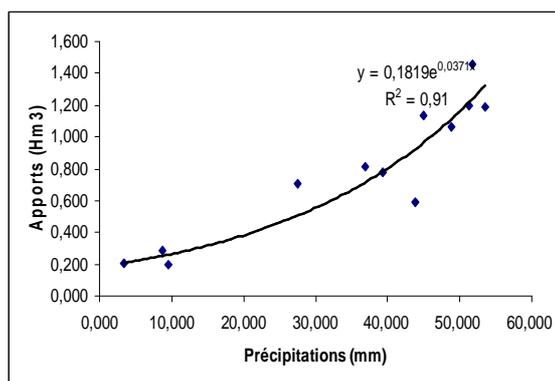


Figure .4.7.Corrélation pluies-apports (Série avec valeurs extrêmes73/10) B. Dahmouni

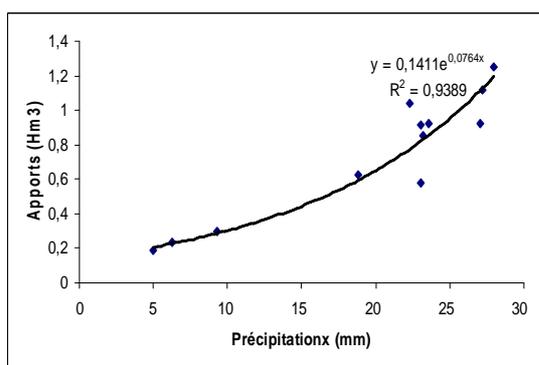


Figure .4.8.Corrélation pluies-apports (Série initiale ;1994/2010) Barrage Bougara

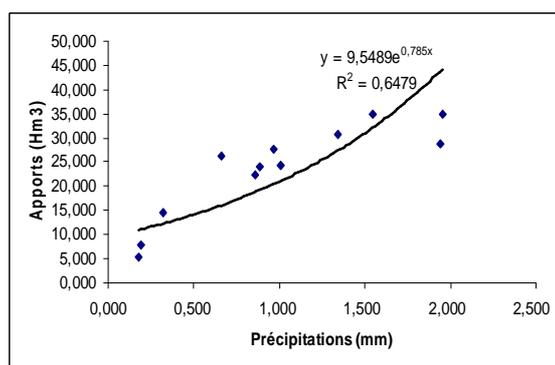


Figure .4.9.Corrélation pluies-apports (Série avec valeurs extrêmes73/10) B. Bougara

Après ajout de valeurs extrêmes on a pu remarquer que les coefficients de corrélation changent de valeurs .Le tableau 4.17 présente les deux cas (avant et après ajouts de valeurs extrêmes)

Tableau 4.17.Impact des valeurs extrêmes sur la dispersion

Barrages	Coefficients de corrélation	
	R ² initial	R ² avec valeurs extrêmes
Barrage Boughzoul	0.7737	0.8702
Barrage Dahmouni	0.8793	0.91
Barrage Col.Bougara	0.9389	0.6479

4.3. Mobilisation par la petite et moyenne hydraulique

Il est à noter, qu’au niveau du bassin étudié, il existe 18 ouvrages de mobilisation entre retenues collinaire et petits barrages. Ce mode de mobilisation a connu un échec total puisque la majorité des digues ont été totalement envasées.

Le tableau 4.18.récapitule l’état des aménagements et leurs affectations initiales.

Tableau 4.18.Etat des retenues collinaires

Sous bassin	Wilaya	Commune	Dénomination	Taux D’envasement	Affectation
0101	Laghouat	Sebgag	Sebgag	100	irrigation
		Brida	Brida	100	irrigation
		Gueltats.Saad	Gueltat S.Saad	100	irrigation
		El Beidha	El.Beidha	100	irrigation
0102		Aflou	Aflou	100	irrigation
		SidiBouزيد	Sidi Bouزيد	100	irrigation
		Oued Morra	Oued Morra	50	irrigation
0107	Tiaret	Faidja	Beb Saadoune	En cours de réalisation	irrigation
		Rechaiga	O/Magrounet	En étude	irrigation
0110	Tissemsilt	Tissemsilt	Tissemsilt		irrigation
		Tissemsilt	Ain Aneb	100	irrigation
		Layoune	Nahr Ouassel		irrigation
		Layoune	S.Ahmed B/Hadj	100	irrigation
		Layoune	Naima	100	irrigation
		Layoune	Kirarma	Digue détruite	irrigation

		Oued Harbil	Oued Ezzenoudja	50	irrigation
0111	Médéa	AinBoucif	O. R'haicha	100	irrigation
		AinBoucif	Chabet Mansoura	100	irrigation

Source : DHW, 2005

4.4. Exploitation des ressources en eau souterraine.

Les ressources en eau souterraines dans le bassin du Cheliff amont Boughzoul sont exploitées à travers 1980 points d'eau (forages, puits et sources) pour assurer les besoins des trois usages (AEP, Industrie et irrigation). Ces volumes prélevés sont illustrés sur le tableau 4.19.

Tableau 4.19. Volume prélevé par type d'ouvrage

Ouvrages de mobilisation	Nombre	Volume prélevé (Hm ³ /an)
Forages	777	65.01
Sources	141	2.49
Puits	1062	62.36
Total	1980	129.86

Les points d'eau (Forages, sources et puits) fournissent annuellement un volume de 129.86 Hm³. répartis comme le montre la figure. 4.10

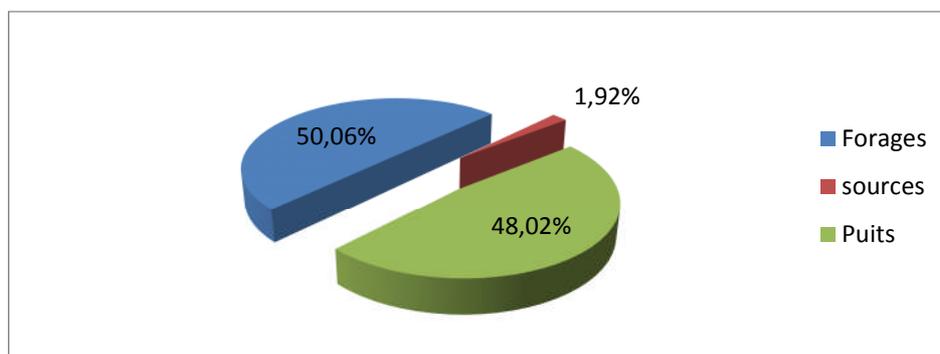


Figure 4.10. Volume prélevé par type d'ouvrage

4.4.1 .Utilisation des ressources en eau souterraines

Le volume prélevé est estimé à 129.86 Hm³/an dans le bassin de Cheliff à l'amont du barrage de Boughzoul. Ce volume est devisé en trois usages illustrés sur le tableau 4.20.

Tableau 4.20. Volume prélevé par type d'usage

Usage	Volume prélevé (Hm ³ /an)
Domestique	45.46
Agricole	84.27
Industriel	0.13
Total	129.86

4.4.2. Taux d'affectation des ressources souterraines

On constate que l'usage agricole est le plus important (64.01%).suivi par l'usage domestique (35.01%), comme le montre la figure 4.11.

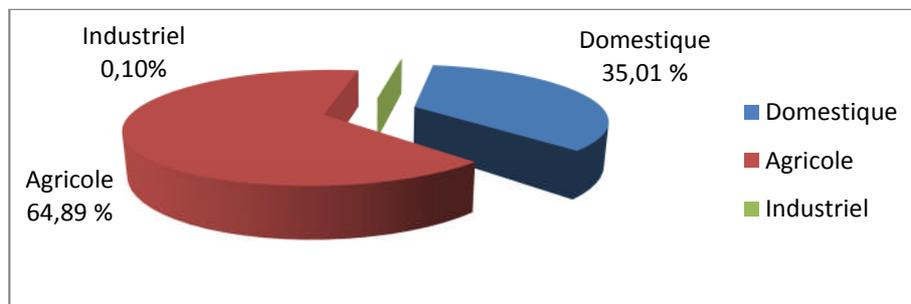


Figure 4.11. Volume prélevé par type d'usage

4.5. Estimation des différents besoins.

4.5.1. Alimentation en eau potable

Le bassin Cheliff amont Boughzoul compte quatre (4) agglomérations de plus de cinquante mille (50 000) habitants en 2005 ; Ain Oussara, Sougueur, Aflou et Tissemsilt, avec une population de 295 298 habitants. Ces quatre (4) agglomérations sont dotées d'un réseau de distribution de 424 093 ml et d'un potentiel de stockage de 37 700 m³ comme l'indique le tableau 4.21.

Les agglomérations dont la population comprise entre 1 000 et 50 000 habitants, sont en nombre de (45) agglomérations pour une population totale de 550 594 habitants.

La dotation pour les agglomérations supérieures à 50 000 habitants est 180 l/j/hab. Pour les agglomérations inférieures à 50 000 habitants elle est de 150 l/j/hab.

Ces dotations n'arrivent plus à être assurées vu que les paramètres de base ont, été totalement touchés par les déséquilibres hydrauliques.

Tableau 4.21. Etat de l'alimentation en eau potable des agglomérations supérieures à 50 000 habitants

Sous bassin	Agglomération	Commune	Population (Habitants)		Besoin en eau (m ³ /j)	Volume distribué (m ³ /j)	Taux de raccord (%)	Réservoirs		Réseau de distribution		Déficit ou Excédent (%)
			RGPH 1998	Estimé 2005				Nbre	Cap (m ³)	Long (m.l)	Etat	
0112	Ain Oussara	Ain Oussara	81154	109249	30530	13930	81	9	8900	138370	Moyen	-54
0109	Sougueur	Sougueur	57819	66873	18688	8640	97	5	8000	102100	Bon	-53
0102	Aflou	Aflou	47996	61603	17215	9704	89	9	9950	93543	Mauvais	-44
0110	Tissemsilt	Tissemsilt	52451	57573	16089	7600	88	7	10850	90080	Moyen	-53
Total			239411	295298	82522	39874		30	37700	424093		-51

4.5.2. Approvisionnement en eau Industrielle

L'approvisionnement en eau industrielle de la zone d'étude est assuré par ; treize (13) forages et par les réseaux urbains qui fournissent ensemble et annuellement un volume de 606 630 m³ à l'industrie.

- Volume total prélevé à partir des installations propres aux unités industrielles ; 543m³ /j.

- Volume total prélevé à des réseaux de distribution (AEP) ; 1985m³/j

- Volume total utilisé ; 2528m³/j, soit 606 630 m³/an.

- Volume recyclé ; Néant

Afin de mettre en évidence ce déséquilibre inquiétant, on citera le cas de la raffinerie de Tiaret programmée en 2012.

C'est un complexe conçu pour traiter 12 millions de tonnes de pétrole par an.

Pas moins de 20000 emplois sont prévus pour sa construction et 10000 pour son fonctionnement.

Un volume de 3Hm³/an d'eau doit être réservé pour ses besoins de fonctionnement.

Les eaux usées de cette installation sont assorties d'un système de traitement pour un éventuel recyclage.

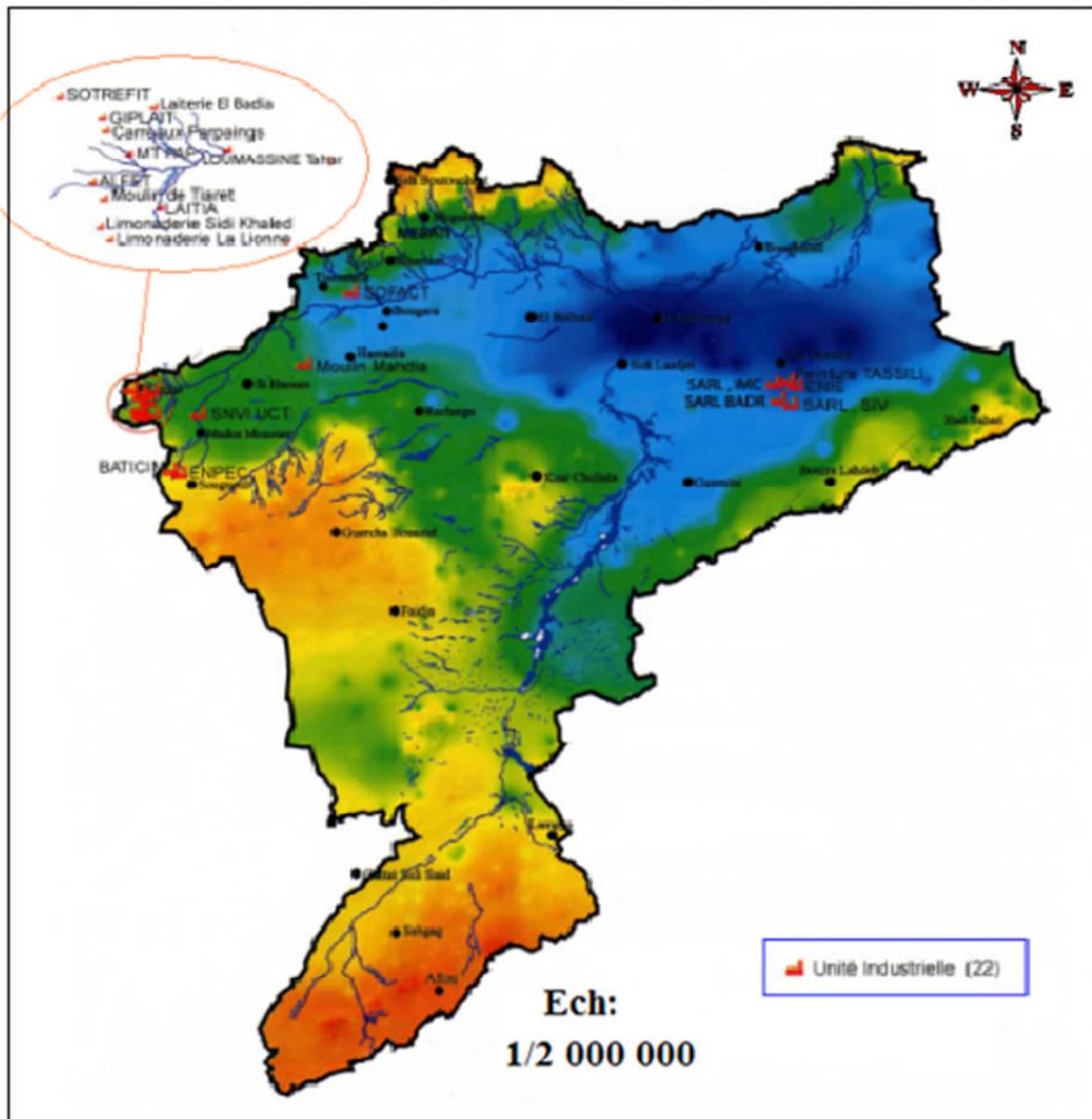


Figure 4.12. Unités industrielles du bassin Cheliff amont Boughzoul

4.5.3. Grands périmètres d'irrigations

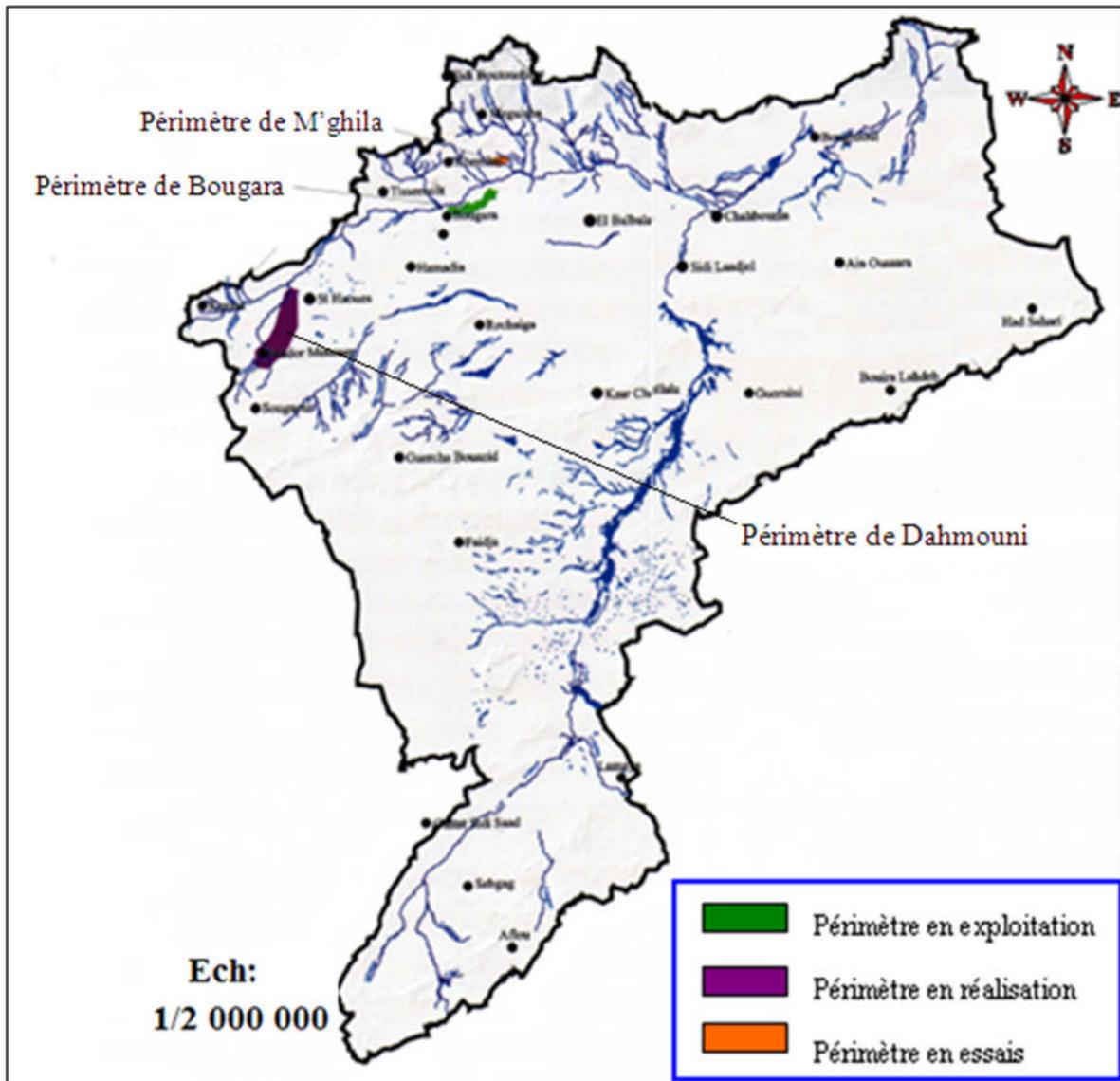
Le bassin Cheliff amont Boughzoul compte trois grands périmètres d'irrigations (GPI) présentés comme suit :

- Celui de Bougara est en exploitation.
- Un (01) périmètre en période d'essai (M'ghila).
- Un (01) périmètre en cours de réalisation (Dahmouni)

Le tableau 4.22 met en évidence les besoins de ces périmètres à l'horizon 2020.

Tableau 4.22. Besoins en eau des grands périmètres d'irrigations

Périmètre d'irrigation	Situation	Superficie			Source d'approvisionnement	Besoin en eau (Hm ³)				Date de mise en service	Etat
		Equipée (Ha)	Irrigable (Ha)	Irriguée (Ha)		2005	2010	2015	2020		
Bougara	Tiaret et Tissemsilt	798	757	208	Barrage de Bougara	2.82	4.26	4.26	4.26	2005	En exploitation
M'ghila	Tissemsilt	500à100	400	/	Barrage de M'ghila	/	3.6	3.6	3.6	2006	En cours de réalisation
Dahmouni	Tiaret	4340	3472	/	Barrage Dahmouni	/	15	15	15	2010	En cours de réalisation



Source : ABHCZ

Figure 4.13. Périmètres irriguées du bassin Cheliff amont Boughzoul

4.5.4. Petite et moyenne hydraulique (PMH)

La demande en eau agricole de la PMH n'a pu être estimée que pour l'horizon 2020. En fait, la direction des services agricoles des wilayas concernées, pour différentes raisons, n'ont pas de programme clair pour une remontée en cadence afin d'augmenter la superficie à irriguer de la PMH. Compte tenu de cette situation, on a estimé la demande globale en eau de la PMH en considérant l'exploitation totale de la zone irrigable en 2020, tout en assurant une remontée en cadence de l'ordre de 25% des terres irrigables chaque cinq (05) ans.

i) Irrigation intensive

Le tableau 4.23 récapitule les résultats des besoins en irrigation intensive aux besoins 2005, 2010, 2015 et 2020.

Tableau 4.23 Besoins en eau d'irrigation (irrigation intensive)

Périmètres	Besoins en eau (Hm ³)			
	2005	2010	2015	2020
Bougara	2.82	4.26	4.26	4.26
M'ghila	1.17	3.60	3.60	3.60
Dahmouni	/	15	15	15
PMH	69.54	92.72	115.9	139.08

ii) Irrigation rationalisée

Le calcul des besoins a été fait pour les rendements de 80 et 60 % respectivement soient deux hypothèses ; hypothèse 20% et hypothèse 40%.

Le tableau 4.24 récapitule les résultats pour une irrigation rationalisée pour les deux hypothèses aux horizons 2005,2010 ,2015 et 2020.

Tableau 4.24 Besoins en eau d'irrigation (irrigation rationalisée)

Hypothèse	Périmètre	Besoins (Hm ³)			
		2005	2010	2015	2020
Hypothèse 20%	Bougara	1.83	3.12	3.12	3.12
	M'ghila	0.5	1.22	2.45	2.45
	Dahmouni	/	8.15	10.25	12
	PMH	13.31	19.77	26.25	91.11
Hypothèse 40%	Bougara	1.46	2.21	2.21	2.21
	M'ghila	0.46	1.53	1.53	1.53
	Dahmouni	/	5.16	7.11	9
	PMH	8.74	12.98	17.22	61.05

La répartition des superficies en PMH en différentes cultures, a long terme dans le Cheliff amont Boughzoul, est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 4.25 Répartition de la superficie par culture

Type de culture	Répartition des superficies (ha)
Agrumes	3599.3
Fruits N/P	3599.3
Céréales d'hiver	1799.7
Cultures industrielles	7198.6
Fourrages d'hiver	1799.7
Fourrages d'été	1799.7
Maraichages d'été	5399
Maraichages d'hiver	5399
Maraichages d'hiver tardif	5399
Total	35993

4.6. Confrontation (Ressources disponibles - Besoins en eau)

Le tableau 4.23 montre l'évolution de la situation actuelle jusqu'au 2020 qui tient compte des infrastructures hydrauliques en construction, d'un accroissement démographique naturel et de l'irrigation des nouveaux périmètres.

Tableau 4.26. Confrontation ressources – besoins (Hm³)

Ressources et demande en eau		Horizons			
		2005	2010	2015	2020
Ressources	Ressources superficielles	14,5	17,3	17,3	17,3
	Ressources souterraines	129,86	129,86	129,86	129,86
	Dessalement	0	0	0	0
	Eau usée traitée	0	7,06	19,65	23,72
	Total	144,36	154,22	166,81	170,88
Demandes	AEP	42	48.13	54.95	62.87
	Industrie	0,606	0,606	3.606	3.606
	GPI	2,82	22,86	22,86	22,86
	PMH	69.54	92.72	115.9	139.08
	Total demande	114.966	164.316	197.316	228.416
Transferts	Transfert import	0	12.61	12.61	12.61
	Transfert export	0	0	0	0
	Bilan des transferts	0	12.61	12.61	12.61
Bilan		29.394	2.514	-17.896	-44.926

La zone d'étude représente un bilan déficitaire de 17.8Hm³ en 2015 pour s'accroître davantage à l'horizon 2020 sous l'effet de la demande accrue de la PMH.

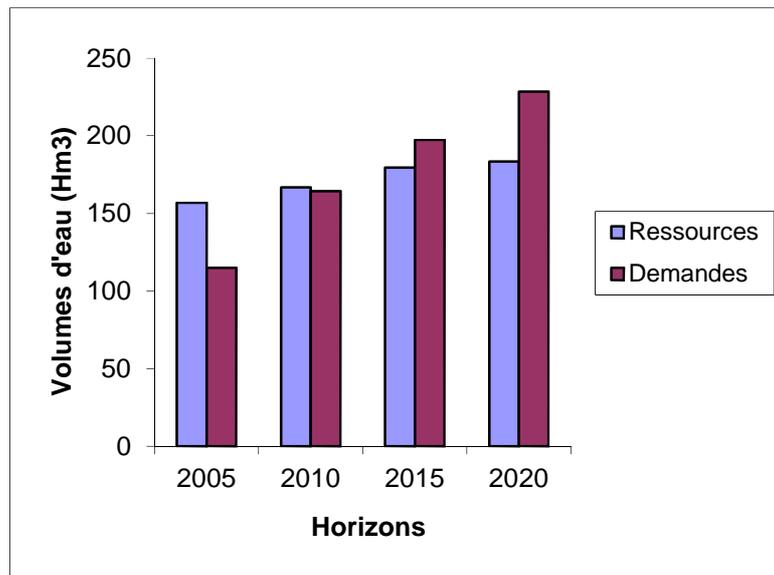


Figure 4.14. Confrontation entre les ressources disponibles et les besoins en eau dans le bassin Cheliff amont Boughzoul.

4.7. Recherche d'un bilan hydrique équilibré

Le bilan hydrique équilibré est calculé à partir des données de la situation actuelle et son évolution tendancielle, au quelles on intègre des variantes qui sont choisies pour déterminer les mesures qui permettent d'arriver à une situation d'équilibre hydrique pour l'horizon 2020.

4.7.1. Réalisation de nouveaux barrages

L'augmentation de la demande fait que de nouvelles mobilisations sont indispensables ; les solutions passant par la réalisation de barrage ne sont plus adaptées puisque les sites susceptibles de recevoir un barrage sont inexistantes, de même que ceux déjà exploités se remplissent rarement.

4.7.2. Eaux souterraines

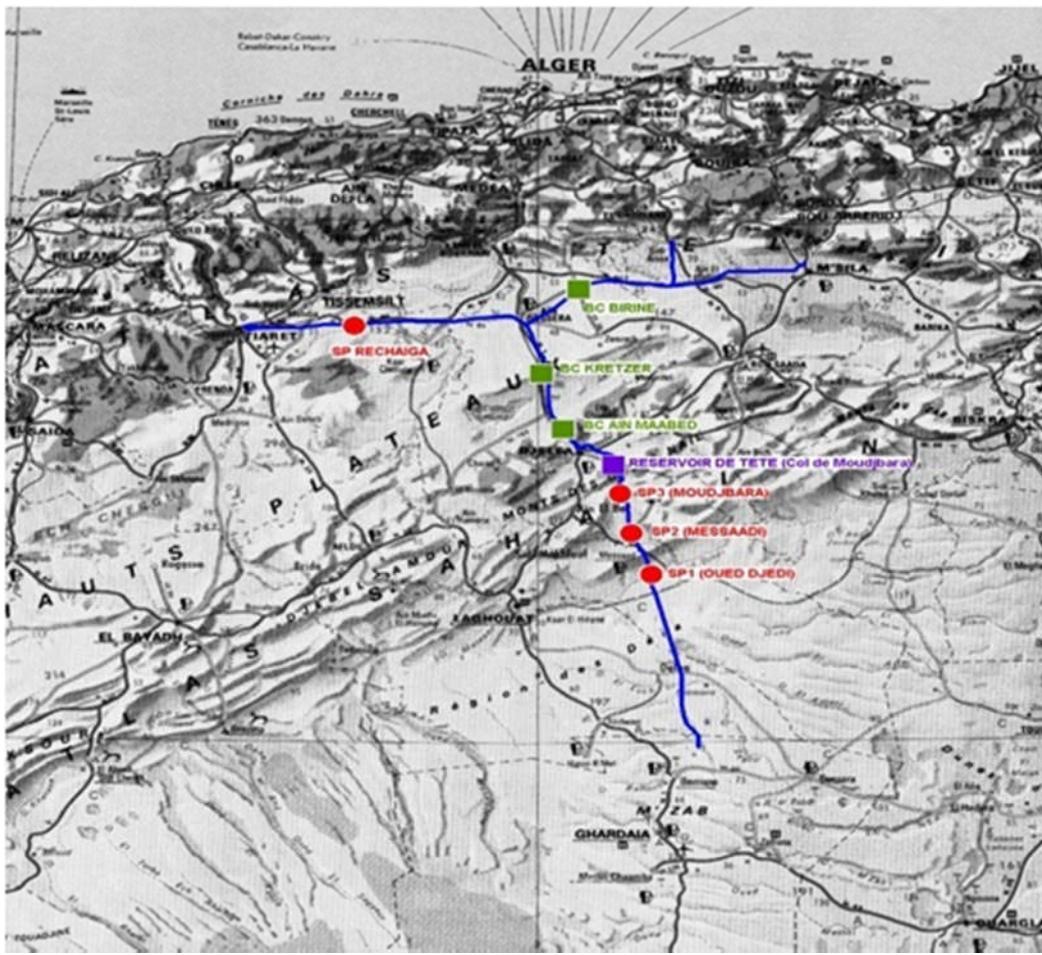
Le recours aux ressources souterraines ne peut se concevoir comme alternative en raison du seuil limite d'exploitation aux quels la majorité des aquifères se trouvent exposer.

4.7.3. Transferts (variante retenue)

Les importantes réserves que recèle l'Atlas Saharien ont orienté par leur disponibilité la politique du pays en matière de mobilisation à puiser dans les ressources de l'Albien pour pallier le déficit de la région des hauts plateaux par de gigantesques transferts Nord-Sud à savoir :

-2010 : Projet Djelfa P1 (Transfert des eaux du Sahara septentrional vers les hauts plateaux).

-2020 : Projet Bikra et Laghouat.



Source : SAFEGE Ingénieurs conseils

Figure 4.16. Transfert Djelfa P1 (Transfert des eaux du Sahara septentrional vers les hauts plateaux).

La mise en équation de la variante projet Djelfa (P1) dont la composante transfert évaluée à $63\text{Hm}^3/\text{an}$ a permis d'assurer un excédent de $18\text{Hm}^3/\text{an}$.

Tableau 4.27. Bilan final (Hm^3)

	Horizons			
	2005	2010	2015	2020
Bilan initial	29.394	2.514	-17.896	- 44.926
Transfert Djelfa (P1)	/	/	/	63
Bilan final	29.394	2.514	-17.896	18.074

4.8. Conclusion

En raison des potentialités hydriques limitées du Bassin Cheliff amont Boughzoul, le recours à la mobilisation des ressources du Sahara Septentrional (Albien) constitue une option de choix pour résorber le déficit qui s'annonce alarmant pour la région des hauts plateaux.

La zone d'étude présente un bilan déficitaire de 17.896Hm^3 en 2015 et s'accroît davantage en 2020 pour atteindre 44.926Hm^3 sous l'effet de l'accroissement de la demande notamment en PMH.

Le volume d'eau transféré par le système Djelfa (P1) estimé à 63Hm^3 à partir de l'Albien permet de répondre aux besoins et renverser la tendance vers un bilan hydrique excédentaire de 18Hm^3 en 2020 (Tableau 4.27).

CONCLUSION GENERALE

Dans son contexte national, l'étude a révélé, un flagrant contraste relatif au potentiel physique que recèle la vastitude du territoire Algérien (2.4 million de Km²) contre de maigres potentialités hydriques toutes formes confondues.

En effet 90% de l'étendue est un désert où les précipitations sont quasi-nulles, assortis d'une évapotranspiration très élevée, ce qui constitue une entrave majeure pour la mobilisation des ressources superficielles, et augmenter davantage la pression sur les eaux souterraines, certes, abondantes mais faiblement renouvelables, d'autre part le Nord du pays se trouve irrégulièrement arrosé dans le temps et dans l'espace.

Le potentiel des ressources en eau renouvelables est localisé principalement au Nord de l'Algérie dans quatre régions hydrographiques.

Le Cheliff Zahrez est l'un des plus importants bassins que compte notre pays, il s'étale sur une superficie de 42750Km² et se trouve compartimenté en trois entités séparées : Cheliff, Zahrez et le côtier Dahra.

La présente étude s'est intéressée au bassin versant du Cheliff, qui constitue l'essentiel de l'activité hydrologique dans cette région. Il comporte les sous bassins : Haut et moyen Cheliff, Bas Cheliff et la mina, Cheliff amont Boughzoul (zone d'étude).

A une échelle plus réduite, le Cheliff amont de Boughzoul s'identifie par ses caractéristiques très hétérogènes ou on note une disparité importante des grandeurs climatiques et hydrologiques.

L'étude climatique montre que le bassin Cheliff amont Boughzoul est caractérisé par un climat semi-aride ou la période sèche s'étale parfois sur six mois.

Les trois méthodes adoptées pour l'estimation de la lame d'eau précipitée à savoir arithmétique, deux axes et Thiessen ont abouties respectivement aux résultats suivants 307mm, 310mm et 284mm. Ce qui donne un volume moyen précipité de 5893Hm³ dont plus de 80% rejoint l'atmosphère par évapotranspiration

La confrontation des ressources en eau évaluées entre projet initial et régularisation actuelle, nous révèle une diminution sensible des apports de projet par rapport aux volumes régularisés. Les résultats de la majorité des modèles empiriques testés des barrages en exploitation (SAMIE, DERI et URGIPROVOKHAZ) confirment bien cette tendance.

Le sous-bassin versant Cheliff amont de Boughzoul présente un bilan déficitaire de 17.89 Hm³ en 2015 et tend vers une situation plus critique en 2020 pour atteindre un déficit de 44.92 Hm³.

L'adoption du système de transfert Djelfa (P1), s'avère être un choix inéluctable pour redresser cette tendance et éventuellement prendre en charge les exigences du développement futur.

En effet un volume annuel important doit être puisé (63Hm^3) dans l'Albien pour atteindre une situation équilibrée à l'horizon 2020.

Par ailleurs le bilan déficitaire auquel a abouti la confrontation des ressources disponibles face aux besoins, ne constitue pas une fatalité en soi mais offre une opportunité pour remettre en cause notre mode de gestion monotone et classique des barrages. L'instauration d'un nouveau mode de gestion est susceptible de renverser la tendance vers un bilan plus équilibré, en adoptant la réactualisation des objectifs pré établis dans la gestion des barrages sur des échéances plus serrées en adéquation avec les impératifs du présent. Cette décision doit être consolidée pour une gestion intégrée des aménagements en terme aussi bien de mobilisation que d'affectation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Agence du Bassin Hydrographique Algérois -Hodna – Soummam (N° 01 Mai 2002).** « Les carnets de l'agence'.Le bassin de l'Algérois »
2. **Agence du Bassin Hydrographique Algérois -Hodna – Soummam (N° 03 Avril 2003).** « Les carnets de l'agence'.Le bassin de la Soummam »
3. **Agence du Bassin Hydrographique Algérois -Hodna – Soummam, (N° 02 Avril 2003).** « Les carnets de l'agence «Le bassin du Hodna »
4. **Agence du Bassin Hydrographique Cheliff Zahrez.**
5. <http://www.abh-cz.com.dz> (Consulté le 03/01/2011)
6. **Agence du Bassin Hydrographique Cheliff Zahrez (2004),** « Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff Aval du barrage de Boughzoul, Haut et Moyen Cheliff ».
7. **Agence du Bassin Hydrographique Cheliff Zahrez (2004).** « Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff aval du barrage de Boughzoul (Bas Cheliff et Mina) »
8. **Agence du Bassin Hydrographique Cheliff Zahrez (Mars 2010)** « Rapport de synthèse abrégé du plan directeur d'aménagement des ressources en eaux»
9. **Agence du Bassin Hydrographique Chellif-Zahrez ;** «Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Chellif-amont de Boughzoul»
10. **Agence du Bassin Hydrographique Oranie – Chott Chergui (2006)** « Cadastre hydraulique du Bassin Macta »
11. **Agence du Bassin Hydrographique Oranie – Chott Chergui (2006)** « Cadastre hydraulique du bassin Tafna»
12. **Agence du Bassin Hydrographique Oranie – Chott Chergui (2006)** « Cadastre hydraulique du bassin du côtier Dahra quatrième partie »
13. **Agence du Bassin Hydrographique Sahara (Décembre 2006),** «Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Sahara septentrional»
14. **Agence du Bassin Hydrographique Sahara (2005),** «Cadastre hydraulique du bassin hydrographique de Chott Melghrir ».
15. **Agence du Bassin Hydrographique Sahara (2005),** «Colloque International sur les ressources en eau souterraines dans le Sahara(SIRESS ».
16. **Ahmed Kettab, (2001),** «Ressources en eau en Algérie : Stratégies, enjeux et vision ».
17. **Adjim Hayat, (2004),** «Evaluation et affectation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna ». Mémoire de magister, Université de Tlemcen, 157p.
18. **ANB (1995),** « Etude d'impact sur l'environnement du barrage de Koudiat Rosfa wilaya de Tissemsilt »
19. **ANRH, (Année 84/85)** « Annuaire hydrologique de l'Algérie ».
20. **ANRH, (Année 84/85)** « Annuaire hydrologique de l'Algérie ».
21. **Benyahia M., Kerfouf A., Abdelhakk K., & Moueddene K., (2006)** «Enjeux, stratégies et perspectives de la gestion des ressources en eau Oranie (Algérie Nord – Occidentale) »
22. **BNEIDER** « Etude de mise en valeur des potentialités de la commune rurale de Boughzoul»

23. **Boucefiane A, (2006)** « Cartographie des précipitations du bassin hydrographique du Cheliff Zahrez », mémoire de magister .Centre Universitaire de Khmis miliana ,110p
24. **Bouchelkia H, (2009)** « Etude du transport solide dans un bassin versant et son impact sur l'envasement des barrages 'Cas du bassin versant du Cheliff'».Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, 163p.
25. **Caratini .C, (1970)**, « Etude géologique de la région de Chellala- Reibell»
26. **Chellali R, (2008)** « Impact du transport solide sur la mobilisation des eaux superficielles de la nouvelle ville de Boughzoul (Médéa) »,110p.
27. **CNES, (2010)**, « Rapport du conseil national économique et social en Algérie ».
28. **Dubreuil. P, (1974)** « Initiation à l'analyse hydrologique »
29. **Engeneering – Environnnel –Consult (1197)**, « Etude d'adduction en eau potable de la ville de Tissimsilt et des localités environnantes à partir du barrage kodiet Rosfa » Mission 1Rapport N° 3.
30. **Farid Achouri, Mahmoud Bouzelboudjem, (2007)**, « Variabilité spatio-temporelle des ressources en eau en région semi-aride : application au bassin du Cheliff ,Algérie » Neuchatel, Suisse.
31. **Frédéric J, (2006)** «Ressources hydriques et conflits interétatiques. Apport et limites d'une approche quantitative ». Mémoire pour l'obtention du grade de maitre des arts (M.A), Université de Laval Québec, 176p.
32. **Hydrodragage - C.T.systems, (2005)** ; «Rapport technique : Levés bathymétriques des barrages en exploitation barrage Boughzoul wilaya de Médéa »
33. **Hydrodragage - C.T.systems, (2005)** ; «Rapport technique : Levés bathymétriques des barrages en exploitation barrage colonel Bougara wilaya de Tiaret»
34. **Hydrodragage - C.T.systems, (2005)** « Rapport technique : Levés bathymétriques des barrages en exploitation barrage Dahmouni wilaya de Tiaret »
35. **Jean Margat, (1999)**, « Vision méditerranéenne sur l'eau , la population et l'environnement au XXI^{ème} siècle » 83p.
36. **J.P Laborde, (2003)**. « Hydrologie de surface».
37. **Lakhdar Zella, 2007** « L'eau pénurie ou incurie ».
38. **Lakhdar Zella, Dalila Smadhi, (2006)** « L'eau –La gouvernance et l'enthique ».
39. **Many. J, (1999)** ; «Climatologie et environnement».
40. **MATET, (décembre 2008)** Elaboration du schéma régional d'aménagement du territoire de la région-programme des hauts plateaux Ouest à l'horizon 2025.
41. **MEBARKI A. (2009)**, « Ressources en eau et aménagement en Algérie 'Les bassins hydrographiques de l'Est ».
42. **Mheiguen M, (2005)** « Evaluation des ressources en eau superficielles du bassin hydrographique Cheliff Zahrez ». Mémoire de magister .université Hassiba Ben Bouali Chlef, 150p.
43. **Mohammed Benblidia., Gaëlle Thivet., (2010)**, « Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre », Centre international de Hautes Etudes agronomiques Méditerranéennes-CIHEAM.
44. **Observatoire du Sahara et du Sahel, (2003)**, «Systeme aquifere du Sahara Septentrional (SASS)».

45. **Plan bleu, (2006)**, «Les notes du plan bleu (N°4 2006), faire face aux crises et pénuries d'eau en Méditerranée ».
46. **Remineras. G, (1986)** «Hydrologie de l'ingénieur ».
47. **Remini .B, (2005)**, «La problématique de l'eau en Algérie ».
48. **Roignant Frédéric, (2007)**, « L'eau en méditerranée : usages et enjeux ».
49. **SAFEGE Ingénieurs conseils, (2010)** « Etude de la valorisation des eaux du Sahara septentrional- Option hauts plateaux » mission 2-sous mission 1 : Rapport préliminaire.
50. **Sari .A, (2002)** « Initiation à l'hydrologie de surface ».
51. **Société S.E.G.G.T.H (1966)** « Monographie du barrage de Boughzoul »
52. **SOGREAH, (Aout 1986)** « Etude d'avant- projet détaillé du barrage colonel Bougara sur l'oued Nahr Ouassel '(wilaya de Tiaret) ».
53. **UN water (2010)**. « De l'eau propre pour un monde sain » Rapport journée mondiale de l'eau ,6p.
54. **Vésojuznojé Objédinérijé, (1971)** «Des projets hydrauliques ; « Irrigation de 2500 ha de terres et alimentation des localités en eau dans la zone d'irrigation à partir des eaux souterraines dans la wilaya de Titteri de la république Algérienne démocratique et populaire » Volume I.
55. **Yolaine B, (2010)** « Etude du cadastre des zones humides » AECOM Tecsalt 106p.