

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة جيلالي بونعاما
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

Domaine: Sciences de la Nature et de Vie

Filière: Sciences agronomiques

Spécialité: Aménagements Hydro-agricoles

Thème :

Impact de la sécheresse sur les ressources en eau et l'agriculture pour le haut et moyen Cheliff (cas de Ain Defla)

Présenté par :

**MEHABI Saida
ZEKHREF Ouassila**

Encadré par:

Mr. RATIAT Abdelkader

Soutenu le 07/07/2022, devant le jury:

Mme.KARAHACANE.Hafsa	MCB	Présidente	U.D.B.Khemis Miliana
Mr.RATIAT.Abelkader	MCB	Promteur	U.D.B.Khemis Miliana
Mme.MATEN.C.N	MAA	Examinatrice	U.D.B.Khemis Miliana

Année universitaire : 2021-2022

Remerciement

Tout d'abord, « nous remercions Dieu » qui nous a donné la volonté de continuer, et

Réaliser ce travail dans des bonnes conditions.

À l'heure où nous apportons la touche finale à ce mémoire, nous tenons à remercier tout

D'abord les personnes qui nous ont permis de réaliser ce mémoire: nos chaleureux

Remerciements à notre encadreur : **Mr RATIAT. Abdelkader** ; pour son aide, son soutien

Moral et pour ses précieux conseils et orientations qu'elle nous à prodigués tout le long de

Ce travail.

Nous tenons ainsi à remercier les membres de jury pour avoir accepté d'affecter un temps

À ce modeste travail et d'attribuer des remarques et des corrections très intéressantes.

Nous remerciant également les responsables et les ingénieurs des organismes suivants :

DRE Ain Defla

DSA Ain Defla

ONID Ain Defla

En fin nous tenons à exprimer, nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé

De près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toutes.



Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille **MEHABI** et **MOUALDE**, Ma mère, et mon père, pour leur patience, conseils, aides et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travail.

A Mes chère frères : **Farouk, Youssef**

A Mes chères sœurs : **Samia, Noura** et mon neveu **Abderrahime**

Oncle et sa femme **Taibe, Samia**

Sans oublier mon amie et ma sœur et mon binôme **ouassila**

Mes amis et collègues notamment les étudiants qui m'encourager : **Afifa, Fayrous, Nadjat, Lamia, Aouali, Souad**, merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.

Mon encadreur **Mr RATIAT Abdelkader** qui m'a soutenu au long de mes travaux (je vous remercié).

Mes camarades de promo Aménagement hydro-agricole
2021-2022

Et tous ceux qui ont connu **MEHABI Saida**

SAIDA



Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille, Ma mère et mon père, pour leur patience, conseils, aides et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travail.

A Mon chère frère : **Mouhamed**

A Mes chères soeurs : **Maroua, Bouthaina**

Sans oublier mon amie et ma sœur et mon binôme **saida**

Mes amis et collègues notamment les étudiants qui m'encourager

:**Amira ,Khaira ,Khadidja ,Hayat,Amina,Ikram ,Siham**, merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.

Mon encadreur **Mr RATIAT Abdlkader** qui m'a soutenu au long de mes travaux

(je vous remercié).

Mes camarades de promo Aménagement hydro-agricole

2021-2022

Et tous ceux qui ont connu **ZEKEREF OUASSILA**

OUASSILA

Liste des figures

Fig.I.1: Sécheresse des cultures : (meirone, 2020)	6
Fig.I.2 : pénurie d'eau dans les vallées (Barrage de Keddara)	7
Fig. I.3: la situation est catastrophique dans de nombreux pays d'Afrique 2017	8
Fig. I.4. Types de sécheresse	8
Fig.I.5 : La sécheresse dans le monde sur les 3 dernier mois (16 février -14 mai 2011) (sécheresse exceptionnelle au texas, 2011)	9
Fig. II. 1. La zone de haut et moyen Cheliff (S.AMIAR et al .2020)	19
Fig. II.2.Situation géographique du bassin haut et moyen Cheliff (S.Benkaci, et al 2018)	20
Fig. II. 3 : Carte des sous bassin du haut et du moyen Cheliff. (S.Benkaci, et al 2018)	21
Fig. II. 4. Limite caractéristique et géographique de la wilaya Ain Defla (DSA)	22
Fig. II.5 : Précipitation moyenne annuelle de la période (2010 - 2021) (DAS ,2022).....	24
Fig.II.6 : variation de températures moyenne mensuelle, maximale et minimale dans la wilaya d'ain defla (2010-2020).	25
Fig. II. 7 : le diagramme ombrothermique de Gaussen de la wilaya d'Ain Defla.	26
.Fig.II.7 :la vitesse du vent moyenne mensuelles dans la wilaya d'ain defla (2010-2020)	27
Fig.II .8 :les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya d'ain defla (2010-2020).....	28
Fig. II.9 : La répartition des Barrages dans la wilaya d'Ain Defla (notre élaboration).....	30
Fig. .III.1. Evolution de la cote de retenue du barrage Sidi M'Hamed ben Taïba (SMBT) (période de 2010-2021) (Source : ANBT).....	40
Fig.III. 2. Evolution de la cote de retenue du barrage Harreza (période de 2010-2021) (source : ANBT).....	41
Fig.III. 3. Evolution de la cote de retenue du barrage Ouled Mellouk (période de 2010- 2021) (source : ANBT).....	42
Fig.III. 4. Evolution de la cote de retenue du barrage Ghrib (période de 2010-2021) (source : ANBT).....	42
Fig.III. 5. Evolution de la cote de retenue du barrage Deurdeur (période de 2010-2021) (source : ANBT).....	43
Fig.III.6 précipitation cumulées (Barrage SMBT)	43
Fig.III.7 précipitations cumulées (Barrage Harreza)	44
Fig.III.8 précipitations cumulées (Barrage ouled Mellouk)	44
Fig.III.9 précipitations cumulées (Barrage Ghrib).....	45
Fig.III.10 précipitation cumulées (Barrage Deurdeur)	45
Fig.III.11 Etat des réserves mensuelles du (barrage SMBT).	46
Fig.III.12 Etat des réserves mensuelles du (barrage Harreza).....	47
Fig.III.13 Etat des réserves mensuelles du (barrage ouled Mellouk).....	47
Fig.III.14 Etat des réserves mensuelles du (barrage Ghrib).	48
Fig.III.15 Etat des réserves mensuelles du (barrage Deurdeur).	48
Fig.III.16 Evolution des volumes d'irrigation de GPI du (Haut Cheliff et Amra-Abadia pour l'année 2020).	49
Fig.III.17 Evolution des volumes d'irrigation de GPI (période de 2010-2020) (source : ONID).....	50
Fig.III.18 effet de la température sur l'évaporation (barrage de Harreza).....	51
Fig.20 Etat des réserves annuelles des puits.	52
Fig.III.21 Etat des réserves annuelles des forages.	53
Fig.III.22. État des réserves de barrages de la wilaya d'Ain Defla 2022.	54
Fig.III.23Superficie irriguée par mode d'irrigation pour (a)le haut-Chellif et (b) Abadia .	54
Fig.III.24 Types des cultures du périmètre haut Cheliff.	55
Fig.III.25 Types de cultures du périmètreAmra-Abadia	56
Fig.III.26 Le nombre d'irrigants pour les deux périmètres d'irrigation.	56

Fg.III.27. Relation entre la superficie et le rendement delà culture de céréale.	57
Fg.III.28. Relation entre la superficie du périmètre haut-Cheliff et le rendement de culture pomme de terre.....	57
Fg.III.29. Relation entre la superficie de périmètre Amera-Abadia et le rendement de culture pomme de terre.	58
Fig.1. (a) la STEP de Ain Defla (DRE, 2014), (b) eau épurée (DSA, 2014).....	64
Fig.IV.2 : banquette (cliché Bettassa et Tafiani, 2018).....	66
Fig.IV.3 les murets.....	67
Fig. IV.5: technique de cordons en pierre sèches (Roy et al, 2007).....	67
Fig.IV.6 : technique des seuils en gabions (cliché Bettassa et Tafiani, 2018).....	69
Fig.IV.7 :(a) technique de reboisement (cliché Bettassa et Tafiani, 2018), (b) reboisement aux alentours de la cuvette du barrage de Harreza	71
Fig.8.IV..Schéma présentant un partie des différents types de recharge artificielle dans différents environnements hydrogéologiques (d’après Gale et al ;2002,pettenati , 2007)....	73
Fig.9.IV. fonctionnement de chasse d’un barrage. (Remini.B, 1997).....	75
fig.IV.10 :(a) liste des barrages envases, (b) Drague suceuse au cours du dévasement de la retenue de Zardezas (Rezoug.y, 1997).	76
Fig.IV.11 barrage d’ouled Melouk.....	76

Liste des photos

Photo.II.1 :le barragede Ghrib.....	32
Photo.II.2 :Le barrage de Harreza.....	33
Photo.II.3 Le barrage de SMBT.....	34
Photo.II.4 : le barraged’Ouled Mellouk	35
Photo.II.5 :Le barrage de Deurdeur	36

Liste des tableaux

Tableau.II.1 consistance administrative	22
Tableau.II.2 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya Ain Defla	27
Tableau .II.3 liste des barrages de la wilaya d'Ain Defla	31
Tableau.II .4 Caractéristiques hydrotechniques du barrage Ghrib (2022).....	31
Tableau.II .5 Caractéristiques hydrotechniques du barrage Harreza	33
Tableau .II.6 Caractéristiques hydrotechniques du barrage SMBT.	34
Tableau .II.7 Caractéristiques hydrotechniques du barrage Oued Mellouk.....	35
Tableau. II.6 Caractéristiques hydrotechniques du barrage de Deurdeur	35
Tableau.II.7 potentialités en eaux souterraines 2018 (ANRH)	36
Tableau.II .8 de nombre de puits et forages de wilaya d'Ain Defla (2022).....	37
Tableau.III.1 : Evolution des volumes d'irrigation de GPI du Haut Cheliff. Et Amra-Abadia.....	48
Tableau.III.2 : Evolution des volumes d'irrigation de GPI (période de 2010-2020)	50
Tableau.III.3 état de réserve des barrages de la wilaya d'Ain defla pour l'année 2022	53
Tableau.III.4 types des cultures du périmètre haut Cheliff et Amra-abadia	55
Tableau .IV.1 : Etat d'envasement de quelques barrages d'Ain Defla.....	62
Tableau.IV. 02 : Les principales caractéristiques de la station d'épuration d'Ain Defla. ...	64
Tableau.IV. 3 :rapport entre l'eau et les sédiments évacués par les vannes de fond.	74
Tableau.IV.4 : vase évacuée par les vannes de fond de quelques barrages algériens durant l'année 1991-1992.	74

Table des matières

Table des matières	7
Introduction générale	1
Introduction :.....	4
I.1.Définition de la sécheresse :	5
I.2.1. Sécheresse météorologique	6
I.2.2. Sécheresses agricole :.....	6
I.2.3 Sécheresse hydrologique:	7
I.1.2.4. Sécheresse socio -économique	7
I.3. Problèmes d'approvisionnement en eau :.....	8
I.4. les zones les plus touchées par la sécheresse dans le monde :	9
I.5. Historique de la Sécheresse en Algérie :	9
I.6. Indices de sécheresse :	11
I.7. Conséquences des sécheresses :.....	11
I.8. Causes de sécheresse.....	13
I.9. Impacts de la sécheresse par secteurs :.....	13
I. 9.1. Sur le secteur des ressources en eau :	13
I.9.2. Sur le secteur agriculture des forêts et de la biodiversité :	14
I.9.3. Sur le secteur de la santé et de la population :	15
I.10. Exemples des impacts de sécheresses agricoles et hydrologiques à travers le monde :15	
I. Conclusion	16
II. Introduction :.....	18
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	18
II.1.2. Situation Hydrographique de plaines du Cheliff :.....	19
II.1.3. Situation géographique de plaines du Chélif :.....	20
II.2. Localisation géographique d'Ain Defla :	21
II.2.1. Données géographiques et physiques d'Ain Defla :	22
II.2.1.1 Données physiques :	22
II.2.1.2 Consistance administrative :.....	22
II.1.2.2. Incidence du relief sur le climat :	23
II.3. Climat :.....	23
II.3.1. Précipitation :.....	23
II. 3.3. Températures :.....	24
II.3.4.Vent :	26
II.3.5.Humidité :	27
II.4. Les bassins versants exogènes:	28
II.5. Agriculture et ressources agricoles :	28
II.6. Réseau hydrographique.....	29
II.6.1. Les ressources en eau de la wilaya d'Ain Defla :	30
II.6.1.1. Sources d'eau de surface.....	30
II.6.1.1.1. Barrages et retenus collinaires.....	30
II.6.1.2. Ressources souterraines :.....	36
II.6.1.2.1. Les nappes la wilaya d'Ain Defla.....	36
II.6.1.2.2. Les forages et le puits :.....	36
II. Conclusion.....	37
III. Introduction.....	39
III.1. Données utilisées.....	39
III.1.1. Données fournies par l'office national de l'irrigation et du drainage (ONID)	39
III.1.2. Données fournies par la direction des ressources des eaux (DRE d'Ain Defla)	39
III.1.3. Données fournies par la direction des services agricoles (DSA d'Ain Defla)	39
III.1.4. Traitements des données	39

III.2. Etat des réserves des eaux de surfaces :.....	40
III.2.1. Les barrages :	40
III.3. Etat des réserves mensuelles pour les cinq barrages.....	46
III.4. Evolution de volumes d'irrigation de GPI.....	48
III.5. Effet de la température sur l'évaporation	51
III.6. Régression multiple entre la réserve d'eau du barrage et les autres facteurs.....	51
III.7. Etat des réserves des eaux souterraines.....	52
III.8. Etat des réserves de barrages Ain Defla 2022 :	53
III.8.1. Effet de sécheresse sur l'agriculture	54
III.8.2. Effet de sécheresse sur l'économie.	56
III.9. Interprétation des résultats et discussions.....	58
III. Conclusion :	59
IV. Introduction:.....	61
IV.1. Disponibilités de l'eau en Algérie du nord :	61
IV.1.1. Dans la willaya d'Ain Defla :.....	61
IV.2. Les Principaux Problèmes Hydrauliques :	62
IV.2.1. Envasement des barrages :	62
IV.2.2. Pertes par évaporation et les fuites dans les réseaux :.....	62
IV.2.3. Eutrophisation des retenues de barrages :.....	63
IV.3. Stratégie Pour Augmenter le Stockage de L'eau pour le haut et moyen Chellif :.....	64
IV.3.1. Recyclage et réutilisation des eaux usées :	64
IV.3.2. L'aménagement des bassins versants :	65
IV.3.3. Création obstacle de ruissellement :.....	65
IV.3.3.1. Végétalisation (Couverture permanente du sol) :.....	65
IV.3.3.2. Couverture vivante :	65
IV.3.3.3. Banquettes :.....	66
IV.3.3.4 Les talus :	66
IV.3.3.5 Les murets et les cordons en pierres sèches :	66
IV.3.3.6. Les terrasses :.....	67
IV.3.3.7. Captation des eaux de ruissellement :	68
IV.4. Protection des pentes contre l'érosion :	68
IV.4.1. Travaux selon courbes de niveau :	68
IV.4.2. Culture en bandes alternantes :	68
IV.4.3. Correction torrentielle :.....	68
IV.4.4. Cas des petites ravines :.....	69
IV.5. Correction par fixation biologique :	69
IV.6. Correction par des diguettes en pierres sèches :	69
IV.7. Cas des grosses ravines :.....	69
IV.8. Les principes généraux de l'aménagement des grosses ravines :	70
IV.8.1. Les barrages en gabions :	70
IV.8.2. Les seuils en maçonnerie :	70
IV.9. Reboisement et choix des espèces.....	70
IV.10. Réalisation des petits barrages et retenues collinaires :	71
IV.11. Utilisation de la Recharge artificielle des nappes	72
IV.12. la technique du soutirage.....	73
IV.12.1. La technique de chasse du barrage:	74
IV.12.2. Principe de la technique	74
IV. Conclusion :	78
Conclusion générale.....	80
Références bibliographiques	83

Liste des abréviations

ANRH: Agence national de ressources en eaux

FAO: Food and Agricultural Organisation

Max: Maximum

Min: Minimum

Moye : Moyenne

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage

DSA : direction des services agricoles

AEP : l'alimentation en eau potable ou pour l'irrigation

SMBT: Sidi M'Hamed Ben Taïba

OM: Ouled Mellouk

DRE : direction de ressources en eau

GPI : grand périmètre d'irrigation

ORSEC : organisation de la réponse de sécurité civile

CNULCD : convention des nations unies sur la lutte contre la désertification

AEI : alimentation en eau d'irrigation

SRI : indice standardise indice de ruissellement

SPI : indice de précipitation standardisa

SPEI : précipitation standardisées l'indice d'évapotranspiration

EQ/Hab. : capacité de traitement (Equivalent/ Habitons)

Mm/an : millimétré par année

Qx/ha : Quintal par hectare

T MIN REMP : Température minimale de remplissage

T MAX REMP : Température maximale de remplissage

C° : Degré Celsius

M3/h : Mètre cube par heure.

Ha : Hectare

Km2 : Kilomètre carrée

Hm3 : Hectomètre cube

hm3 /an:Hectometer cube par an.

Mm : Millimètre

M : Mètre.

M /s : Mètre par seconde

M3/j : Mètre cube par jour

ANBT : Agence Nationale des Barrages et des transferts

SIG : Système d'Information Géographique

OMM : Organisation Météorologique Mondiale

STEP : station d'épuration Des eaux usées

Résumé

Le présent projet a pour but de traiter un sérieux problème qui est la sécheresse. Ce phénomène menace ces derniers temps les terres agricoles comme le cas du haut et moyen Cheliff représenté par la wilaya de Ain Defla. A travers cette étude, nous avons traité l'impact de ce fléau sur les ressources en eau et terres agricoles. Les résultats ont montré que les ressources en eau ont été touchés par la sécheresse. En effet, les réserves d'eau au niveau des cinq barrages ont connu une perturbation inquiétante, certains barrages comme le Harreza et Ouled Mellouk se trouvent à leurs niveaux minimums chose, qui peut mettre leurs suretés en danger. De plus, les deux périmètres de Haut Cheliff et Amra Abadia n'ont rien bénéficié de leurs réserves.

L'analyse de la régression linéaire multiple entre la réserve d'eau du barrage de Harreza et les autres facteurs tels que la pluie, la température, l'évaporation, la vitesse de vent et l'humidité montre une bonne corrélation ($R^2 = 0.9603$).

La production agricole dépend de la disponibilité des ressources en eau. De ce fait, l'analyse des données pour les deux périmètres de haut chellif et Abadia confirme l'impact de la sécheresse sur la réduction des surfaces irriguées, le nombre d'irrigants et le rendement par rapport aux années précédentes malgré qu'il y a plus 3760 points d'eaux entre forages et puits répartie sur tout le territoire de la wilaya d'Ain Defla.

Des mesures de conservation doivent être appliquées dans le bassin versant et les ouvrages de rétention afin d'augmenter le stockage de l'eau.

Mots clés : sécheresse, haut et moyen Chélif, Ain Defla, barrage, périmètre d'irrigation

Abstract

This project aims to address a serious problem that is the drought. This phenomenon threatens lately the agricultural lands as the case of the upper and middle Cheliff represented by the wilaya of Ain Defla. Through this study, we have dealt with the impact of this plague on water resources and agricultural land. The results showed that the water resources were affected by the drought. Indeed, the water reserves at the level of the five dams have experienced a disturbing disruption. Some dams, such as Harreza and Ouled Mellouk, are at their minimum levels, which may put their safety at risk. In addition, the two perimeters of Haut Cheliff and Amra Abadia have not benefited from their reserves.

The multiple regression analysis between the water reserve of Harreza dam and other factors such as rainfall, temperature, evaporation, wind speed and humidity shows a good correlation ($R^2 = 0.9603$).

Agricultural production depends on the availability of water resources. Therefore, the analysis of data for the two perimeters of Haut Chellif and Abadia confirms the impact of drought on the

reduction of irrigated areas, the number of irrigators and the yield compared to previous years, despite the fact that there are more than 3760 water points between boreholes and wells distributed throughout the territory of the wilaya of Ain Defla.

Conservation measures should be implemented in the watershed and retention structures to increase water storage.

Keywords: drought, upper and middle Chelif, Ain Defla, dam, irrigation perimeter

ملخص

يهدف هذا المشروع إلى معالجة مشكلة خطيرة وهي الجفاف. هذه الظاهرة تهدد في الآونة الأخيرة الأراضي الزراعية مثل حالة الشليف العلوي والمتوسط ممثلة بولاية عين الدفلة. من خلال هذه الدراسة ، تعاملنا مع تأثير هذا المشكل على موارد المياه والأراضي الزراعية. وأظهرت النتائج تأثير الموارد المائية بالجفاف. وبالفعل ، تعرضت احتياطيّات المياه على مستوى السدود الخمسة إلى اضطراب مزعج. بعض السدود ، مثل حريزة وأولاد ملوك ، في أدنى مستوياتها ، مما قد يعرض سلامتها للخطر. بالإضافة إلى ذلك ، لم يستفد محيطي اعالي الشلف والعامرة العبادية من احتياطيّاتهما.

يوضح تحليل الانحدار المتعدد بين احتياطي المياه في سد حريزة وعوامل أخرى مثل هطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخّر وسرعة الرياح والرطوبة ارتباطاً جيداً. ($R^2 = 0.9603$)

يعتمد الإنتاج الزراعي على توافر الموارد المائية. وعليه فإن تحليل البيانات لمحيطي الشلف والعامرة العبادية يؤكد أثر الجفاف على تقليص المساحات المروية وعدد المرويّات والمحصول مقارنة بالسنوات السابقة رغم وجود أكثر من 3760 نقطة مياه. بين الآبار المنتشرة في جميع أنحاء إقليم ولاية عين الدفلة.

يجب تنفيذ تدابير الحفظ في مستجمعات المياه وهياكل التخزين لزيادة تخزين المياه.

الكلمات المفتاحية: الجفاف ، الشليف العلوي والوسطي ، عين الدفلة ، السد ، محيط الري

Introduction générale

Introduction générale

La sécheresse peut être définie comme un phénomène naturel dû essentiellement à un déficit des précipitations qui, associé à d'autres facteurs climatiques (températures élevées, vents forts, hydrométrie faible, etc.), provoque, s'il est prolongé dans le temps, une diminution du ruissellement des cours d'eau et de l'humidité des sols et un renouvellement insuffisant des aquifères (**Mohamed Safar Zitoun ; 2006**). Parmi les facteurs environnementaux qui sont en interaction avec les cultures, la grande variabilité des conditions climatiques constitue sans doute la caractéristique la plus spécifique aux régions arides et semi-arides (**Yacoubi et al., 1999**). En effet, la sécheresse y revient de façon systématique, mettant au second plan les autres contraintes au développement de l'agriculture. Ce phénomène est amplifié par l'action néfaste de l'homme sur l'environnement. La sécheresse n'est donc pas seulement météorologique mais aussi hydrologique en termes de remplissage des barrages et de renouvellement des nappes, agricole en termes de production agricole et animale, environnementale en termes de destruction des équilibres naturels ou encore socio-économique lorsqu'il y a impact négatif sur les facteurs de production et la vie de l'homme. (**Safar Zitoun.M ; 2019**). Une meilleure connaissance de ce phénomène devient indispensable pour pouvoir élaborer des stratégies à même d'en atténuer les effets. Il existe donc plusieurs types de sécheresse : La sécheresse météorologique ; La sécheresse agricole ; La sécheresse hydrologique et La sécheresse socio-économique. L'Algérie est un pays situé au Nord de l'Afrique. Son climat est essentiellement semi-aride mais subit aussi une influence méditerranéenne importante. Or, les régions semi-arides et méditerranéennes devraient être plus vulnérables aux changements climatiques, en partie à cause de leur grande variabilité climatique intrinsèque (**Singla et al. 2009**).

La partie de l'Algérie la plus dépendante des précipitations ne représente que 13 % de la superficie totale du pays, C'est aussi la plus dense en population, celle qui concentre les meilleurs sols, les ressources en eau renouvelables, la faune et la flore les plus remarquables du pays. C'est dans cette zone que se concentrent les activités économiques hors hydrocarbures et les infrastructures de base les plus importantes (**Plan National Sécheresse Algerie ;2019**).

La sécheresse associée à d'autres aléas climatiques tels que la canicule et les vagues de chaleur (ou de froid), joue toujours un rôle perturbateur et ses impacts sur les secteurs économiques sont souvent immédiats (**OMM**). Notre zone d'étude fait partie du bassin Cheliff-Zahrez, elle est située dans la partie nord-ouest de l'Algérie, et s'étend de l'étranglement qui le sépare du sous bassin à l'amont du barrage de Boughzoul jusqu'au seuil de Boukadir, qui le sépare du bas Cheliff et de la Mina. Cette zone, regroupes-en tout, onze sous bassins versants, L'ensemble constitue notre bassin versant « haut et moyen Cheliff » (**ABH ;2004**). Ce bassin est confronté à un grave problème de

Introduction générale

dégradation du sol qui provoque l'envasement de la plupart des barrages en particulier Ghrib et Oued Fodda qui représentent à eux seuls environ le tiers de l'envasement total des barrages algériens (**Boudjadja. A et al ; 2003**).

Cette étude s'intéresse alors, aux problèmes de la sécheresse sur les ressources en eau et l'agriculture dans le bassin versant du haut et moyen Cheliff en prenant Ain defla comme cas d'étude.

La présente étude a pour objectif de discuter l'effet de sécheresse sur les ressources en eau et sur l'agriculture de haut et moyenne Cheliff. L'évaluation de la sécheresse fournit des informations précieuses aux planifications des ressources en eau pour faire face aux conséquences de la sécheresse. Pour cela, nous allons traiter cette problématique à travers les chapitres suivants :

- ❖ Le premier chapitre, on dresse un aperçu bibliographique afin de préciser le contexte général de ce travail qui rappelle brièvement les concepts et connaissances de base nécessaires à la compréhension du sujet traité « impact de la sécheresse sur les ressources de l'eau et l'agriculture ».
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à une description générale de la zone d'étude « caractéristiques de milieu naturel, et milieu physique », ainsi que les conditions climatiques, la géographique, hydrographique, et la localisation de la wilaya d'Ain Defla par rapport au bassin de haut et moyen Chellif.
- ❖ Le troisième chapitre présente la démarche méthodologique adopté dans ce travail. Il contient d'abord une description des méthodes utilisées consacrées aux collectes et aux traitements, statistique des données d'exploitation des barrages durant les dix ans et l'état de réserve des eaux souterraine puits et forages ainsi que leurs interactions sur l'agriculture.
- ❖ Le quatrième chapitre, traitera les résultats et discussions avec la stratégie adoptée pour augmenter le stockage de l'eau.

Enfin le présent travail, terminera par une conclusion générale.

Chapitre I:

Recherche bibliographique

Introduction :

La sécheresse est une des conditions climatiques extrêmes affectant plus de personnes que toute autre forme de catastrophe naturelle (**Wilhite, 2000**). L'occurrence, depuis les dernières décennies, d'importantes sécheresses occupant de grands territoires sur tous les continents souligne l'importance de ce phénomène (**Beaudin, 2007**). Les pays en voie de développement tout comme les pays industrialisés en sont touchés. Alors que les effets peuvent être désastreux, voir mortels dans les pays sous-développés, les conséquences associées aux sécheresses dans les pays industrialisés sont plutôt d'ordre économique, environnemental et social. Selon Obassi (1994), près de 1,3 milliards en sont mortes de causes directes ou indirectes. L'évaluation et la prévision de la sécheresse fournit des renseignements précieux pour les planificateurs des ressources en eau et les décideurs politiques pour faire face aux conséquences de la sécheresse. En raison de la relation complexe entre les différents facteurs physiques qui participent à l'occurrence et à la persistance de la sécheresse, il est difficile de donner une définition précise de la sécheresse. C'est une des principales raisons pour lesquelles les décideurs et les planificateurs des ressources en eau ont des difficultés à reconnaître et à planifier les périodes de sécheresse. Par conséquent, la gestion de la sécheresse repose sur les indices statistiques pour décider quand commencer la mise en œuvre des mesures de conservation de l'eau ou d'atténuation (**Khadr et al. 2009**). Plusieurs indices ont été proposés par les chercheurs pour quantifier la sévérité de la sécheresse qui sont liés à des variables hydrométéorologiques. Parmi les indices de sécheresse les plus populaires on a : l'indice Palmer (**Palmer, 1965**), l'indice de l'approvisionnement en eau de surface (**Shafer et Dezman, 1982**), l'indice standardisé de précipitation (**McKee et al., 1993**), l'indice de sécheresse effective (**Byun et Wilhite, 1999**), l'indice de sécheresse des débits (**Nalbantis et Tsakiris, 2009**), l'indice hydrologique normalisé (**Sharma et Panu, 2010**), l'indice normalisé de l'évapotranspiration maximale (**Vicente-Serrano et al., 2010**), l'indice régional de la zone de sécheresse (**Fleig et al., 2011**) et indice agricole de référence de la sécheresse (**Woli et al., 2012**). Chaque indice a ses propres forces et faiblesses. Mishra et Singh (2010) ont fait un examen exhaustif des différents indices de sécheresse résumant leur utilité et les limites. Par ailleurs, une bonne critique sur les indices de sécheresse base de télédétection est donnée par Bayarjargal et al. (2006) et Niemeyer (2008). Parmi tous les indices de sécheresse, l'indice standardisé de sécheresse (SPI) est le plus populaire dans la caractérisation de la sécheresse météorologique. Cet indice est largement utilisé à travers le monde pour l'analyse de la

sécheresse surtout météorologique (Hayes et al., 1999; Wu et al., 2004; Pashiardis et Michaelides, 2008; Ibrahim et al., 2010; Tirandaz et Eslami, 2012; Jacobi et al., 2013; Jouilil et al., 2013). L'indice standardisée de sécheresse présente des avantages en termes de cohérence statistique, et à la capacité de décrire à la fois à court terme et à long terme les impacts de la sécheresse à travers les différentes échelles de temps. La nature probabiliste de l'indice standardisée de sécheresse lui permet d'être comparable entre les différents sites (Mirabbasi et al. 2013). Certains scénarios des changements planétaires indiquent que l'occurrence et l'impact des sécheresses risquent d'augmenter dans les années à venir (Watson et al. 1997). Dans un tel contexte climatique, il est indispensable de pouvoir analyser les séquences de sécheresse météorologique en vue de proposer aux populations des mesures d'atténuation ou d'adaptation au cas échéant. C'est dans ce cadre que la présente étude a été initiée dans l'extrême nord-ouest de la Côte d'Ivoire. Cette région est une zone pâturage et de forte production agricole et elle est sujette depuis plusieurs années à des déficits pluviométriques.

I.1. Définition de la sécheresse :

Si le concept de sécheresse n'est pas universellement défini aujourd'hui (Tate et Gustard, 2000), mais les conditions arides peuvent être décrites comme une ou plusieurs composantes du cycle hydrologique sont significativement déficitaires en eau. Ce manque d'eau est généralement dû à des précipitations trop faibles (Alley, 1984 ; Chang et Cleopa, 1991) sur une période donnée, par rapport à l'apport moyen observées durant cette période et ont directement influencé différents régimes alimentaires compartiments du bassin versant (surface, sol et aquifères). Si les précipitations trop faibles ou absentes depuis longtemps, l'apport d'eau à la surface le sol et les couches profondes du sol sont ainsi réduits, l'eau peut également être utilisée dans les cours d'eau et/ou la végétation déficitaire. A cet effet, trois grandes catégories de sécheresse sont définies initialement proposées.

La sécheresse doit être considérée par rapport:

- A certaine condition moyenne à long terme du bilan final des précipitations et

De l'évapotranspiration dans une région particulière.

- L'échelle temporelle.
- A l'efficacité des précipitations.

I.2. Type de sécheresse :

I.2.1. Sécheresse météorologique

La sécheresse météorologique se caractérise par des précipitations insuffisantes, solides et liquides (**Palmer, 1965 ; Keyantash et Dracup, 2002 ; Boken, 2005**). Donc c'est un temps qui varie d'année en année, même dans les cas extrêmes, plusieurs années, au cours desquelles les précipitations sont inférieures à la normale. Le temps sec est souvent déclenché par des anomalies persistantes température de surface de la mer à grande échelle (**Bjerknes, 1969 ; Rasmusson et Wallace, 1983 ; Folland et al. 1986 ; Lamb et Pepler, 1992 ; Ting et Wang, 1997 ; Trenberth et Shea, 2005**).

I.2.2. Sécheresses agricole :

Les sécheresses agricoles (ou des sols) sont caractérisées par des déficits liés à la sécheresse réserves d'humidité du sol. C'est une période de forte teneur en humidité du sol en dessous de sa moyenne, ce qui a un impact direct sur la végétation, naturelle ou cultivée (**Palmer, 1965 ; Rosenberg, 1978 ; Wilhelmi, 2002**). Ces sécheresses sont généralement causées par l'accumulation de précipitations sous la normale (**Narasimhan et Srinivasan, 2005**), ou distribution des schémas horaires plus irréguliers (c'est-à-dire moins fréquents mais plus de pluie forte, phénomène souvent observé autour de la Méditerranée), mais peut parfois causé par des taux d'évapotranspiration plus élevés (**Klocke et Heggert, 1990 ; Rinde et al., 1990 ; Hanson, 1991 ; Vicente-Serrano et al., 2010**) ou Le processus de ruissellement est plus intense que la normale saisonnière.

La sécheresse agricole a souvent de graves conséquences sur la production Agriculture (**Panu et Sharma, 2002**).



Fig.I.1: Sécheresse des cultures : (meirone, 2020)

I.2.3 Sécheresse hydrologique:

Les sécheresses hydrologiques peuvent à la fois définir le débit d'un cours d'eau comme trop faible mais peuvent aussi représenter le fait qu'un réservoir du sol ou du sous-sol n'est pas suffisamment réalimenté. Ainsi, les sécheresses hydrologiques dépendent du degré d'approvisionnement en eaux de surface et en eaux souterraines des lacs, réservoirs, aquifères et cours d'eau (**Yevjevich, 1967 ; Dracup et al. 1980 ; Tallaksen et al. 1997**). L'impact d'une sécheresse hydrologique est important sur les activités humaines, puisqu'elle va avoir de fortes conséquences sur l'irrigation, les activités touristiques, la production d'énergie hydroélectrique, les transports (dans certains pays), l'alimentation en eau domestique et la gestion/protection de l'environnement. Pour Linslet et al.(1975), la sécheresse hydrologique est d'ailleurs définie comme la période durant laquelle le débit des cours d'eau n'est pas suffisant pour répondre convenablement aux besoins en eau établis par le système de gestion de l'eau local.



Fig.I.2 : pénurie d'eau dans les vallées (Barrage de Keddara)

I.1.2.4. Sécheresse socio -économique

La sécheresse socio-économique comprend des impacts économiques et sociaux formes antérieures (famine, baisse de la production agricole, Bétail, hausse des prix des produits de première nécessité, soucis de santé personnes, animaux, etc.). Ce formulaire traité à haut niveau (gouvernement) Selon son acuité, déclencher le plan ORSEC (Organisation de la réponse de sécurité civile) mettre en œuvre fonds de soutien et de compensation des actions de solidarité nationale ainsi que des campagnes de sensibilisation internationales et publiques.



Fig. I.3: la situation est catastrophique dans de nombreux pays d'Afrique 2017

La sécheresse socio-économique est une forme de choc approvisionnement interne, c'est-à-dire des perturbations graves causées par des événements incontrôlés pays, qui a un impact significatif sur les variables économiques nationales. Le schéma suivant montre la relation entre les différents types de la sécheresse et ses effets. Sécheresses météorologiques limitées dans le temps (*Par exemple en automne*) peut entraîner des sécheresses agricoles prolongées (*par exemple, début de cycle saisonnier*) suivi une sécheresse hydrologique persistance dans le temps (annuelle si le débit dans le barrage est faible).

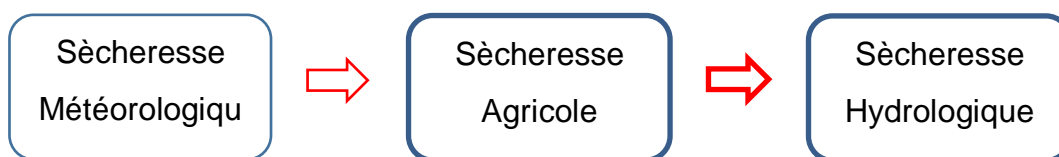


Fig. I.4. Types de sécheresse

I.3. Problèmes d'approvisionnement en eau :

En période de sécheresse, la demande en eau a tendance à augmenter. L'eau domestique est à la fois quantitative et qualitative.

Selon les statistiques de 1994-1995, la ressource en eau mobilisable en Algérie est de 14,43 km³/an. Cette valeur est inférieure à la normale si l'on tient compte de la capacité de la plupart des pays Méditerranéens dont la population est légèrement supérieure voire inférieure à l'Algérie. Cette situation a entraîné des restrictions et des coupures d'approvisionnement en eau potable dans de nombreux centres urbains, en particulier dans les grandes villes comme Oran et Alger. Ces restrictions sont devenues plus strictes après la sécheresse des deux dernières décennies.

I.4. Les zones les plus touchées par la sécheresse dans le monde :

Des épisodes de sécheresse peuvent toucher n'importe quel pays qui réunit les conditions climatiques suivantes : baisses des précipitations pendant une certaine durée accompagnée de températures élevées. Certaines zones sont plus vulnérables que d'autres et seules zones polaires et subpolaires sont épargnées par la sécheresse car elles sont entièrement recouvertes de glace. Parmi les zones les plus touchées par des périodes de sécheresse, on compte les zones tropicales et subtropicales situées au niveau des tropiques du Cancer et du Capricorne. Ce sont en effet les zones qui ont le climat le plus chaud et sec. Les sécheresses les plus marquantes de ces dernières années concernent le Sahel, la Corne de l'Afrique, le Mexique, le nord-est du Brésil, certaines zones de Chine, d'Inde et de Russie, ainsi que l'Europe du Sud-est. Et c'est dans les zones arides que l'on trouve les pays les plus vulnérables comme l'Afrique et l'Asie occidentale.

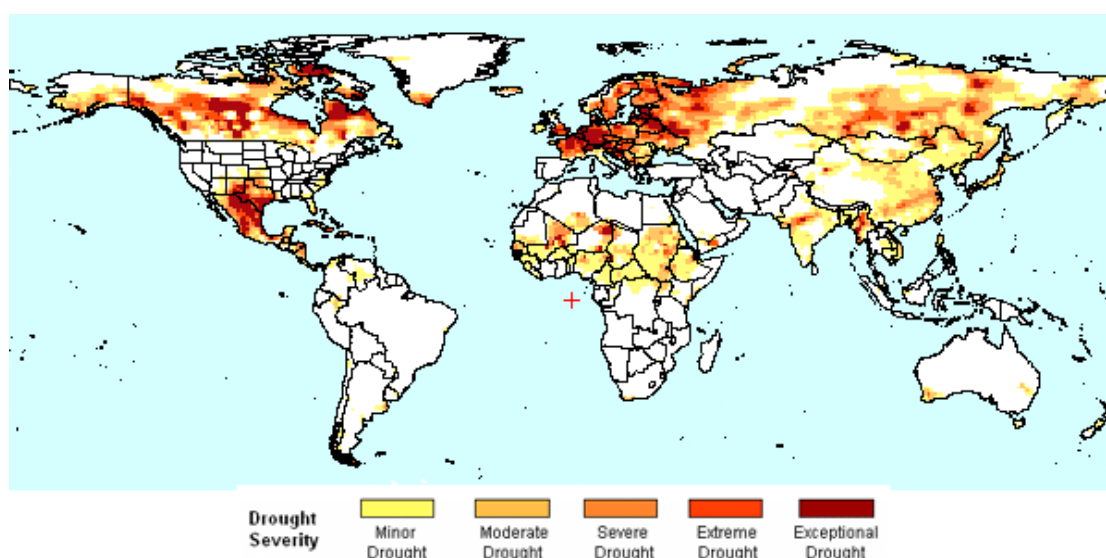


Fig.I.5 : La sécheresse dans le monde sur les 3 dernier mois (16 février -14 mai 2011) (sécheresse exceptionnelle au texas, 2011)

I.5. Historique de la Sécheresse en Algérie :

La sécheresse en Algérie La partie de l'Algérie la plus dépendante des précipitations ne représente que 13 % de la superficie totale du pays. C'est aussi la plus dense en population, celle qui concentre les meilleurs sols, les ressources en eau renouvelables, la faune et la flore les plus remarquables du pays. C'est dans cette zone que se concentrent les activités économiques hors hydrocarbures et les infrastructures de base les plus importantes. C'est aussi sur cette bande septentrionale, qui s'étend du Maroc à

la Tunisie et que limite au nord la Méditerranée et au sud l'isohyète 200 mm, que s'observent les différentes formes de sécheresse. Ainsi, une certaine disparité existe d'ouest en est et du nord vers le sud. La frange littorale que stoppe l'Atlas tellien au sud, et dont la largeur est de 100 à 150 km, est la zone la plus arrosée, avec une augmentation des moyennes annuelles d'ouest en est (de 400 à plus de 1000 mm / an). Entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien se trouve une large bande de 300 à 350 km contenant les hautes plaines céréalières, la steppe présaharienne à vocation pastorale et les bassins endoréiques les plus caractéristiques. C'est une zone où prédominent les eaux souterraines. La pluviométrie y est entre 100 et 400 mm et la sensibilité à la désertification particulièrement importante. Le seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an place l'Algérie parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques. La disponibilité en eau théorique qui était de 1500 m³ hab. /an en 1962 va passer en dessous du seuil théorique de rareté dans les années 1990 et ne sera que de 430 m³ en 2020. Cette disponibilité ramenée aux ressources en eau mobilisables serait encore plus réduite. Pour parvenir à une sécurité alimentaire satisfaisante, il faudrait disposer entre 15 et 20 milliards de m³ par an dont 70% pour l'agriculture, soit 3 à 4 fois la mobilisation actuelle (5 milliards de m³ d'eau par an). (**World bank**) Cette situation de rareté de la ressource est aggravée de manière cyclique par la sécheresse. « Ce qui impliquera ipso facto entre les différents utilisateurs des conflits sérieux qui nécessiteront immanquablement des arbitrages difficiles pour les pouvoirs publics, et ce d'autant plus que les besoins en alimentation en eau potable (AEP) seront multipliés par 2,5 environ en vingt-cinq ans et qu'ils représenteront pratiquement 40 % des ressources mobilisables vers l'an 2025 » Le Sahara qui occupe les 87 % du pays est un territoire particulièrement aride et faiblement impacté par les précipitations, sauf pour le massif du Hoggar et du Tassili où les rares pluies apportées par la remontée du front intertropical de convergence en saison des pluies (juillet, août) viennent alimenter épisodiquement les poches d'eau des massifs volcano-granitiques et les nappes d'inféro-flux fort utiles à la population en occasionnant certaines années des inondations souvent destructrices. L'Algérie dans sa totalité et plus précisément le Sahara subit toutefois en période estivale des vagues de chaleur et canicules importantes en intensité et en durée. L'été 2018 a été l'année des records de températures élevées dans le Monde. En Algérie, des pics de chaleur avoisinant les 60 degrés Celsius ont été observés à In Salah et Adrar. Cette canicule à l'échelle du globe a eu des conséquences négatives sur la santé humaine et animale et

provoqué des effets inattendus tels que la flambée des prix des céréales sur le marché mondial due à une diminution importante de la production sous l'impact de la sécheresse l'année 2019s'annonce aussi difficile. (**safar-zitoun, 2019**).

L'Algérie a connu durant les 25 dernières années une période de sécheresse intense et persistante caractérisée par un déficit pluviométrique important évalué à près de 30% sur l'ensembles du pays.

Durant l'année 2001-2022 ce déficit a été de 50%

- Cette sécheresse a eu un impact négatif sur :
- Les régimes d'écoulement des cours d'eau
- Le niveau de remplissage des réservoirs de barrages
- La recharge des nappes souterraines.

I.6. Indices de sécheresse :

La sécheresse largement utilisés dans la littérature différents types de sécheresse ; indice SPI (indice de précipitation standardisé) présentation de la sécheresse météorologique, indice SPEI (précipitations standardisées l'indice d'évapotranspiration) représente la sécheresse agricole et l'indice SRI (indice standardisé indice de ruissellement) montrant la sécheresse hydrologique. Différentes caractéristiques Sécheresse ; fréquence, durée, gravité et temps entre les arrivées pour analyse Événements de sécheresse passés et futurs prévus. La durée est définie nombre de mois en tant que valeur pour SRI, SPI ou SPEI toujours en dessous d'un seuil défini (**Agnew, 2000; Svoboda et al. 2002**). Gravité est la somme absolue des valeurs négatives le long de la durée de l'événement la sécheresse (**Dracup et al. 1980**) tandis que le passage du temps sépare le début de l'événement La sécheresse et le début de l'événement suivant sont définis comme le temps inter-arrivée (**Shiau, 2006**).

I.7. Conséquences des sécheresses :

La sécheresse est la catastrophe naturelle la plus coûteuse et la plus meurtrière de notre époque. La décision d'en atténuer les effets relève en dernier ressort du pouvoir politique. Il appartient aux gouvernements de tous les pays exposés à ce fléau d'élaborer et de mettre en œuvre, en les adaptant au contexte national, des politiques de lutte contre la sécheresse axée sur les alertes précoces, la prévention et la gestion des risques, a fait valoir le Secrétaire exécutif de la CNULCD, Luc Gnacadja. « Le coût des interventions a posteriori est bien plus élevé que celui de la gestion des risques et

des mesures d'anticipation. Aussi faut-il agir sans attendre les prochaines sécheresses et leur cortège de famines et de décès. » a-t-il ajouté. Les principales conséquences de la sécheresse sont :

- Sur la population : la santé des enfants et des personnes âgées est très fragile et sensibles aux fortes chaleurs car ils n'ont pas le réflexe, ni l'envie de boire pour lutter contre leur déshydratation qui peut tuer ;
- Sur la faune : de même que pour la population, un manque d'eau affecte les poissons vivant dans l'eau, mais aussi les animaux qui s'abreuvent aux points d'eau ;
- Sur les forêts : la sécheresse va rendre les arbres plus secs et déshydratés ce qui peut causer leur mort. De plus, une végétation très sèche sera propice aux départs de feux ;
- Sur l'agriculture : l'irrigation des cultures (tel que le blé en France) est affectée par la sécheresse car les réserves d'eau sont faibles ;
- Sur les sols : en automne, les sols asséchés, qui ont pourtant besoin de se recharger en eau, ne vont plus pouvoir absorber les précipitations, créant des inondations et glissement de terrain ;
- Sur les réserves d'eau potable : l'alimentation et l'évacuation des eaux ménagères ne se font pas correctement, car le niveau des rivières, des fleuves et des nappes est très bas. Dans certaines zones rurales, l'eau est rationnée ou coupée ;
- Sur la production d'électricité : l'eau est utilisée pour refroidir certaines centrales nucléaires, elles sont donc mises à l'arrêt pendant les sécheresses et périodes de canicule alors que la demande en électricité augmente : climatisation, ventilateur, réfrigérateur qui nécessitent beaucoup d'électricité.
- Les conséquences de la sécheresse peuvent perdurer longtemps après le retour des pluies : denrées alimentaires rares et chères, ressources en eau peu abondantes, sols érodés et bétail affaibli, sans parler des conflits juridiques et sociaux qui peuvent persister des années durant.
- Les sécheresses sont souvent suivies d'inondations de grande ampleur qui surprennent les populations au moment où elles sont les plus vulnérables, entraînant un surcroît de souffrances. (safar-zitoun, 2019).

I.8. Causes de sécheresse

Le manque d'eau est la principale cause de la sécheresse. Lorsque l'hiver ou le printemps n'ont pas été suffisamment pluvieux, les réserves d'eau (superficielles ou souterraines) ne sont pas assez remplies. Le manque d'eau accompagné de températures élevées – en été – va accentuer le phénomène de sécheresse car il y aura davantage d'évaporation et de transpiration des plantes (évapotranspiration) ce qui assèche les sols. Pour être dans des configurations de sécheresse, il faut donc qu'un certain type de temps persiste. Les dépressions sont des phénomènes climatiques (des masses d'air froides et humides ascendantes) qui engendrent des précipitations. Les anticyclones (masses d'air descendantes) vont favoriser l'apport d'air chaud et sec, donc pas de précipitations. Ainsi, pour être dans un état de sécheresse, il faut qu'un anticyclone soit présent pendant une certaine période de temps. Le manque d'eau et les températures élevées sont des causes naturelles de la sécheresse. Toutefois, les activités humaines vont accentuer la sécheresse. En effet, le manque d'eau va créer un déficit dans les réserves et si ces dernières sont mal gérées, la sécheresse sera d'autant plus marquée. L'agriculture, les usines, et les habitations nécessitent un apport en eau important. Seulement, tout n'est pas « nécessaire » à l'Homme et trop souvent, les consommations sont excessives. En outre, les cultures ne sont pas toujours adaptées au terroir et aux conditions climatiques locales, de sorte qu'elles vont épuiser la ressource en eau tout en nécessitant une importante irrigation, comme l'illustre le maïs en France qui est cultivé dans des zones bien trop sèches et donc inadaptées. Ainsi, des restrictions d'eau doivent être mises en place pour ne pas abaisser encore plus le niveau des nappes phréatiques et les cours d'eau qui étaient déjà déficitaires. (safir-zitoun, 2019).

I.9. Impacts de la sécheresse par secteurs :

La sécheresse et d'autres aléas climatiques tels que les vagues de chaleur et Les canicules (ou rhumes), qui jouent toujours un rôle destructeur et leurs effets Les effets sur les secteurs économiques ont tendance à être immédiats.

I. 9.1. Sur le secteur des ressources en eau :

1. La réduction des apports des barrages et des lacs conduira à réduction des réservoirs dans les réservoirs naturels (lacs) et artificiels (barrages) et perturbent la distribution de l'eau zones de cueillette et périphéries d'irrigation.

2. Des précipitations insuffisantes réduiront le taux de mise à jour eaux souterraines et favoriser la surexploitation et/ou Exploitation excessive des eaux souterraines.

3. Écart de la demande en eau causé par deux points L'ancien pays était confronté à une demande agricole accrue et AEP/AEI mettra plus de pression sur le développement Aquifères renouvelables ou non renouvelables (fossiles).

4. Détérioration de la qualité de l'eau due à l'affaiblissement La dilution des contaminants amplifie la contamination des stocks Eaux de surface et eaux souterraines.

5. L'approvisionnement en eau est interrompu et l'eau manque souvent Il doit y avoir un compromis entre les groupes de consommateurs et les groupes de consommateurs Diffusion mobile.

I.9.2. Sur le secteur agriculture des forêts et de la biodiversité :

1. Déficit pluviométriques saisonniers associés à la rareté de l'eau et Une augmentation de la température va :

- Réduire l'humidité du sol,
- Entraver la croissance des plantes,
- Réduction des rendements des cultures et des pâturages o Mise en danger du bétail. (safar-zitoun, 2019)

2. Arbres, bois, maquis et Prairie va :

- D'une part, l'aggravation des feux de forêt, l'érosion éolienne et sédiments éoliens.
- Biodiversité affectant la flore et la faune Migration et extinction des populations fauniques certaines espèces.
- Affecte certains criquets transfrontaliers, en déclenchant Processus de collectivisation, après réduction La flore verte (invasion 2004-2005) provoque, et Les criquets se concentrent sur ce qui reste. Une fois la nourriture complètement épuisée, les criquets quittent la zone pour en trouver d'autres plus Bénéfique sous forme de groupe.
- Soutenir l'expansion de l'habitat, en particulier Les criquets qui nécessitent une faible humidité.
- Dans ces domaines terreau possible Sécheresses à répétition.
- Sensibilité accrue de la faune et du bétail aux maladies Migration produit habituel ou nouveau.

- Provoque la malnutrition chez les animaux et les humains.

I.9.3. Sur le secteur de la santé et de la population :

Les sécheresses, avec ou sans canicule, peuvent provoquer :

1. L'émergence de la déshydratation et de la maladie dans la population ;
2. Épidémies dues à la malnutrition, etc. ;
3. Augmentation des maladies respiratoires et cardiovasculaires (par exemple : Allergies, hypertension artérielle.)
4. Invasion biologique.
5. Risque accru d'être mordu par des serpents, des scorpions, etc. animaux et insectes
6. Risque accru de développer de nouvelles maladies en raison de Migration des vecteurs et pathogènes.
7. Augmentation des troubles mentaux (ex. dépression, suicide) ...
8. Troubles sociaux et conflits autour des ressources naturelles (eau et nourriture).
9. Migration de population et augmentation du nombre de réfugiés climat.

3.3.4 Concernant le secteur industriel et autres secteur économique La production industrielle et d'autres secteurs de l'économie continuent de baisser Interruptions d'approvisionnement en eau et en énergie.

I.10. Exemples des impacts de sécheresses agricoles et hydrologiques à travers le monde :

Mortalité et bien-être À l'échelle internationale, le risque de mortalité due à la sécheresse est extrêmement mal notifié à l'heure actuelle et il se peut que la mortalité due à la sécheresse soit beaucoup plus élevée que les chiffres ne le laissent à penser ; en effet, de nombreuses victimes ne sont pas enregistrées ou sont attribuées à d'autres causes. Ainsi, au Mozambique, seuls 18 décès ont été signalés à l'échelle internationale entre 1990 et 2009. Pourtant, la base de données des pertes dues aux catastrophes du Mozambique fait état de 1 040 victimes pour la même période (**EM-DAT, 2010b ; INGC, 2010**). Les ménages pauvres des zones rurales dont les moyens de subsistance dépendent de l'agriculture pluviale sont plus vulnérables à la sécheresse et moins capables d'amortir et d'absorber les pertes. Parmi les conséquences figurent une pauvreté accrue, un développement humain réduit et des impacts néfastes sur la santé, la nutrition et la productivité (**de la Fuente et Dercon, 2008 ; ONU/SIPC, 2009**), un pouvoir d'achat en recul et des inégalités de revenu qui se creusent (**Rathore, 2005**).

Comme avec le peuple navajo, il est rare que les ménages pauvres des zones rurales puissent mobiliser des biens suffisants pour amortir les pertes de récoltes et de bêtes ; en outre, les sécheresses tendent à fragiliser les mécanismes de survie des ménages et des communautés car un grand nombre de ménages sont touchés simultanément et pour de longues périodes.

I. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé d'un ensemble de caractéristiques de la sécheresse et comment la suivre avec divers indices de la sécheresse, et ses causes et son impact sur divers secteurs et aussi l'impact de la sécheresse sur le monde et sur l'Algérie en particulier.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

II. Introduction :

La plaine de haut et moyenne Cheliff a été choisie comme une zone d'application de notre travail. Nous présentons ici les principales caractéristiques de la plaine, les données du milieu physique dont nous disposons.

II.1. Présentation de la zone d'étude

Situé au centre-ouest du nord de l'Algérie, le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff, occupant une superficie de 10 930 km², s'étend de l'étranglement qui le sépare du sous bassin à l'amont de Boughzoul jusqu'au seuil de Boukadir, où prend naissance le bassin du Bas Cheliff et de la Mina. Ce bassin présente un chevelu hydrographique très dense avec un réseau de l'ordre de 2 200 km d'oueds permanents et de 5 600 km d'oueds temporaires. Long de 349 km, le cours d'eau principal d'oued Cheliff résulte de la jonction des deux grands oueds Touil et Nahr Ouassel. (ABH CZ, 2004). La densité de drainage varie entre 0,57 et 1,54 km·km⁻². Les faibles valeurs caractérisent les terrains à faibles pentes qui sont surtout localisés sur les hautes plaines et résultent de faibles précipitations sur des formations perméables. Le bassin du Haut et Moyen Cheliff regroupe 11 sous bassins hydrographiques codés de 0113 à 012 de formes allongées dont les indices de compacité varient entre 1,7 pour les oueds Cheliff Tighzal et Fodda et 1,32 pour l'oued Cheliff Ghrib. (AMIAR.S et al ,2020)



Fig. II. 1. La zone de haut et moyen Cheliff (S.AMIAR et al .2020)

II.1.2. Situation Hydrographique de plaines du Cheliff :

L'Oued Cheliff, le cours d'eau le plus important de l'Algérie, la plaine est séparée de la plaine du moyen Cheliff par le seuil du D'oui qui constitue un barrage relativement étanche entre les deux bassins, l'écoulement dans le Cheliff est quasi nul, son alimentation étant essentiellement due aux irrigations s'ajouter quelque faible débit provenant des lâches du barrage Ghib, Deurdeur ou Harreza. En hiver ; les eaux issues des principaux affluents représentés par les Oueds Souffay, Boutane, Rayhane ou nord et les Oueds Deurdeur, Massine et Harreza ou sud. Sont collectées au centre de la plaine par l'Oued Cheliff qui chaine toutes les eaux du bassin versant vers l'exutoire (SOGREAH, 1984).

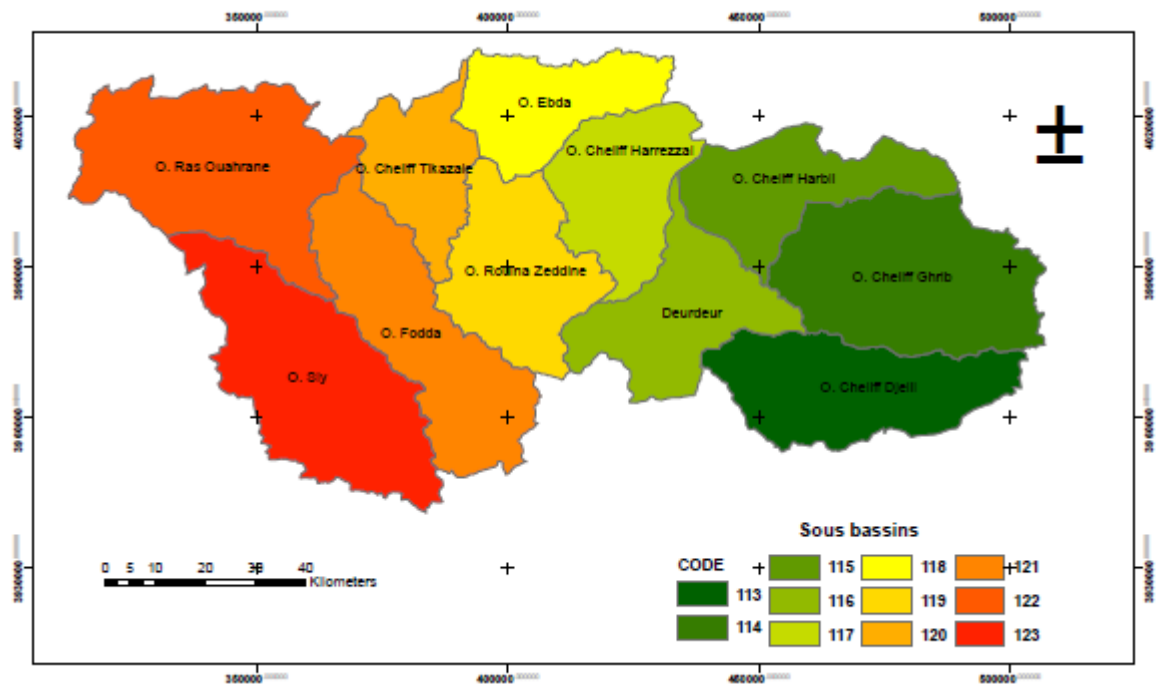


Fig. II. 3 : Carte des sous bassin du haut et du moyen Cheliff. (S.Benkaci, et al 2018)

II.2. Localisation géographique d'Ain Defla :

La région d'Ain Defla est une zone relais entre l'est et l'ouest, le nord et le sud. Le territoire de la province est encore inséré avec DAHRA ZACCAR (Zaccar Gharbi à une altitude de 1576 m et Zaccar Chergui à une altitude de 1530 m, et Dahra à une altitude moyenne d'environ 700 m, qui est DAHRA ZACCAR le plus fermé et le plus accidenté groupe) au nord et OUARSNIS (le groupe le plus accidenté). Le pic est à 1700 mètres, la plaine au centre du bassin en forme de cuvette au sud, traversée d'est en ouest par l'oued Chélif. (DSA ,2022). La province d'Ain Defla est située à 145 kilomètre au sud –ouest d'Alger, avec les zones géographiques suivantes :

- Au nord la wilaya de TIPAZA
- Au nord –est, dans la province de BLIDA
- A l'est, le territoire de MEDEA
- A l'ouest, le territoire de la CHLEF
- Au sud, la province de TISSEMSSILET. (DSA, 2022)



Fig. II. 4. Limite caractéristique et géographique de la wilaya Ain Defla (DSA)

II.2.1. Données géographiques et physiques d'Ain Defla :

II.2.1.1 Données physiques :

Le territoire de la wilaya présente une forme sensiblement hexagonale, s'étirant de l'Est vers l'ouest sur une longueur de 80 kms environ et du Nord au Sud sur une distance de 45 kms.

II.2.1.2 Consistance administrative :

Elle est formée de 14 D'airât et 36 Communes réparties comme suit :

Tableau.II.1 consistance administrative

DAIRA	COMMUNES
<i>AIN-DEFLA</i>	Ain-Defla
KHEMIS-MILIANA	Khemis-Miliana - Sidi-Lakhdar
MILIANA	Miliana - Ben-Allah
DJENDEL	Djendel - Oued-Chorfa – Birbouche
DJELIDA	Djelida - Bourached - DjemaaOuledCheikh
EL-ATTAF	El-Attaf – Tiberkanine
HAMMAM-RIGHA	Hammam-Righa - Ain-Torki – Ain-Benian
BOUMEDFAA	Boumedfaa – Hoceinia
AIN-LECHIEKH	Ain-Lechiekh - Oued-Djemaa - Ain-Soltane
B.EMIR KHALED	Bordj Emir Khaled - Tarik Ibn Ziad - BirOuldKhelifa
BATHIA	Bathia – El-Hassania – Belaas
<i>ROUINA</i>	Rouina - Zeddine - El-Maine
EL-ABADIA	El-Abadia - Tacheta - Ain-Bouyahia
EL-AMRA	El-Amra – Mekhatria - Arib

II.1.2.2. Incidence du relief sur le climat :

La wilaya d'Ain Defla se présente sous la forme d'une cuvette fermée avec une ouverture Sur l'Ouest, (elle est parfaitement matérialisée par la courbe de 500 - 600 mm de pluie/an qui Entoure la vallée sur la carte de pluviométrie). (DSA ,2022).

Au Nord et au Sud se trouvent des barrières infranchissables. Au nord se trouve L'ensemble Dahra Zaccar, c'est une barrière déterminante qui s'étire sur environ 96 Km avec Une altitude moyenne de 1000 m. Elle arrête les premières influences maritimes.L'air qui passe par-dessus ce barrage est plus sec et plus chaud. La forme en cuvette accentue la continentalité de la wilaya. L'air froid stagne plus longtemps dans la vallée en hiver, l'inversion de la température ne se fait qu'au milieu du jour, un cycle vertical se déclenche.

L'air se renouvelle difficilement, l'ouverture occidentale située au niveau du Djebel Doui laisse les vents dominants du Sud-ouest s'engouffrer dans la région.

II.3. Climat :

L'étude climatique est basée sur les données de l'office national de météorologie de wilaya d'Ain Defla et de l'agence nation des réseaux hydrographique (ANRH). Les analyses de la précipitation, la température, l'humidité, la vitesse du vent, reposent sur une période qui s'étale de 2010 à 2021.

II.3.1. Précipitation :

La plupart des eaux souterraines ont une origine météorique, c'est-à-dire qu'elles proviennent des précipitations (pluie, neige) et leur infiltration dans le sous-sol.

Dans les grands aquifères, l'eau peut provenir de différents périodes climatiques et peut être utilisé comme indicateur de paléoclimat, en hydrologie, mesurer la valeur exacte des précipitations idéales sur une large plage l'importance de l'estimation de la recharge dépend de la densité et de la distribution spatiale de réseau pluviométrique.

II. a. La répartition annuelle des précipitations :

La région d'Ain Defla est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle très variable. Le graphe suivant présente la répartition de la précipitation durant la période 2000-2021.

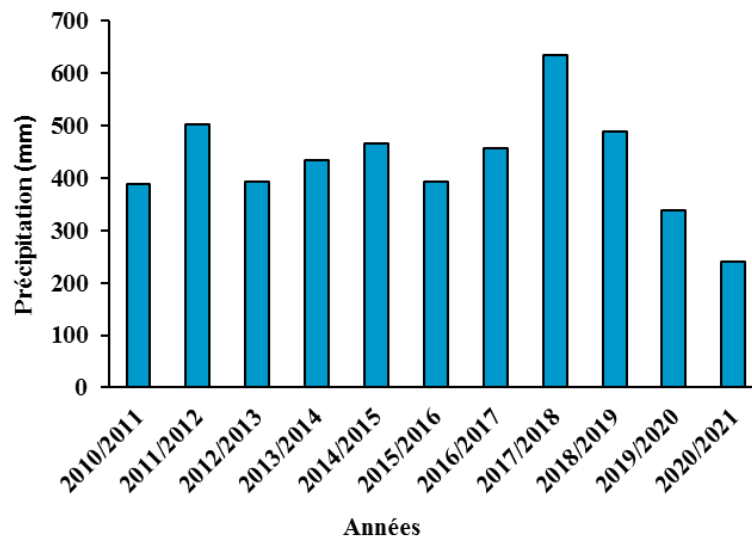


Fig. II.5 : Précipitation moyenne annuelle de la période (2010 - 2021) (DAS ,2022)

D'après la figure ci-dessus, on remarque que la pluviosité est marquée par une grande variabilité interannuelle, les années les plus pluvieuses sont celles de 2017-2018 avec un cumul annuel de l'ordre de 543,4mm/an l'année la plus sèche est l'année 2019-2020 avec un cumule annuel de l'ordre de 287 ,5mm /an.

II. 3.3. Températures :

En hiver, les amplitudes thermiques peuvent être importantes : + 20°. Il arrive que les températures soient égales ou inférieures à 0° la nuit au mois de Janvier.

Les écarts de températures saisonnières sont importants. Au mois d'Août le maximum peut atteindre 48°C, c'est une des régions sub-littorales les plus chaudes de l'Algérie pendant la saison estivale. (DSA)

II. a. Températures moyennes mensuelles :

Le graphe suivant présente les variations de la température moyenne mensuelle, maximale et minimale de la wilaya de Ain Defla.

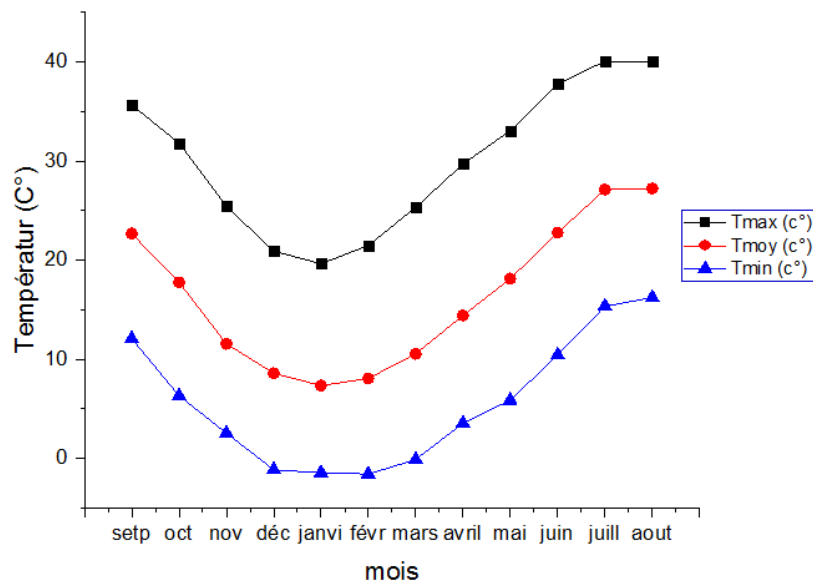


Fig.II.6 : variation de températures moyenne mensuelle, maximale et minimale dans la wilaya d'Ain Defla (2010-2020).

D'après la figure.4 qui résume les moyennes mensuelles de la température maximale et minimale, on peut remarquer :

- La température moyenne mensuelle maximale donne un pôle chaud allant du moi de mois d'avril au mois d'octobre avec une moyenne de 40 ,6 C° au mois de juillet.
- La température moyenne mensuelle minimale, donne un pôle froid allant du mois de novembre au mois de mars, avec une moyenne de -1,75C° au mois de janvier.

II .b. Diagramme Ombrothermique de Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de définir les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations et des températures moyennes mensuelles.

Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température ($P = 2T$).

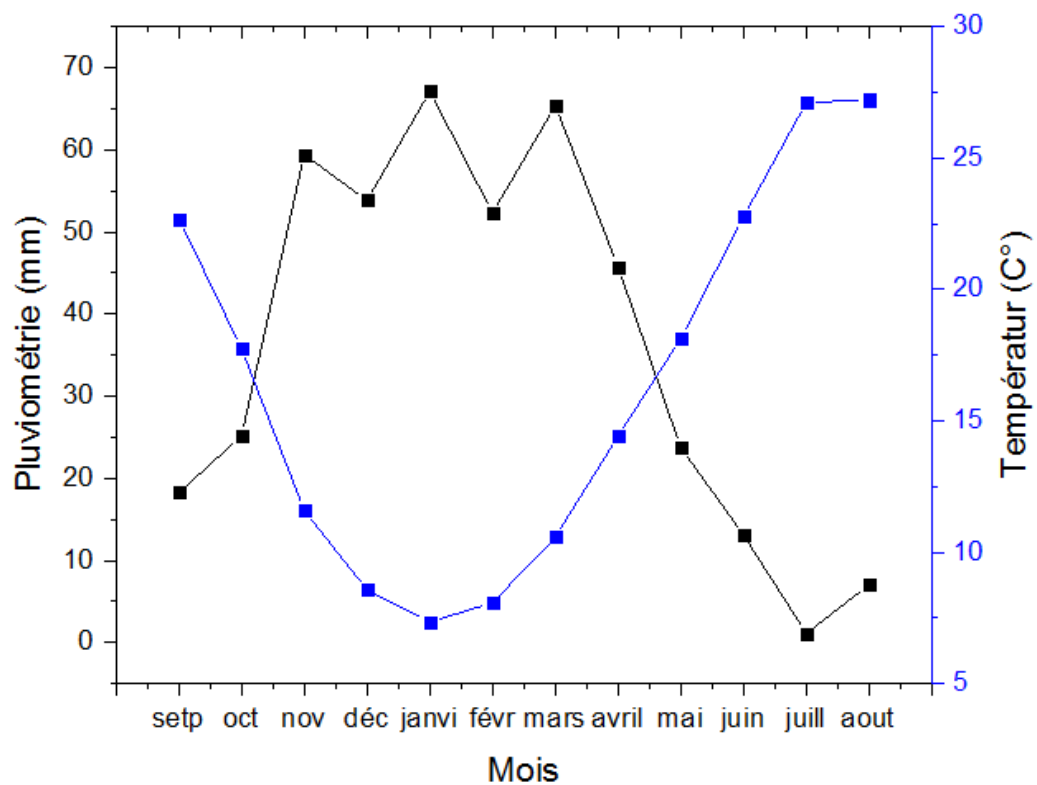


Fig. II. 7 : le diagramme ombrothermique de Gaussen de la wilaya d'Ain Defla.

D'après ce diagramme, la période sèche s'étale du mois mai jusqu'à le mois d'octobre elle est presque 5 mois, et une autre humide pour le reste de l'année.

II.3.4. Vent :

Le vent un rôle important car il influe sur d'autres paramètres telles que la température, l'humidité de l'air et l'évapotranspiration.

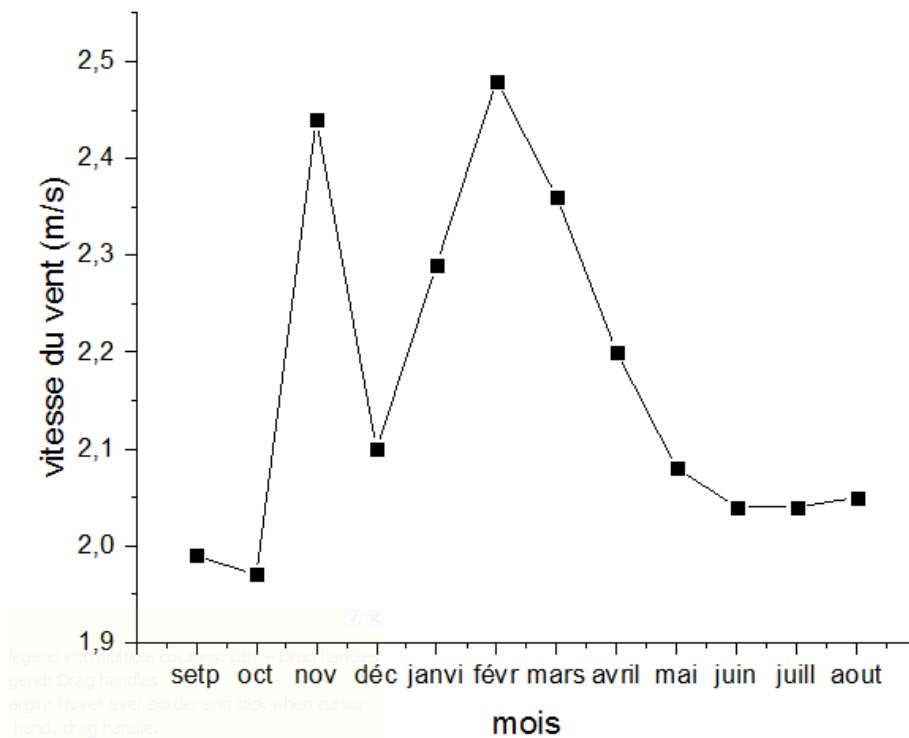


Fig. II.7 : la vitesse du vent moyenne mensuelles dans la wilaya d'Ain Defla (2010-2020)

D'après la figure ci-dessus la vitesse moyenne mensuelle du vent enregistré dans la wilaya d'Ain Defla varie de 1,5 à 2,5 m/s avec une valeur maximale de 2,5 m/s au mois de février et une valeur minimale 1,5 m/s au mois d'octobre.

II.3.5. Humidité :

L'humidité relative de l'atmosphère a une importance dans les études de sécheresse. Le tableau suivant présente les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative de la wilaya de Ain Defla.

Tableau.II.2 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya Ain Defla

Mois	Sept	Oct	nova	déc	Jan	Five	Mar	avril	mai	juin	juil	aout
H%	55.4	59.4	73.0	75.9	76,6	73,5	70,8	66,1	59,7	52,7	43,2	44,3

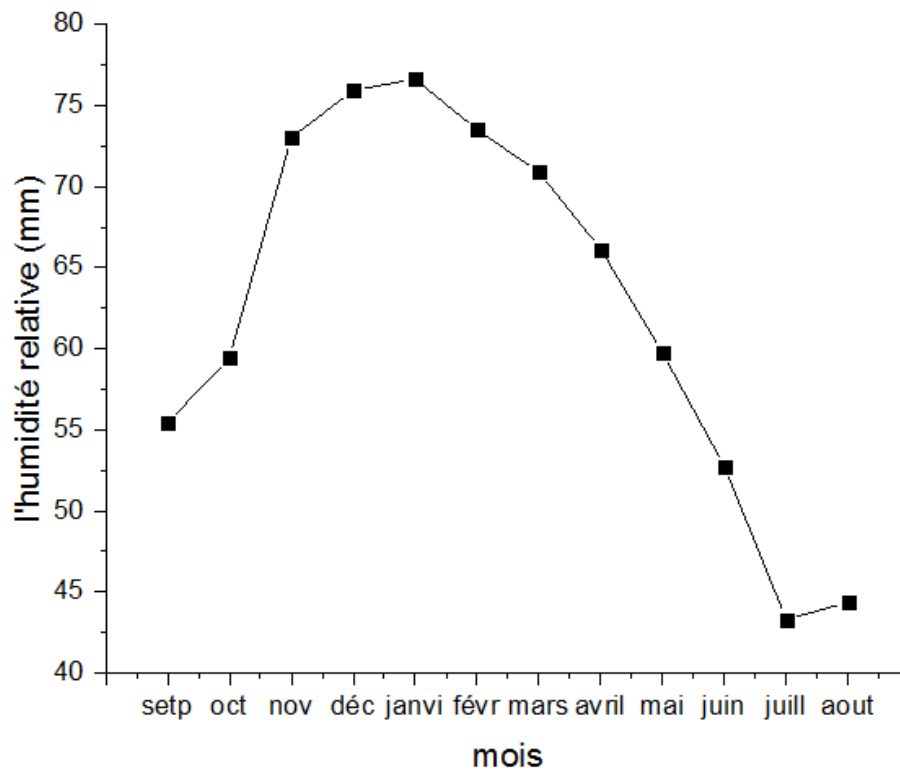


Fig.II .8 : les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya d'Ain Defla (2010-2020)

D'après la figure II.8 de l'humidité relative de la région Ain Defla, les mois de décembre et janvier sont le moi les plus humides ou le taux d'humidité atteint les 76,6 %.

II.4. Les bassins versants exogènes:

Ils sont au nombre de trois, ils sont très réduits, le plus important est situé au Nord-est, c'est celui de l'Oued Zeboudj qui devient l'Oued Djer, suivi d'un autre sous-bassin celui de l'Oued Bouroumi.

Les autres bassins versants sont situés au Sud-Est et au Sud-Ouest. Malgré leur modestie, ces bassins versants correspondent à l'étage le plus humide de ces régions, faisant profiter les wilayate limitrophes Tipaza, Blida et Tissemsilt du maximum de pluies aux dépens de la vallée du Chellif. (DSA)

II.5. Agriculture et ressources agricoles :

La wilaya d'Ain Defla est une région à vocation agricole avec une superficie totale de 426000 hectares. Le potentiel foncier de la région se caractérise par une affectation de la superficie agricole de la manière suivante (DSA d'Ain Defla, 2022).

- Superficie agricole totale (S.A.T) : 235611 ha soit 51,8% de la STW.
- Exploitations forestières : 162 870 ha soit 38,23 % de la STW.
- Superficie agricole utile (SAU) : 181676 ha soit 39,98 % de la STW et 77,10% de la SAT.

- Terres exploitées en sec : 140811 ha soit 77,5% de la SAU.
- Terres irriguées : 40865 ha soit 8,99 % de la STW et 17,34 % de la SAT et 22.5% de la SAU.
- Terres destinées aux parcours : 38078 ha.
- Terres improductives : 53935 ha.

Les terres utilisées par l'agriculture se subdivisent en deux parties :

* les terres à production végétale, comportant les terres labourables : cultures herbacées, terres au repos et les cultures pérennes : plantations fruitières, vignobles et les prairies naturelles.

* les terres de pacages et de parcours, et les terres improductives des exploitations agricoles.

Deux types d'agriculture caractérisent la wilaya :

- Une agriculture de plaine, spécifique à la plaine du haut Cheliff qui s'étend sur une superficie de 30 000 hectares, elle-même formée par deux principales plaines, la plaine d'El Khemis qui s'étend sur 22 000 ha et la plaine d'El Amra-Abadia qui s'étend sur 8 000 ha. Les principales activités sont la polyculture (céréaliculture, cultures fourragères, cultures maraichères, en particulier la culture de pomme de terre et l'arboriculture fruitière), l'élevage bovin laitier en particulier et l'élevage ovin.

- Une agriculture de montagne, de type traditionnelle. C'est une agriculture de subsistance— basée sur les cultures en sec et l'élevage extensif des ruminants (bovins, ovins, caprins) et les petits élevages (aviculture, apiculture et cuniculture) (DSA d'Ain Defla, 2022).

Les superficies destinées aux cultures fourragères dans la région d'Ain Defla représentent 17410 ha. Ces cultures restent bien évidemment insuffisantes par rapport aux besoins du cheptel et constituent environ 7,40% de la SAT.

Il faut souligner que malgré les aides et les actions incitatives comprises dans les programmes de développement, les superficies en fourrages cultivés connaissent des fluctuations importantes d'une année à une autre.

En plus de la faiblesse de la disponibilité, la qualité du fourrage laisse à désirer et constitue une contrainte de taille pour l'élevage bovin laitier. La majeure partie du fourrage (70%) est composée par des espèces céréalières (orge, avoine...). La luzerne, le trèfle d'Alexandrie et le sorgho n'occupent que très peu de surfaces.

II.6. Réseau hydrographique

La wilaya d'Ain Defla est une wilaya montagnaise qui fait partie intégrante de la région du tell, elle est formée par le massif de la Dahra au nord qui culmine au mot Zaccar (1550 m) au nord de Miliana, par l'Ouarsenis au sud et la vallée de Cheliff entre les deux massifs.

Le principal oued du bassin hydrographique Cheliff zahrez passe par la commune d'AinDefla, c'est l'oued Chélif.

II.6.1. Les ressources en eau de la wilaya d'Ain Defla :

La wilaya d'Ain –Defla dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles. Pour l'alimentation en eau potable, on recense 152 forages, 155 puits, et plusieurs sources qui permettent l'alimentation de la population pour une dotation journalière de 166.03 l/j/hab. (DSA, 2022). Le Taux de raccordement est de l'ordre de 87.26 %, les Communes les moins pourvues en eau potable se localisent dans la partie Sud de la Wilaya et nécessitent une intervention sectorielle appropriée. Pour ce qui est des eaux superficielles, elles sont destinées plus particulièrement à l'irrigation. (ANDI).

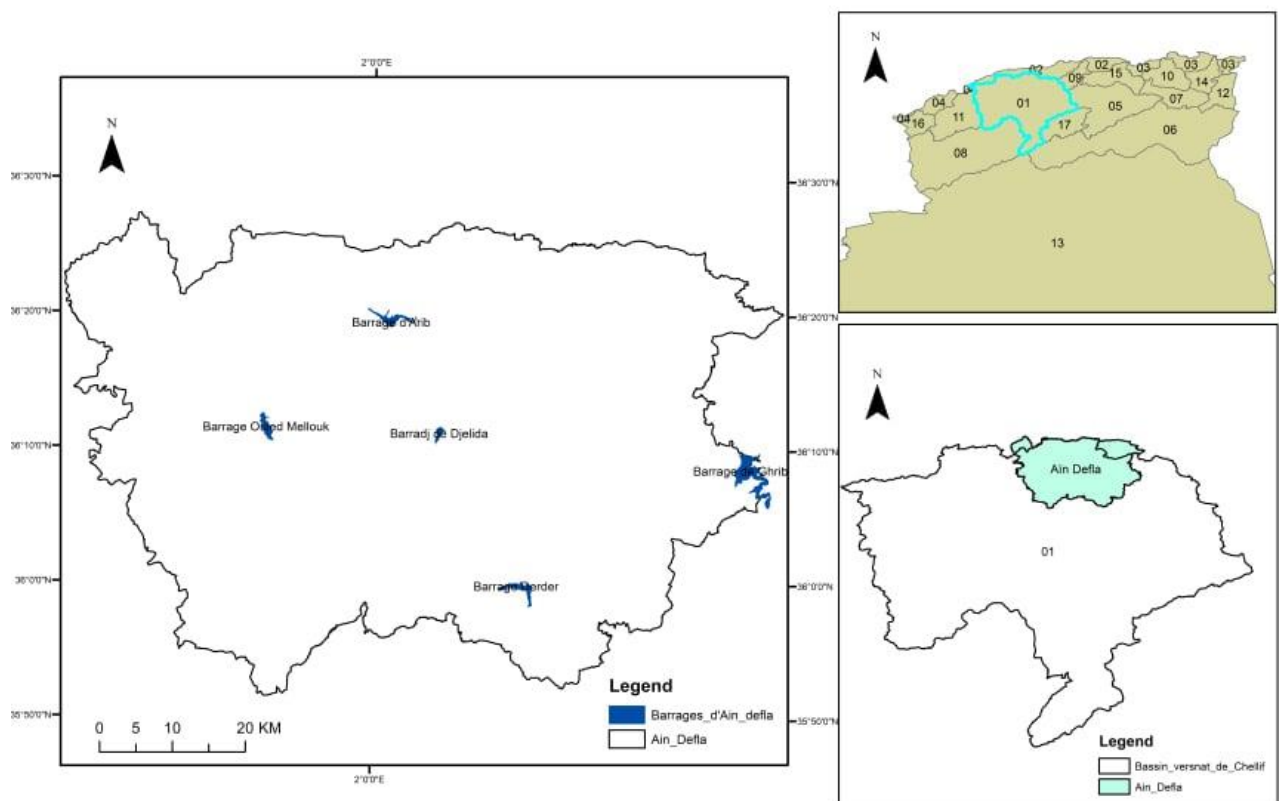


Fig. II.9 : La répartition des Barrages dans la wilaya d'Ain Defla (notre élaboration)

La figure.8 représente la localisation de la zone d'étude ainsi que la répartition des barrages de la wilaya d'Ain Defla.

II.6.1.1. Sources d'eau de surface

II.6.1.1.1. Barrages et retenus collinaires

Les barrages hydrauliques sont des ouvrages d'art construits en travers d'un cours d'eau et destinés à réguler le débit du cours d'eau et/ou à stocker l'eau pour différents usages tels que le contrôle des crues, l'irrigation, l'industrie, l'hydroélectricité, la pisciculture et la réserve d'eau potable. A la différence des barrages, les retenues collinaires sont remplies par les eaux de surface et les eaux de ruissellement. Elles peuvent être assimilées à des micro- barrages avec les mêmes fonctions.

En Algérie, la majorité des retenues d'eau artificielles sont destinées à l'approvisionnement en eau potable et à l'agriculture. Ces plans d'eau qui sont assimilés à des écosystèmes sont également exploités pour la pisciculture et la pêche continentale, car les réservoirs de barrage créent de nouveaux milieux aquatiques favorables au développement d'organismes aquatiques adaptés aux eaux dormantes (ZOUAKH et BOUHADAD, 2002 ; M.P.R.H., 2005). En 2007, l'Algérie disposait de 120 petits et grands barrages en exploitation, d'une capacité de 7 milliards de m³ d'eau, avec un volume régularisé de 3 milliards de m³ par année. Parmi les 18 barrages qui sont en exploitation dans la région hydrographique de Cheliff-Zahrez, 5 sont localisés dans le bassin du Haut Chellif. Il s'agit de Ghrib, Deurdeur, Harreza, Oued Mellouk et Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt). Il existe 186 retenues collinaires dans la région hydrographique de Cheliff-Zahrez. Mais 53 seulement sont en exploitation et 133 sont entièrement envasées. Les ressources en eau disponibles correspondant à la capacité des retenues en service sont de 35,1 hm³ dont 29,0 hm³ sont destinés à l'irrigation et 6,15 hm³ à l'alimentation en eau potable (A.E.P.) (DJEZZAR. M. 2015).

II.a.1. Les Barrages

Ain Defla dispose cinq grand barrages repartie sur le tout le territoire de la wilaya comme suivant.

Tableau. II.3 liste des barrages de la wilaya d'Ain Defla

Etat	Capacité (Hm ³)	AMS	Destination	Nom du barrage	Code ouvrage
En exploitation	280	1939	ABP/IRR	Ghrib	BG0104
En exploitation	115	1985	AEP/IRR	Deurdeur	BG0106
En exploitation	75	1984	IRR	Herraza	BG0108
En exploitation	127	2004	AEP/IRR	OuledMellouk	BG0113
En exploitation	75	2005	AEP/IRR	SMBT	BG0116

II .a.1.1. Le Barrage de Ghrib :

Le barrage Ghrib (N36°9'55'', E2°33'23'') dont les caractéristiques hydrotechniques, son sur le tableau, est implanté sur l'oued Cheliff, à 155km d'Alger, dans la commune d'oued Chorfa (wilaya d'Ain Defla). C'est une importante réserve d'eau destinée à l'irrigation du périmètre du haut Cheliff aux transferts vers le barrage Bouroumi et à l'alimentation en eau potable de la ville de Médéa, berrouaghia et de la commune d'oued chorfa.

Tableau. II .4 Caractéristiques hydrotechniques du barrage Ghrib (2022).

Année de mise en service	1939
Superficie du bassin versant	2800 Km ²
Apport moyen interannuel du bassin versant	148.50 Hm ³
Capacité initiale du barrage	280 Hm ³
Capacité actuelle du barrage	119.680 Hm ³
Volume régularisé	105 Hm ³ /An
Réserve au 21/03/2022	12.760 Hm ³
Taux d'envasement	10,66%



Photo. II.1 : Le barrage de Ghrib (Anbt,2022)

II. a.1.1.2. Le Barrage de Harreza

Le barrage Harreza (N37°59'34'', E1°57'46''), dont les caractéristiques hydrotechniques sont sur le tableau 5, est implanté sur l'oued Harreza, dans la commune de Djelida (wilaya d'Ain Defla), à 120km d'Alger. C'est un réservoir de régulation et de compensation des eaux de l'oued Cheliff lors des épisodes pluvieux et des lâchées du barrage Ghrib. Il permet de stocker, en plus de ses apports propres, les débits dérivés de la rive gauche de l'oued Cheliff, et d'autre part, il est destiné à renforcer l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume affecté annuellement de l'ordre de 23 hm³, dont il est rempli en majeure partie par pompage hivernal des eaux du Cheliff à partir de la station de pompage Khemis II (ANBT). Il est important de souligner que durant la période d'étude (2007- 2010), la dérivation par pompage des eaux de l'oued Cheliff était abandonnée en raison du coût très onéreux de l'énergie électrique. Le remplissage se faisait uniquement par les eaux de Harreza. Les volumes enregistrés durant cette période ne dépassaient guère les 7 hm³.

Tableau. II .5 Caractéristiques hydrotechniques du barrage Harreza

Année de mise en service	1984
Superficie du bassin versant	142 km ²
Apport moyen interannuel du bassin versant	30 ,8 hm ³ (PNE) contre 7 ,79 hm ³ estime par l'ABH
Capacité initiale du barrage	75 hm ³
Capacité actuelle du barrage	74,61 hm ³ /an
Volume régularisé	23 hm ³ /an
Réserve au 21//03/2022	0.757 hm ³
Taux d'envasement	1.01%

**Photo.II.2** : Le barrage de Harreza (Anbt,2022)**II. a.1.1.3 Le Barrage de Sidi m 'Hamed Ben Taïba (SMBT):**

Le barrage de Smbt (N36°19'10'', E2°1'35'') dont les caractéristiques hydrotechniques sont sur le tableau 6, est implanté sur l'oued Beda à 150km d'Alger dans la commune d'Arib (wilaya d'Ain Defla). Il est destiné à l'alimentation en eau potable des villes d'Ain-Defla avec un volume de 35,6 hm³ et l'irrigation du périmètre d'El Amra et d'El Abbadia avec un volume de 37,5 hm³, Le barrage Smbt est implanté sur l'Oued Beda, affluent Nord de l'Oued Cheliff, à 30 km au Nord-Ouest de Khemis Miliana.

Tableau. II.6 Caractéristiques hydrotechniques du barrage SMBT.

Année de mise en service	2005
Superficie du bassin versant	194 km ²
Apport moyen interannuel du bassin versant	49 hm ³ contre 29 hm ³ estimé par l'ABH
Capacité initiale du barrage	75 Km ³
Capacité actuelle du barrage	70,220 hm ³
Volume régularisé	56 hm ³ /an
Réserve au 21//03/2022	43 ,911 hm ³
Taux d'envasement	62.65%

**Photo.II.3** Le barrage de SMBT(Anbt,2022)

II .a.1.1.4. Le Barrage d'Ouled Mellouk :

Le barrage d'Ouled Mellouk (du nom du petit village existant à l'époque sur la rive gauche de l'oued), sur l'oued Rouina, affluent du versant gauche de l'oued Cheliff, est situé dans la wilaya d'Ain Defla, à l'ouest de cette localité, à environ 5 kilomètres en amont du village de Rouina (Mairie), juste à l'amont des anciennes mines de Rouina. Ce barrage est destiné à Alimentation en eau potable des villes de Rouina, Bourached, Zeddine, El Mayenne et El-Attaf et à l'irrigation du périmètre EL AMRA, ABADIA et ROUINA.

C'est un barrage en remblais de terres, une digue zonée en remblais, haute d'environ 51 mètres au-dessus de la fondation, dominant un bassin versant d'environ 876 km². La longueur de l'ouvrage en crête est de 730 mètres, pour une hauteur maximale au-dessus de la fondation est de 51 mètres alors que la largeur en crête est de 9 mètres.

Tableau. II.7 Caractéristiques hydrotechniques du barrage Oued Mellouk

Année de mise en service	2004
Superficie du bassin versant	865 km ²
Apport moyen interannuel du bassin versant	47,50 hm ³
Capacité initiale du barrage	127 hm ³
Capacité actuelle du barrage	114,367 hm ³
Volume régularisé	45 hm ³ /an
Réserve au 21//03/2022	2,332 hm ³
Taux d'envasement	2,04%

**Photo.II.4** : le barrage d'Ouled Mellouk (Anbt,2022)**II .a.1.1.5. Le Barrage de Deurdeur :**

Le barrage de Deurdeur est situé sur la commune de Tarik ibn ziyad, à 50 km au sud-est de la wilaya, sur le cours de l'oued Zemmour,

Tableau. II.6 Caractéristiques hydrotechniques du barrage de Deurdeur

Année de mise en service	1984
Superficie du bassin versant	498 km ²
Apport moyen interannuel du bassin versant	34,52 hm ³ (PNE) contre 45 hm ³ estimé par l'ABH
Capacité initiale du barrage	115 hm ³
Capacité actuelle du barrage	107 ,543 hm ³
Volume régularisé	40,00 hm ³ /an
Réserve au 21//03/2022	10,735 hm ³
Taux d'envasement	9,98%



Photo. II.5 : Le barrage de Deurdeur (Anbt,2022)

II.6.1.2. Ressources souterraines :

II.6.1.2.1. Les nappes la wilaya d'Ain Defla

La wilaya d'Ain Defla contient 10 nappes souterraines avec une potentialité de 51.9 hm³/an. (ANRH).

Tableau. II.7 potentialités en eaux souterraines 2018 (ANRH)

Nom de la nappe souterraine	Ressources dans la wilaya (hm ³ /an)
Plaine alluviale du haut	30.3
Djebel Gharbi	5.9
Oued zeddine	0.7
Djebel zaccar chergui	0.6
Djebel rouina	0.4
Djebel guentas	3.6
Plaine alluviale du moyen	8.7
Oued zeboudj	1.1
Oued Cheliff amont	0.5
Djebel boumaad	0.2

II.6.1.2.2. Les forages et le puits :

La wilaya d'Ain Defla dispose plus 3760 points d'eau entre puits et forages comme le montre le tableau suivant.

Tableau. II .8 de nombre de puits et forages de wilaya d'Ain Defla (2022)

puits	forages
2174	1586

II. Conclusion

Dans ce chapitre, la présentation géographique de la zone étude est traitée en relevant des différents Caractéristiques naturels (relief climat les ressources en eaux...ex.) qui caractérisent le haut et le moyen Cheliff.

Chapitre III

Matériel et méthodes

III. Introduction.

Dans chapitre, nous allons discuter l'effet de sécheresse sur les ressources en eau et sur l'agriculture de haut et moyenne Cheliff. L'évaluation de la sécheresse fournit des renseignements précieux pour les planificateurs des ressources en eau pour faire face aux conséquences de la sécheresse.

III.1. Données utilisées.

L'étude est consacrée à des prises des contacts avec les différentes administrations, ces contacts ont permis de rassembler des données provenant de nombreuses sources différentes afin de collecter le maximum d'informations qui nous seront utiles pour ce chapitre qui concerne l'évaluation des ressources en eau et en sol dans le bassin versant du Haut Cheliff.

III.1.1. Données fournies par l'office national de l'irrigation et du drainage (ONID)

Les types de données collectées auprès de l'ONID Khemis-Miliana sont les suivants :

- Assolements réalisés par spéculation
- Mode et nombre d'irrigation (aspersion, goutte à goutte, gravitaire).
- Evolution des superficies irriguées du Haut Cheliff
- Evolution de volume d'irrigation de GPI (volume lâché, volume allouée, volume distribuée) du Haut et moyen Cheliff

III.1.2. Données fournies par la direction des ressources des eaux (DRE d'Ain Defla)

Les types des données concernent les ressources conventionnelles et qui sont composées :

- a-** Les ressources en eau superficielles
 - Les barrages : l'année de réalisation et capacité et des barrages, volume régularisé.
- b-** La ressource en eau souterraine
 - Les forages.
 - Puits.

Selon différents usages (AEP, irrigation, industrie/service), débit exploité de forage et puits durant la période 2010 et 2021.

III.1.3. Données fournies par la direction des services agricoles (DSA d'Ain Defla)

Les types des données collectées auprès de la direction des services agricoles

- Superficie irriguée par mode d'irrigation,
- Type de cultures réalisés et nombre d'irrigants,
- La production et la superficie par commune et par type de culture.
- Prix à la consommation des produits agricoles

III.1.4. Traitements des données

Le traitement des données est établi à l'aide des logiciels suivants :

- 1- Origine Pro 2015 pour traiter les données et établir les graphes
- 2- Logiciel SIG, ArcMap version 10.4, pour établir les cartes de localisation de la région d'étude (fig.), des GPI, de wilaya d'Ain Defla des barrages.
- 3- Rstudio pour l'analyse de régression linéaire simple et multiple.
 - **Effet de la sécheresse sur les ressources en eau**

Le phénomène de sécheresse touche ces dernières années les ouvrages de stockage d'eau notamment les barrages, puits et forages ont souffert de ce problème.

III.2. Etat des réserves des eaux de surfaces :

III.2.1. Les barrages :

Les barrages sont des ouvrages destinés à retenir et à stocker de l'eau pour la restituer à des utilisateurs divers, ce sont des ouvrages hydrauliques, souvent importants, très délicats du point de vue de leur conception, et de leur réalisation et de leur exploitation et qui nécessitent un entretien très soutenu et soigné.

La wilaya d'Ain Defla compte cinq (05) barrages en exploitation dont la capacité actuelle 486,424hm³

III. a. Evolution de la cote de retenue des barrages

L'évolution des cotes de retenues ont connues des perturbations durant la période (2010-2021) comme le montrent les figures suivantes.

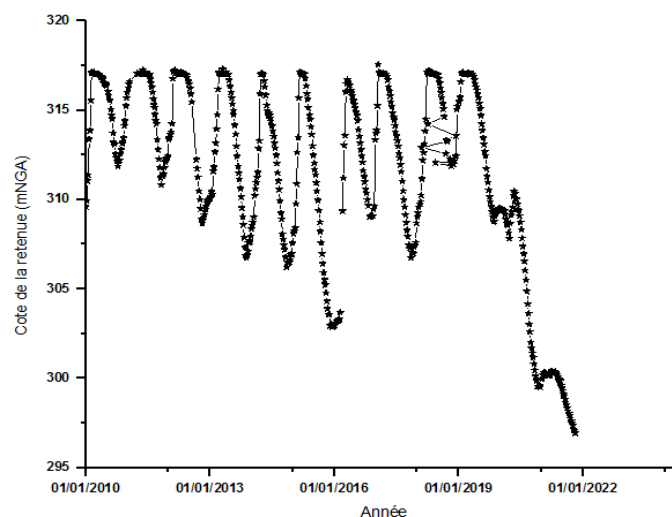


Fig.III.1. Evolution de la cote de retenue du barrage Sidi M'Hamed ben Taïba (SMBT) (période de 2010-2021) (Source : ANBT)

La figure 1. Présente l'évolution du plan dans le barrage de Sidi M'Hamed ben Taïba durant la dernière décennie ou nous remarquons une légère perturbation entre 2000 et 2016 ou la cote arrive à 305 m.

Une augmentation de la cote entre l'année 2018 et 2019. Par contre, une diminution terrible durant les dernière trois (03) ans c'est à dire de 2019 jusqu'à ce jour ou la cote du plan d'eau est arrivée 297m. Cette diminution est expliquée par la rareté de pluie durant ces années.

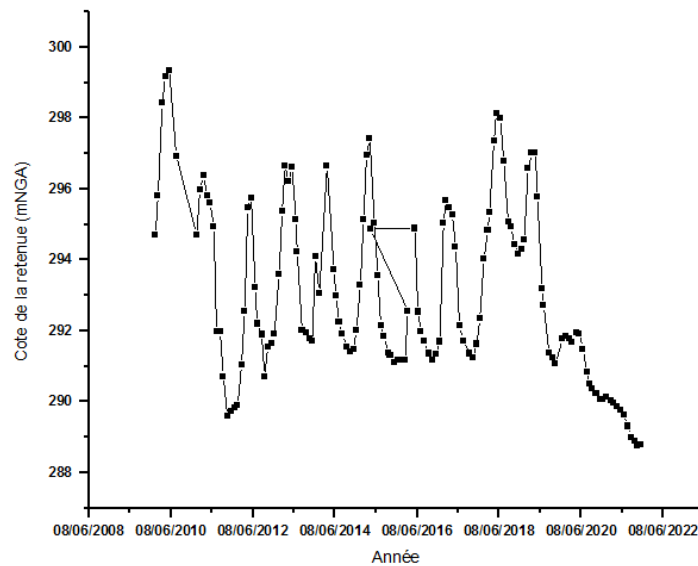


Fig.III. 2. Evolution de la cote de retenue du barrage Harreza (période de 2010-2021) (source : ANBT)

Ce barrage a connu plusieurs perturbations de sa cote de plan d'eau. La figure.2, montre clairement l'instabilité de la réserve dans le temps mais durant les trois dernières années la cote descendait jusqu'à 288mm.

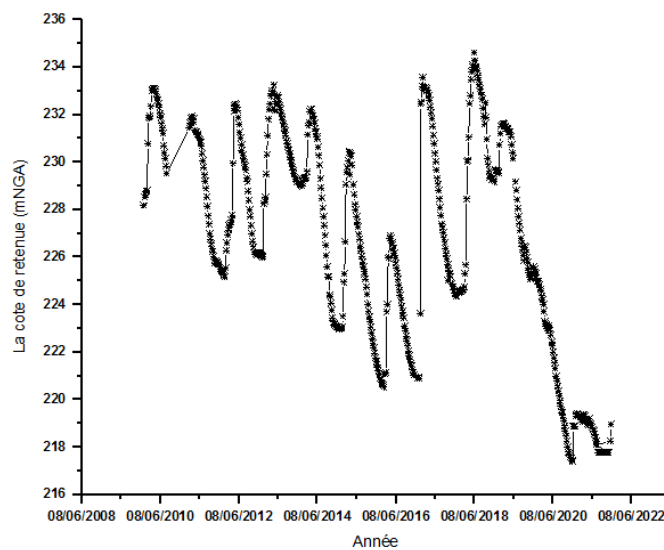


Fig.III. 3. Evolution de la cote de retenue du barrage Ouled Mellouk (période de 2010-2021)
(source : ANBT)

A travers la fig.3 La cote de la retenue du barrage d'Oued Mellouk a connue deux fluctuations en 2016 et en 2020 avec une réduction de 15m de son niveau. Cette réduction revient aux faibles pluies tombées dans ces périodes.

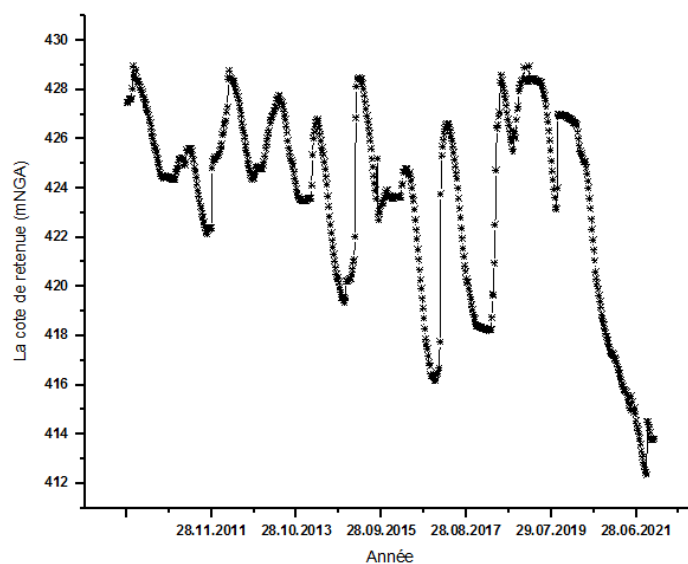


Fig.III. 4. Evolution de la cote de retenue du barrage Ghrib (période de 2010-2021) (source : ANBT)

Le barrage de Ghrib est considéré comme un des grands barrages en Algérie. Ce dernier a connu aussi une perturbation de son niveau de stockage notamment durant les dernières trois ans (de 2019 jusqu'à ce jour avec un rabatement de plus de 17 m de sa retenue.

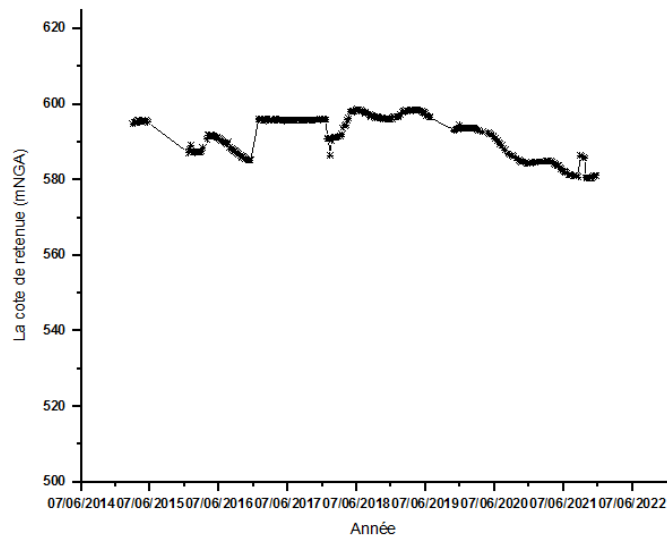


Fig.III. 5. Evolution de la cote de retenue du barrage Deurdeur (période de 2010-2021) (source : ANBT)

Le graphe de la cote de retenue du barrage deurdeur commune de Tarik ibn Ziad, affiche une stabilité au niveau de stockage (la réserve) durant la période de 2010-2021 mais durant les dernières années la cote du plan d'eau a été diminuée.

III. b. Précipitation cumulées

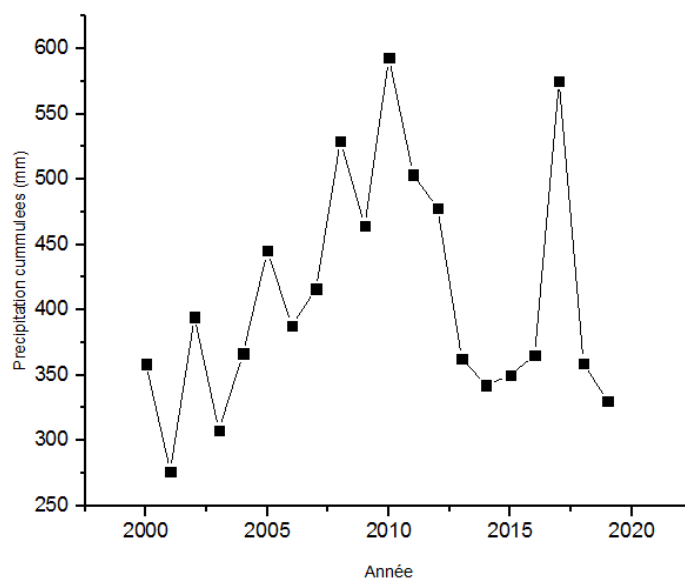


Fig.III.6 précipitation cumulées (Barrage SMBT)

Si en regardant la figure.6, nous constatons que la précipitation cumulée a connu plusieurs perturbations surtout en 2001 avec 270 mm, 330 mm en 2016 et la dernière en 2020 avec moins de 300 mm.

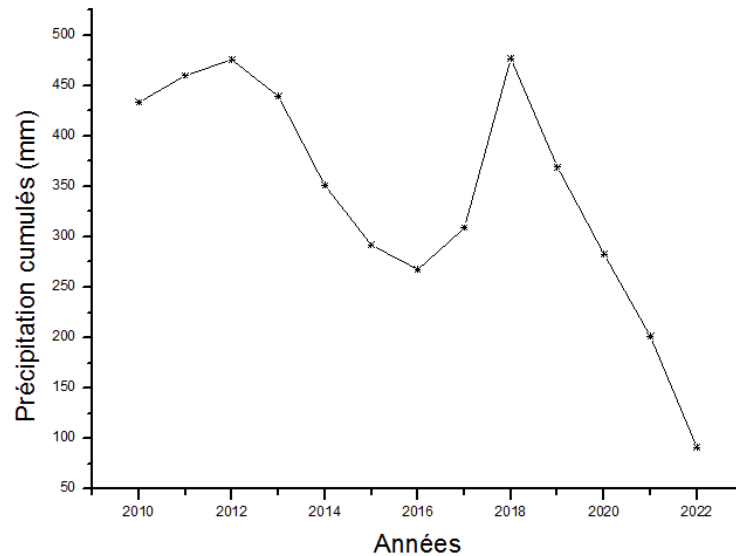


Fig.III.7 précipitations cumulées (Barrage Harreza)

L'historique des précipitations cumulées durant cette décennie a connu une diminution pour deux périodes. La première entre 2012 jusqu'à 2016 avec 225mm. La deuxième entre 2018 au 2021 avec une diminution inquiétante de 375 mm.

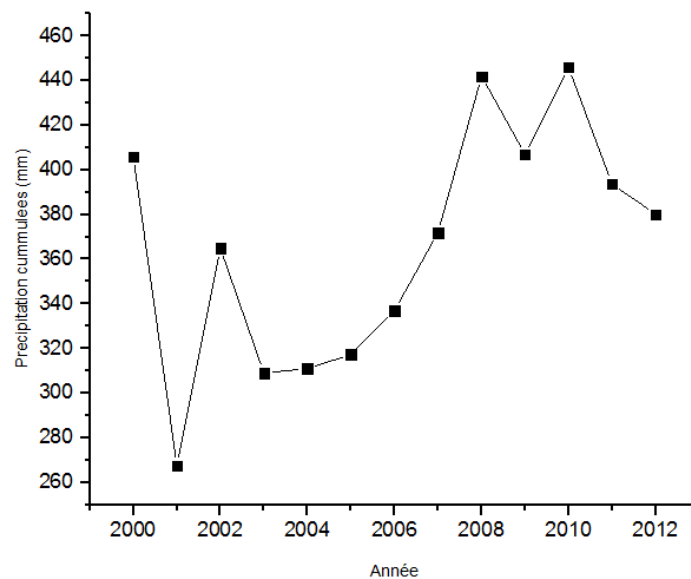


Fig.III.8 précipitations cumulées (Barrage Ouled Mellouk)

On remarque que la précipitation cumulée du barrage Ouled Mellouk durant les premières périodes 2000 à 2001a connu une forte diminution 270mm puis elle a enregistré en période 2002 à 2003 310 mm. Une augmentation de 450mm entre 2004 au 2012.

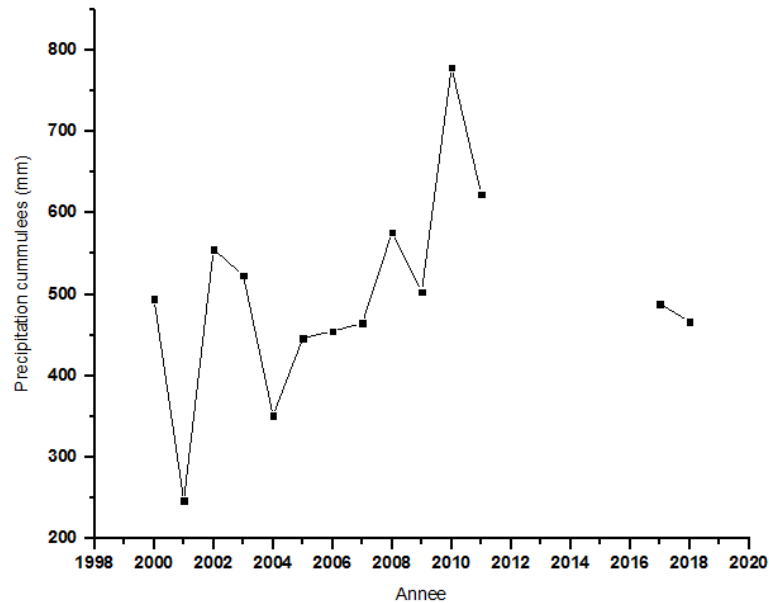


Fig.III.9 précipitations cumulées (Barrage Ghrib)

Si en regardant la fig.9, nous constatons que la précipitation cumulée a connu plusieurs perturbations surtout en 2001 avec 240mm. Cette diminution est expliquée par la rareté de pluie et l'effet de sécheresse. Une augmentation de précipitation en 2009 à 2010 avec 800 MM. Cette année est la plus pluvieuse. La période 2017 jusqu'à 2018 avec 480mm et 500mm.

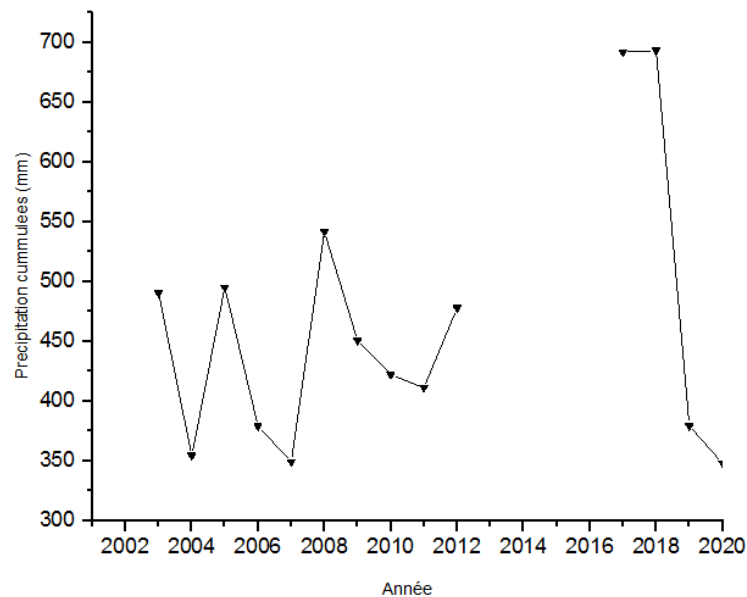


Fig.III.10 précipitation cumulées (Barrage Deurdeur)

On Remarque des perturbations pour l'année 2004 avec 355 mm et l'année 2007 avec 350 mm. Ce dernier a connu aussi une diminution de son niveau de pluies notamment durant les trois dernières années (de 2018 jusqu'à 2021). La réduction revient aux faibles pluies tombées dans ces périodes.

III.3. Etat des réserves mensuelles pour les cinq barrages

Les figures suivantes représentent l'état mensuel de la réserve dans chaque barrage.

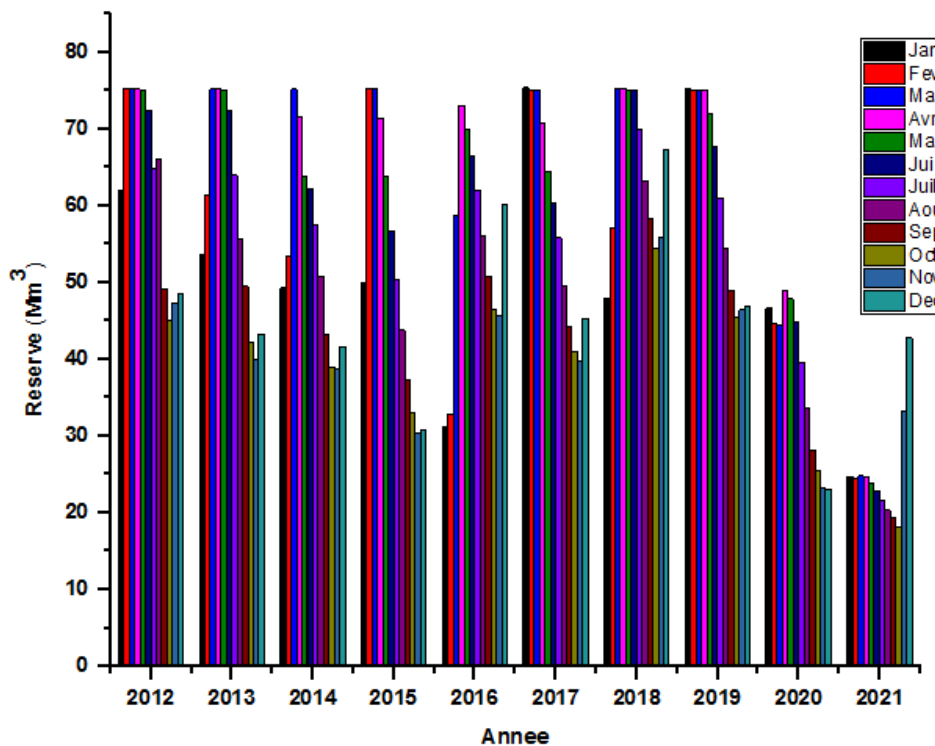


Fig.III.11 Etat des réserves mensuelles du (barrage SMTB).

On remarque qu'à partir de mars 2019 la réserve mensuelle du barrage a commencé à diminuer. Les années 2020 et 2021 sont les plus faibles par rapport aux autres années de point de vue remplissage ou réserve.

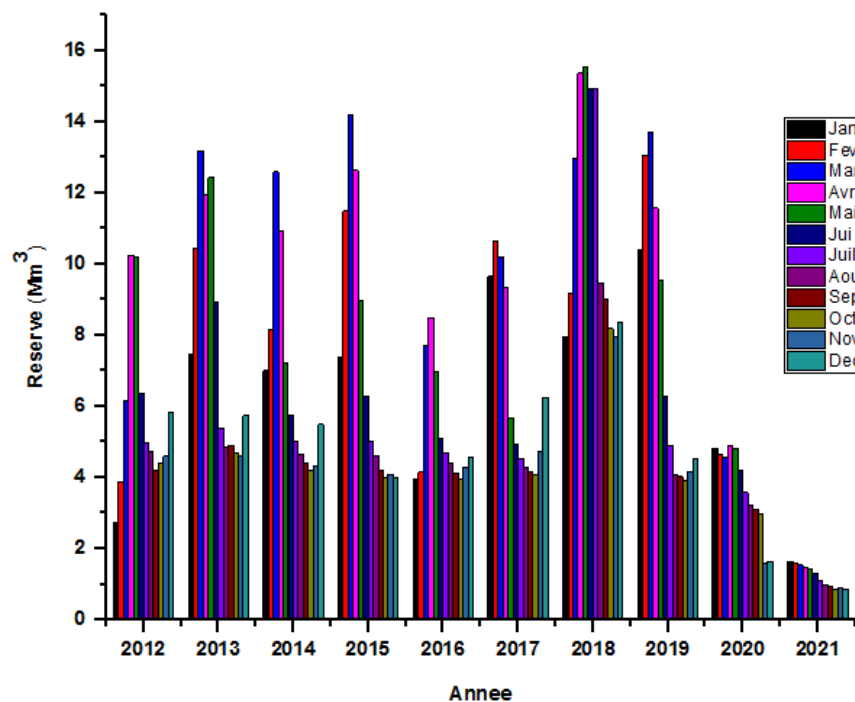


Fig.III.12 Etat des réserves mensuelles du (barrage Harreza).

La réserve mensuelle du barrage Harreza pour l'année 2018 est la plus stable de cote réserve par rapport aux autres années. Les années 2020 et 2021 la moyenne de la réserve d'eau était au-dessous de 4M m³, un volume qui se rapproche au volume inexploitable du barrage (le volume mort).

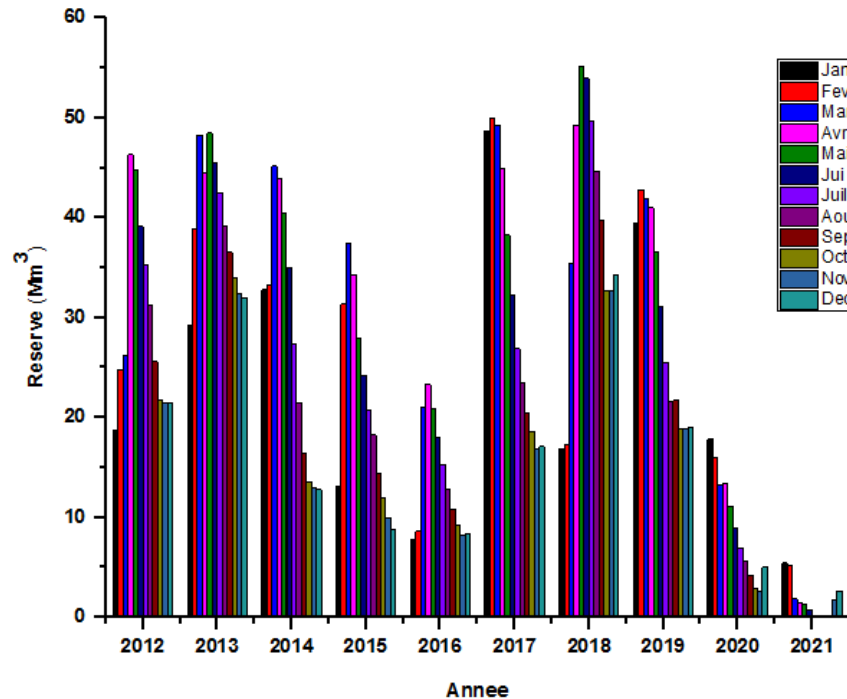


Fig.III.13 Etat des réserves mensuelles du (barrage ouled Mellouk).

D'après la figure.13 de l'état des réserves mensuelles du barrage O.Mellouk, les années 2012 à 2015et 2017à 2019 sont les plus pluvieuses par rapport aux deux années 2016 et 2020. Elles ont enregistré une réduction de leurs niveaux mais, l'année 2021 était la plus faible. Le barrage est trouvé vide.

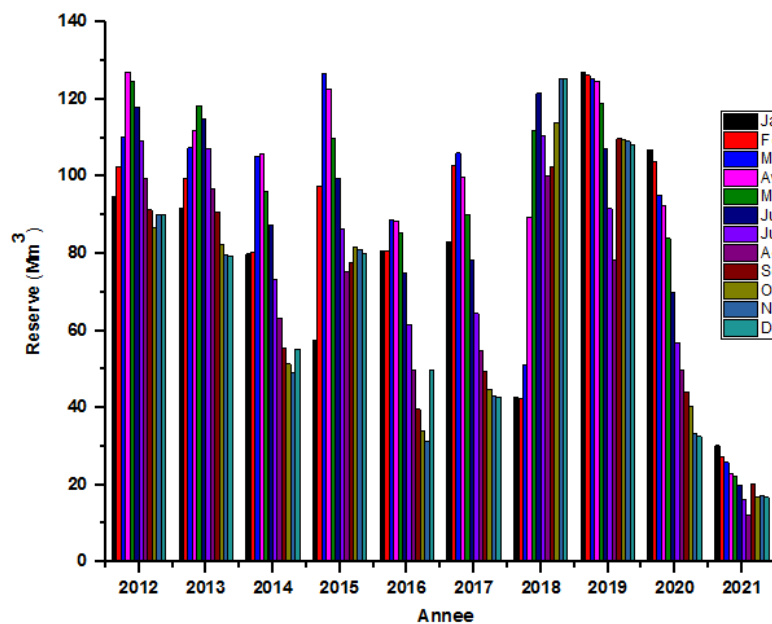


Fig.III.14 Etat des réserves mensuelles du (barrage Ghrib).

L'état de la réserve mensuelle du barrage Ghrib est variable d'une année à l'autre. Le barrage a gardé moyennement sa réserve sauf, l'année 2021 une diminution grave jusqu'à 20Mm³.

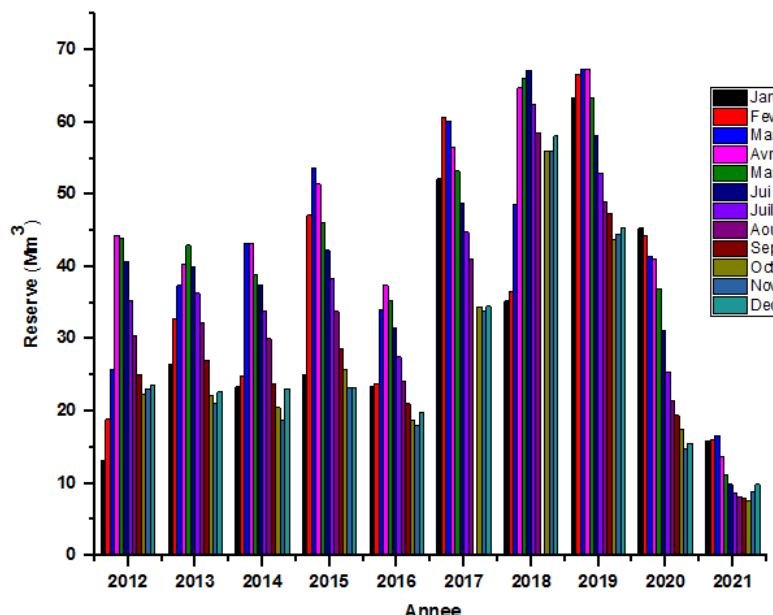


Fig.III.15 Etat des réserves mensuelles du (barrage Deurdeur).

Les années 2017,2018 et 2019 sont des bonnes années dans lesquelles ou le barrage a gardé plus de 50% de sa capacité de stockage. Les deux dernières années restent les plus faible de point de vue réserve.

III.4. Evolution de volumes d'irrigation de GPI

Le tableau ci-après présente l'évolution de volumes d'irrigation du grand périmètre d'irrigation (GPI) pour le haut et moyen Cheliff.

Tableau.III.1 : Evolution des volumes d'irrigation de GPI du Haut Cheliff. Et Amra-Abadia.

Périmètre	barrage	volume alloué (hm ³)	volume lâché (hm ³)	volume distribué (hm ³)
huatcheliff	deurdeur	30	26,611	16,464
	harreza	0	0	0
	Ghrib	42	37,296	6,704
Amra-abadia	SMBT	28,7	25,242	1,472
	O,mellouk	1	1	0

(Source : ONID, 2020)

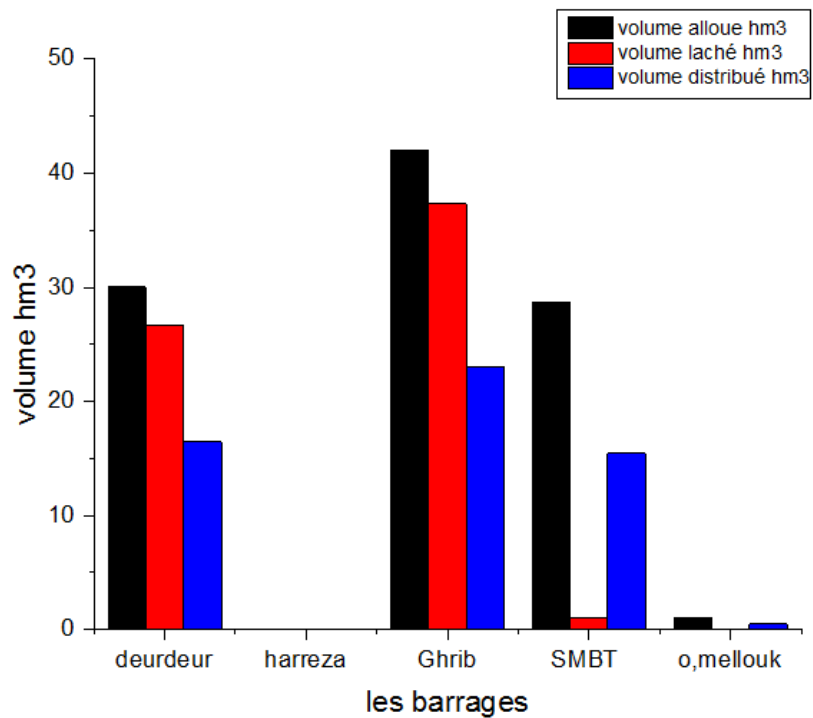


Fig.III.16 Evolution des volumes d'irrigation de GPI du (Haut Cheliff et Amra-Abadia pour l'année 2020).

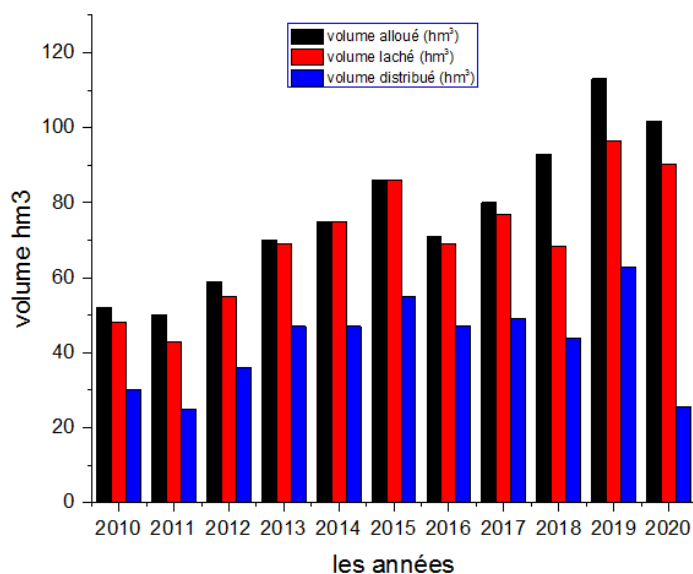
En fonction de l'état des réserves des cinq barrages, il y a uniquement trois barrages ceux de Deurdeur, Ghrib et SMBT qu'ont distribué l'eau pour l'irrigation des plaines de la wilaya d'Ain Defla. Les deux autres étaient à leurs niveaux min d'eau.

Le tableau suivant illustre l'historique de volumes lâchés à partir des cinq barrages durant la période 2010-2020.

Tableau.III.2 : Evolution des volumes d'irrigation de GPI (période de 2010-2020)

Année	volume alloué (hm ³)	volume lâché (hm ³)	volume distribue (hm ³)
2010	52	48	30
2011	50	43	25
2012	59	55	36
2013	70	69	47
2014	75	75	47
2015	86	86	55
2016	71	69	47
2017	80	77	49
2018	93	68,42	44
2019	113	96,634	62,855
2020	101,7	90,149	25,521

(Source : ONID)

**Fig.III.17** Evolution des volumes d'irrigation de GPI (période de 2010-2020) (source : ONID).

Le périmètre est alimenté à partir de (05) barrages Ghrib, deurdeur, Harreza, SMBT, O. Mellouk. Ces ouvrages en exploitation dont la capacité actuelle est estimée à 568 millions de m³ avec un volume régularisable de 262 millions de m³/an (DRE). Cependant, c'est déjà en 2010 un volume maximum de 30 hm³ a été distribué, on a enregistré une évolution progressive jusqu'à atteindre un volume distribué de 25.521 hm³ en 2020.

III.5. Effet de la température sur l'évaporation

Pour la raison de manque de données sur l'évaporation et d'autres facteurs au niveau des cinq barrages, on se concentre sur le barrage qui a assez de données tel que le barrage de Harreza.

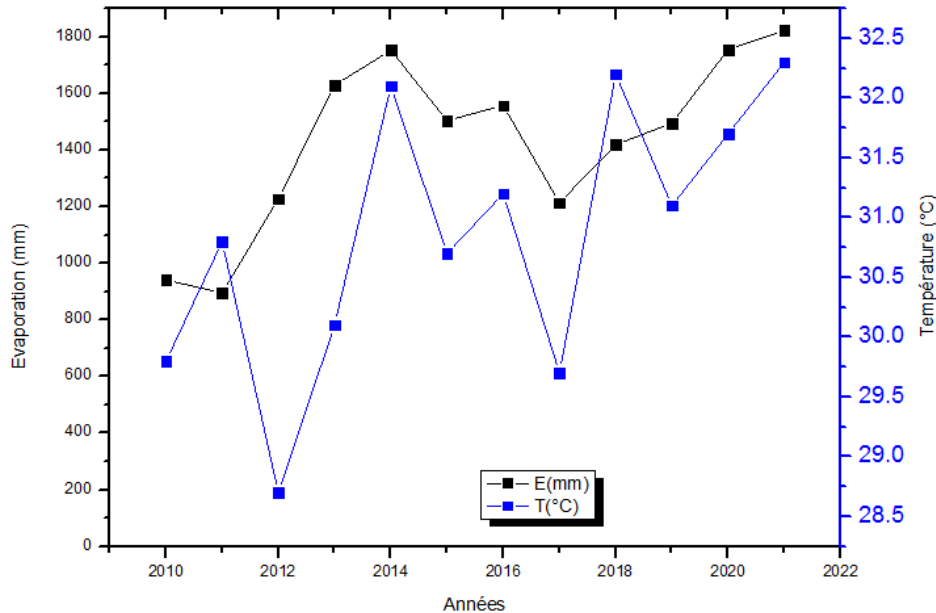


Fig.III.18 effet de la température sur l'évaporation (barrage de Harreza).

A travers la figure.18, nous remarquons que plus la température augmente plus l'évaporation est importante.

III.6. Régression multiple entre la réserve d'eau du barrage et les autres facteurs.

Pour effectuer une analyse statistique sur les facteurs intervenant dans la réserve d'eau du barrage, on a essayé d'utiliser le R studio et l'Excel afin de réaliser la régression linéaire multiple.

La relation entre la réserve d'eau du barrage et les autres facteurs peut s'écrire par la formule suivante :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \varepsilon$$

Y. Représente le volume de la réserve du barrage

x_1 . Pluie (mm)

x_2, x_3, x_4 . Représentent la température moyenne, minimale et maximale $T_{\text{moyen, max, min}}$

x_5 . Représente Humidité relative H_{um}

x_6 . Représente la vitesse de vent V_v

x_7 . Représente l'évaporation E_v (mm)

β_0 . Représente la pente

ε . Les résidus

	Excel	Rstudio
Multiple R-squared:	0.9529	0.9603

Les résultats d’analyse de la régression linéaire multiple, montrent que les paramètres sont bien corrélés, chose qui confirme la dépendance statistique entre ces facteurs et la réserve du barrage. Le détail de la régression est mentionné dans l’annexe.

III.7. Etat des réserves des eaux souterraines

L’inventaire des points d’eau établi par la direction des ressources en eaux n’a touché que la wilaya d’Ain Defla et a dévoilé l’existence de 3760 points d’eaux répartis entre 878 forages et 1717 puits pour différents usages : irrigation, AEP et industrie/services.

Le tableau suivant récapitule la mobilisation des ressources en eau souterraines par nombre de forages, des puits dans les communes pour l’année 2021-2022.

III. a. Les puits

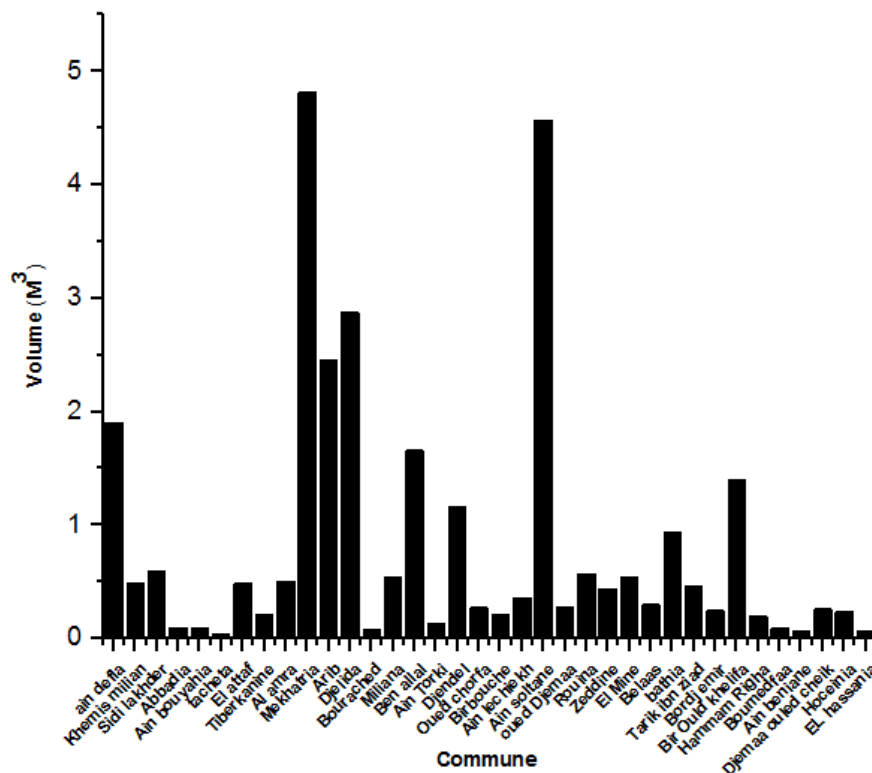


Fig.20 Etat des réserves annuelles des puits.

Cet histogramme présente la réserve en eau des puits dans les différentes communes de la wilaya d’Ain Defla. En général, On remarque un manque de réserve des puits de la wilaya sauf certaines communes telles que Ain Defla, Mekatria, Ain sultan (une réserve importante), Arib et Djelida.

III .b. Les forages

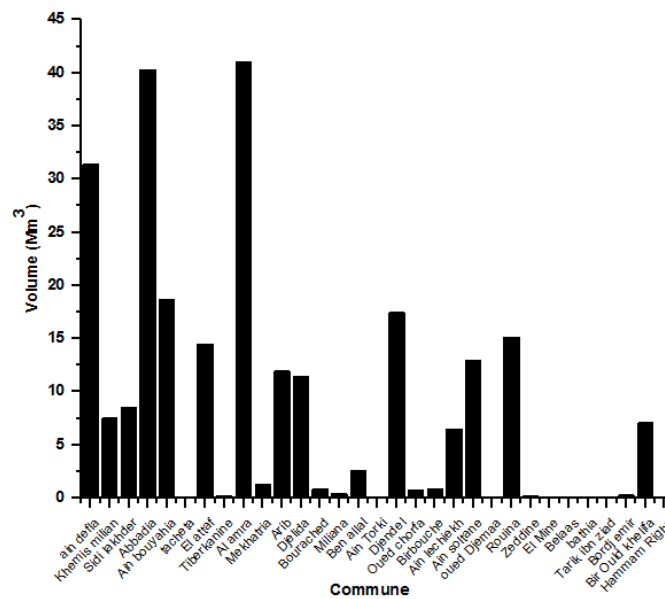


Fig.III.21 Etat des réserves annuelles des forages.

Pour la réserve en eau dans les forages dans les différentes communes de wilaya, on remarque une bonne réserve dans certaines communes telles que Ain Defla, Abadia, Ainbou yahia, el Attaf, et el Amra. Les autres communes ont une réserve très faible et parfois nulle.

III.8. Etat des réserves de barrages Ain Defla 2022 :

Depuis des années, les réserves d’eau au niveau des cinq barrages n’ont jamais baissé à ce niveau-là. Le tableau suivant présente un état des lieux pour l’année en cours.

Tableau.III.3 état de réserve des barrages de la wilaya d’Ain Defla pour l’année 2022

Barrage	Commune	Année de mise en service	Capacité Initial (Hm3)	Capacité actuelle (Hm3)	La réserve au 21/03/2022(HM3)	Impact
GHRIB	Oued Chorfa	1939	280	119,68	12,76	AEP, irrigation
DEURDEUR	Tarik ibn zied	1985	115	107,543	10,757	AEP, irrigation
HARREZA	Djelida	1984	75	74,614	0,757	irrigation
Oued MELLOUK	Rouina	2004	127	114,367	2,332	AEP, irrigation
SMBT	Arib	2005	75	70,22	43,911	AEP, irrigation

(Source : DRE 2022)

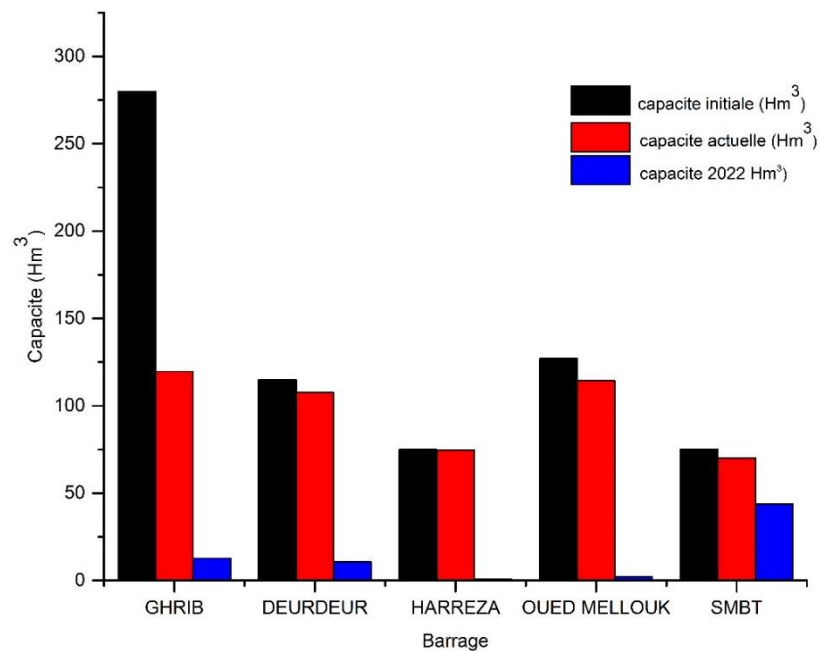


Fig.III.22. État des réserves de barrages de la wilaya d'Ain Defla 2022.

La construction des barrages en Haut Cheliff revient à la période de coloniale (comme le barrage de Ghrif qui a été construit en 1939) suivi par quatre autres ouvrages achevés après l'indépendance (Deurdeur, Harreza, Sidi M'hamed Ben Taiba et Oued Mellouk).

Ces ouvrages, ont permis d'atteindre une capacité totale installée de 443.09 Hm³. Compte tenu de la variété des sites topographiques aménagés et de l'importance hydrologique de bassins versant, ces barrages ont des capacités très différenciées. On remarque à travers la fig.22 que malgré les capacités initiales de ces ouvrages, la rareté durant les dernières années, leurs réserves ont été baissées à des niveaux très faibles et même critiques parfois.

III.8.1. Effet de sécheresse sur l'agriculture

Étant donné qu'Ain Defla, est une wilaya pilote en agriculture, la demande en eau pour irriguer les superficies de le haut Cheliff et El Abadia est excessive quelle que soit le mode d'irrigation.

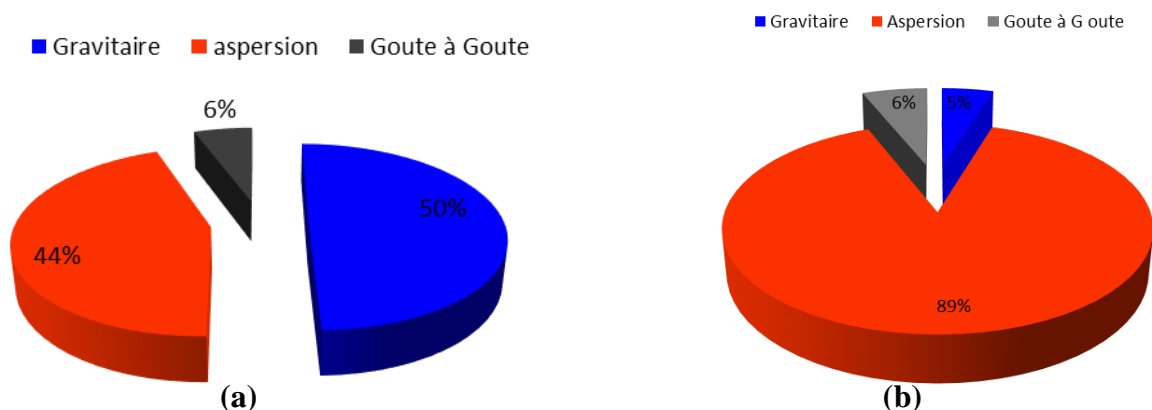


Fig.III.23 Superficie irriguée par mode d'irrigation pour (a)le haut-Cheliff et (b) Abadia

A travers la figure 23, le mode d'irrigation le plus utilisé en haut Cheliff c'est l'irrigation gravitaire (50%). Le choix de ce type par rapport aux autres revient aux conditions topographiques adéquates.

Par contre, le mode d'aspersion est le plus répandu au périmètre d'El Abadia (89%).

Tableau.III.4 types des cultures du périmètre haut Cheliff et Amra-abadia

Périmètre	haut-Cheliff		Total unité	Amra-abadia		total unité
	Int périmètre	Hors périmètre		Int périmètre	Hors périmètre	
Agrumes	2528,77	226,75	2755,52	131,4	51,5	182,9
CMD	1861,89	1091	2952,89	1794,5	581,6	2376,1
Cultures Industrielles	221,5	126	347,5	0	0	0
Cultures fourragères	30	9,5	39,5	2	0	2
Total GPI	4642,16	1453,25	6095,41	1927,9	641,1	2569
Nombre d'irrigants	801	178	979	260	118	378

(Source : DRE)

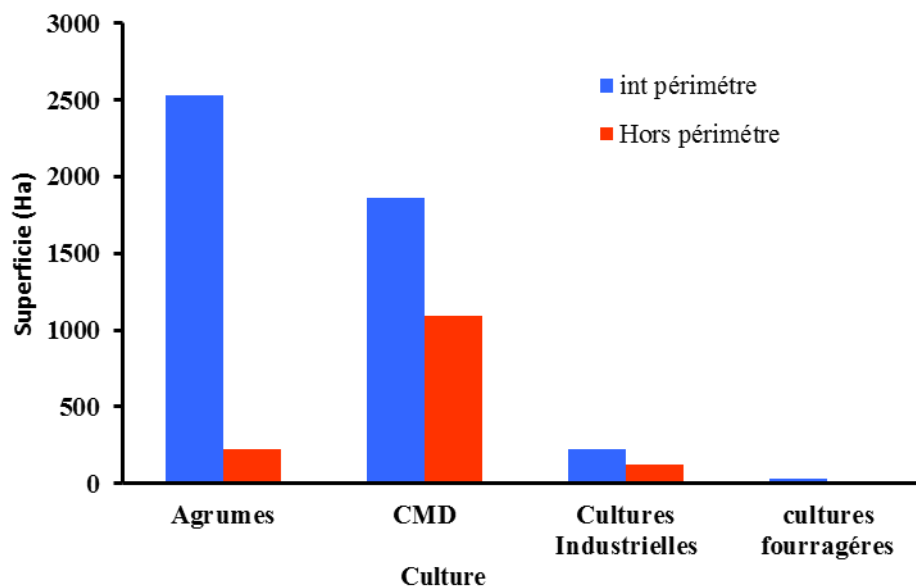


Fig.III.24 Types des cultures du périmètre haut Cheliff.

Cet histogramme représente les types de cultures des périmètres haut Cheliff. Ce qui est remarquable à l'intérieur du périmètre, quelles grandes superficies représentent les agrumes et même le CMD par rapport aux autres cultures, contrairement aux superficies Hors périmètre qui représentent plus de CMD, chose qui explique l'effet de manque d'eau sur ces cultures.

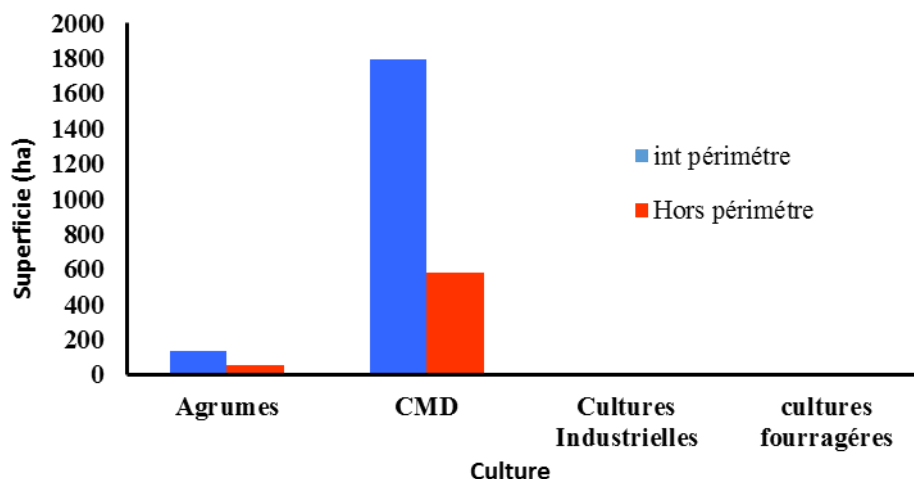


Fig.III.25 Types de cultures du périmètre Amra-Abadia

Le manque d'eau explique clairement les petites superficies exploitées par certaines cultures comme CMD et les agrumes que ce soit à l'intérieur ou hors le périmètre de Amra Abadia.

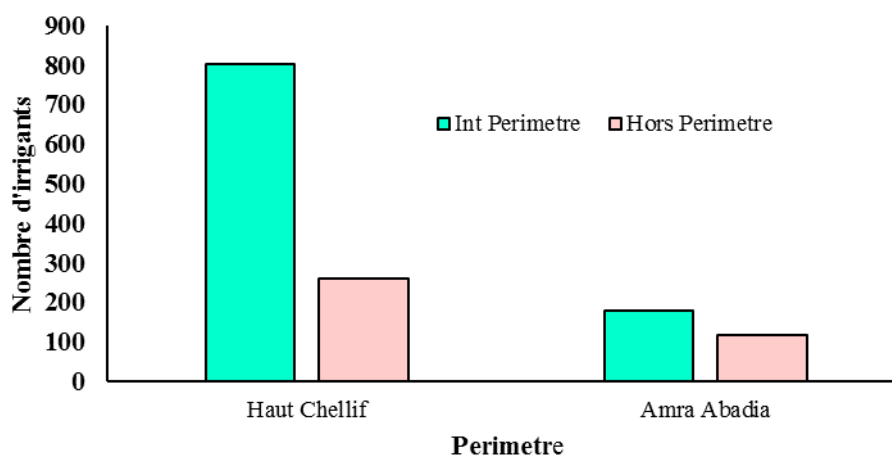
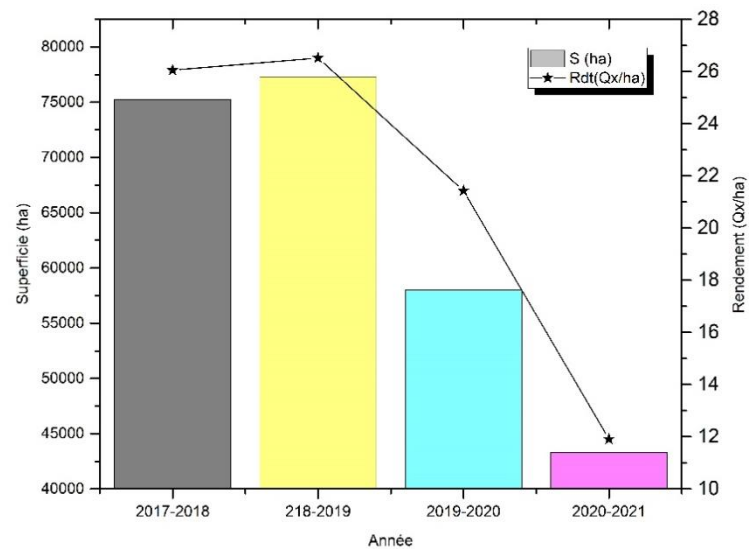


Fig.III.26 Le nombre d'irrigants pour les deux périmètres d'irrigation.

La réduction de la superficie d'irrigation a une influence directe sur le nombre d'irrigants comme le montre la figure.26 qui représente un nombre au-dessous de la moyenne par rapport aux années précédentes.

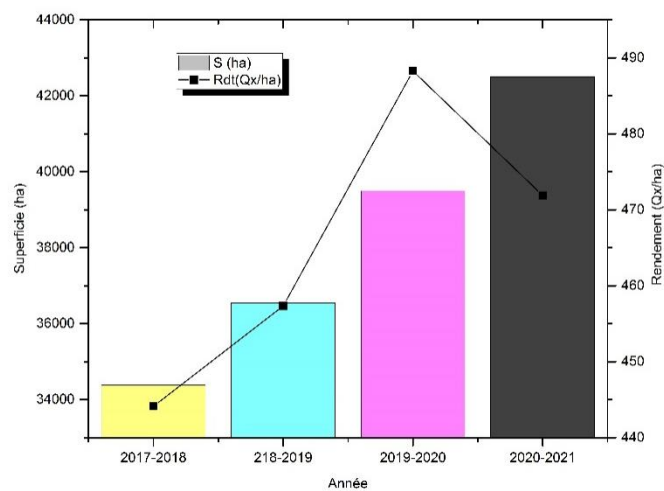
III.8.2. Effet de sécheresse sur l'économie.

La sécheresse a un effet direct sur l'économie étant donné que la demande est plus importante que l'offre. Les tableaux suivants présentent la production des cultures par rapport aux superficies exploitées.



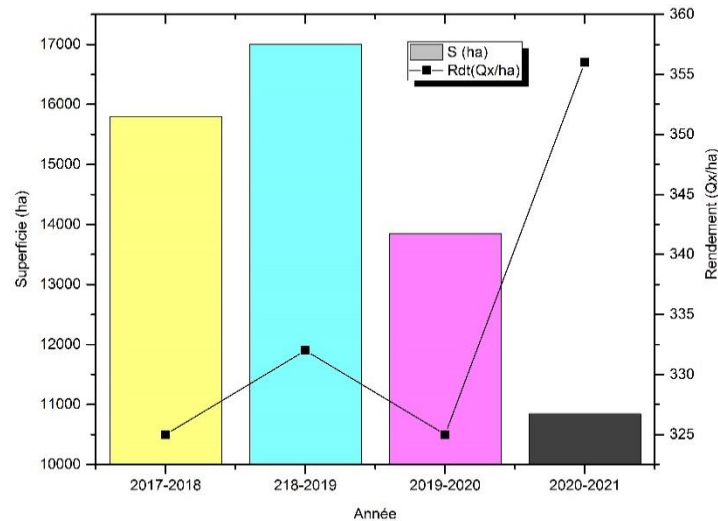
Fg.III.27. Relation entre la superficie et le rendement de la culture de céréale.

La relation entre la superficie et le rendement de la culture de la céréale durant la période 2017 jusqu'à 2021, on remarque que la diminution du rendement est liée directement avec la superficie, surtout entre les années 2019 à 2021.



Fg.III.28. Relation entre la superficie du périmètre haut-Cheliff et le rendement de culture pomme de terre.

On remarque d'après figure.28 une augmentation de la superficie de la culture de la pomme de terre mais le rendement est diminué en 2020-2021 de 487 Q/ha à 470 Q/ha.



Fg.III.29. Relation entre la superficie de périmètre Amra-Abadia et le rendement de culture pomme de terre.

Depuis 2018 la superficie de la culture de pomme de terre pour le périmètre Amra Abadia est en diminution malgré que le rendement fût bon en 2020.

III.9. Interprétation des résultats et discussions

La sécheresse enregistrée durant cette décennie notamment les dernières années à un impact direct sur plusieurs domaines à savoir.

- Les ressources en eau des eaux de surfaces ou souterraines en effet, la rareté des pluies apparaisse dans l'abaissement critique de la cote du plan d'eau de certains barrages comme harreza et oued Mellouk ou leurs réserves étaient instable durant l'année. Chose qui se répercute sur leurs comportements mécanique et hydrauliques et peut mettre leurs sécurités en péril.
- De plus, les deux périmètres d'irrigations de haut Cheliff et Amra -Abadia n'ont rien bénéficié des lâcheras partir de ces réserves.
- La relation proportionnelle entre les facteurs et le volume de la réserve explique la diminution de la réserve dans lequel le résultat de corrélation ($R^2 = 0.9603$) était très significatif.
- Pour les eaux souterraines, plus de 3760 points d'4eaux entre forages et puits répartie sur le haut et le moyen Cheliff n'arrivent pas à satisfaire la demande en eau pour l'irrigation et ce dû au rabattement du niveau de la nappe.
- La production agricole dépend de la disponibilité des ressources en eau. De ce fait, l'analyse des données pour les deux périmètres de haut Cheliff et Abadai confirme l'impact de la

sécheresse sur la réduction des surfaces irriguées, le nombre d'irrigants et le rendement par rapport aux autres années.

III. Conclusion :

Le rôle principal des barrages et les ressources souterraines (puits, forage) est de retenir une réserve d'eau pour des utilisations multiples : Irrigation, alimentation en eau et maîtrise des crues. La sécheresse de pire au pire touche indirectement la sécurité alimentaire à travers son impact sur les ressources en eaux, les surfaces agricoles et en conséquence l'économie du pays.

Chapitre IV

Stratégie pour augmenter le stockage de l'eau

IV. Introduction:

L'Algérie est caractérisée, dans la plupart de ses régions, par un climat semi-aride à aride. Le pays souffre autant de l'insuffisance des pluies que de leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace. Les contraintes du climat, la croissance démographique et les transformations économiques et sociales sont à l'origine d'une demande en eau sans cesse croissante. Parallèlement, le recours à l'irrigation est devenu une nécessité, étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification de l'agriculture. Or, face à ces demandes, les ressources en eau sont rares et insuffisantes (**Lehtihet, 2005 et Tamrabet 2011**).

Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, on est contraint d'utiliser des eaux de qualité marginale en agriculture (**FAO, 2003 et AHS, 2005**).

IV.1. Disponibilités de l'eau en Algérie du nord :

L'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'A.E. P pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et 100 109 m³. Plus de 80 109 m³ s'évaporent, 3 109 m³ s'infiltrent et 12.5 109 s'écoulent dans les cours d'eau. Dans l'Algérie du nord, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5,2 milliards de m³. Le reste (7.3 109 m³) se déverse directement dans la mer. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par une sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire de notre pays, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau (**Larhyss, 2010**).

IV.1.1. Dans la willaya d'Ain Defla :

Cinq (05) barrages en exploitation dont la capacité actuelle est estimée à 486.424 Millions de m³ avec un volume régularisable de 262 Millions de m³/an. Le niveau d'eau des barrages dans l'Etat d'Ain Defla a connu une remontée remarquable dans la période récente, où le taux d'augmentation du niveau d'eau des cinq barrages a atteint 19,5%. C'est après les quantités importantes de précipitations observées dans les régions de l'état entre les mois de mars et avril. Selon le directeur du secteur des ressources en eau de l'Etat, la quantité enregistrée a atteint 45,6 millions de m³ dans le barrage de Sidi M'hamed Ben Tiba dans la commune d'Arib. Et 28,7 millions de m³ dans le barrage de Ghrib dans la commune de Wadi Al-Shurafa, tandis que dans le barrage de Dardar Tariq bin Ziyad, le niveau d'eau a atteint 13,8 millions de m³. En plus de 6 millions de m³ dans le barrage d'Oulad Molouk dans la commune d'Al-Rouina, en plus de 700 mille m³ dans le barrage de Harreza dans la commune de Djelida (**DRE**).

IV.2. Les Principaux Problèmes Hydrauliques :

La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant, la dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années de sécheresse qui ont touché l'ensemble du territoire, ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025. Nous examinons dans ce chapitre, les principaux problèmes techniques qui affectent la quantité et la qualité des ressources en eau dans le haut et le moyen Chellif. (**Remini.B,2010**)

IV.2.1. Envaselement des barrages :

En Algérie, les 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m³ de matériau solide annuellement. La répartition des barrages sur les cinq bassins hydrographiques indique clairement que les barrages de la région de Chélif –Zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement, puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75%. Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région, favorisé par la nature des sols et l'absence de boisement. Même pour les petits barrages, le taux de comblement évalué en 2002 dans le bassin hydrographique Cheliff –Zahrez est de 16% de la capacité totale, il est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions (**Remini et Hallouche, 2003**).

Tableau. IV.1 : Etat d'envasement de quelques barrages d'Ain Defla.

Barrage	Année de mise en service	Volume Initial (Hm ³)	Envaselement Moyen annuel (Hm ³)	Perte de volume (%)
Ghrib	1939	280	3,2	72
Deurdeur	1984	110	1.05	25

(Source : ANBT, 2004)

IV.2.2. Pertes par évaporation et les fuites dans les réseaux :

L'aridité du climat se traduit par une forte évaporation sur les retenues et réduit considérablement leur capacité de stockage. Malgré les pertes engendrées aucune évaluation précise n'a été faite à ce jour ; les services concernés ne prévoient ni l'utilisation de méthodes d'appréciation plus précises ni la recherche de moyens de lutte contre ce phénomène. L'évaporation est estimée à partir de la méthode traditionnelle du bac Colorado. Ainsi, l'évaporation dans les retenues de barrages

est l'un des termes les plus imprécis du bilan hydrique. Le volume évaporé des retenues estimé en 1995 par la méthode du bac Colorado représente 0,427.109 m³ (Ministère de l'Hydraulique et de l'Équipement). Les estimations de l'ANB à l'horizon 2010 prévoient le doublement de ce volume qui serait de 0,883.109 m³. L'autre cause de pertes considérables en eau est celle causée par les fuites dans les réseaux aussi bien d'AEP que pour l'irrigation des grands périmètres. La vétusté de l'infrastructure, le mauvais entretien et la non maîtrise des poses des nouveaux réseaux occasionnent près de 40 % de perte des volumes produits soit 1.193.109 m³ en 1995. Dans le but de réduire ces fuites, des programmes spéciaux de réfection et de réhabilitation sont prévus, ils ramèneraient le volume des pertes à 0,532.109 m³ en 2010. **(Boudjadjai et Messaheli, 2003).**

Sachant que Ain Defla est une région chaude surtout en été, les cinq barrages et les retenues collinaires souffrent de problème d'évaporation comme il a été mentionnée dans le chapitre quatre (4). Le problème des fuites dans les réseaux d'irrigations ainsi que le piquage illicite influent sur la gestion de ces réserves.

IV.2.3. Eutrophisation des retenues de barrages :

Ces dernières années les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds. Ceci constitue une menace pour la qualité des ressources en eau dans les barrages. Plusieurs tronçons d'oueds sont déjà pollués (Tafna, Mekerra, Chellif, Soummam et Seybouse). Si le phénomène persiste encore, des retenues de barrages comme Beni Bahdel, Bakhada Ouizert, Bouhanifia, Fergoug, Oued Lekhel Hammam Grouz et Oued Harbil seront pollués. En plus de ces rejets, le dépôt des sédiments dans les retenues de barrages génère l'eutrophisation des eaux de retenues. L'eutrophisation est l'enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates notamment) entraînant des déséquilibres écologiques comme la prolifération de la végétation aquatique et l'appauvrissement en oxygène dissous.

Le processus de vieillissement passera une retenue d'un état de faible niveau nutritif (oligotrophique) à un état intermédiaire (mésotrophique), puis à un état de haut niveau nutritif (eutrophique). Le phosphore et l'azote sont des substances nutritives limitant le cycle de croissance de la végétation dans la retenue. Le phosphore est transporté en solution dans les retenues et se fixe aux sédiments. Une fois déposées dans la retenue, les sédiments libèrent le phosphore et contribuent au processus d'eutrophisation **(Bachman , 1980 ; Schreiber, 1980 in Stigter C. et al., 1989). Selon Thornton et al. (1980 in Stigter C. et al. 1989)**, la turbidité et la formation d'algues sont inversement proportionnel.

L'accroissement de la turbidité a un impact sur le processus biologique du fait d'une modification de la température. Le blocage du passage de la lumière par les sédiments en suspension a un effet sur le phénomène de photosynthèse. **(Remini.B, 2010).**

IV.3. Stratégie Pour Augmenter le Stockage de L'eau pour le haut et moyen Chellif :

L'impact de la sécheresse sur les ressources en eau nous oblige de penser sérieusement pour trouver des solutions afin de les préserver et minimiser l'effet de ce fléau.

IV.3.1. Recyclage et réutilisation des eaux usées :

Le principal but projeté par l'épuration des eaux usées de la ville d'Ain Defla est l'amélioration de l'environnement par la suppression de rejet en eaux usées de surface et notamment de l'Oued Cheliff (ONA, 2005), prévient l'éventualité de situations esthétiques désagréables. Ainsi que la protection des nappes d'eau souterraines de la contamination par l'eau polluée et la réutilisation des eaux usées traitées par la STEP à des fins agricoles.

La station d'épuration d'Ain Defla est rentrée en exploitation en 2008. Elle est conçue pour épurée une quantité d'eau estimée à 9157 m³/j. Le procès consiste en une épuration biologique par boues activées à faible charge, avec stabilisation aérobie.

Les principales caractéristiques de la station d'épuration d'Ain Defla sont renseignées dans le tableau 02.

Tableau.IV. 02 : Les principales caractéristiques de la station d'épuration d'Ain Defla.

Capacité de traitement Eq./hab.	Effluent brut m ³ /j	Effluent épuré m ³ /j	Procédé d'épuration
50 000	13 680	9 157	Boue activée

(Source ONA, 2005)



(a)



(b)

Fig.1. (a) la STEP de Ain Defla (DRE, 2014), (b) eau épurée (DSA, 2014)

Exemple : dans le périmètre de Arib nous a permet de constater qu'une ressource en eau non conventionnelle de la STEP de Ain Defla évaluée à 2747 m³/j soit 82410 m³/mois permet d'irriguer la majorité de la surface occupée par les cultures maraîchères pratiquées (tomate, oignon,) à savoir 213 ha. Alors qu'il ne satisfère que 12 % de la surface réelle occupée par la pomme de terre.

En cas des arbres fruitiers, la ressource en eau ne satisfera que 50 % des agrumes ou 42% de la superficie réelle des Pommier/poirier ou toute la superficie réelle du pêcher, ainsi que les autres arbres fruitiers Abricotier soit 127 ha où le volume disponible en eau épurée dépasse leurs besoins. **(Mehainguene.M, 2018).**

IV.3.2. L'aménagement des bassins versants :

Presque toutes les définitions relatives au concept d'aménagement de bassin versant font référence à un ensemble de mesures qui rentre dans le cadre de l'aménagement physique et social du milieu. Ces mesures doivent permettre la protection et l'évaluation du niveau de productivité de toutes les ressources naturelles du milieu ainsi que l'amélioration des conditions socioéconomiques de la population. **(Bernarde, 2008).**

D'après Sheng (1993), cité par Joseph (2003), l'ABV consiste à formuler et à adopter une ligne de conduite impliquant la meilleure utilisation possible des ressources du milieu, notamment des terres et des eaux, afin de fournir des biens et des services durables. On doit tenir compte des facteurs sociaux, économiques et institutionnels à l'intérieur et à l'extérieur de ces périmètres.

Selon cette définition, tout aménagement intégral de BV doit alors se baser sur les principes suivants :

IV .a. Les aménagements traditionnels :

Les populations locales ont pu mettre en place et développer certaines techniques traditionnelles permettant de gagner des aires cultivables et de réduire les processus de dégradation. Ces aménagements restent, malgré leur grande variété, émiettés et peu répandus dans l'espace. Ils peuvent être groupés, en fonction de leur mode de confection en deux grands ensembles : des ouvrages construits et des pratiques mécaniques, biologiques et culturelles.

IV.3.3. Création obstacle de ruissellement :

IV.3.3.1. Végétalisation (Couverture permanente du sol) :

La végétation protège le sol de l'impact des gouttes de pluies, elle ralentit les filets d'eau superficiels et favorise ainsi l'infiltration. La couverture végétale peut être faite de végétaux vivants ou morts **(Dupilet, 2003).**

IV.3.3.2. Couverture vivante :

Les cultures d'hiver évitent de laisser le sol à nu après le labour; il peut s'agir de culture dont le cycle végétatif commence à la fin de l'automne (blé d'hiver) ou de cultures spécifiques qui seront labourées au printemps et enfouies comme engrais vert.

En zone montagnarde, on peut procéder à la végétalisation des bad-lands pour les sols sensibles à l'érosion par ravinement généralisé.

L'installation d'une végétation à croissance rapide tels qu'Eucalyptus, Acacia, pins, A triplex, Laurier rose, cactus, etc. assure une amélioration de la couverture du sol et son enrichissement

En matière organique (Dupilet , 2003).

IV.3.3.3. Banquettes :

Ce sont des levées de terre de faible hauteur (0.50 m) établies selon les courbes de niveau; Elles sont généralement plantées par des arbres permettant de valoriser les surfaces marginales, de fixer les ouvrages et améliorer l'infiltration. Elles sont utilisées en DRS. Elles sont des petites terrasses horizontales, perpendiculaires à la ligne de la plus grande pente, dans le but est de remodeler une parcelle. Le talus à l'amont de la banquette dépasse rarement 1 mètre de haut. La largeur de la terrasse varie entre 0.5 et 2.5 mètres. S'il s'agit d'éléments de banquette, la longueur est comprise entre 4 et 10 mètres (Tribak ,1995).



Fig. .IV.2 : banquette (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

IV.3.3.4 Les talus :

Il s'agit de talus à pente subverti cale qui découpent les versants en parcelles orientées Parallèlement aux courbes de niveau ; ils sont généralement taillés dans les formations superficielles ou les substrats marneux sous-jacents. La taille et la pente varient en fonction de la déclivité des versants ; elles sont d'autant plus importantes que les versants sont fortement inclinés, Ces aménagements constituent une pratique assez fréquente et vraisemblablement très ancienne, du fait qu'elle sert à identifier les limites des parcelles partagées entre les héritiers (Dupilet, 2003).

IV.3.3.5 Les murets et les cordons en pierres sèches :

Les murets ralentissent l'écoulement des eaux de ruissellement afin de favoriser leur infiltration. Elles servent généralement d'appui à des terrasses horizontales de largeur variable et aménagées en marches d'escalier successives

- Les terrasses peuvent être construites directement ou progressivement par des procédés faisant intervenir les façons culturales.
- La construction progressive consiste à disposer des obstacles horizontaux appelés « ligne d'arrêt de labours », puis à effectuer les labours en versant vers le bas à l'intérieur des bandes de culture ainsi délimitées. La pente du terrain diminue ainsi progressivement. (Roy P et al, 2007).



Fig .IV.3 les murets

Les cordons de pierres sont des alignements de pierres établis de façon à ralentir l'écoulement de l'eau sur de grandes surfaces relativement dénudées et sur des pentes faibles (<12%). Ils favorisent l'étalement de l'eau, évitent la formation de rigoles, favorise ainsi l'infiltration et le dépôt de sédiments. L'effet des cordons est d'autant plus marqué que le déficit saisonnier est prononcé et que l'aménagement s'accompagne de pratiques culturales améliorée La technique des cordons de pierres n'est applicable que sur les sols établis en pentes légères. Lorsque la pente est forte (>12%), il y a lieu d'utiliser des murettes · Elle requiert également une participation villageoise importante pour le transport / mise en place des cordons (Roy et al, 2007).



Fig. IV.5: technique de cordons en pierre sèches (Roy et al, 2007)

IV.3.3.6. Les terrasses :

On les trouve sur les versants et dans les fonds des vallées, entre les lits des oueds et le début des fortes pentes. La construction se fait sur les sols profonds afin d'éviter d'aller dans la roche mère.

Il n'est pas recommandé de les construire sur les pentes faibles (10 %) du fait de leur coût prohibitif. Elles ont aussi pour but de créer une SAU supplémentaire utilisable pour les cultures vivrières qui sont associées souvent à des plantations d'arbres fruitiers. Cette technique est peu fréquente dans la région en raison de la forte extension des terrains marneux et la pénurie des ressources en eau. Selon leur mode de confection, deux types de terrasses ont été distingués : Les terrasses façonnées dans la roche en place et les terrasses construites (**Dupilet , 2003**).

IV.3.3.7. Captation des eaux de ruissellement :

- Exutoires naturels
- Exutoires artificiels
- Les cordons de pierres
- Les murettes de pierres sèches
- Les Bassins de sédimentation et de contrôle du débit

IV.4. Protection des pentes contre l'érosion :

IV.4.1. Travaux selon courbes de niveau :

Culture en courbes de niveaux (action de cultiver la terre en suivant le relief plutôt que lapent). En ce faisant, on oriente la rugosité du sol due aux mottes et aux petits creux, on les oriente perpendiculairement à la pente de telle sorte que l'on ralentit au maximum la nappe d'eau qui pourrait ruisseler. Ce procédé utilisé comme moyen de conservation des sols et de L'eau, n'est efficace que sur les pentes faibles ne dépassant pas 4%. Sur ces pentes, les travaux selon les courbes de niveau suffisent pour contrecarrer l'érosion en nappe que l'on ne perçoit pas toujours dans ses débuts. (**Roose, 2000**).

IV.4.2. Culture en bandes alternantes :

C'est un procédé de culture en bandes parallèles (le plus souvent parallèles aux courbes de niveau) qui est utilisé lorsque la pente augmente et que le labour selon les courbes de niveau ne suffit pas pour arrêter l'érosion. On peut distinguer deux types de bandes alternantes : les bandes alternantes selon les courbes de niveau et les bandes alternantes transversales continues. La largeur des bandes dépend de la pente, de la perméabilité du sol et de son crédibilité. (**Roose, 2000**).

IV.4.3. Correction torrentielle :

Elle s'applique au ravinement et aux torrents. Les torrents sont des cours d'eau à régime spasmodique, à pente forte et qui travaillent dans des matériaux faciles à affouiller. Ils provoquent beaucoup de dégâts et menacent les villages, les champs cultivés, les voies de communication, etc. (**Roose,2000**).



Fig.IV.6 : technique des seuils en gabions (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

IV.4.4. Cas des petites ravines :

L'activité des petites ravines est très variable d'une région à l'autre en fonction du stade de Dégradation atteint, dans cette section, nous allons aborder les différentes de mesure pour lutte contre les petits ravins à savoir la correction par la fixation biologique et par des diguettes en pierre sèche. **(Roose, 2000).**

IV.5. Correction par fixation biologique :

La fixation biologique par implantation d'une végétation arborée ou herbacée peut constituer une armure défendant les bas-fonds. Ces types d'aménagement à deux objectifs majeurs à savoir premièrement l'amélioration de la productivité agricole ou forestière et deuxièmement la réduction du débit solide et la régularisation des écoulements. L'outil de base est un seuil placé en travers de la ravine et constitué par du matériel végétal vivant. **(Roose, 2000).**

IV.6. Correction par des diguettes en pierres sèches :

Par ailleurs, l'utilisation des petits seuils en pierres sèches peut jouer un rôle provisoire dans la correction de ravinement avant la mise en place des seuils biologiques par de la végétation. Ces seuils peuvent créer par leur atterrissement un milieu favorable à l'installation des plants. **(Roose, 2000).**

IV.7. Cas des grosses ravines :

Souvent on a recours au traitement par génie mécanique. Ce type d'aménagement peut avoir deux objectifs:

-Stabiliser le profil en long de la ravine dans les secteurs où la tendance générale est au surcreusement. Ces ouvrages retiennent surtout la partie du versant qui serait peu à peu descendue

dans la ravine (par sapement de berges et par glissement) si l'incision s'était poursuivie. Ils arrêtent l'érosion régressive au niveau de la ravine ainsi traitée. L'objectif n'est donc pas ici de retenir beaucoup de sédiments, mais de limiter l'approfondissement de la ravine.

-Retenir les sédiments dans les sections en transit où l'incision est faible. **(Roose, 2000).**

IV.8. Les principes généraux de l'aménagement des grosses ravines :

Les barrages doivent avoir une grande durée de vie puisque la végétation ne pourra pas venir prendre immédiatement le relais. Ce seront des ouvrages en dur: en gabions mais surtout en maçonnerie de grosses pierres au mortier de ciment. **(Roose, 2000).**

IV.8.1. Les barrages en gabions :

Réduire la vitesse de ruissellement, retenir les sédiments et protéger les infrastructures Socio-économiques en aval, Ils sont utiles pour la correction des ravins à largeur importante. **(Roose, 2000).**

IV.8.2. Les seuils en maçonnerie :

Les ravins développés sur les formations calcaires ou marna-calcaires souffrant d'érosion Active par entailles linéaires sont traités mécaniquement par des seuils en maçonnerie en attendant une végétalisation de leurs fonds, berges et impluviums.

- Le but des paysans est de limiter leur évolution et éviter la généralisation du ravinement sur la parcelle.
- Elle consiste à réduire la vitesse de ruissellement, retenir les sédiments et protéger les Infrastructures socio-économiques en aval. **(Roose, 2000).**

IV.9. Reboisement et choix des espèces

Le reboisement affecte les terrains inaptes à l'agriculture, ceux qui sont fortement érodés ou vulnérables à l'érosion et ceux qui ont aussi des pentes supérieures à 50%. La technique et le choix de l'espèce relève d'un spécialiste

Il existe 2 types de reboisement :

- en massif
- en bandes protectrices

IV.a. Massif :

Le reboisement assure une très bonne protection du sol, une fois que les espèces soient bien développées par :

- La couronne des arbres empêche le martèlement de la pluie sur le sol et la retient.
- La litière assure une quantité de matière organique importante.
- La forêt, par ses racines, fixe le sol.

Les terrains affectés par les glissements sont à étudier avant de les reboiser.

IV.b. Bandes protectrices

Dans tout terrain à aménager, il existe des ravins. La technique globale consiste à reboiser sur tout le porteur, une bande de 5 – 15m de large (espèce qui se bouturent telles que le laurier rose (Touaibia B, 2005).



(a)



(b)

Fig.IV.7 :(a) technique de reboisement (cliché Bettassa et Tafiani, 2018), (b) reboisement aux alentours de la cuvette du barrage de Harreza

IV.10. Réalisation des petits barrages et retenues collinaires :

Le manque de sites favorables à la réalisation de grands barrages, nous incite à réaliser des retenues collinaires. Ce sont des petits barrages de faible profondeur construits avec des digues en terres qui permettent une gestion locale de ce mode de stockage.

L'Algérie s'est engagée au début des années quatre-vingt avec un programme ambitieux pour la réalisation d'un nombre considérable de retenues collinaires. Malheureusement, cette expérience s'est soldée par un semi échec, puisque plusieurs retenues se sont envasées durant les premières années d'exploitation, d'autres ont été emportées par les premières crues. Actuellement, l'Algérie a programmé la réalisation de plus de 500 retenues collinaires durant les 05 années à venir dans le but de conserver l'eau et le sol et même de minimiser l'arrivée des sédiments dans les grands barrages. Ces petits ouvrages économiques peuvent mobilisés plusieurs millions de m³ des eaux superficielles qui seront destinées à l'irrigation. Cependant, la réalisation d'un tel ouvrage nécessite une étude technique sérieuse très poussée de telle façon à éviter deux grands problèmes:

- Envasement rapide de la retenue lors d'une crue ou deux

• Destruction de la digue à l'arrivée d'une crue, suite à non connaissance de la ligne de saturation dans la digue. (**Remini.B, 2010**).

Ain Defla dispose 10 retenues collinaires ou une a été déclassée par le ministère des ressources en eau. Ces ouvrages permettent de couvrir les zones la ressource d'eau est quasiment rare.

IV.11. Utilisation de la Recharge artificielle des nappes

La recharge artificielle des nappes d'eaux souterraines s'impose comme moyen incontournable. Elle consiste à récupérer les eaux superficielles non mobilisées et les introduire dans les formations perméables du sous-sol. Elle présente un grand intérêt en raison des objectifs qu'elle permet d'atteindre : stockage des eaux de surface, épuration naturelle des eaux, augmentation du rendement des champs de captage, lutte contre l'intrusion marine... .

Le concept de la recharge artificielle n'est pas récent, il est apparu au moment où commençait à s'imposer la nécessité de gérer l'ensemble des ressources en eaux superficielles et souterraines dans le cadre des grands bassins naturels.

Cette technique consiste à introduire de l'eau dans des formations perméables du sous-sol par l'intermédiaire d'aménagements appropriés (les pertes des retenues, canaux, réseaux d'irrigation en sont exclues). Elle intègre en effet l'idée de ressources supplémentaires apportées à la nappe et évoque implicitement la réutilisation de ce supplément dans des conditions de régime et de qualité différentes. Cette méthode présente un grand intérêt et un large spectre d'application en raison des objectifs qu'elle permet d'atteindre :

- Restauration d'un équilibre perturbé et protection contre des perturbations diverses:
 - Surexploitation d'une nappe.
 - Déviation d'un cours d'eau.
 - Intrusion d'eaux salées ou polluées dans la nappe, etc...
- Amélioration de la qualité des eaux :
 - Epuration naturelle des eaux infiltrées (dans les dispositifs superficiels de la recharge artificielle et à travers la zone non saturée)
 - Diminution de la minéralisation des eaux souterraines en réinjectant des eaux douces.
 - Régularisation thermique des eaux réinjectées (pour le refroidissement industriel), etc...
- Accroissement de la ressource en eau et optimisation du régime d'exploitation pour une gestion rationnelle et durable des eaux superficielles et souterraines (d'un bassin ou d'un groupe de bassins naturels) afin d'atténuer ou de régler les problèmes de pénuries saisonnières, d'alimenter une région déficitaire par une autre, etc.... .

Malgré la diversité des ouvrages destinés à la recharge artificielle, ceux-ci se divisent en deux grands groupes :

□ Les dispositifs d'infiltration provoquée dont les principaux types sont : les bassins d'infiltration, les fosses, les canaux, les galeries, les lits des cours d'eau aménagés, ... Ils sont aménagés à la surface du sol et largement utilisés en nappe libre.

L'infiltration des eaux se fait depuis la surface du sol vers la nappe à travers la zone non saturée (zone d'aération).

□ Les dispositifs d'injection dont les principaux types sont, les forages d'injection et les galeries souterraines. Ils sont utilisés principalement pour la recharge des nappes captives. (**LAGHA-BOUZID. S, 1983**).

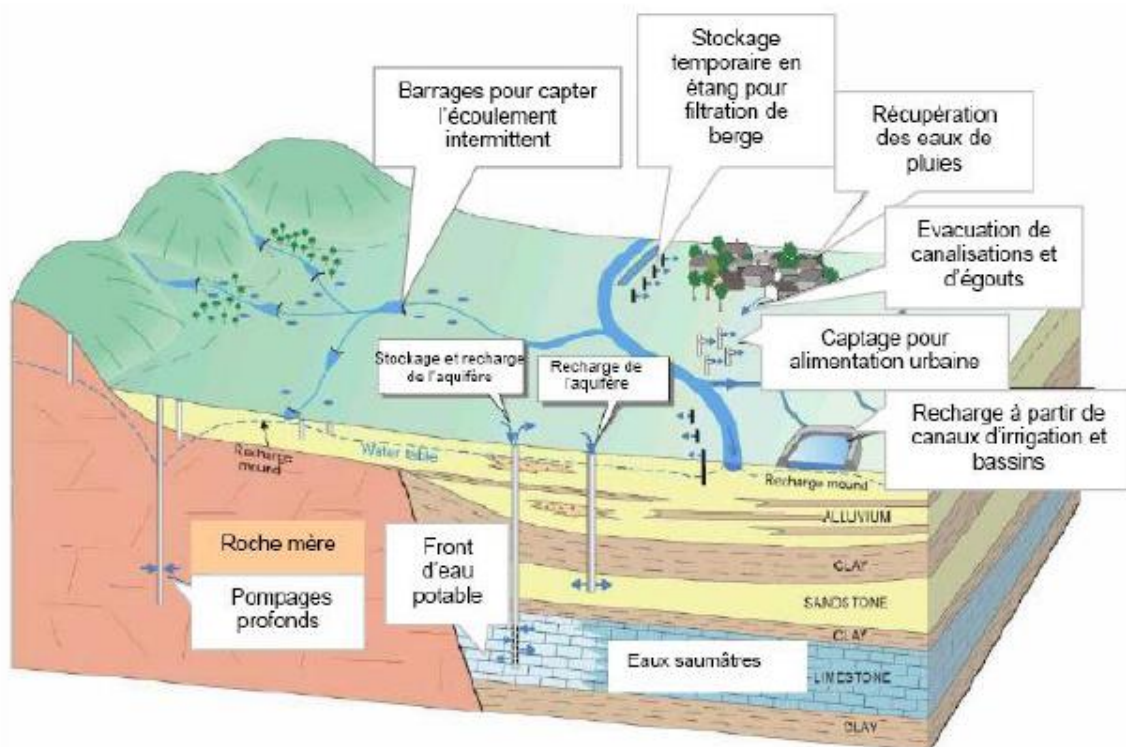


Fig.8.IV .Schéma présentant un partie des différents types de recharges artificielle dans différents environnements hydrogéologiques (d'après Gale et al ;2002,pettenati , 2007).

- Après le passage des crues exceptionnelles sur le haut et moyen Chellif ,il est souhaitable de créer des ouvrages de stockage telle que les grandes fosses pour profiter de leurs reserves dans la recharge de la nappe phréatique aulieux les laisser deverser dans la mer.

IV.12. Technique du soutirage

La technique du soutirage peut être un moyen efficace de lutte contre l'envasement des barrages en Algérie, compte tenu de la présence des courants de densité dans l'ensemble des retenues (**Remini.B, 1997**). Son rendement peut atteindre 70% des apports solides totaux qui entrent dans la Retenue (70 % des sédiments entrants sont ainsi évacués). (**Remini.B, 1995**) (**Remini.B, 1994**).

La pratique de ce moyen de lutte exige une perte d'eau dont la quantité dépend principalement du mode de manœuvre des vannes. Nous avons dressé les tableaux des concentrations qui ont été enregistrées pendant certaines opérations de vidanges (tableaux 3 et 4).

Tableau. IV. 3 : rapport entre l'eau et les sédiments évacués par les vannes de fond.

Barrage	Rapport eau / sédiments évacués par les vannes de fond
K'sob	4 à 10
Ghrib	4 à 10
Beni Amrane	20 à 50
Ighil Emda	10 à 21
Erraguene	3 à 8
Oued El Fodda	4 à 10

Tableau. IV.4 : vase évacuée par les vannes de fond de quelques barrages algériens durant l'année 1991-1992.

Barrage	Volume de vase évacué (densité 1,6) 10 ⁶ m ³	Volume d'eau perdu 10 ⁶ m ³
Fergoug	0,09	0,87
Sidi M'hamed Ben Aouda	0,0162	0,115
Ghrib	0,0287	0,14
Beni Amrane	4,045	228
K'sob	0,14	3,4

IV.12.1. Technique de chasse du barrage:

Le rendement des opérations de soutirage peut être augmenté par la création d'ondes de crues artificielles provenant d'un barrage de chasse, réalisé à l'amont du barrage à protéger. Cependant, la non maîtrise de cette technique peut être néfaste et conduire à un comblement celui de Fergoug avait pour but de minimiser la sédimentation dans ce dernier, mais finalement l'envasement a été extrêmement rapide. (Remini.B et Avenard.J.M, 1997).

IV.12.2. Principe de la technique

Grand débit au moyen des vannes de fond qui provoquent :

Le barrage de chasse transforme les faibles débits en provenance de l'oued en ondes à - d'une part un courant de densité de concentration élevée (formé par des particules fines filtrées - diamètre inférieur à 2 μ m- provenant de la retenue du barrage de chasse - et des particules remaniées dans la retenue principale),

- d'autre part une érosion régressive des dépôts de sédiments grossiers (sables, graviers) dans les zones **II** et **III**, qui sont ainsi transportés vers la zone **I**.

Les manœuvres des vannes du barrage principal à protéger doivent être exécutées au moment opportun, sinon toute la masse solide se consolide et les opérations de soutirage deviennent de plus en plus compliquées avec un risque de voir une obturation des vannes.

Cette technique est envisagée surtout pour les réservoirs qui ont atteint un degré avancé de l'envasement. Son inconvénient réside dans le choix du site de l'emplacement du barrage de chasse.

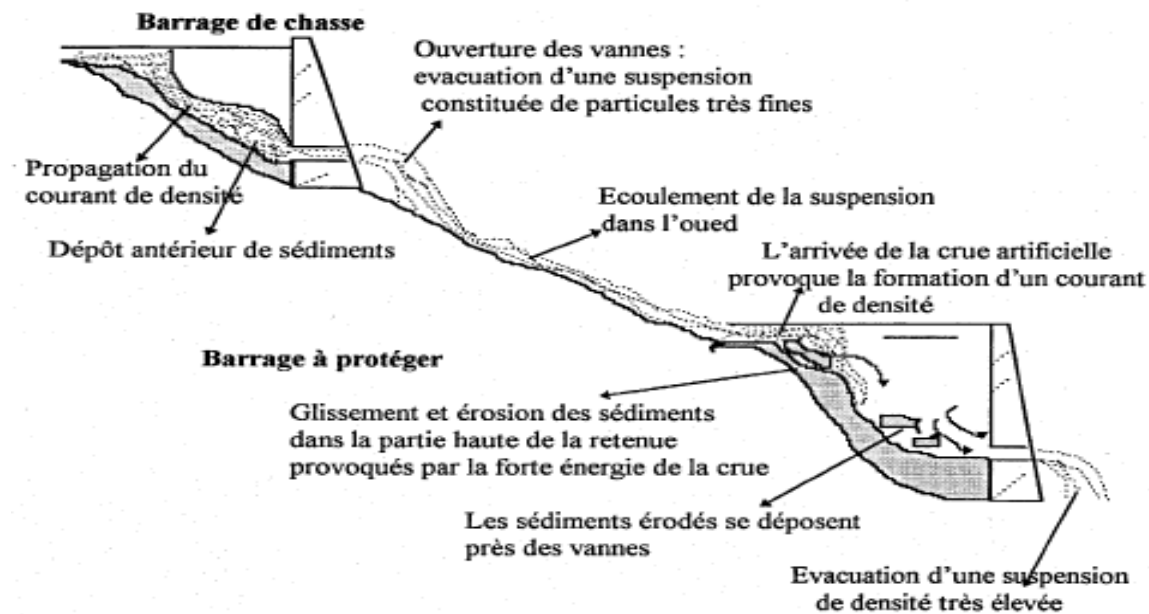


Fig.9.IV. fonctionnement de chasse d'un barrage. (Remini.B, 1997).

IV .a. Dragage des retenues de barrages :

Plus de 30 millions de m³ de vase se déposent annuellement dans les 52 grandes retenues de barrages de l'Algérie. Une quinzaine de barrages sont gravement menacés par le phénomène de l'envasement (fig.10.a) et le dévasement par dragage est devenu aujourd'hui une option inévitable pour prolonger leur durée de vie. Le dragage est une technique de dévasement sûre, mais selon certains auteurs, la récupération d'une capacité de stockage par dragage est une opération très coûteuse qui n'est pas économique pour les grandes retenues (ICOLD, 1989). Dans certains pays, cette opération s'impose, surtout lorsqu'il existe peu de sites favorables à la réalisation de nouveaux barrages, comme en Algérie par exemple. Lorsque la stabilité de l'ouvrage est menacée, ou tout simplement lorsque le barrage présente un intérêt économique, le dévasement devient obligatoire. Cette technique est reconnue aujourd'hui comme une solution sûre, mais le devenir des matériaux extraits pose de graves problèmes écologiques. Certains cas ont trouvé des solutions

comme le rejet le long des berges ou l'utilisation de la vase comme matériau d'amendement des sols, ou même comme matériau de construction. (Remini.B et Hallouche.W, 2004).



(a)



(b)

Fig.IV.10 :(a) liste des barrages envases, (b) Drague suceuse au cours du dévasement de la retenue de Zardezas (Rezoug.y, 1997).



Fig. IV.11 barrage d'Ouled Melouk

Le barrage de Ouled Mellouk a connu un volume très bas durant les dernières années, chose qui permettre de nettoyer une grande partie si les moyens humaines et matériels sont disponibles.

IV .b. lutte contre les fuites des différents réseaux :

La lutte contre les fuites des différents réseaux s'effectue par une distribution des quantités d'eau de la manière la plus juste et la plus équitable possible, la lutte à toute épreuve contre le gaspillage et les pertes d'eau par une meilleure gestion et exploitation du réseau et la réhabilitation des réseaux, dont les qualités techniques ne répondent pas aux normes exigées actuellement, en sachant que l'Algérie dispose d'un réseau de 40000 km (A.E.P et A.E.R) avec un taux de fuite d'environ 40%, ce qui représente un volume de perte considérable.(Remini.B,2010).

IV.c. Surélévation des barrages :

L'un des moyens de lutte utilisés en Algérie est la surélévation de la digue. Cette méthode consiste, lorsque le taux de comblement est avancé, à augmenter la hauteur de la digue d'une taille variable, permettant la constitution d'une réserve complémentaire pour compenser la perte du volume occupé par la vase. Cette technique a été réalisée sur barrage Ghrib. La surélévation des barrages permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée.

barrage	Capacité initial (Hm ³)	Capacité envasée(Hm ³)	après	Capacité après surélévation (Hm ³)
Ghrib	280	115		185

Additive au barrage de Ghrib, il y a le barrage de SMBT qui déverse chaque presque 20 Hm³ dans l'oued de Cheliff. Le barrage peut avoir une surélévation si les conditions géologiques nous permettront.



Fig.IV.12 surélévation proposée pour barrage SMBT

IV. Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons essayé de mettre en avant toutes les solutions qui nous aident à stocker la plus grande quantité d'eau possible, notamment dans les barrages, qui sont considérés comme les plus grands réservoirs d'eau. Aussi évoqué les difficultés et les problèmes qui gaspillent l'eau.

Nous n'oublions pas non plus le point le plus important, qui est la conscience humaine dans la préservation de ce matériau précieux.

Conclusion générale

Conclusion générale

A l'instar de plusieurs régions dans le monde, la sécheresse est un risque majeur qui touche l'ensemble de l'Algérie. Elle survient parfois sur une longue période avec une intensité plus ou moins forte variant dans le temps. Le nord d'Algérie est dans une situation alarmante, elle est exposée aux phénomènes de sécheresse qui a entraîné des perturbations dans l'approvisionnement en eau, et particulier et un déficit dans les cours d'eau et les réserves de barrages.

Ce mémoire a pour objectif de donner une identification de la sécheresse et permettre de caractériser ce phénomène par l'impact sur les ressources en eau des surfaces ou souterraines et l'agriculture au haut et moyenne Chellif.

Nos principaux résultats d'analyse peuvent être résumés comme suit :

- Un impact direct sur les eaux de surfaces, dans laquelle la rareté des pluies apparaisse dans l'abaissement critique de la cote du plan d'eau de certains barrages comme Harreza et Ouled Mellouk ou leurs réserves étaient instable durant l'année. Chose qui se répercute sur leurs comportements mécanique et hydrauliques et peut mettre leurs sécurités en péril.
- Pour les eaux souterraines, plus de 3760 points d'eaux entre forages et puits repartie sur le haut et le moyen chellif n'arrivent pas à satisfaire la demande en eau pour l'irrigation et ce dû au rabattement du niveau de la nappe.

De ce fait, l'analyse des données pour les deux périmètres de haut Cheliff et Amra Abadia, la production agricole dépend de la disponibilité des ressources en eau ce qui confirme l'impact de la sécheresse sur la réduction des surfaces irriguées, le nombre d'irrigants et le rendement par rapport aux autres années.

A travers ce présent travail, nous avons proposé quelques solutions possibles pour réduire le manque d'eau dans les barrages et d'augmenter la capacité de stockage à travers l'application d'une sérieuse stratégie.

- ❖ Des points de mesures doivent être appliquées au niveau des bassins versants et les ouvrages de rétention (correction torrentielles, protection des versants et des berges, soutirage, dragage des barrages, etc....)
- ❖ La diminution des pertes dues aux réseaux d'irrigations
- ❖ La limitation, en particulier au moyen de barrages, des quantités d'eau douce inutilisées qui rejoignent la mer
- ❖ L'exploitation des eaux souterraines afin de régénérer les sols dans les zones arides

Conclusion générale

- ❖ La réforme du système du prix de l'eau

La lutte contre la déforestation et la désertification la mise en culture durable permettent de lutter contre l'évapotranspiration et le ruissellement.

- ❖ La gestion rigoureuse des capacités en eau: techniques d'irrigation goutte à goutte, sélection de cultures peu gourmandes en eau, cultures en terrasses horizontales, retenant l'eau de ruissellement.
- ❖ L'eau doit servir efficacement à augmenter la production agricole en tenant compte des techniques d'irrigation et de la nature des sols.
- ❖ Le développement durable de l'agriculture doit être basé sur la mise en œuvre d'un schéma d'aménagement en tenant compte de la potentielle eau.
- ❖ L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation sous contrôle de la qualité doit être encouragée.

Enfin, la problématique de la sécheresse nous oblige de penser soigneusement à notre stratégie quant 'a l'utilisation de cette précieuse source qui est l'eau.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A. BOUDJADJA1, M. MESSAHEL1, H. PAUC*2 (2003) : Ressources hydriques en Algérie du Nord, 295p.

Agence du bassin hydrographique Cheliff Zahrez, 2004 – « cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff- Aval du barrage de Boughzoul ». 62p.

Alley, W. M. (1984): The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions, *J.Clim. Appl. Meteorol.*, 23, 1100-1109.

BEAUDIN I. (2007) : Potentiel de la télédétection pour le suivi et la Caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen. Rapport De Maîtrise en Sciences Géomatiques, Université Laval, 233p

Bernard U, 2008: Contribution à l'élaboration d'un plan d'aménagement du bassin Versant de la rivière coup à l'Inde.

Bjerknes, J. (1969): Atmospheric tele connections from the equatoriall pacific, *Mon. WeatherRev.*, 97, 163-172.

Boudjadja, A., Messahel, M. & Pauc, H. (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*.p294.

Boudjadja, A., Messahel, M. & Pauc, H. (2003). *Water Science* Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau / Journal of*, 16(3), 285–304

BOUDJADJA1, M. MESSAHEL1, H. PAUC*2 (2003) :Ressources hydriques en Algérie du Nord, 295p.

BYUN H. R., WILHITE D.A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12, 2747-2756.

C.I.G.B. (1989). — Maîtrise de l'alluvionnement des retenues. *Bulletin 67,Recommandations*, 159 p

CUDNNEC., (2007) : L'Union européenne, acteur maritime international : un statut à définir », *Annuaire du droit de la mer*, tome XI, 2006 (publié en 2007), p.195-218

FAO, 2003, L'irrigation avec les eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord, 73 p.

FLEIG A.K., TALLASSEE L.M., HISDAL H., HANNAH D.M. (2011). Regional hydrological drought in north-western Europe: linking a new 122 Regional Drought Area Index with weather types. *Hydrological Process*, 25 (7), 1163-1179

Références Bibliographiques

- HAYES M.J., SVOBODA M.D., WILHITE D.A., VANYARKHO O.V. (1999).** Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index Bulletin of American Meteorological Society, 80 (3), 429-438
- KHADR M., MORGENSCHWEIS G., SCHLENKHOFF A. (2009) :** Analyses Of météorologique drought in the Ruhr basin by using the standardized precipitation index. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 57, 607-616
- Khaldi, A. , (2005).** Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs Calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida (Thèse de doctorat)
- Klocke, N. L. and Hergert, G. W. (1990):** How soil holds water, NebGuide G90-964, INAR University of Nebraska, Lincoln.
- LAGHA-BOUZID.S ,1983 :** la recharge artificielle des nappes d'eau souterraines alternative en algerie p15-16
- Larhys Journal, LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp. 27-46**
- Lehtihet L, 2005,** La réutilisation des eaux usées en Algérie: situation actuelle et perspectives de développement. Direction de l'assainissement et de la protection de l'environnement. Ministère des ressources en eau. 31p
- McKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. (1993).** The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scale. 8th Conference on Applied Climatology, 179-184
- Mehainguene M et al 2018 :** retilisation des eaux usée epurées de la STEP de ain defla a des fins agricoles p28-29.
- MIRABBASIA R., ANAGNOSTOUB E.N., FAKHERI-FARDA A. Dinpashoha Y., ESLAMIANC S. (2013).** Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index. *Journal of Hydrology*, (492), 35-48
- NALBANTIS I., TSAKIRIS G. (2009).** Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23, 881-897
- Nelsen, R.B. :** An Introduction to Copulas (2nd edition). Springer Series in Statistics(2006).11
- ONA, 2005, organisation** et fonction et fonctionnement d'une station dépiration fiche technique d'assainissement rapport d'exploitation ,42p
- PALMER W. (1965).** Meteorological Drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, 58p
- Palmer, W. C. (1965):** Meteorological Drought, Weather Bureau, Research Paper, 45, U.S. Dept. of Commerce, Washington, DC, 58 pp
- Panu, U. S. and Sharma, T. C. (2002):** Challenges in droughtresearch: some perspectives and future directions, *Hydrol. Sci. J.*, 47 (SI): S19-S30.

Références Bibliographiques

PLAN NATIONAL SECHERESSE ALGERIE,2019 LIGNES DIRECTRICES EN VUE DE SON OPERATIONNALISATION, p26.

Remimi. B et Hallouche.w ,2004 .la Houille Blanche .Le dragage des retenues de barrages p 95

Remini B ; et Hallouche W ; 2004 Le dragage des retenues de barrages : quelques exemples algériens, La Houille Blanche, **95p**

REMINI B. Larhyss/Journal n° 08, Juin 2010.LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD.p34-35

REMINI B. Larhyss/Journal n° 08, Juin 2010.LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD. P40.

REMINI B.(2010). LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD p31.

REMINI B., HALLOUCHE W., 2003, Les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement, Revue VECTEUR Environnement (Canada). Novembre, Vol 36 no 6, pp. 27-30.

REMINI.B et al. 1994. L'évolution de l'envasement et l'kvacuation des sediments par les vannes de fond dans le barrage d'IGHIL EMDA (Algérie). In: Actes du premier Séminaire National d'hydrologie (5-7 Décembre 1994), C.U Biskra. Institut D'hydrologie p 19-38.

REMINI.B et al., 1995. Soutirage des sédiments par les vannes de fond. Communication présentée au 2- colloque Nature, climat environnement: ((L 'eau: une réalité, uneurgence' un dé3) A Association pour la recherche sur le climat et l'environnement (A. R. C. E) Oran, 24-25 Déc. 1995,5 p.

REMINI.B ; et J. M. AVENARD, (1997). LA TECHNIQUE DU BARRAGE DE CHASSE EN ALGERIE. P335-337.

REMINI B., AVENARAD J. .M. et KETTAB A., 1997. La technique du soutirage en Algérie: un moyen de lutte contre l'envasement des retenues de barrages. **Revue Technique Sciences et Méthodes no 3**, mars, pp. 69-76.

Roose E ,2000 ;Soscante années de recherche en coopération sur l'érosion hydrique et Antiérosive au Maghreb

Roy P., Tichoux H., 2007. Mésure de protection anti-érosive

safar-zitoun, M , 2019 :Plan national sécheresse Algérie lignes directrices en vue de son opérationnalisation Mohamed safar-zitoun consultant cnuclcd alger, 30 Juin 2019 page 26- 30

SHAFER B.A., EDEZMAN L.E. (1982). Development of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In: Proceedings of the Western Snow Conference. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 164-175.

SHARMA T.C., PANU U.S. (2010) Analytical procedures for weekly hydrological droughts: a case of Canadian rivers. Hydrological Sciences Journal, 55 (1), 79-92.

Références Bibliographiques

- Singla S. 2009.** Impact du changement climatique global sur les régimes hydroclimatiques au Maroc tendances, ruptures et effets anthropiques sur les écoulements, mémoire de master 2, Parcours Recherche Eau et Environnement (R2E) Mention Biologie Géologie Agro ressources Environnement – Sciences Pour l’Environnement Département des Sciences de la Terre de L’Eau et de l’Environnement de Montpellier, p 90.
- STIGTER C. et al., 1989,** Sedimentation control of reservoirs. Bulletin de la Commission internationale des grands barrages (C.I.G.B), 159 p.
- Tate, E.L., and Gustard, A. (2000):** Droughtdefinition: ahydrological perspective, in: Drought and Drought Mitigation in Europe, edited by: Vogt, J. J. and Somma, F., Kluwer Acad. Publ.Dordrecht, 23-48.,
- Tribak A, 1995 :** Stratégie et technique de lutte antiérosive dans les montagnes du prerif oriental (Maroc).
- VANONI V.A., 1977.** Erosion rates from sédiment sources. In Engineering sedimen-tation, Manual ASCE, New York, pp 472- 480.
- VICENTE-SERRANO S. M., BEGUERIA S., LOPEZ-MORENO. J. I. (2010).** A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index –SPEI. Journal of Climate. 23 (7),
- WILHITE D.A. (2000).** Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. Drought: A Global Assessment Routledge, London, UK
- WOLI P. JONES J.W., INGRAM K.T., FRAISSE C.W. (2012).** Agricultural reference index for drought. Agronomy Journal, 104 (2), 287-300
- Yacoubi, M., El Mourid, M., Chbouki, N., & Stockle, C. O. (1999).** Typologie de la Sécheresse et recherche d’indicateurs d’alerte en climat semi-aride marocain. Science Et Changements Planétaires/Sécheresse, 9(4), 269–0.

Les Annexes

Annexe 01 : température moyenne (°c)

année	janvi	févr	mars	avril	mai	juin	Juill	aout	sept	oct	nov	déc
2010	7,95	9,18	10,76	14,23	15,46	21,01	27,07	26,08	21,56	16,17	10,89	8,56
2011	7,69	7,11	10,14	15,96	17,78	21,65	25,22	26,74	22,32	16,84	11,82	7,82
2012	6,5	4,23	10,55	11,8	18,7	24,72	26,33	28,42	22,23	18,13	12,5	8,75
2013	7,19	6,07	10,52	13,38	15,33	20,04	24,76	25,25	21,43	20,01	9,69	7,2
2014	8,04	8,58	9,44	15,21	17,69	21,58	24,87	26,2	23,77	18,45	12,76	6,99
2015	6,47	6,04	10,41	15,81	19,82	22,34	28,94	27,23	21,98	17,81	12,07	10,09
2016	9,4	9,11	9,22	14,41	17,93	23,29	27,44	26,23	22,14	19,69	11,79	8,73
2017	5,56	9,55	11,76	14,83	20,4	25,17	28,23	28,4	22,35	17,61	11,15	7,07
2018	7,58	6,33	10,14	13,9	16,17	21,45	26,55	25,79	23,29	16,33	11,35	9,56
2019	6,23	7,71	10,86	13,13	17,4	24,25	28,58	27,88	23,21	17,98	10,81	10,09
2020	7,23	11,65	11,94	15,23	20,71	23,14	28,67	28,78	22,68	16,56	13,73	8,84
2021	8,37	11,39	11,04	15,14	20,15	24,58	28,7	29,55	25,23	17,47	10,33	9,25
cumule	7,35	8,08	10,57	14,42	18,13	22,77	27,11	27,21	22,68	17,75	11,57	8,58

Annexe 02 : température maximal (°c)

année	janvi	févr	mars	avril	mai	juin	juill	aout	setp	oct	nov	déc
2010	20,83	26,52	26,26	29,99	31,39	33,97	40,05	39,05	32,8	34,57	22,41	23,32
2011	19,63	17,05	22,55	29,23	29,7	35,81	37,81	38,59	34,64	29,06	24,87	19,61
2012	16,73	18,35	24,89	29,93	31,45	38,26	39,14	40,42	36,45	33,05	27,29	23,56
2013	20,08	19,82	23,85	28,12	29,57	36,62	37,38	38,02	32,87	34,69	26,69	16,7
2014	21,26	22,32	22,42	27,98	31,82	36,22	39,65	38,41	35,7	31,39	26,77	18,74
2015	18,42	17,01	24,87	30,57	36,88	38,65	40,97	40,79	35,36	33,44	23,6	22,02
2016	21,72	21,72	28,68	31,32	35,25	37,27	40,05	39,31	37,77	33,91	27,72	17,94
2017	18,99	22,23	25,78	28,15	36,33	38,59	41,73	42,62	34,65	29,3	28,23	19,72
2018	19,97	23,06	26,68	30,65	32,07	37,5	37,8	37,38	36,07	28,98	23,83	24,12
2019	15,82	19,33	24,13	30,4	30,68	40,93	41,63	40,94	37	32,4	22,46	23,15
2020	18,33	23,98	27,17	29,93	36,38	41,06	41,73	40,95	34,56	30,44	26,75	20,98
2021	23,8	26,47	26,78	29,97	35,47	38,12	42,81	43,51	40,01	30,15	24,56	21,09
cumule	19,63	21,49	25,34	29,69	33,08	37,75	40,06	40,00	35,66	31,78	25,43	20,91

Les Annexes

Annexe 03 : température minimal (°C)

année	janvi	févr	mars	avril	mai	juin	juill	aout	setp	oct	nov	déc
2010	20,83	26,52	26,26	29,99	31,39	33,97	40,05	39,05	32,8	34,57	22,41	23,32
2011	19,63	17,05	22,55	29,23	29,7	35,81	37,81	38,59	34,64	29,06	24,87	19,61
2012	16,73	18,35	24,89	29,93	31,45	38,26	39,14	40,42	36,45	33,05	27,29	23,56
2013	20,08	19,82	23,85	28,12	29,57	36,62	37,38	38,02	32,87	34,69	26,69	16,7
2014	21,26	22,32	22,42	27,98	31,82	36,22	39,65	38,41	35,7	31,39	26,77	18,74
2015	18,42	17,01	24,87	30,57	36,88	38,65	40,97	40,79	35,36	33,44	23,6	22,02
2016	21,72	21,72	28,68	31,32	35,25	37,27	40,05	39,31	37,77	33,91	27,72	17,94
2017	18,99	22,23	25,78	28,15	36,33	38,59	41,73	42,62	34,65	29,3	28,23	19,72
2018	19,97	23,06	26,68	30,65	32,07	37,5	37,8	37,38	36,07	28,98	23,83	24,12
2019	15,82	19,33	24,13	30,4	30,68	40,93	41,63	40,94	37	32,4	22,46	23,15
2020	18,33	23,98	27,17	29,93	36,38	41,06	41,73	40,95	34,56	30,44	26,75	20,98
2021	23,8	26,47	26,78	29,97	35,47	38,12	42,81	43,51	40,01	30,15	24,56	21,09
cumule	19,63	21,49	25,34	29,69	33,08	37,75	40,06	40,00	35,66	31,78	25,43	20,91

Annexe 04 : l'humidité relative (mm)

Années	janvi	févr	mars	avril	mai	juin	juill	aout	setp	oct	nov	déc
2010	79,25	78,88	73,62	71,12	64,75	56,88	46,19	51,75	58,62	63,75	79,94	73
2011	78,75	77,5	70,44	64,94	67,19	60,88	54,06	47,44	59,31	66,19	73,31	81,38
2012	76,19	77,5	73	72,44	60,94	53,62	44,44	37,5	53,75	59,06	76,12	78,88
2013	81,81	75,75	76,94	68,44	68,94	59,19	57,56	51,44	66,25	57,62	78,5	79,69
2014	78,44	75,75	73,31	62,62	59,06	57,12	47,5	43,88	53,12	56,38	69,94	80,31
2015	75,69	81,56	67,44	60,12	52,06	50,56	35,25	47,12	56,88	64,81	71,25	59,88
2016	69,94	72,62	72,62	64,19	57,88	45,56	39,31	44,75	52,5	56	67,69	79,81
2017	77,62	72,56	65,5	63,44	54,75	46,81	36,69	43,12	49,19	55,12	59,56	78,25
2018	75	76,81	75,5	68,44	69,56	58,5	44,75	49,44	57,81	65,44	73,75	72,44
2019	78,5	66,12	69,62	68,25	57,94	46,88	40,94	46,56	56,5	59,12	79,56	74,5
2020	70,38	61,94	68,69	67,88	50,75	46	36	34,81	52,5	53,38	63,12	77,81
2021	78	65,12	63,94	61,75	53,19	50,56	36,75	34,62	48,88	56,19	83,62	75,31
cumule	76,63	73,51	70,89	66,14	59,75	52,71	43,29	44,37	55,44	59,42	73,03	75,94

Les Annexes

Annexe 05 : Vitesse de vent (m/s)

Années	janvi	févr	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	déc
2010	2,97	3,06	2,26	1,95	2,23	2,05	1,8	1,8	2,04	2,2	2,85	2,48
2011	1,82	2,39	2,36	1,9	2,15	1,77	2,22	1,99	1,87	1,78	2,44	1,86
2012	1,8	1,99	1,66	2,79	1,9	1,93	2,06	2,16	2,03	2,39	2,3	2,03
2013	3,02	2,7	3,52	2,27	2,38	2,03	1,8	1,98	1,88	1,74	2,3	1,82
2014	2,59	2,76	2,57	2,27	1,91	1,95	1,91	1,96	2,15	1,84	2,73	2,24
2015	2,22	2,92	2,03	1,98	2,02	1,84	1,95	2,05	2,04	1,8	1,64	1,48
2016	2,33	3,05	2,34	2,03	2,2	2,09	2,23	2,15	1,88	1,84	2,36	1,66
2017	2,27	2,59	2,1	1,99	1,96	2,14	2,08	2,15	1,98	1,73	1,94	2,33
2018	2,12	2,03	3,35	2,56	1,84	1,97	1,86	1,83	1,9	2,27	2,59	1,7
2019	2,18	1,99	1,95	2,39	2,11	2,01	2,16	2,13	1,97	2,03	3,34	2,57
2020	1,57	1,66	2,35	2,29	2,16	2,55	2,12	2,29	2,06	2,21	2,03	2,7
2021	2,57	2,61	1,78	2,02	2,14	2,14	2,33	2,11	2,12	1,77	2,7	2,36
cumule	2,29	2,48	2,36	2,20	2,08	2,04	2,04	2,05	1,99	1,97	2,44	2,10

Annexe 06 : état de réserve mensuelle du barrage Ghrib (Hm³)

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2012	94,672	102,58	110,09	127,05	124,6	117,99	109,28	99,39	91,279	86,7	90,021	89,938
2013	91,7	99,392	107,48	111,94	118,3	114,89	107,28	96,79	90,691	82,433	79,75	79,184
2014	79,831	80,136	105,33	105,81	95,97	87,278	73,076	63,07	55,581	51,293	49,146	55,172
2015	57,503	97,537	126,81	122,78	109,8	99,57	86,206	75,11	77,658	81,536	81,047	80,073
2016	80,722	80,56	88,604	88,521	85,47	75,035	61,639	49,79	39,482	33,88	31,387	49,779
2017	83,006	102,67	106,1	99,929	90,11	78,139	64,376	54,83	49,275	44,792	43,074	42,588
2018	42,588	42,406	51,228	89,437	112	121,59	110,4	100	102,388	114,04	125,451	125,329
2019	127,177	126,19	125,21	124,72	118,9	107,28	91,616	78,14	109,885	109,58	109,074	108,072
2020	106,886	103,8	95,188	92,459	83,91	69,706	56,813	49,66	44,113	40,132	33,318	32,484
2021	30,121	27,333	25,729	22,791	22,24	19,813	16,195	11,96	20,198	16,935	17,049	16,707

Annexe 07 : état de réserve mensuelle du barrage herreza (Hm³)

Années	janvier	Février	Mars	Avril	Mai	juin	juillet	Aout	septembre	octobre	Novembre	Décembre
2012	2,733	3,89	6,143	10,25	10,2	6,377	4,986	4,719	4,212	4,391	4,6	5,834
2013	7,483	10,447	13,19	11,97	12,4	8,931	5,402	4,839	4,9	4,672	4,624	5,741
2014	7,002	8,16	12,6	10,95	7,23	5,754	4,998	4,648	4,414	4,221	4,323	5,492
2015	7,391	11,502	14,2	12,64	8,98	6,294	4,998	4,612	4,199	4,01	4,087	3,988
2016	3,977	4,143	7,731	8,501	6,97	5,11	4,707	4,391	4,132	3,945	4,289	4,565
2017	9,654	10,65	10,21	9,355	5,68	4,936	4,542	4,289	4,154	4,076	4,719	6,239
2018	7,952	9,184	12,99	15,37	15,5	14,944	14,944	9,46	9,015	8,192	7,952	8,354
2019	10,41	13,069	13,69	11,58	9,57	6,294	4,9	4,087	4,021	3,923	4,176	4,531
2020	4,815	4,66	4,577	4,912	4,82	4,187	3,574	3,24	3,112	2,986	1,597	1,642
2021	1,642	1,578	1,546	1,472	1,41	1,322	1,114	0,988	0,927	0,857	0,897	0,857

Les Annexes

Annexe 08 : état de réserve mensuelle du barrage oueled mellouk (Hm³)

Années	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	septembre	octobre	novembre	décembre
2012	18,664	24,817	26,271	46,32	44,735	39,12	35,35	31,229	25,575	21,733	21,419	21,419
2013	29,192	38,946	48,282	44,55	48,482	45,544	42,46	39,164	36,514	33,93	32,467	32
2014	32,78	33,293	45,162	43,98	40,438	34,941	27,41	21,419	16,462	13,555	13,017	12,776
2015	13,114	31,382	37,485	34,25	27,946	24,212	20,77	18,254	14,386	11,971	9,995	8,725
2016	7,818	8,589	21,075	23,32	20,92	18,05	15,27	12,872	10,807	9,236	8,188	8,405
2017	48,682	50,046	49,235	44,92	38,255	32,311	26,87	23,48	20,46	18,546	16,852	17,105
2018	16,824	17,304	35,474	49,29	55,119	53,945	49,69	44,686	39,776	32,702	32,741	34,252
2019	39,459	42,782	41,917	40,97	36,555	31,037	25,47	21,671	21,734	18,87	18,87	18,929
2020	17,79	15,996	13,309	13,33	11,144	8,928	6,969	5,561	4,175	2,92	2,522	5,018
2021	5,407	5,101	1,844	1,394	1,298	0,769					1,687	2,608

Annexe 09 : état de réserve mensuelle du barrage SMPT (Hm³)

Années	janvier	février	Mars	Avril	Mai	juin	juillet	Aout	septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2012	62,015	75,359	75,21	75,21	75,1	72,52	64,906	66,17	49,253	45,108	47,371	48,541
2013	53,566	61,478	75,18	75,21	75,13	72,52	63,975	55,66	49,534	42,198	39,93	43,297
2014	49,285	53,369	75,23	71,63	63,9	62,27	57,59	50,86	43,297	39,015	38,714	41,617
2015	49,909	75,308	75,23	71,43	63,79	56,77	50,413	43,79	37,377	33,13	30,465	30,76
2016	31,141	32,819	58,83	73,11	69,97	66,59	62,051	56,06	50,824	46,57	45,779	60,129
2017	75,395	75,155	75,1	70,85	64,49	60,48	55,891	49,5	44,197	40,936	39,853	45,331
2018	48,036	57,112	75,23	75,26	75,13	75,05	70,015	63,32	58,244	54,39	55,891	67,406
2019	75,232	75,079	75,13	75,08	72,07	67,79	60,978	54,52	49,004	45,415	46,457	46,884
2020	46,684	44,72	44,53	49,04	47,86	44,91	39,674	33,63	28,236	25,462	23,176	23,119
2021	24,699	24,363	24,8	24,66	23,95	22,93	21,591	20,33	19,301	18,226	33,242	42,808

Annexe 10 : état de réserve mensuelle du barrage Deurdeur (Hm³)

Années	janvier	février	Mars	Avril	Mai	juin	juillet	Aout	septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2012	13,183	18,865	25,75	44,3	43,93	40,672	35,368	30,4	24,986	22,26	23,031	23,6
2013	26,48	32,797	37,34	40,2	42,92	39,896	36,278	32,3	27,07	22,103	20,972	22,6
2014	23,355	24,845	43,21	43,2	38,94	37,352	33,907	30	23,818	20,47	18,747	23,007
2015	25,098	47,123	53,73	51,4	46,03	42,246	38,291	33,8	28,614	25,811	23,274	23,22
2016	23,382	23,764	34,01	37,4	35,19	31,583	27,459	24	20,972	18,699	18,065	19,805
2017	52,112	60,581	60,15	56,6	53,23	48,743	44,75	41,1		34,473	33,872	34,508
2018	35,188	36,462	48,61	64,8	66,12	67,126	62,513	58,5		55,97	56,016	58,055
2019	63,344	66,622	67,38	67,3	63,39	58,159	53,007	49	47,377	43,812	44,545	45,285
2020	45,285	44,218	41,42	41,1	36,98	31,153	25,41	21,5	19,393	17,396	14,827	15,533
2021	15,908	15,955	16,57	13,6	11,17	9,811	8,595	8,11	7,832	7,554	8,812	9,83

Les Annexes

Annexe 11 : état de réserve des puits d'Ain Defla (source, DRE)

commune	puits		Nombre Total puits	Q m3/j	vol m3
	Autorisé	Non Autorisé			
ain defla	50	129	179	7011	1,8995
Khemis milian	15	25	40	1368	0,4925
Sidi lakhder	17	30	47	1665	0,5994
Abbadia	2	7		252	0,0907
Ain bouyahia	4	2	9	270	0,0972
tacheta	3		3	108	0,0389
El attaf	23	8	31	1350	0,486
Tiberkanine	16		0	576	0,2074
Al amra	21	9	30	1404	0,5054
Mekhatria	68	210	278	13383	4,8179
Arib	44	172	216	6831	2,4592
Djelida	60	140	200	7983	2,8739
Bourached	6		6	216	0,0778
Miliana	42		0	1512	0,5443
Ben allal	46	84	130	4608	1,6589
Ain Torki	10		10	360	0,1296
Djendel	61	63	124	3231	1,1632
Oued chorfa	21		21	756	0,2722
Birbouche	16		16	576	0,2074
Ain lechiekh	28		28	1008	0,3629
Ain soltane	37	292	329	12699	4,5716
oued Djemaa	21		21	756	0,2722
Rouina	15	18	33	1584	0,5702
Zeddine	34		34	1224	0,4406
El Mine	42		42	1512	0,5443
Belaas	23		23	828	0,2981
bathia	72		72	2592	0,9331
Tarik ibn ziad	36		36	1296	0,4666
Bordj emir	19		19	684	0,2462
Bir Ould khelifa	4	123	127	3888	1,3997
Hammam Righa	15		15	540	0,1944
Boumedfaa	7		7	252	0,0907
Ain beniane	5		5	180	0,0648
Djemaa ouled cheik	20		20	720	0,2592
Hoceinia	18		18	648	0,2333
EL hassania	5		5	180	0,0648

Les Annexes

Annexe 12 : état de réserve des forages d'Ain Defla (source :DRE)

commune	forages		Nombre Totale forages	Q m3/j	vol m3
	Autorisé	Non Autorisé			
ain defla	90	91	181	138272,4	31,414
Khemis milian	28	12	40	32263,2	7,5216
Sidi lakhder	41	25	66	37216,8	8,5013
Abbadia	76	141	217	189761,4	40,3041
Ain bouyahia	19	88	107	88765,2	18,7141
tacheta					
El attaf	41	49	90	65401,2	14,4859
Tiberkanine	3		3	1382,4	0,2396
Al amra	108	97	205	182880	40,9939
Mekhatria	3	8	11	6055,2	1,2727
Arib	47	53	100	56286	11,9373
Djelida	49	44	93	51312,6	11,4106
Bourached	6		6	3456	0,8294
Miliana	3		3	1728	0,4147
Ben allal	14	19	33	12132	2,5599
Ain Torki					
Djendel	104	11	115	73666,8	17,4738
Oued chorfa	8		8	3340,8	0,8018
Birbouche	8		8	3456	0,8294
Ain lechiekh	61		61	27072	6,4973
Ain soltane	58	37	95	58910,33	12,9106
oued Djemaa	1		1	288	0,0691
Rouina	36	25	61	67050	15,1415
Zeddine	3		3	864	0,2074
El Mine					
Belaas					
bathia					
Tarik ibn ziad					
Bordj emir	4		4	1152	0,2765
Bir Ould khelifa	23	51	74	32792,4	7,0816
Hammam Righa	1		1	288	0,0691
Boumedfaa					
Ain beniane					
Djemaa ouled cheik					
Hoceinia					
EL hassania					

Les Annexes

Annexe 13 : Données climatiques de la station barrage Herreza (source : DRE)

Année	Paramètres	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
2010-2011	Tmoy (°C)	26,5	19,9	13,9	10,6	10,5	10,8	14,3	18,1	21,2	27,0	21,2	29,8
	Tmin (°C)	14,2	4,6	4,0	-2,6	0,0	2,4	1,6	8,0	10,0	13,0	17,6	20,5
	Tmax (°C)	38	39,6	25,0	26,0	23,0	20,0	26,4	31,6	37,0	42	46,6	40,0
	Pv (mm)	1,4	83,7	60,4	30,5	55,5	67,1	21,7	46,9	63,1	27,4	1,2	1,1
	Evap (mm)	74,7	56,4	45,4	30,1	21,8	25,9	54,7	61,1	64,5	80,0	138	288,0
	Vent moy (Km/h)	2,43	1,62	3,12	1,58	0,41	2,18	2,94	2,56	2,96	2,97	3,72	3,28
2011-2012	Tmoy (°C)	26,1	19,5	14,6	10,6	9,1	6,6	13,1	14,8	22,2	29,5	30,8	
	Tmin (°C)	15,2	7,8	7,0	2,2	-1,0	-3,0	1,2	4,4	8,4	17,6	18,2	
	Tmax (°C)	40,2	32,8	26,6	21,0	19,0	20,0	26,0	32,0	36,0	44,4	45,0	
	Pv (mm)	28,4	30,3	82,9	27,8	26,2	90,9	64,0	106,2	17,7	1,2	0,0	
	Evap (mm)	110,0	78,0	47,6	33,1	32,0	27,8	57,4	74,4	96,0	135,7	203,4	
	Vent moy (Km/h)	3,09	2,34	2,93	1,78	1,93	2,56	2,22	2,88	2,52	2,61	4,38	
2012-2013	Tmoy (°C)	26,4	21,5	15,5	11,7	10,2	9,4	14,0	16,3	18,5	23,9		28,7
	Tmin (°C)	13,4	4,0	5,6	1,4	1,2	-1,0	2,0	4,2	8,4	10,8		17,2
	Tmax (°C)	41,8	37,8	31,5	25,0	21,0	20,4	26,0	33,0	33,6	41,0		42,0
	Pv (mm)	2,5	34,2	71,2	4,6	79	58,6	53,0	78,6	49,0	0,0		8,7
	Evap (mm)	112,5	88,0	47,3	49,0	50,0	54,0	80,4	103,6	120,0	201,5		322,0
	Vent moy (Km/h)	3,11	3,73	2,76	2,88	4,42	3,83	4,74	2,7	3,32	3,95		3,2
2013-2014	Tmoy (°C)	25,2	23,8	12,7	10,3	11,6	11,9	12,1	17,5	20,0	25,9	28,8	30,1
	Tmin (°C)	16,0	9,4	2,0	1,2	3,4	0,0	2,0	6,0	4,6	10,4	17,0	17,0
	Tmax (°C)	37,4	39,8	29,0	19,8	21,6	24,6	24,4	31,0	36,0	42,0	44,0	46,0
	Pv (mm)	18,2	15,2	61,4	56,2	50,7	36,9	72,5	2,5	7,5	29,9	0,0	0
	Evap (mm)	152,7	147,6	67,3	24,0	40,9	61,3	73,8	129,6	158,7	197,6	265,6	309,6
	Vent moy (Km/h)	3,34	3,06	3,23	1,91	3,02	3,56	4,52	4,84	4,74	5,01	4,87	4,61
2014-2015	Tmoy (°C)	26,7	21,0	16,0	10,0	9,0	9,1	13,5	19,4	23,2	26,0	32,1	29,7
	Tmin (°C)	16,0	7,0	6,0	1,0	0,0	0,0	2,0	7,2	7,8	13,0	20,6	17,0
	Tmax (°C)	34,9	36,0	28,4	20,0	21,8	18,8	28,0	32,4	42,0	42,6	46,4	43,6
	Pv (mm)	14,2	20,3	37,1	68,9	52,2	66,2	23,2	0,0	5,1	3,0	0,0	1,7
	Evap (mm)	204,4	142,8	88,2	34,0	37,8	39,3	81,9	132,8	216,2	256,7	252,0	266,6
	Vent moy (Km/h)	4,41	3,32	4,42	3,74	3,73	6,18	3,62	4,13	4,21	4,79	4,35	4,68
2015-2016	Tmoy (°C)	24,3	19,7	14,7	12,2	11,9	12,5	12,5	16,7	20,6	27,1	30,7	
	Tmin (°C)	11,2	7,0	3,6	1,4	0,0	1,6	2,2	4,6	0,4	12,0	17,0	
	Tmax (°C)	37,4	35,4	26,6	24,2	23,4	23,8	31,8	33,0	37,4	43,2	44,4	
	Pv (mm)	9,3	18,8	14,3	0,0	21,9	40,5	99,5	28,8	24,4	2,5	7,6	
	Evap (mm)	186,0	107,4	66,2	50,0	47,3	75,8	88,2	112,3	176,0	271,4	323,4	
	Vent moy (Km/h)	4,44	2,84	3,01	1,61	3,6	6,4	4,18	3,27	3,86	4,13	4,86	

Les Annexes

2016-2017	Tmoy (°C)	25,9	22,8	14,7	11,5	8,3	13,1	14,4	17,2	23,2	28,1	31,2	
	Tmin (°C)	14,0	9,0	4,0	1,4	-1,0	0,4	1,0	5,0	9,0	13,2	14,4	
	Tmax (°C)	41,8	36,6	31,4	20,2	19,0	22,0	28,6	31,2	39,4	42,6	0,0	
	Pv (mm)	5,9	6,2	47,7	46,4	137	1,1	23,8	0,0	5,8	34,6	0,0	
	Evap (mm)	195,0	138,6	66,6	24,0	33,9	70,0	99,2	133,8	206,0	274,0	316,5	
	Vent moy (Km/h)	3,71	3,31	2,56	2,16	30,4	4,42	3,74	3,46	3,4	3,91	3,33	
2017-2018	Tmoy (°C)	24,6	20,0	13,0	9,1	9,7	8,7	12,7	15,5	18,0	24,0	29,7	
	Tmin (°C)	12,6	8,6	2,8	0,0	-1,0	-2,4	1,2	5,0	7,2	12,6	18,4	
	Tmax (°C)	38	33,5	31,0	20,2	22,0	24,0	27,0	31,8	35,6	38,8	41,6	
	Pv (mm)	11,2	39,2	29,4	56,2	32,2	49,4	120,0	73,3	31,3	34,6	0,0	
	Evap (mm)	192,0	129,0	48,2	23,2	38,4	38,3	61,0	94,3	120,0	206,0	263,0	
	Vent moy (Km/h)	3,36	2,55	4,94	2,14	2,08	2,45	4,24	3,93	2,64	3,57	3,36	
2018-2019	Tmoy (°C)	25,7	19,4	14,8	11,3	9,5	11,3	14,2	16,7	21,6	28,5	32,2	
	Tmin (°C)	13,8	5,0	3,4	22,0	-0,6	0,0	3,6	5,0	9,0	15,0	20,2	
	Tmax (°C)	39	33,0	25,6	25,6	20,0	23,0	29,0	33,4	36,0	47,0	46,0	
	Pv (mm)	67	30,4	56,6	34,2	74,2	19,5	23,7	51,1	11,9	0,0	0,7	
	Evap (mm)	162,0	95,0	75,0	36,0	46,0	60,0	86,5	90,3	194,5	262,0	312,0	
	Vent moy (Km/h)	3,1	2,68	2,85	1,26	2,24	2,31	2,53	2,89	3,16	3,54	3,66	
2019-2020	Tmoy (°C)	25,9	20,9	14,0	12,9	10,4	14,9	14,9	17,3	23,3	26,5	31,1	
	Tmin (°C)	14,0	8,0	4,2	2,0	0,0	2,6	2,8	8,2	11,4	14,0	17,0	
	Tmax (°C)	40,2	35,8	27,0	24,0	21,3	28,0	29,6	31,0	38,0	46,0	45,0	
	Pv (mm)	53,3	4,7	63,0	23,1	21,7	0	36,5	66,4	2,7	8,1	3,5	
	Evap (mm)	166,0	129,0	65,0	73,6	29,7	82,5	105,0	97,7	193,5	249,0	304,0	
	Vent moy (Km/h)	2,81	2,51	4,46	2,73	1,15	2,25	4,01	3,66	3,73	4,19	4,03	
2020-2021	Tmoy (°C)	25,8	19,1	16,8	10,9	10,9	14,6	14,0	17,3	23,4	27,3	31,7	
	Tmin (°C)	13,0	6,6	3,0	0,0	-0,6	1,0	4,0	3,4	10,6	16,0	16,8	
	Tmax (°C)	38	35,4	30,0	23,0	25,0	28,6	30,0	31,6	38,6	41,0	46,2	
	Pv (mm)	15,4	4,9	9,0	50,9	26,3	9,3	34,8	20,0	27,5	3,1	0,0	
	Evap (mm)	180,0	155,7	118,0	57,6	65,9	126,6	103,0	140,6	199,0	295,0	313,0	
	Vent moy (Km/h)	3,24	2,85	2,64	2,98	2,6	4,09	2,82	3,26	3,81	3,84	3,63	
2021-2022	Tmoy (°C)		19,4	13,1									
	Tmin (°C)		7,6	5,6									
	Tmax (°C)		33,6	28,4									
	Pv (mm)		0,0	91,1									
	Evap (mm)		146,0	63,2									
	Vent moy (Km/h)		3,22	3,15									

Les Annexes

Annexe 14 : Superficie irriguée par mode d'irrigation

unité	Superficie irriguée						Total Sup(ha)
	Gravitaire		Aspersion		Goute à Goute		
	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	
Haut-Chellif	3029,58	49,7	2718	44,6	347,5	5,7	6095,41
Amra-Abadia	118,5	4,61	2300,5	85,55	150	5,84	2569

Annexe 15 : Evolution Principales Production (DSA AIN DEFLA)

Principales	Campagne 2017-2018			Campagne 2018-2019			Campagne 2019-2020			Campagne 2020-2021		
	Superficie ha	Production Qx	Rdt (Qx/ha)	Superficie ha	Production Qx	Rdt (Qx/ha)	Superficie ha	Production Qx	Rdt (Qx/ha)	Superficie ha	Production Qx	Rdt (Qx/ha)
Blé Dur	55 151	1527458	27,70	57 610	1 642 400	28,51	44 304	1 063 320	24,00	34 427	433 834	12,60
Blé Tendre	1 753	54000	30,80	1 780	52 600	29,55	1 407	32 361	23,00	1 061	17 409	16,42
Orge	16 981	354035	20,85	16 675	332 500	19,94	11 779	141 348	12,00	7 633	62 794	8,23
Avoine	1 353	24507	18,11	1 236	22 200	17,96	529	6 400	12,10	160	1 297	8,11
Triticale				10	280	28,00						
Total céréales	75 238	1960000	26,05	77 311	2 049 980	26,52	58 019	1 243 429	21,43	43 280	515 334	11,91
Fourrages	25 200	1 238 367	49,14	26 400	1 350 000	51,14	27 700	1 052 800	38,01	46 145	1 390 602	30,14
dont Vesce Avoine	4 821	157 782	32,73	4 212	172 540	40,96	5 486	128 810	23,48	6 622	137 145	20,71
Légumes secs	4 148	74 714	18,01	4 307	63 300	14,70	4 032	36 500	9,05	2 552	21 527	8,44
Cultures Maraichères Dont : pomme de terre	34 385	15 271 145	444,12	36 550	16 715 126	457,32	39 500	19 286 040	488,25	42 500	20 055 468	471,89
	15 800	5 128 695	325	17 000	5 639 180	332	13 850	4 495 837	325	10 847	3 863 026	356
Arboriculture dont	14 197	1 134 330	80	14 931	1 450 200	97	14 709	800 860	54	15 248	941 113	62
Agrumes	1 381	171 890	124,50	1 388	252 500	181,92	1 482	241 100	162,69	1 612	277 160	171,94
Poiriers	3 212	571 590	177,97	3 250	749 024	230,47	3 290	91 600	27,84	3 422	222 056	64,88

Les Annexes

Pommiers	699	113 422	162,33	653	117 799	180,48	665	65 341	98,23	550	98 268	178,62
Oliviers	5 400	170 930	31,65	6 425	190 000	29,57	7 120	243 680	34,22	7 400	131 124	17,72
Cultures industrielles	1 700	1 683 000	990,00	2 000	2 500 000	1250,00	2 600	3 380 000	1300,00	3 745	4 861 027	1298,18
Tomates industrielles	1 700	1 683 000	990,00	2 000	2 500 000	1250,00	2 600	3 380 000	1300,00	3 600	4 860 000	1350,00
Tabacs	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00

Annexe.16 Résultats d'analyse de régression linéaire multiple avec Excel et Rstudio

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \varepsilon$$

Annee	Etat Res	p (mm)	Tmoy	Tmax	Tmin	Humidite	vitesse de vent	Evaporation	Y'	Y-Y'	Abs(Y-Y')
2010	6	503.9	15.79	40.05	-4.09	66.38	2.3	627.8	5.68	0.32	0.32
2011	5	460	15.98	38.59	-2.18	66.69	2.04	941	5.76	-0.76	0.76
2012	5.69	475.6	16.12	40.42	-4.92	63.56	2.09	895.4	6.00	-0.31	0.31
2013	7.89	439.4	15.14	38.02	-3.68	68.44	2.29	1228.3	7.78	0.11	0.11
2014	6.65	351	16.17	39.65	-2.1	63.06	2.23	1628.7	8.26	-1.61	1.61
2015	7.24	291.9	16.65	40.97	-1.9	60.06	1.99	1752.7	6.63	0.61	0.61
2016	5.21	267.6	16.64	40.05	-1.19	60.19	2.18	1504	4.96	0.25	0.25
2017	6.54	308.9	16.88	42.62	-2.14	58.5	2.1	1557.4	6.57	-0.03	0.03
2018	11.16	476.8	15.76	37.8	-2.58	65.56	2.17	1213.4	9.85	1.31	1.31
2019	7.52	369.3	16.57	41.63	-1.61	62	2.23	1419.3	7.51	0.01	0.01
2020	3.68	283	17.44	41.73	-2.98	56.88	2.17	1495	4.07	-0.39	0.39
2021	1.22	201.2	17.64	43.51	-2.52	58.94	2.22	1754.4	0.73	0.49	0.49
Moyenne de l'erreur											0.52

Les Annexes

SUMMARY OUTPUT

<i>Régression Statistics</i>	
Multiple R	0.95291264
R Square	0.908042499
Adjusted R Square	0.747116871
Standard Error	1.217149843
Observations	12

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	7	58.51498504	8.3592836	5.6426221	0.056907697
Residual	4	5.925814958	1.4814537		
Total	11	64.4408			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	70.97562492	51.35682489	1.3820096	0.2391325	71.61378016	213.56503	-71.61378	213.56503
p (mm)	0.042684945	0.014059913	3.0359323	0.0385556	0.003648367	0.0817215	0.0036484	0.0817215
Tmoy	-3.041544056	2.023114084	1.5033972	0.2071668	8.658609252	2.5755211	8.6586093	2.5755211
Tmax	-0.010988087	0.481575208	-0.022817	0.9828891	1.348055217	1.326079	1.3480552	1.326079
Tmin	0.731985842	0.491960258	1.4878963	0.2109963	0.633914807	2.0978865	0.6339148	2.0978865
Hum	-0.697857641	0.331368778	2.1059849	0.1029556	1.617884864	0.2221696	1.6178849	0.2221696
vitesse de vent	2.951101944	4.396944081	0.6711711	0.5388781	9.256771927	15.158976	9.2567719	15.158976
E	0.006684118	0.002797764	2.3890933	0.0752418	0.001083719	0.014452	0.0010837	0.014452

Résultat d'analyse de régression linéaire multiple avec **Rstudio**

Call:

lm(formula = Etat.Res ~ p..mm. + Tmoy + Tmax + Tmin + Hum + vitesse.de.vent + E, data = data_in)

Residuals:

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-0.59598	0.52710	-1.04242	0.01685	-0.25182	0.57180	0.53473	-0.12920	0.27007	0.09887

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t	value	Pr(> t)
----------	------------	---	-------	----------

Les Annexes

(Intercept)	24.670048	54.972786	0.449	0.698
p..mm.	0.036802	0.013804	2.666	0.117
Tmoy	-0.561071	2.384905	-0.235	0.836
Tmax	-0.185598	0.473220	-0.392	0.733
Tmin	1.245175	0.580439	2.145	0.165
Hum	-0.108718	0.471494	-0.231	0.839
vitesse.de.vent	-4.755875	6.181102	-0.769	0.522
E	0.004060	0.003781	1.074	0.395

Residual standard error: 1.117 on 2 degrees of freedom

(3 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: **0.9603**, Adjusted R-squared: 0.8215

F-statistic: 6.918 on 7 and 2 DF, p-value: 0.1321