

**Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du
diplôme de Master en Irrigation et Maîtrise de l'Eau**

**Etude de développement des ressources en eau dans le
bassin de Maïder(Maroc)**

**Présenté et soutenu publiquement par
Hamadou HALIDOU**

Devant le Jury composé de :

Pr. A. HAMMANI	Président	IAV Hassan II
Pr.K. SEBARI	Rapporteur	IAV Hassan II
Mr. MAHBOUB	Rapporteur	ABH GZRM
Pr. Y.BOUABDALLAOUI	Examineur	IAV Hassan II

Juillet 2011

DEDICACES

A Ma très chère Mère

Aucun mot ne peut exprimer, toute mon estime, mon amour et mon respect pour toi maman. Toi, qui as toujours prié nuit et jour pour que j'aïlle de l'avant. Que Dieu le Tout Puissant te garde avec nous et t'accorde longue vie et santé.

A mon défunt Père

Sans toi, je ne serais pas arrivé au niveau où je suis. Toi qui m'a toujours conseillé et encouragé dans le bon sens. Ton exigence dans le travail a su me guider et continuera à me guider dans la vie. J'aurais tant aimé que tu voies ce travail et ce que je suis maintenant. Que Dieu le Tout Puissant t'accueille dans son paradis éternel.

A ma très chère famille et surtout à mon petit frère

En témoignage à tout le soutien que tu m'as accordé durant tous le parcours de mes études supérieures. Que Dieu le Tout Puissant te récompense par ses biens faits et qu'il t'accorde longue vie et santé.

A ma fille chérie

Toi qui m'as apporté la chance d'obtenir cette bourse pour ce troisième cycle. Toi à qui je n'ai pas pu donner la chaleur et l'affection d'un père quand tu es venue au monde, que Dieu le Tout Puissant t'accorde longue vie et santé.

A ma chère épouse

A toi mon amour, je ne saurais quoi dire pour le vide que j'ai laissé dans ta vie durant ces deux longues années. Que Dieu le Tout Puissant te comble de ses biens faits et qu'il nous garde ensemble.

A toute la famille Oumarou seydou

En témoignage de l'hospitalité inégale qui m'a été toujours offerte. Que Dieu le tout puissant te garde unie et qu'il te comble de tous ses bien fais.

A tous mes amis

En témoignage des moments chaleureux qu'on a passé ensemble.

En fin je dédie ce travail à toutes les personnes qui me sont chères

Hamadou HALIDOU

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé avec le concours de plusieurs personnes physiques et morales. C'est le lieu pour moi de leur adresser mes remerciements les plus distingués. Il s'agit principalement de:

Pr. Karima SEBARI, Enseignante Chercheuse au Département Eau, Environnement et Infrastructure/IAV Hassan II qui, malgré le peu de temps qui m'a été imparti pour réaliser ce travail, a tout de même accepté de m'encadrer. C'est le lieu pour moi, de lui adresser toute ma profonde reconnaissance et ma profonde gratitude.

Mr. Aderrahaman MAHBOUB, Secrétaire Général de l'Agence du Bassin Hydraulique de Guir –Ziz – Rhéris et Maïder qui a bien voulu m'accepter au sein de son auguste institution et de m'encadrer. Il a su m'offrir toutes les informations nécessaires dont j'avais besoin pour accomplir ce travail. Pour ses encouragements et ses conseils qu'il n'a guère cessé d'apporter pour la bonne réussite de ce travail, qu'il trouve ici l'expression de toute ma profonde gratitude.

Pr. Ali HAMMANI, Chef du Département Eau, Environnement et Infrastructure/IAV Hassan II, qui a négocié pour que j'obtienne le lieu pour effectuer ce travail. Il n'a jamais cessé de nous demander de venir le voir en cas de problème peu importe lequel et il à toujours su résoudre tous nos problèmes. Pour ses encouragements et ses conseils, qu'il trouve ici l'expression de toute ma profonde gratitude.

Mr. Abdelmalek TABIT, Directeur de l'Agence du Bassin Hydraulique de Guir –Ziz – Rhéris et Maïder, qui a bien voulu nous proposer le thème de ce travail. Pour sa disponibilité et sa simplicité qu'il trouve ici l'expression de toute ma profonde gratitude.

Mr. Omar ABDELLAOUI, Chef de bureau des ressources hydrauliques SGRID /ORMVAO. Pour sa très bonne collaboration quant à la réussite de ce travail qu'il trouve ici ma sincère gratitude.

Mr. Yahya BOUABDALLAOUI, qui a bien voulu m'honorer de sa présence pour juger ce travail et apporter ses conseils, qu'il trouve ici mes sincères remerciements.

Mes remerciements vont également, à l'endroit de tout le personnel de l'Agence du Bassin Hydraulique de Guir –Ziz – Rhéris et Maïder en particulier **Mr. ABBA Ismail** Chef de Division gestion et planification des ressources en eau; **Mr Ali SAFI**, Technicien à la Division ressources en eau pour leurs concours inestimables qu'ils m'ont apporté dans la réalisation de ce travail; **Mr Bourhime** Technicien à la Division des ressources en eau et **Mr Hadj** agent auxiliaire pour toute leur franche collaboration.

Je tiens également à remercier mes camarades étudiants: **Mr Aboubacar Djibo Bako Yérima**, **Mlle TCHEMEU Lithvine Rosine**, **Mr SECK Mor Athie** pour leur entière collaboration. Pour tous ceux qui n'ont pas vu leurs noms cités ici, qu'ils trouvent à travers ce document mes remerciements les plus chaleureux.

Je ne terminerais pas sans remercier la **Coopération Technique Belge**, sans laquelle je n'aurais pu poursuivre cette formation. Je n'oublie pas **Mme Amal Hadaj**, chargée de bourse à la **CTB Maroc** pour sa gentillesse et sa disponibilité à tout moment.

RESUME

L'activité économique dans le bassin de Maïder se base principalement sur l'agriculture. Cependant, cette agriculture est confrontée à plusieurs contraintes parmi lesquelles la faiblesse des précipitations et les sécheresses récurrentes. C'est dans ces conditions que les populations déploient des efforts importants pour la mobilisation des ressources en eau pour l'irrigation des petits périmètres. Cette irrigation, essentiellement vivrière, est basée sur le système gravitaire et s'effectue par: l'épandage des eaux de crues, l'irrigation traditionnelle à travers des khéttaras et des Séguias et le pompage moderne. En effet, les ouvrages de mobilisations des ressources en eau n'arrivent pas à satisfaire les besoins des populations en eau agricole. C'est dans ce contexte que l'Agence du Bassin Hydraulique Guir-Ziz-Rhéris et Maïder, consciente de cet état de fait, a lancé une étude de développement des ressources en eau. La présente étude est une contribution dans quatre communes rurales de la province de Zagora à savoir: les communes rurales de Nkob, d'Aït Oullal, de Tazarine et de Taghbalt. Cette étude a pour objectif d'identifier et de recenser les ouvrages de mobilisations des ressources en eau pour l'agriculture et de proposer des possibilités de développement des ces ressources en eau pour chacune des communes. Pour atteindre les objectifs, nous avons proposé deux variantes. Une première variante à court terme qui concerne la réhabilitation et la construction des ouvrages de transport et de dérivation des eaux de crues (Séguias) ainsi que ceux captant les nappes phréatiques(Khéttaras). La deuxième variante, à court et moyen terme, est axée sur la construction des petits barrages écrêteurs de crues qui favorisent l'alimentation des séguias et la réalimentation des aquifères auxquels font recours les populations en période de sécheresse. Il est proposé aussi, dans cette variante des dispositifs de protection des populations ainsi que de leurs biens contre les inondations éventuelles.

Mots clés: Développement, ressources en eau, ouvrages, séguia, khéttara, bassin de Maïder, Nkob, Aït Oullal, Tazarine, Taghbalt.

ABSTRACT

The economic activity in the basin of Maïder is based mainly on agriculture. However, this agriculture is confronted with several constraints among which the weakness of precipitations and drought recurring. It is under these conditions that the populations make significant efforts for the mobilization of the water resources for the irrigation of the small perimeters. This irrigation, primarily food, is based on the gravitating system and is carried out by: the spreading of water of risings, the traditional irrigation through will khéttaras and of the Irrigation channels and modern dumping. Indes, the works of mobilizations of the water resources do not manage to satisfy the needs for the agricultural water populations. It is in this context that the Agency of the Hydraulic Basin Guir-Ziz-Rhéis and Maïder, conscious of this established fact, launched a study of development of the water resources. The present study is a contribution in four rural communes of the province of Zagora to knowing: rural communes of Nkob, Aït Oullal, Tazarine and Taghbalt. This study aims to identify and count the works of mobilizations of the water resources for agriculture and to propose possibilities of development as of the these water resources for each commune. To achieve the goals, we proposed two alternatives. A first short-term alternative which relates to the rehabilitation and the construction of the works of transport and derivation of water of raw (Irrigation channels) like those collecting the tablecloths phreatiques(Khéttaras). The second alternative, in the short and medium term, is centered on the construction of the small clipping stoppings of raw which support the food of the irrigation channels and the refeeding of the aquifers to which recourse the populations in period of dryness make. It is also proposed, in this alternative of the devices safety of the populations as well as their goods against the possible floods.

Key words: Development, resources water, Works, irrigation Channel, Will khéttara, basin of Maïder, Nkob, Aït Oullal, Tazarine, Taghbalt.

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES ANNEXES	x
LISTE DES ABREVIATIONS	xi
GLOSSAIRE	xii
INTRODUCTION GENERALE	1
1. PROBLEMATIQUE	2
2. L’OBJECTIF GLOBAL:	3
3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	3
CHAPITRE 1: PRESENTATION DU BASSIN DE MAÏDER	4
1.1. Présentation géographique.....	4
1.2. Climatologie	5
1.2.1. Les précipitations	6
1.2.2. La température	8
1.2.3. L’humidité relative.....	9
1.2.4. Évaporation	10
1.2.5. Vitesse du vent.....	11
1.4. Ressources en eau	11
1.4.1. Les ressources en eau de surfaces	11
1.4.1.1 Mobilisation des eaux de surface	12
1.4.2. Les ressources en eaux souterraines.....	13
1.4.2.1. Les Aquifères de l’Ordovicien	13
1.4.2.2. Les aquifères du Dévonien	13
1.4.2.3. Les nappes alluviales de Msissi, Fezzou, Ahssia et Taghbalt	14
CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	16
I. Présentation géographique	16
II. Climat	18
2.1. Précipitation et Température	18

2.2. L'évaporation.....	18
2.3. Le vent	18
III. Sol et végétation	18
CHAPITRE III: ETAT ACTUEL DE L'AMENAGEMENT ET DE L'UTILISATION DE L'EAU.....	19
3.1. Agriculture.....	19
3.1.1. Epanchage des crues	19
3.1.2. Aménagement existants	19
3.1.2.1. Les barrages souterrains et de dérivation	19
3.1.2.2. Séguias et Khéttaras	20
3.1.2.3. Les Puits et les Forages	23
3.1.2. Exploitation des eaux souterraines.....	23
3.1.2.1. Les périmètres traditionnels	23
3.1.2.2. Fermes modernes.....	24
CHAPITRE IV: LES BESOINS EN EAU	25
4.1. Demande en eau agricole.....	25
4.1.1. Occupation des sols.....	25
4.1.2. Besoins en eau.....	26
4.2. Demande en eau potable.....	29
4.2.1. Besoins/ressources	29
CHAPITRE V: POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU DANS LA ZONE D'ETUDE.....	30
5.1. Ressources en eau disponibles.....	30
5.1.1. Les ressources en eau de surface.....	30
5.1.1.1. Les apports annuels	30
a).La méthode du bilan hydrologique.....	30
b) La méthode rationnelle.....	31
c). La méthode du déficit d'écoulement	32
c.1.) Formule de Turc.....	32
c.2.) La formule de Coutagne	32
5.1.1.2. Les crues.....	34
5.1.2. Les ressource en eau souterraines	35
5.2. Nécessité d'un développement des ressources en eau dans la zone d'étude.....	35

5.3. Possibilité du développement des ressources en eau	36
5.3.1. Possibilité du développement des ressources en eau dans la commune de Nkob ..	36
5.3.1.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole	36
5.3.1.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection	37
5.3.2. Possibilité de développement des ressources en eau dans la commune d'Aït Ouallal	38
5.3.2.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole	38
5.3.2.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection	39
5.3.3. Possibilité de développement des ressources en eau dans la commune de Tazarine	40
5.3.3.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole	40
5.3.3.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection	41
5.3.4. Possibilité de développement des ressources en eau dans la commune de Taghbalt	41
5.3.4.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole	42
5.3.4.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection	42
5.3.5. Récapitulation des ouvrages de développement des ressources en eau de la zone d'étude.....	43
5.3.5.1. Les ouvrages de la première variante de développement des ressources en eau de la zone d'étude.....	43
5.3.5.2. Les ouvrages de la deuxième variante de développement des ressources en eau de la zone d'étude.....	45
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIES	48
ANNEXES.....	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition des pluies mensuelles moyennes interannuelles du bassin de Maïder en mm.....	6
Tableau 2: Répartition de la température mensuelle moyenne interannuelle du Maïder (Source: DRH-GZR-2004).....	8
Tableau 3: Humidité relative moyenne mensuelle du bassin de Maïder.....	9
Tableau 4: Evaporation moyenne mensuelles de la station d'Alnif/bassin de Maïder	10
Tableau 5: Apports moyens des principaux bassins versants de la région de Maïder	12
Tableau 6: Apports naturels des eaux de surface du bassin de Maïder.....	12
Tableau 7: Caractéristiques des sites de barrages dans le bassin du Maïder.....	13
Tableau 8: Superficie des nappes plioquaternaires du bassin de Maïder	14
Tableau 9: bilan global des nappes quaternaires du bassin de Maïder.....	15
Tableau 10: Récapitulatif des ouvrages et superficies irriguées	22
Tableau 11: Répartition des puits et forages par communes et débits fournis	23
Tableau 12: Répartition des superficies irriguées par puits et par commune.....	24
Tableau 13: Assolement des cultures par commune	25
Tableau 14: les besoins en eau d'irrigation des cultures par commune.....	28
Tableau 15: Projection des besoins moyens en eau potable par commune rurale	29
Tableau 16: Besoins actuels en eau potable, ressources disponibles et taux d'utilisation par commune	29
Tableau 17: Valeurs permettant d'estimer le coefficient de ruissellement en fonction de la nature du bassin versant	32
Tableau 18: Les crues observées en 2008-2009-2010 de l'Oued Taghbalt à la station de Tazarine	35
Tableau 19: Les ouvrages de la première variante de la commune de Nkob.....	37
Tableau 20: Ouvrages de la deuxième variante de la commune de Nkob	38
Tableau 21: Les ouvrages de la première variante de la commune d'Aït Ouallal	39
Tableau 22: Ouvrages de la deuxième variante de la commune d'Aït Ouallal	40
Tableau 23: Les ouvrages de la première variante de la commune de Tazarine.....	41
Tableau 24: Les ouvrages de la deuxième variante de la commune de Tazarine	41
Tableau 25: Les ouvrages de la première variante de la commune de Taghbalt.....	42
Tableau 26: Les ouvrages de la deuxième variante de la commune de Taghbalt	43
Tableau 27: Gain en volume généré par l'amélioration de l'efficience et superficies qui pourront être irriguées par commune	44
Tableau 28: Récapitulatif de la première variante de la zone d'étude	44
Tableau 30: Récapitulatif de la deuxième variante de la zone d'étude.....	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique du Bassin de Maïder (Source: PDAIRE, 2011).....	4
Figure 2: Situation administrative du bassin de Maïder (Source: PDAIRE, 2011)	5
Figure 3: Position des deux stations du bassin de Maïder (source: PDAIRE, 2011).....	5
Figure 4: Répartition des précipitations moyennes mensuelles dans le bassin de Maïder.....	6
Figure 5: Carte des isohyètes dans le bassin de Maïder (Source: PDAIRE,2011).....	7
Figure 6: Evolution des précipitations annuelles dans le bassin de Maïder.....	7
Figure 7: Variation interannuelles des précipitations dans le bassin du Maïder.....	8
Figure 8 : Répartition de la température mensuelle moyenne interannuelle dans le bassin du Maïder	9
Figure 9: Humidité relative moyenne mensuelle dans le bassin de Maïder.....	10
Figure 10: Evaporation moyenne mensuelle dans le bassin de Maïder (de 1982 à 2003)	11
Figure 11: Situation de la zone d'étude (Source PCD commune de Tazarine 2010).....	16
Figure 12: Barrage de dérivation à Tazarine	20
Figure 13: Schéma de fonctionnement d'une khéttara (source: M. BEN BRAHIM, 2005).....	21
Figure 14: Séguia moderne de dérivation des eaux de crue à Tazarine	21
Figure 15: Répartition des assolements de la commune de Nkob.....	25
Figure 16: répartition des assolements de la commune d'Aït Ouallal	25
Figure 17 : Répartition des assolements de la commune de Tazarine.....	26
Figure 18: Répartition des assolements de la commune de Taghbalt	26
Figure 19: Bilan en eau sur un bassin versant (Source: H. KARAMBIRI, 2008)	31
Figure 20: Unité Maïder, les principaux Oueds (Source: PDAIRE, 1998).....	34

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Pluviométrie à la station de Tazarine de 1996-2010.....	52
Annexe 2: pluviométrie à la station d'Alnif de 1975-2010	53
Annexe 3: Répartition des populations de la commune rurale d'Aït Ouallal dans les Douars .	54
Annexe 4: Répartition des populations de la commune rurale de Nkob dans les Douars.....	55
Annexe 5: Répartition des populations de la commune rurale de Taghbalt dans les Douars ..	55
Annexe 6: Répartition des populations de la commune rurale de Tazarine dans le Douars	56
Annexe 7: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale d'Aït Ouallal .	58
Annexe 8: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale de Nkob	59
Annexe 9: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale de Tazarine ...	60
Annexe 10: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale de Taghbalt .	64
Annexe 11: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale d'Aït Ouallal	65
Annexe 12: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale de Nkob	66
Annexe 13: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale de Tazarine	66
Annexe 14: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale de Taghbalt.....	67
Annexe 15: Détails calculs besoins en eau des cultures des communes rurales de la zone d'étude.....	69
Annexe 16: Epi de protection des berges des cours d'eau	70

LISTE DES ABREVIATIONS

ADS: Agence de Développement Social

ABH: Agence du Bassin Hydraulique.

AEP: Adduction en Eau Potable

CRRA : Centre Régional de la Recherche Agronomique Errachidia

Dh : Dirham

DGCL: Direction Générale des Collectivités Locales

ETM: Evapotranspiration Maximale

ET0: Evapotranspiration de référence

FAO: Programme des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

G-Z-R: Guir-Ziz-Rhéris

INDH: Institut National pour le Développement Humain

PMH : Petite et Moyenne Hydraulique

RGPH: Recensement Général de la Population Humaine

SAU : Superficie Agricole Utile

SEEE: Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement

GLOSSAIRE

Bour : Terre non irriguée, pluviale.

Caïdat : Circonscription territoriale sous la responsabilité d'un Caïd

Cercle : Ensemble de Caïdats

Douar : Village

Oued : Cours d'eau non pérenne.

Séguia: Canal de transport d'eau agricole

Khéttara: Galerie souterraine captant la nappe phréatique

INTRODUCTION GENERALE

Au Maroc, l'agriculture occupe une place prépondérante dans le développement socio-économique du pays. Cette agriculture est intimement liée à la mobilisation et au développement des ressources en eau. Malheureusement, les ressources en eau disponibles sont de plus en plus rares et mal réparties dans le temps et dans l'espace. Conscient de cet état de fait, le Maroc ne cesse de consolider sa politique dans le secteur de l'eau. C'est dans ce cadre qu'une politique de gestion planifiée des ressources en eau par bassins versants intégrant la participation des usagers a été initiée. Cela a abouti en 1995 à la promulgation de la loi 10-95 sur l'eau qui a introduit une série de principes fondamentaux dont l'unicité de la ressource en eau, sa gestion de façon intégrée et décentralisée par bassin versant. C'est ainsi que furent créées les Agences de bassins hydrauliques par la loi 10-95 sur l'eau en tant que des établissements publics, dotées de la personnalité morale et de l'autonomie financière, chargés du développement et de la gestion de l'eau et du domaine public hydraulique d'un bassin ou groupement de bassins hydrauliques.

Dans le cadre de notre étude, nous nous limiterons à l'Agence de Bassin Hydraulique Guir-Ziz-Rhéris située dans le Sud-Marocain créée en 2009 et qui a tenu son premier Conseil d'Administration le 8 février 2010 à Errachidia.

Dans le sud Marocain, la réalité physique du milieu naturel et la rigueur du climat à cette latitude, ont lié étroitement le développement de l'agriculture aux techniques de la maîtrise de l'eau. À cause de la rareté des ressources en eau surtout en période de sécheresse, les habitants conduisent leurs cultures de manière très soignée et déploient des efforts importants pour la mobilisation des ressources en eau pour l'irrigation des petits périmètres. Le système d'irrigation est le gravitaire et il utilise, des seuils de dérivations traditionnels des crues, des séguias, des Khéttaras et des pompages dans des puits individuels et collectifs.

1. PROBLEMATIQUE

L'agence du bassin Hydraulique Guir-Ziz-Rhéris-Maïder nouvellement crée, gère l'une des régions de la zone aride du pays où le problème de l'eau, souci séculaire, se pose avec le plus d'ampleur (Bousfoul, 2009). Dans cette région l'agriculture constitue presque 90% de l'activité économique (Chafik KRADI, Jean Marius ANDRIAMAINTY FILS, Rabah DJEDDOU, Souad NA T MERZOUG, Van Tinh NGUYEN, Ahmed AIT HMIDA, 2002). Cette Agriculture est basée essentiellement sur l'irrigation. Elle est pratiqu e dans des oasis sur les rives de l'oued Ziz, dans les bassins versants de Rhéris, Guir et Maïder à travers des grands efforts de mobilisations des ressources en eau, développés au fil du temps par les populations. La région, située dans la zone présaharienne, est soumise à des sécheresses longues et assez fréquentes, en plus de la faiblesse et de la rareté des précipitations ainsi que la répartition irrégulière de ces dernières dans le temps et dans l'espace. Cette situation a pour conséquence l'abandon des terres agricoles, les déplacements des populations d'une saison à l'autre, le morc lement des terres exploitt es jadis collectivement pour ne citer que ceux-ci. Pour atténuer ces effets et accompagner les populations dans leurs efforts de mobilisation des ressources en eau pour l'irrigation, plusieurs études ont été menées dans les régions Sud-atlasiques parmi les quelles nous pouvons citer:

- L'étude des ressources en eau des unités Ziz –Rhéris et Maïder, effectuée en 1996 dont le but est de proposer un schéma d'exploitations des ressources en eau souterraine;
- L'étude du schéma d'aménagement des unités Ziz –Rhéris et Maïder effectuée en 1998, dont le but est de proposer des schémas d'aménagements adéquats des ressources en eaux à chacune des unités;
- L'étude sur l'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau des bassins de guir – ghris – ziz et maider, effectuée en 2008;
- L'étude de l'élaboration des monographies des ressources en eau des provinces et des communes du bassin Guir-Ziz-Rhéris et Maïder, effectuée en 2009, dont l'objectif est de recenser les contraintes de développement des ressources en eau dans ces bassins;

Toutes ces études ont été effectuées avant le redécoupage des bassins et la création de l'agence du bassin hydraulique. En effet depuis sa création, l'agence ne cesse de mener des actions visant à accompagner les populations de sa zone d'intervention dans leurs efforts de mobilisation des ressources en eau destinées à l'irrigation. C'est ainsi qu'un intérêt particulier a été accordé aux zones les plus défavorisées qui n'ont pas été traitées avec beaucoup plus d'affinité par les études précédentes. La présente étude dont le thème est: « Développement des ressources en eau dans quatre communes rurales de la province de Zagora (bassin versant de Maïder)» s'inscrit parmi les actions entreprises par l'agence dans les zones défavorisées.

2. L'OBJECTIF GLOBAL:

Cette étude à pour objectif global de proposer un plan de développement des ressources en eau qui contribuera à améliorer les conditions de l'irrigation vivrières dans quatre communes rurales de la province de Zagora. D'une manière spécifique l'étude vise à:

- Proposer un plan de réhabilitation des ouvrages de mobilisation des ressources en eau déjà existants;
- Recenser des nouveaux ouvrages d'épandage et d'écrêtement des crues.

3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour atteindre notre objectif global, nous nous proposons d'adopter l'approche méthodologique suivante:

3.1. La collecte des données nécessaires concernant l'ensemble du bassin de Maïder en général et dans les quatre communes rurales en particulier. Les données à recueillir de façon sommaire sont:

- Les données climatiques;
- Les données hydrologiques;
- Les données hydrogéologiques;
- Les superficies mise en valeur, les cultures pratiquées;
- Les besoins et consommations en eau;

La collecte de ces données est basée sur des études bibliographiques à travers la documentation et les cartes des études déjà effectuées.

3.2. Enquêtes de terrain pour mieux s'imprégner des réalités du milieu en matière de ressources en eau.

3.3. Traitement et analyse des données collectées;

3.4. Présentation des résultats sous forme synthétique;

3.5. Exploitation des résultats en vu de proposer un modèle de développement des ressources en eau pour chacune des quatre communes.

CHAPITRE 1: PRESENTATION DU BASSIN DE MAÏDER

1.1. Présentation géographique

Le bassin de Maïder est situé au Sud –Est de l’Anti-Atlas Marocain (figure 1). Il s’étend sur une superficie de 12.374 Km² soit 1.74% du territoire national. Il est limité au Nord par le vaste ensemble de Saghro oriental-Ougmate, à l’Est par la plaine de Tafilalet, à l’Ouest par le Jbel Bani oriental, au Sud et Sud-Est par la hamada crétacée des Kem-Kem.

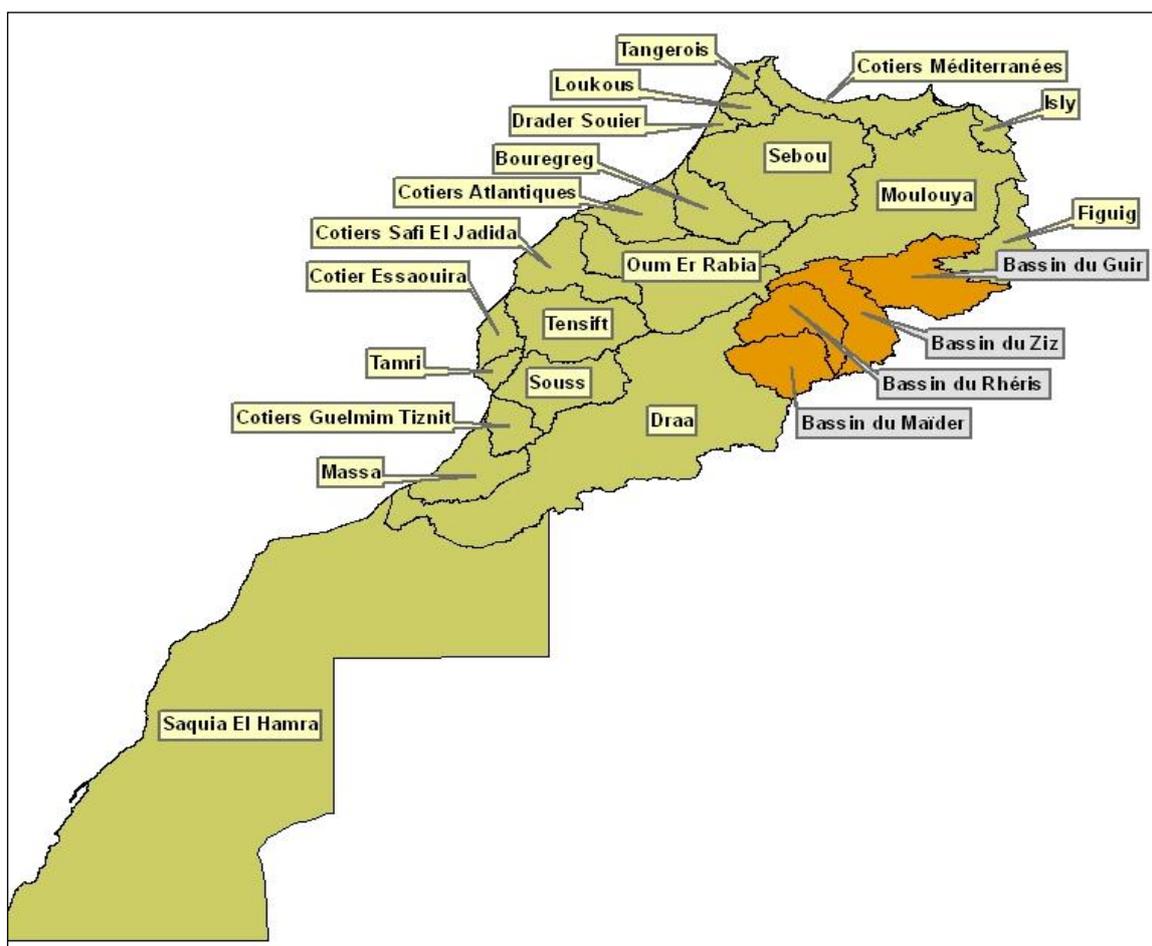


Figure 1: Situation géographique du Bassin de Maïder (Source: PDAIRE, 2011)

Sur le plan administratif, l’unité du Maïder se chevauche entre la province de Zagora à l’Ouest et la province d’Errachidia à l’Est (Figure 2). La population de cette unité s’élève à 80.000 habitants soit une densité moyenne de 6 habts/km². Cette population est répartie dans neuf (9) communes dont cinq (5) font partie de la province de Zagora et quatre (4) de la province d’Errachidia. Les principales activités économiques sont l’agriculture et l’élevage. L’agriculture est pratiquée dans de petits périmètres traditionnels irrigués gravitairement à partir des séguias, khéttaras et de plus en plus par des groupes de pompage individuels. Cependant une part importante de la population recourt de plus en plus à l’immigration à l’étranger ou vers d’autres zones du Maroc.

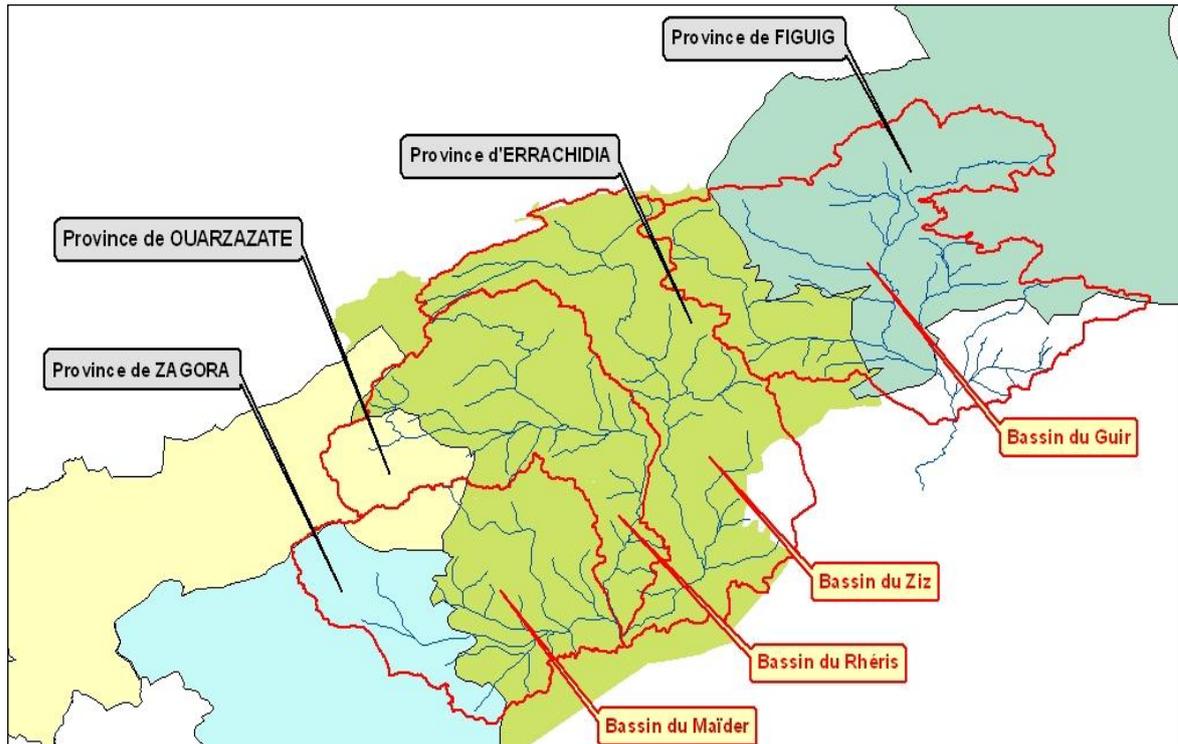


Figure 2: Situation administrative du bassin de Maïder (Source: PDAIRE, 2011)

1.2. Climatologie

Le bassin de Maïder est en général caractérisé par un climat aride qui devient saharien au sud. Il dispose de deux stations (Alnif et Tazarine) qui fournissent les données climatiques à différents pas de temps, d'une manière plus ou moins continue. Les types des données fournis par ces deux stations sont: la pluviométrie, la température, humidité relative, l'évaporation et la vitesse du vent.

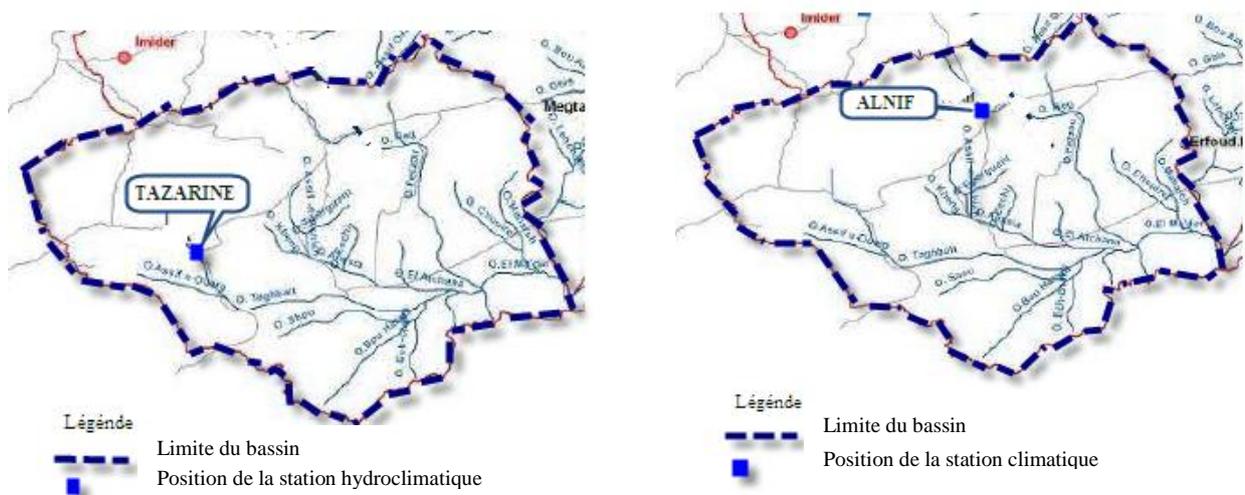


Figure 3: Position des deux stations du bassin de Maïder (source: PDAIRE, 2011)

1.2.1. Les précipitations

La région du bassin de Maïder est caractérisée par deux saisons pluvieuses. La première a une durée de 3 mois et s'étale de septembre à novembre avec un pic des précipitations au mois d'octobre. La deuxième saison pluvieuse tout comme la première, dure aussi trois mois. Elle s'étale de janvier à mars avec un pic des précipitations au mois de février. La saison d'avril-mai est par contre moins prononcée.

Les périodes d'observations correspondantes pour les stations s'étalent de 1975-1976 à 2009-2010 pour Alnif et de 1996-1997 à 2009-2010 pour Tazarine. Les moyennes des précipitations mensuelles correspondantes à ces périodes sont représentées dans le tableau(1) et la figure(4)

Tableau 1: Répartition des pluies mensuelles moyennes interannuelles du bassin de Maïder en mm

Stations	sept	oct	Nov	Déc	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
Tazarine	9.8	19	6.7	6.6	6.7	15	12.2	5.7	5.8	3.8	3.1	7.2	101
Alnif	10	18	8	9.1	11	12	9.6	8.7	7.3	5.4	2.1	4.9	106
Moyenne Bassin	9.9	18	7.4	7.9	8.6	14	10.9	7.2	6.6	4.6	2.6	6	104

Source: ABH Guir-Ziz-Rhéris et Maïder, 2011

Le tableau1 montre que les moyennes des précipitations sont faibles dans la zone. Ce qui traduit que cette zone est bien confrontée à un problème d'eau et que l'agriculture ne peut qu'être basée sur l'irrigation.

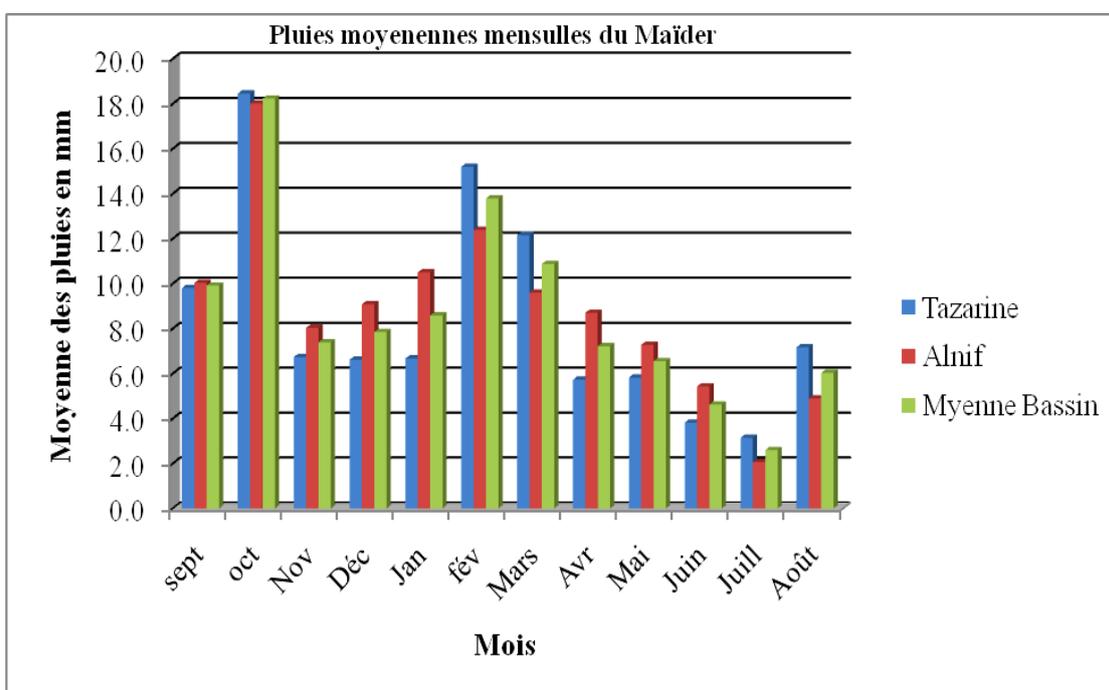


Figure 4: Répartition des précipitations moyennes mensuelles dans le bassin de Maïder

La pluie moyenne annuelle est d'environ 96 mm à Tazarine et 90.2 mm à Alnif. Elle est de 200 mm sur les reliefs du Jbel Saghro et elle diminue au niveau des premières plaines de piémont au niveau de Nkob et Alnif, soit 100 mm et atteint 50 mm sur la plaine avale du Maïder (Figure5).

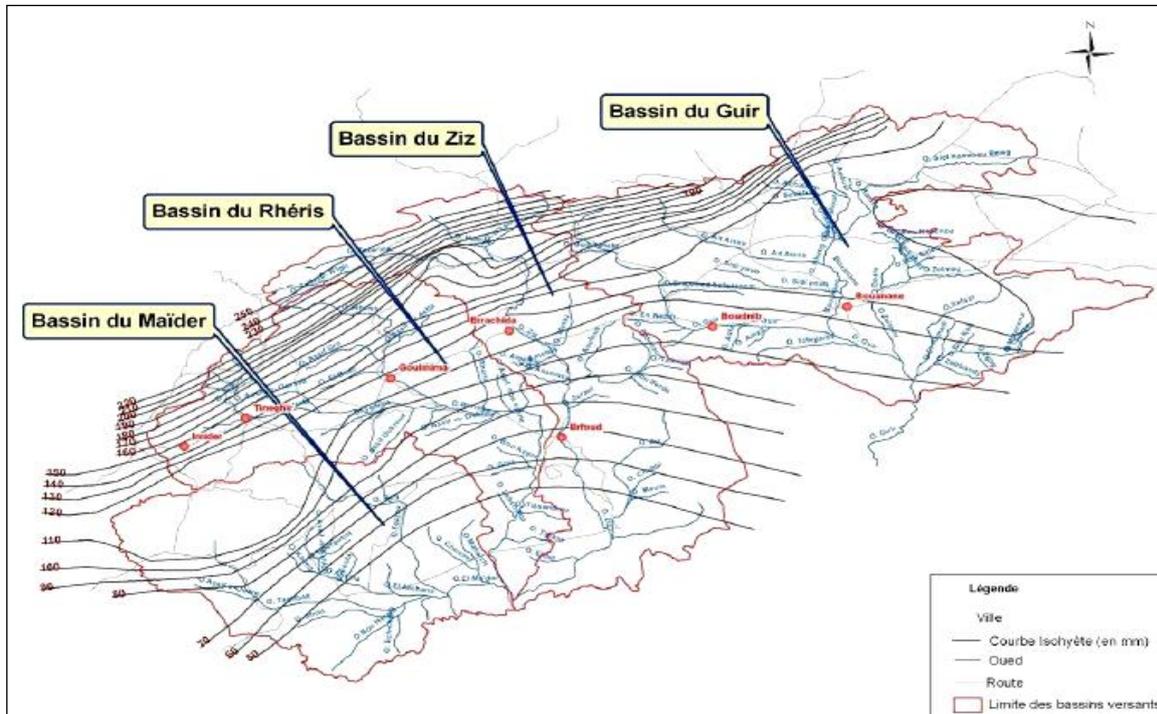


Figure 5: Carte des isohyètes dans le bassin de Maïder (Source: PDAIRE,2011)

Les années déficitaires illustrées sur la figure 6 ci-dessous peuvent atteindre 1,5 fois la normale des précipitations. En d'autre terme elles peuvent aussi atteindre 50 à 80% la normale (PDAIRE, 2011).

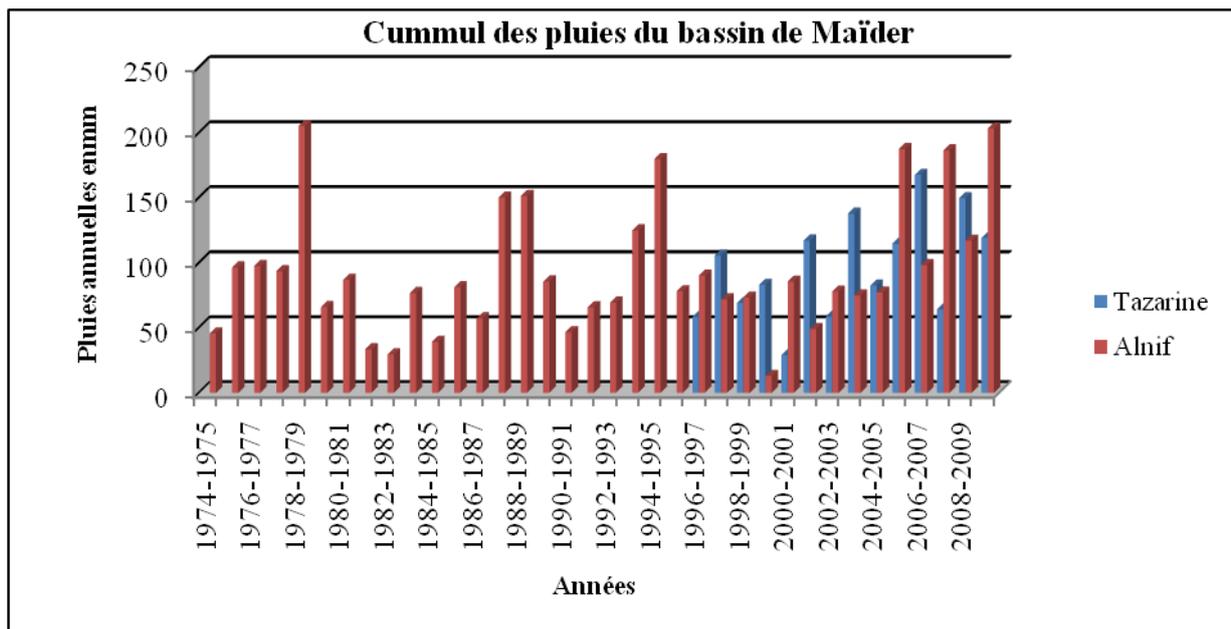


Figure 6: Evolution des précipitations annuelles dans le bassin de Maïder

A la lumière de la figure (6) on note une grande variabilité des précipitations dans le temps. Elle montre aussi que les périodes sèches sont assez fréquentes et longues.

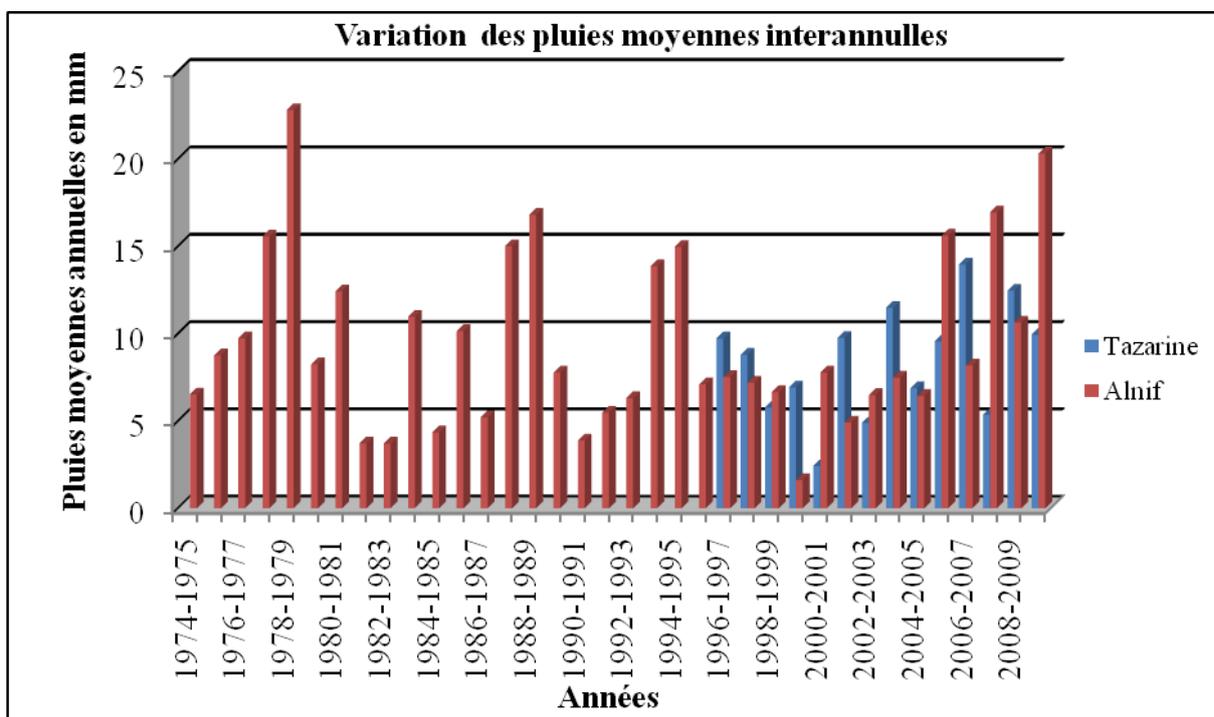


Figure 7: Variation interannuelles des précipitations dans le bassin du Maïder

Selon le PDAIRE de 2011, la tendance à la baisse des précipitations dans le bassin de Maïder est presque de 0.6 mm/an. Ce qui est très significative pour une région à faible précipitation dont la moyenne annuelle ne dépasse guère 96mm.

1.2.2. La température

Les plus hautes températures du bassin sont observées au mois de juillet avec une moyenne de 33.3°C et les plus basses au mois de janvier avec une moyenne de 10.6°C. Quant à la moyenne annuelle, elle tourne autour de 21.9°C.

Tableau 2: Répartition de la température mensuelle moyenne interannuelle du Maïder (Source: DRH-GZR-2004)

Mois	sept	oct	Nov	Déc	Janv	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Moy
ALNIF	28.3	21.8	15.8	11.8	10.4	13.3	17.2	20.9	25.0	29.5	33.6	32.7	21.7
TAZARINE	29.0	24.3	17.5	12.9	11.7	13.9	18.7	21.9	26.0	31.1	34.5	32.8	22.9
Moyenne Bassin	28.7	23.1	16.7	12.4	11.1	13.6	18.0	21.4	25.5	30.3	34.1	32.8	22.3

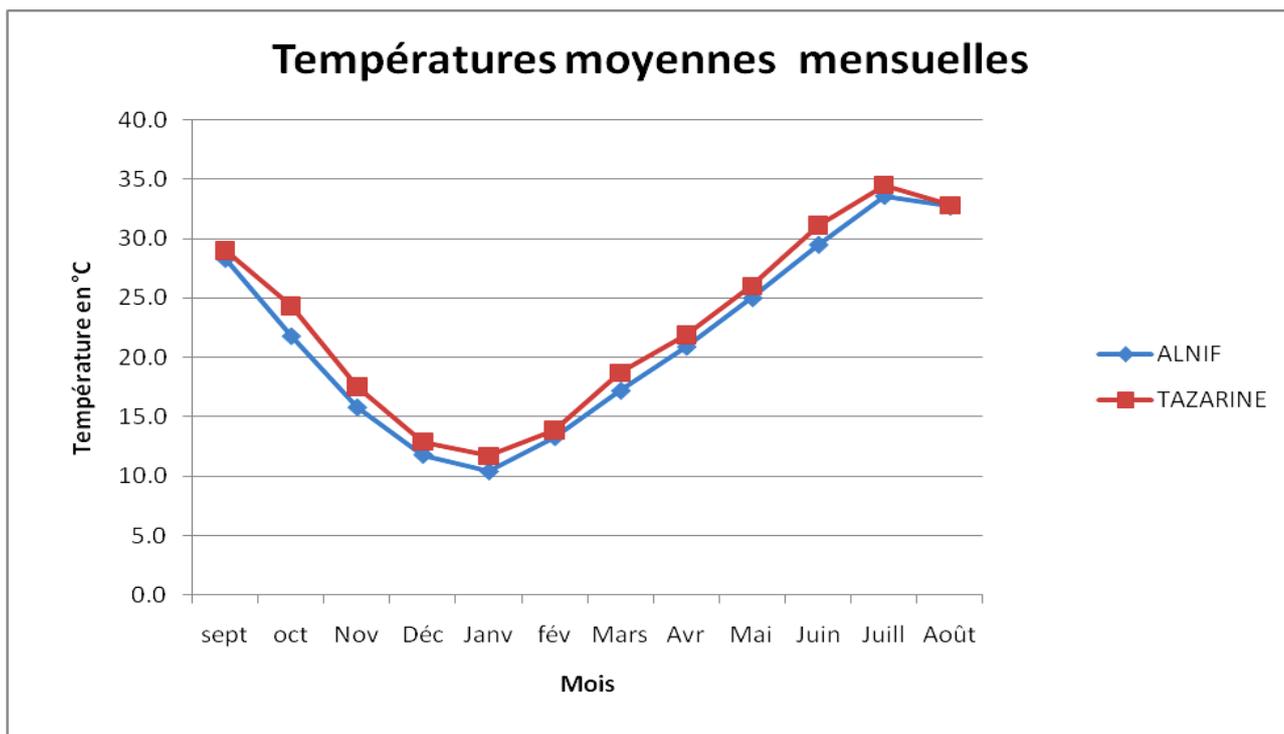


Figure 8 : Répartition de la température mensuelle moyenne interannuelle dans le bassin du Maïder

La figure (8) montre la variation de la température au niveau des deux stations du bassin de Maïder.

La température est généralement forte, elle se situe rarement au-dessous de 0°C sur les reliefs en hiver et dépasse 40°C en été. Elle présente de très fortes variations saisonnières: été très chaud (juillet le mois le plus chaud) et hiver très froid (janvier le mois le plus froid).

Dans la plaine, en hiver, les températures diurnes sont élevées tandis que les températures nocturnes dépassent rarement 0°C. La tendance des températures dans le bassin de Maïder durant les trente dernières années est sous forme d'une hausse de 0.08°C à 0.12°C. Ce qui donne en 20 ans une augmentation de 2°C (PDAIRE, 2011).

1.2.3. L'humidité relative

L'humidité relative maximale est enregistrée au mois de décembre et janvier avec une moyenne de 41% à Alnif et 40% à Tazarine. La valeur minimale est enregistrée au mois de juillet avec 14% à Alnif et 11% à Tazarine. L'humidité relative moyenne mensuelle, exprimée en %, est consignée dans le tableau (3).

Tableau 3:Humidité relative moyenne mensuelle du bassin de Maïder

Mois	sept	oct	Nov	Déc	Janv	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Moy
Alnif(1982-2008)	22	30	35	41	40	35	28	22	18	16	14	16	26
Tazarine (1996-2002)	20	30	31	37	40	36	31	24	18	14	11	17	26
Moyenne Bassin	21	30	33	39	40	36	30	23	18	15	13	17	26

Source: PDAIRE, 2011

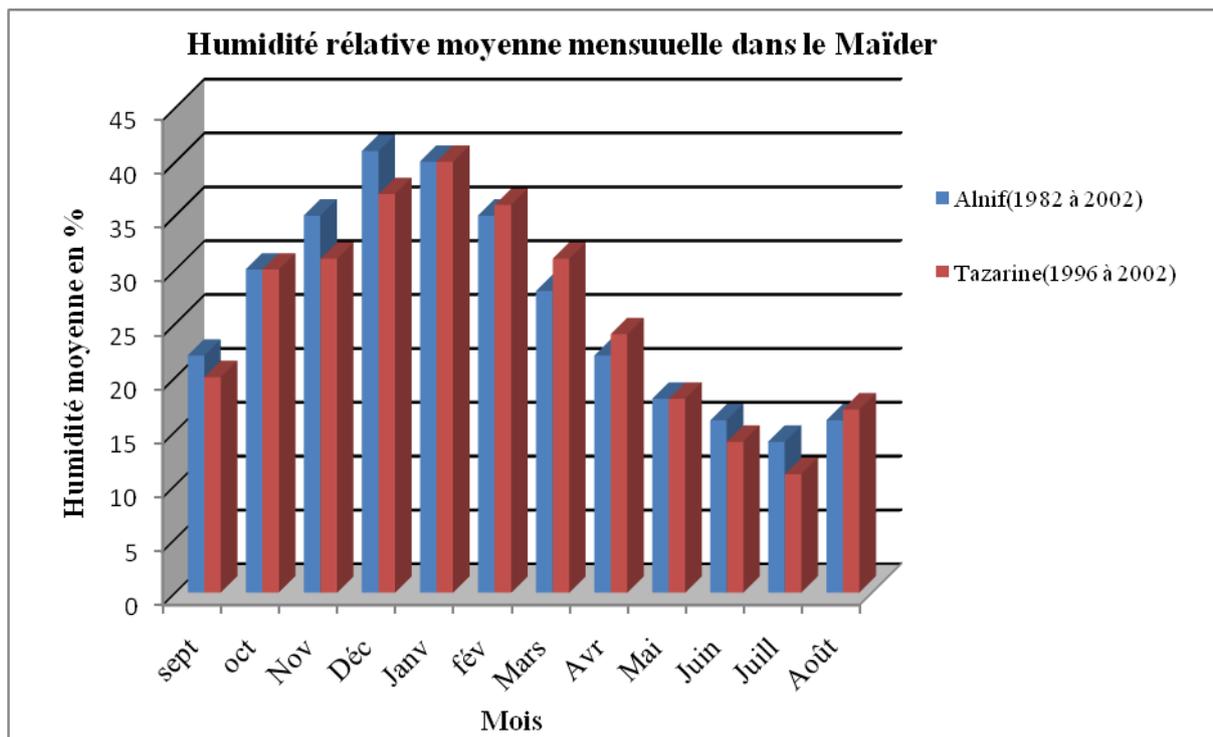


Figure 9:Humidité relative moyenne mensuelle dans le bassin de Maïder

Le tableau 3 et la figure 9 témoignent que les conditions atmosphériques sont sévères dans la zone presque durant toute l’année.

1.2.4. Évaporation

Le bassin de Maïder présente une forte évaporation avec une moyenne annuelle de 3508 mm, soit à peu près 43.408 Milliards m³ pour l’étendue du bassin. La maximale est observée au mois de juillet avec 534 mm soit 6.608 Milliards m³ ce qui vaut 15% du total. La minimale est observée au mois de décembre avec 97mm soit 1.2 Milliards m³ ce qui représente 3% du total. Avec les changements climatiques on assiste à une augmentation de cette évaporation de 30mm/an soit 3.77 Mm³/an (PDAIR, 2011). Les moyennes mensuelles de l’évaporation sont consignées dans le tableau4.

Tableau 4: Evaporation moyenne mensuelles de la station d’Alnif/bassin de Maïder

Mois	sept	oct	Nov	Déc	Janv	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
Evaporation en (mm)	369	245	146	97	115	138	226	305	382	479	534	472	3508

Source : PDAIRE GRZM, 2011

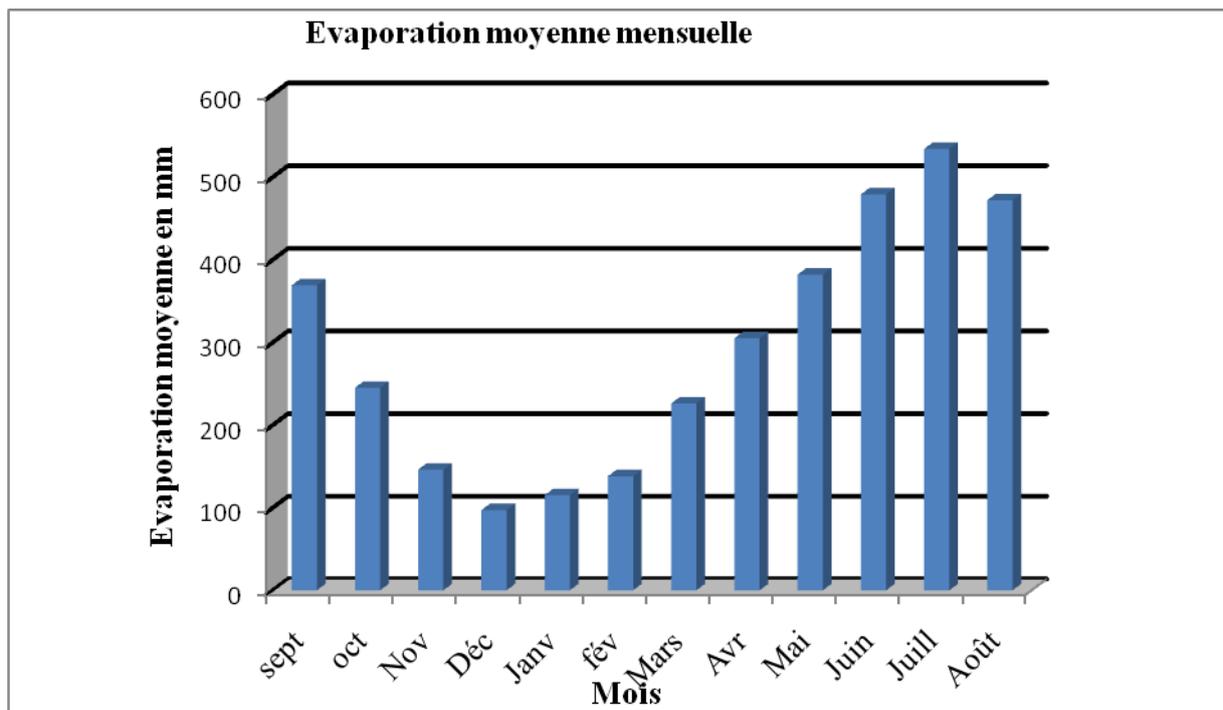


Figure 10: Evaporation moyenne mensuelle dans le bassin de Maïder (de 1982 à 2003)

Le tableau (4) et la figure (10) montrent que la zone du Maïder est soumise à une forte évaporation, surtout pour une zone où les précipitations sont faibles.

1.2.5. Vitesse du vent

La moyenne de la vitesse du vent tourne autour 2.48m/s. Les vents soufflent avec violence 7 mois (mars à septembre) sur 12 dans le bassin du Maïder.

1.4. Ressources en eau

1.4.1. Les ressources en eau de surfaces

Le bassin du Maïder est composé de quatre sous bassins versants principaux. Ces sous bassins, au sud du Jbel saghro, sont drainés d'Ouest en Est par les Oueds, Taghbat, Hassaïa, Fezzou et Msissi. Le drain naturel de cette vaste zone de convergence hydrographique est l'Oued Maïder qui à son tour aboutit à l'Oued Rhréris, peu en amont de la confluence des Oueds Ziz-Rhéris, au niveau de Hassi-Remlia. Le réseau hydrographique se situe entièrement dans le domaine saharien. La superficie totale du bassin versant de Maïder s'élève à 7156 Km². Environ la moitié de cette superficie est constituée de reliefs, le reste étant des plaines comblées par des matériaux d'érosion et des dépôts d'âge plioquaternaire.

D'après l'étude du plan directeur des bassins Sud-atlasique (SCET-MAROC SOGREA, 1996), les apports moyens des principaux bassins de la région sont résumés dans le tableau 5; l'apport moyen total est de 40 Mm³/an avec une forte irrégularité. Cet apport dépasse 50Mm³ un an sur trois, tout comme il peut être pratiquement nul un an sur trois.

Tableau 5: Apports moyens des principaux bassins versants de la région de Maïder

Bassins	Superficie (km²)	Apport Moyen (Mm³/an)
Bassin de l'Oued Taghbalt	3274	18.3
Bassin de l'Oued Hassaïa	1395	7.8
Bassin de l'Oued Fezzou	1962	11
Bassin de l'Oued Msissi	525	2.9
TOTAL	7156	40

Source: Plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins sud-atlasiques, 1996

Selon l'actuel PDAIRE, les apports naturels dans le bassin du Maïder sont de l'ordre de 68 Mm³ à son exutoire. Cette hausse des apports peut être expliquée par les précipitations exceptionnelles observées au cours de ces cinq dernières années (2005-2006; 2007-2008 et 2009-2010). Le tableau 6 récapitule les apports naturels du bassin de Maïder.

Tableau 6: Apports naturels des eaux de surface du bassin de Maïder

Bassin	Sous bassin	Apport naturel(Mm³)	% de contribution
Bassin de Maïder	Tazarine	30 Mm3	44%
	Bassin intermédiaire aval Tazarine	38 Mm3	56%
Total du bassin du Maïder		68 Mm3	100%

Source: PDAIRE GRZM, 2011

L'aménagement des eaux de surface est limité à un barrage de dérivation des eaux de crues au niveau du périmètre de Taghbalt et au barrage collinaire d'Achabarou sur un affluent de l'oued Fezzou. Une partie des eaux de crues est dérivée de manière traditionnelle, afin de permettre la recharge de la nappe exploitée par khéttara, mais aussi pour irriguer les petits périmètres de PMH.

1.4.1.1 Mobilisation des eaux de surface

Pour la mobilisation des eaux, le bassin de Maïder dispose de trois seuils de dérivations et quelques seuils fusibles. Les trois seuils dérivent successivement 0.16 m³/s à Tazarine, 0.2 m³/s à Taghbal et 0.22m³/s à Msissi, soit au total 0.58 m³/s. Ceci pour une capacité prévisionnelle de 0.8 m³/s et un volume de 24Mm³. Il a été proposé dans le PDAIRE de 1996 pour le bassin de Maïder, 5 sites de barrages écrêteurs de crues. La diminution des précipitations dans la zone a conduit à une actualisation des apports. Les caractéristiques de ces barrages sont récapitulées dans le tableau 7.

Tableau 7: Caractéristiques des sites de barrages dans le bassin du Maïder

Barrage	Oued	Apport (Mm ³ /an) PDAIRE 1996	Apport (Mm ³ /an) actualisés	Hauteur(m)	Surface (ha)	Volume de la retenue (Mm ³)	Volume régularisé (Mm ³ /an)
Imin Touzra	N'Oustif	1.85	-	14	90	4.5	1.45
Tiamzit	N'Achich	6	5,28	20	140	6.5	4.3
Hanedour	Hanedour	1.3	1,15	19	29	2.2	0.95
Khing	Khing	2.6	2,29	-	-	-	2.1
Bouchama	Bouchama	1.3	1,15	-	-	-	1.05

Source: PDAIRE GRZM, 2011

Le lâcher à partir de ces barrages variera de 1 à 2m³/s avec une durée de quelques jours à deux mois selon l'importance de la crue. Ces barrages auront à régulariser 9.85 Mm³ dont 50% serait dévié par les séguias, 30% serait infiltré vers l'aquifère alluvial et 20% serait perdu par évaporation. Actuellement la mobilisation nette en eau de surface, dans le bassin de Maïder est de l'ordre de 25Mm³ avec un indice de 37% d'exploitation globale des eaux de surface (PDAIRE GRZM, 2011).

1.4.2. Les ressources en eaux souterraines

D'une manière générale, la plus grande partie des eaux souterraines du bassin de Maïder est exploitée dans les zones de bassin où se sont déposées des formations plioquaternaires. Les formations sous-jacentes constituées de schistes et de grès peu perméables renferment des petites quantités d'eau dans les franges parties de l'altération ou dans les zones particulièrement fracturées. Cependant les aquifères potentiels sont d'âge Ordovicien essentiellement gréseux et Dévonien à majorité calcaire.

1.4.2.1. Les Aquifères de l'Ordovicien

Les formations ordoviciennes dont l'affleurement couvre 26% de la surface du bassin de Maïder (3175km²) sont représentées essentiellement par des grès et parfois des schistes peu perméables. Les réserves en eau sont peu importantes et limitées à une faible épaisseur ou à des zones fracturées très discontinues. Ces aquifères sont caractérisés par des coefficients d'emmagasinement très faibles (inférieur à 5%) et des perméabilités de l'ordre de 10⁻⁴ à 10⁻⁶m/s. Le débit des ouvrages captant ces aquifères sont généralement inférieur à 1 l/s. Par ailleurs, le faible écoulement souterrain et la difficulté de renouvellement des ces eaux contribuent à des fortes teneurs en sel. Dans une région où les apports sont soumis aux fortes fluctuations saisonnières, ces réserves peuvent constituer une possibilité d'approvisionnement en eau essentielle dans cette région.

1.4.2.2. Les aquifères du Dévonien

Les affleurements des formations du Dévonien couvrent à peine 8% de la surface du bassin de Maïder (1024km²). Ils sont formés essentiellement de calcaires et calcaires marneux. Il s'agit

des calcaires très anciens, karstiques qui participent, lorsqu'ils affleurent à l'infiltration des eaux superficielles. Les calcaires karstiques du dévonien forment un réseau qui concentre parfois les écoulements souterrains vers certains palmerais soutenant ainsi les niveaux d'eau dans les formations plioquaternaires sous-jacentes.

1.4.2.3. Les nappes alluviales de Msissi, Fezzou, Ahssia et Taghbalt

Les caractéristiques hydrogéologiques présentées ci-après, concernent les principaux bassins versants de Maïder, là où sont localisés les oasis et palmerais, étroitement liés à l'exploitation des eaux des nappes plioquaternaires. Les formations de ces réservoirs sont constituées essentiellement de sables argileux avec des horizons de marnes et marno-calcaires. Leur épaisseur reste généralement limitée à moins de 10 mètres mais peut atteindre exceptionnellement plus de 20 mètres à certains endroits. La perméabilité de ces formations varie entre 10^{-2} m/s à 10^{-4} m/s. Ce qui permet une recharge des aquifères lors du passage des crues et des épisodes particulièrement pluvieux. Les superficies des nappes plioquaternaires se présentent comme suit dans le tableau 8.

Tableau 8: Superficie des nappes plioquaternaires du bassin de Maïder

Bassin de Maïder	Sous bassins versants	Superficie (km²)	Total des entrées en (Mm³/an)	Total des Sorties en (Mm³/an)	Bilan en Mm³/an
	Msissi	299	3.1	3.35	-0.25
	Fezzou	776	6.96	7.73	-0.77
	Ahssia	553	4.94	5.36	-0.42
	Taghbalt	1102	8.01	8.2	-0.19
Total		2730	23.01	24.64	-1.63

Source: PDAIRE, 1996; PDAIRE, 2011

La recharge de ces aquifères ne peut se faire de manière efficace que par les apports de crues des oueds correspondants. L'infiltration directe des précipitations contribue aussi à la recharge mais à faible taux vu la rareté et l'irrégularité de ces précipitations dans la région. D'après les études d'actualisation du PDAIRE, réalisées par NOVEC en 2011, le bilan global des nappes quaternaires du bassin de Maïder se présente comme suit:

Tableau 9: bilan global des nappes quaternaires du bassin de Maïder

Composante du bilan		Bassin de Maïder
Recharge	Infiltration directe des pluies	16.25
	Infiltration des eaux de crues (et lâchés du barrage HD concernant les nappes de Rteb et Tafilalt du Ziz) Ré infiltrations des eaux d'irrigation	2.35
	Drainance ascendante	-
	Abouchement	-
	Total Recharge (Mm3/an)	23.01
Décharge	Sources	1.75
	Prélèvements	14.84
	Khéttaras	8.04
	Drainance descendante	
	Evaporation	-
	Abouchement	-
	Total Décharge (Mm3/an)	24.63
Bilan global (Mm3/an)		-1.62

Source: PDAIRE GRZM, 2011

Le tableau 9 montre un bilan négative, ce qui traduit la surexploitation des aquifères qui risque de conduire au tarissement de ces derniers si des dispositions ne sont pas prises.

CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude concerne les communes rurales de Nkob, Aït Ouallal, Tazarine et Taghbalt. Administrativement ces communes font parties du cercle d'Agdz et de la province de Zagora. Cette zone, située au Sud-Est du Maroc, fait partie du bassin de Maïder.

I. Présentation géographique

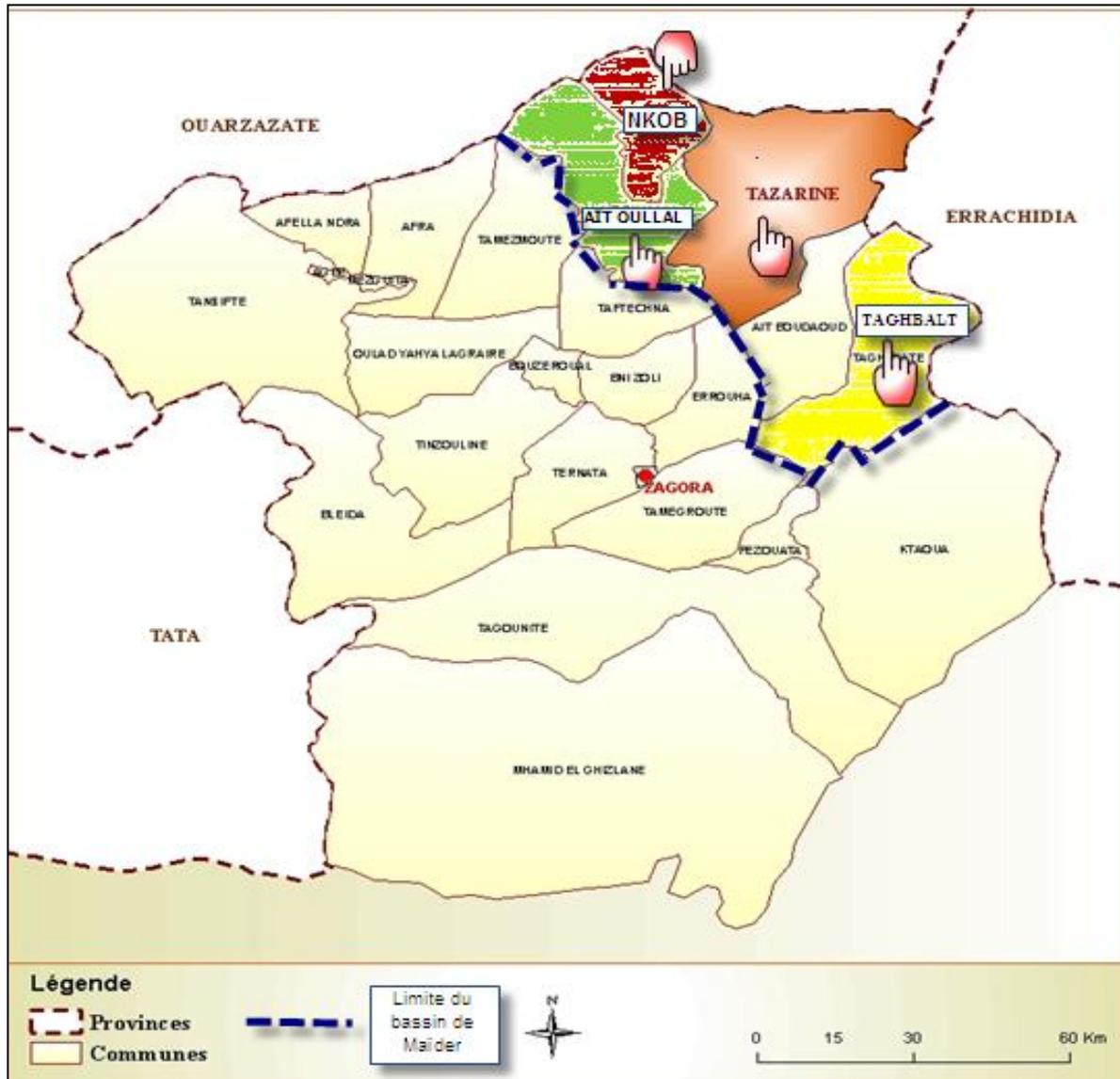


Figure 11: Situation de la zone d'étude (Source PCD commune de Tazarine 2010)

La commune de Nkob se trouve sur le croisement de la route régionale RR108 et la route provinciale RP1521 reliant la dite commune aux communes rurales de Tazarine, d'Aït Ouallal et d'Iknouene, à environ 120km de la ville de Zagora. Elle s'étend sur une superficie de 373.8km² et à une altitude de 860 à 1065 mètres. La commune est limitée au Nord par les communes rurales de Souk Lkhmiss Dadès et d'Iknouene; au Sud et à l'Ouest par la commune rurale d'Aït Ouallal et à l'Est par les communes rurales de d'Aït Ouallal encore, de Tazarine et d'Iknouene. Sur le plan démographique, la population totale de la commune de

Nkob s'élève à 6782 habitants (RGPH de 1994 et 2004 rapporté par Water Management Consulting 2009), soit une densité de 18hbts/km². Cette population est répartie dans 10 douars dont la majorité (51%) est concentrée au centre du chef lieu de Nkob.

La commune rurale d'Aït Ouallal fait référence au nom d'une grande tribu regroupant un ensemble de sous-tribu. Elle se trouve sur la route régionale RR 108 reliant la dite commune aux communes rurales de Tazarine, de Nkob et Tamezmoute, à 102 km au Nord-Est de la ville Zagora. La commune s'étend sur une superficie de 902 km². La majorité de cette superficie est occupée par des montagnes (52%) et le reste par des collines et plaines qui occupent respectivement 18% et 30%(Water management consulting, 2009).La zone de la commune se trouve à une altitude variant de 920 mètre à 1474mètre. La commune est limitée au Nord par les communes rurales d'Aït Sedrate Shal Charkia, d'Aït Sedrate Shal Gharbia et de Nkob; au Sud par la commune rurale de Taftehna; à l'Ouest par la commune rurale d'Oulad Yahya Lagraire et à l'Est par les communes rurales de Nkob et Tazarine. Sur le plan géographie humaine, selon le RGPH de 1994 et 2004(rapporté par Water Management Consulting, 2009), la population de la commune rurale d'Aït Oullal s'élève à 9649 habitants soit une densité de 11habts/km². Cette population est répartie dans 24 douars dont les plus peuplés sont respectivement Ajmou Aït Ouzzine chef lieu de la commune rurale avec 13%, Tanoumrite avec 12% et Aït Messoud avec 11%.

La commune rurale de Tazarine se trouve sur le croisement de la route nationale RN 12 et la route régionale RR108 reliant la dite commune à la ville de Zagora et aux communes rurales de Nkob et d'Alnif, à environ 90km de la ville de Zagora. Elle s'étend sur une superficie de 1527km² et se trouve à une altitude de 860 à 1065 mètres. Elle est délimitée au Nord par les communes rurales d'Ikniouene et Alnif; au Sud par les communes rurales d'Aït Boudaoud et d'Errouha; à l'Ouest par les communes rurales de Nkob, de Taftehna et d'Aït Ouallal et à l'Est par les communes rurales d'Aït Boudaoud, de H'ssia et Alnif. Sur le plan démographique, d'après le RGPH de 1994 et 2004 (rapporté par Water Management Consulting 2009), la population de la commune s'élève 13721 habitants soit une densité de 9hbts/km². Cette population est inégalement répartie dans 52 douars dont le chef lieu se trouve à Tazarine centre.

La commune rurale de Taghbalt est située sur le croisement de la route nationale RN 12 reliant la dite commune aux communes rurales de Tazarine, d'Aït Boudaoud et Alnif à 50km au Nord-est de la ville de Zagora. La commune est délimitée au Nord par les communes rurales d'Aït Boudaoud et de H'ssia; au Sud par la commune rurale de ktaoua; à l'Ouest par les communes rurales d'Aït Boudaoud, d'Errouha et de Tamgroute et à l'Est par la commune rurale de H'ssia. Elle s'étend sur une superficie 988,2 km² et se trouve à une altitude de 670 à 1088 mètres. D'après le RGPH de 1994 et 2004 (rapporté par Water Management Consulting 2009), la population de la commune rurale de Taghbalt s'élève à 8867 habitants soit une densité de 9hbts/km². Cette population est répartie dans 12 douars dont la majorité est concentrée respectivement à Aït M'nade (28%) le chef lieu de la commune, à Tlaglou(14%) et Aït Haddou(13%).

En ce qui concerne l'activité socio- économique, la localisation géographique et les conditions naturelles qui règnent dans ces zones confèrent aux communes une vocation principalement Agricole. Cette activité s'appuie sur des cultures vivrières à rendements limités en raison des techniques traditionnelles de production et de la faible disponibilité des ressources en eau. Les palmeraies, patrimoines précieux, se dégradent de plus en plus, du fait des sécheresses répétitives et assez longues ainsi que des maladies (le bayoud) qui ont décimé les meilleures variétés de la région. Et tout cela, aux regards impuissants des populations. Ainsi, les conditions difficiles du milieu ont permis, non seulement, la coexistence et le brassage entre les différentes ethnies mais aussi, ont incité ces ethnies à vivre dans un cadre de solidarité, de complémentarité et d'échange mutuel d'expérience.

II. Climat

La station de Tazarine est la seule qui existe dans la zone. Et par conséquent les données climatiques issues de la station sont généralisées à l'ensemble de la zone. La Zone possède un climat frais par sa situation géographique en bordures des reliefs escarpés. Dans les palmeraies règne toutefois un microclimat spécifique, caractérisé par une humidité plus élevée et une évaporation potentielle moins intense.

2.1. Précipitation et Température

La pluviométrie annuelle moyenne est de 96mm mesuré à la station de Tazarine. Elle est caractérisée d'une part, par une répartition inégale d'une zone à l'autre et, d'autre part, par son irrégularité dans le temps. La température moyenne dans la zone varie entre 32.9 °C en juillet et 10.8°C en janvier avec une moyenne annuelle de 21.8°C.

2.2. L'évaporation

Elle est intense sous l'effet conjugué de l'intensité de l'insolation, de la violence des vents et de l'air sec.

2.3. Le vent

L'observation du régime des vents dans toutes les communes a montré que la direction Ouest-Est constitue la plus dominante pendant toute l'année. Cette direction du vent est accompagnée de celle du Sud-Est/Nord-Ouest et ainsi que du Sud-Ouest/Nord-Est.

III. Sol et végétation

Les plaines de la zone sont constituées d'alluvions, à sol parfois salé et recouvert d'un voile sableux allant jusqu'à des petites dunes. Sur les montages de Bani et quelques falaises, l'on rencontre des sols gréseux. Toutefois les reliefs témoins au Sud-Est, des calcaires et des schistes. La flore de la région est dominée par l'espèce *Acacia* (*Acacia raddiana*) ainsi que par plusieurs types d'arbustes dont le plus abondant reste le jujubier (*Zysiphus lotus*). L'étage inférieur de cette flore est dominé par une infinité d'espèces floristiques désertiques.

CHAPITRE III: ETAT ACTUEL DE L'AMENAGEMENT ET DE L'UTILISATION DE L'EAU

3.1. Agriculture

L'agriculture de la zone d'étude est une agriculture vivrière. Cette agriculture est basée sur un système d'irrigation gravitaire qui s'effectue à travers l'épandage des eaux de crues, l'irrigation traditionnelle utilisant khéttaras et Séguias et le pompage moderne.

3.1.1. Epandage des crues

La fréquence des crues est fortement liée aux précipitations. D'une manière générale, deux ou trois crues sont enregistrées dans la zone pendant l'automne et au printemps. Ces crues proviennent de l'Oued Bou Isserfane, l'Oued Taghbalt et de leur affluents. En effet, les crues moyennes n'atteignent généralement pas le Dayat Maïder. Dans cette zone, l'épandage des eaux de crues est fait par des dérivations traditionnelles pour l'irrigation des petits périmètres de PMH qui occupent les étroites terrasses des Oueds et pour alimenter les nappes alluviales exploitées par des khtéttaras.

3.1.2. Aménagement existants

Les principaux ouvrages pour la mobilisation des eaux destinées à l'agriculture sont constitués par des barrages souterrains, des barrages de dérivation des cours d'eau, des Séguias traditionnels et modernes, des khéttaras ainsi que des ouvrages hydrauliques, tels que les puits et les forages.

3.1.2.1. Les barrages souterrains et de dérivation

Dans toute la zone, il n'existe que deux barrages souterrains dont l'un se trouve dans la commune rurale de N'kob et l'autre dans commune rurale de Tazarine. Nous ne disposons pas assez d'information sur ces deux barrages mais ils sont tous destinés à l'irrigation des périmètres irrigués et l'abreuvement du cheptel dans ces communes. En ce qui concerne les barrages de dérivation, seuls les communes rurales de Taghbalt et Tazarine en disposent. Ces barrages sont destinés à l'alimentation des séguias d'irrigation.



Figure 12: Barrage de dérivation à Tazarine

3.1.
2.2.
Ség
uia
s et
Kh
étt
ara
s

Il
exi
ste
plu
sie
urs
ség
uia
s
tra
diti

onnelles et modernes au niveau de toutes les communes de la zone d'étude. Ces séguias constituent les principaux ouvrages de distribution de l'eau d'irrigation dans toute la zone. Elles sont alimentées en eau, non seulement par les barrages de dérivation mais aussi, par quelques khéttaras. Les khéttaras sont autres fois, les principaux ouvrages hydrauliques traditionnels de l'irrigation dans le sud marocain. Il s'agit des galeries souterraines permettant de capter et de véhiculer gravitairement les eaux des nappes phréatiques pour les amener à la surface du sol en tête d'un périmètre d'irrigation. Ces ouvrages traditionnels sont de moins en moins fonctionnels dans la zone en raison des sécheresses répétitives et des pompages intensifs. Actuellement la zone compte au total 15 khéttaras dont 6 dans la commune de Nkob, 7 dans la commune d'Aït Ouallal et 2 dans la commune de Tazarine (Water Management consulting, 2009). Le tableau(10) récapitule les différents ouvrages par commune, leur but ainsi que les superficies irriguées.

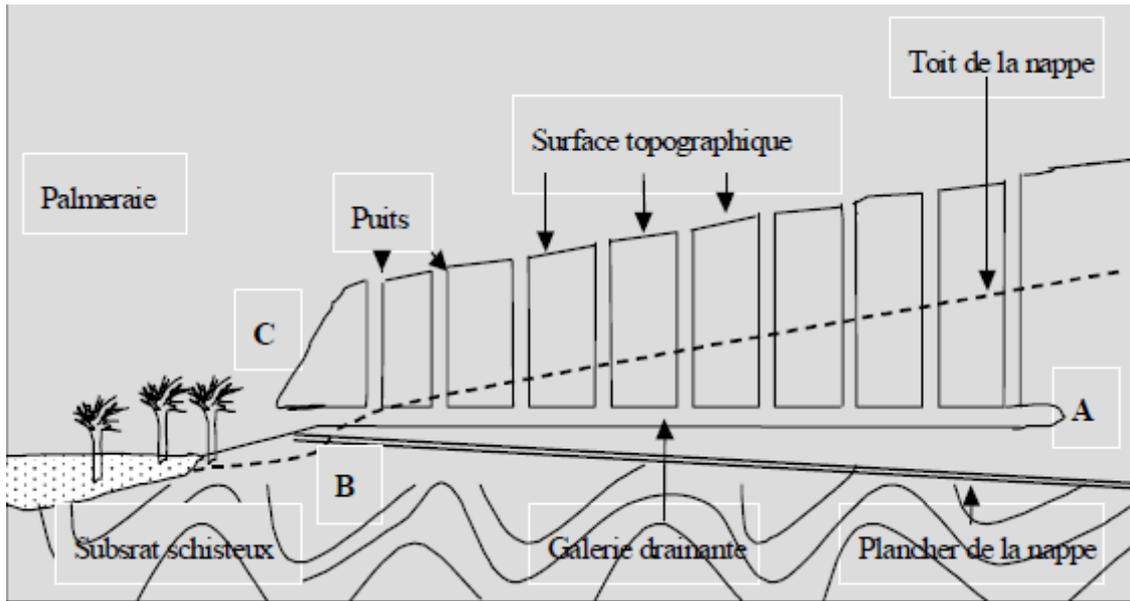


Figure 13: Schéma de fonctionnement d'une khéttara (source: M. BEN BRAHIM, 2005)



Figure 14: Séguia moderne de dérivation des eaux de crue à Tazarine

Tableau 10: Récapitulatif des ouvrages et superficies irriguées

Zone d'étude	Types d'ouvrages	Nombre	But de l'Ouvrage	Superficies Agricoles utiles (en ha)	Superficies Agricoles utiles Irriguées (en ha)	% Superficies irriguées
Commune Rurale de Nkob	Barrage souterrain	1	Irrigation et abreuvement du cheptel	1636	1252	77%
	séguias traditionnels et modernes	plusieurs	Irrigation			
	Khéttaras	6	Alimentation des séguias			
Commune Rurale d'Aït Ouallal	séguias traditionnels et modernes	plusieurs	Irrigation	45400	1400	3%
	Khéttaras	7	Alimentation des séguias			
Commune Rurale de Tazarine	Barrage souterrain	1	Irrigation et abreuvement du cheptel	1900	1366	72%
	barrage dérivation	1	Alimentation des séguias			
	séguias traditionnels et modernes	plusieurs	Irrigation			
	Khéttaras	2	Alimentation des séguias			
Commune Rurale de Taghbalt	barrage de dérivation	1	Alimentation des séguias	6698	6544	98%
	séguias traditionnels et modernes	plusieurs	Irrigation			
	Drains	1	-			
Total de la zone				55634	10562	

Source: Water Management consulting, 2009

Le tableau 10 nous montre que la commune d'Aït Ouallal qui a la plus grande SAU n'arrive qu'à irrigué que 3% de cette superficie, ce qui peut s'expliquer par le fait que, cette commune dispose de peu d'ouvrages de mobilisation des ressources en eau par rapport au autres communes et que les ouvrages existants de mobilisation de la ressource ne sont pas en bon état.

3.1.2.3. Les Puits et les Forages

Les puits et les forages sont les principaux ouvrages d'alimentation en eau potable des populations de la zone. Du fait de la fréquence des sécheresses et l'insuffisance des ressources en eau de surface, les agriculteurs font de plus en plus recourt à ces types d'ouvrages pour l'irrigation. Pour ce qui suit, nous avons utilisé les résultats des études monographiques des ressources en eau effectuées par le bureau d'étude Water Management consulting en 2009. Selon l'analyse des résultats de ces études, ces ouvrages sont au nombre 241 dont 174 puits et 69 forages. Cependant, seulement 46% de ces ouvrages sont fonctionnels et fournissent au total un débit de 427.63 l/s soit 13.49 Mm³/an. L'inventaire des points de ces ouvrages par commune rurale est présenté en annexes chapitre 3. Le tableau 11 récapitule la répartition des ouvrages par commune ainsi que les débits fournis.

Tableau 11: Répartition des puits et forages par communes et débits fournis

Communes	Types d'ouvrages	Nombre	nombre fonctionnels	Taux des ouvrages fonctionnels (%)	Débit Total fournis (l/s)	Débit total fournis en Mm ³ /an	Débit total des ouvrages (Mm ³ /an)
Nkob	Puits	7	4	57%	14.5	0.46	1.91
	Forages	17	10	59%	45.99	1.45	
Aït Ouallal	Puits	38	12	32%	27.87	0.88	0.88
Tazarine	Puits	111	39	35%	151.78	4.79	7.34
	Forages	35	21	60%	80.99	2.55	
Taghbalt	Puits	18	9	50%	65.75	2.07	3.36
	Forages	15	15	100%	40.75	1.29	
Total		241	110	46%	427.63	13.49	13.49

Source: Water Management consulting, 2009

3.1.2. Exploitation des eaux souterraines

Les années sèches qu'a connu la zone ont beaucoup influencé les agriculteurs à un recourt aux ressources en eau souterraines autres fois, réservées à l'alimentation en eau potable des populations. Les khéttaras utilisées dans l'exploitation des nappes phréatiques pour l'agriculture, n'arrivent plus à couvrir les besoins en eau des cultures. Ce ci a conduit à la réalisation des puits collectifs et individuels par les agriculteurs pour atténuer les effets des sécheresses.

3.1.2.1. Les périmètres traditionnels

La nature du relief de la zone, fait concentrer ces périmètres sur les étroites terrasses des Oueds. Ils sont irrigués par dérivation traditionnelle et moderne des cours d'eau et de plus en plus par des pompages des eaux souterraines à travers des puits et des forages. En effet 72% de la superficie total des ces périmètres sont irrigués par des puits. Cependant, les communes rurales de Tazarine et Taghbalt font plus recourt aux eaux souterraines qu'aux eaux de surface avec respectivement 94% et 91% des superficies irriguées par des puits. Les superficies

irriguées par puits restent relativement faible dans les communes rurales d'Aït Ouallal et Nkob. Ceci peut s'expliquer par la faiblesse des débits fournis par les puits de ces deux communes. L'inventaire des superficies irriguées par puits dans les différentes communes est présentée en annexe chapitre 3. Le tableau 12 récapitule les superficies irriguées par des puits dans les différentes communes rurales de la zone d'étude.

Tableau 12: Répartition des superficies irriguées par puits et par commune

Communes	Cultures	Superficie des cultures irriguées (ha)	Superficie total irriguée (ha)	Superficie total irriguées par puits (ha)	Taux de superficie irriguée par puits (en %)
Nkob	Mixte	1162	1252	195	16%
	Blé	90			
Aït Ouallal	Mixte	550	1400	124	9%
	Blé	850			
Tazarine	Annuelles et Pérennes	365	1366	1283	94%
	pérennes	1001			
Taghbalt	Henné	624	6544	5957	91%
	Blé	4405			
	Légumes	203			
	Cumin	180			
	Cacahouète	130			
	Mais	405			
	Autres	597			
Total Zone d'étude		10562	10562	7559	72%

Source : Water Management consulting, 2009

3.1.2.2. Fermes modernes

D'une manière générale, la zone ne dispose pas de fermes modernes proprement dites à cause de la limitation des ressources en eau. Néanmoins, certains agriculteurs de la commune rurale de Tazarine, conscients de la nécessité de l'économie de l'eau commencent à utiliser des techniques modernes agricoles, notamment le goutte à goutte et les serres.

CHAPITRE IV: LES BESOINS EN EAU

4.1. Demande en eau agricole

L'activité socio-économique dans la zone d'étude étant l'agriculture et vu les conditions climatiques sévères qui règnent dans la zone, le recours à l'irrigation est une nécessité absolue pour mener cette activité.

4.1.1. Occupation des sols

Les superficies des périmètres irrigués et celles des cultures pratiquées ont été analysées sur la base des données bibliographiques fournies par les rapports sur les monographies des ressources en eau réalisés par le bureau d'étude Water Management Consulting en 2009. Ces données ont été ajustées suite à une enquête effectuée sur le terrain. Le tableau (13) récapitule les assolements et les figures (15-16-17-18) leurs répartitions par commune rurale de la zone d'étude.

Tableau 13: Assolement des cultures par commune

Commune	Arboriculture (ha)	Céréales (ha)	Culture de rente	Maraîchage (ha)	Légumineuses (ha)	Cultures industrielles	Fourragères (ha)	Total (ha)
Nkob	400	586	0	44	13	65	144	1252
Aït Ouallal	170	850	100	80	60	0	140	1400
Tazarine	497	620	0	20	21	50	158	1366
Taghbalt	250	5250	829	215	0	0	0	6544
Total Zone	1317	7306	929	359	94	115	442	10562

Source: Water Management consulting, 2009

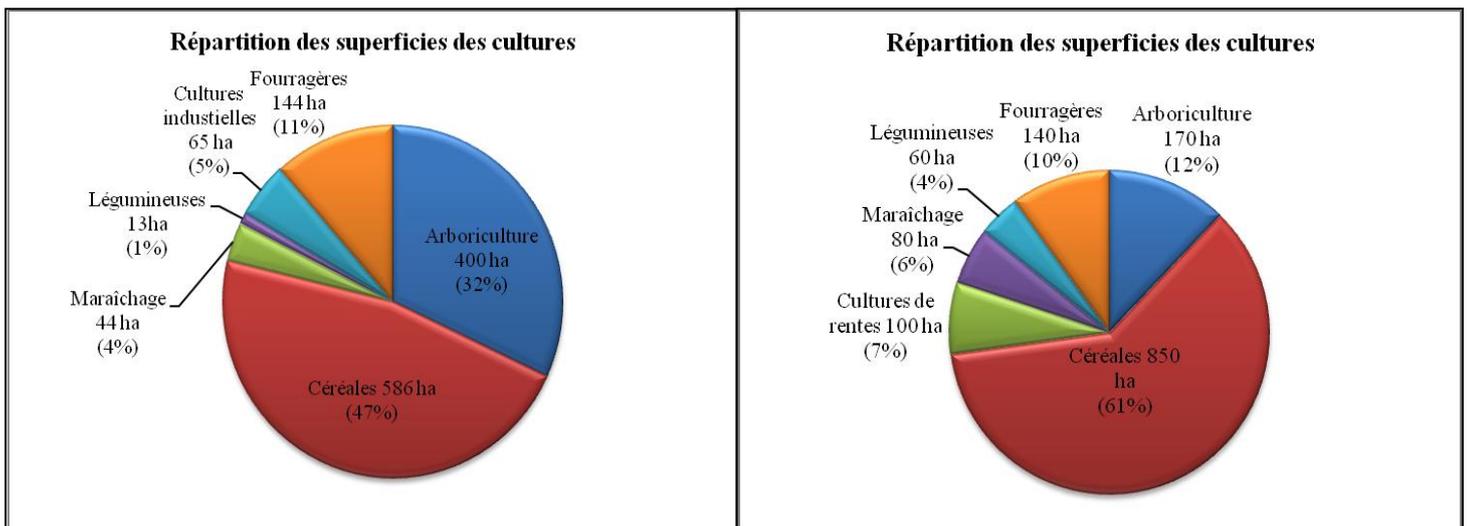


Figure 15: Répartition des assolements de la commune de Nkob

Figure 16: répartition des assolements de la commune d'Aït Ouallal



Figure 18: Répartition des assolements de la commune de Taghbalt



Figure 17: Répartition des assolements de la commune de Tazarine

4.1.2. Besoins en eau

Les besoins en eau d'irrigation, sont définis comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes) (FAO, 1976). En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimale et on base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ETM) qui est une valeur ponctuelle liée à l'ET0 (évapotranspiration de référence) par un coefficient cultural (Kc). En effet l'ET0 est considérée comme une donnée climatique et ne dépend que des conditions atmosphériques, de l'énergie disponible à la surface évaporante et la résistance aérodynamique du couvert végétal. Ils existent plusieurs méthodes pour déterminer l'ET0, soit directement par des mesures expérimentales, soit indirectement par des formules empiriques et théoriques de calcul, combinant des données de variables climatiques (FAO, 1976). Dans notre cas, nous utilisons la formule théorique de **Blaney-Criddle** pour l'estimation de ET0. Cette formule est largement utilisée au Maroc du fait qu'elle est simple à utiliser d'une part et ne demande pas beaucoup de paramètres climatiques d'autre part comme les autres formules (Priestley-Taylor, FAO Penman, Penman-Monteith...etc.) de calcul de ET0. Elle utilise seulement la température et le pourcentage de la durée d'éclairement. Ces deux paramètres sont disponibles à la station de la zone d'étude. Cependant, il y a lieu de noter que cette méthode n'est pas précise, elle fournit juste une estimation approximative de ET0 (FAO, 1976). Les formules suivantes montrent les relations entre des différents paramètres utilisés pour estimer des besoins en eau des cultures.

$$ET0 = ((0,457 \times T) + 8,128) \times p \times K_T \quad [1]$$

L'évapotranspiration maximale est donc:

$$ETM = Kc \times ET0 \quad [2]$$

Où:

ETM: Évapotranspiration maximale (mm),

ET0: Évapotranspiration de référence(mm),

T: Température moyenne mensuelle en°C,

P: Durée d'éclairement en % de la durée annuelle, les différentes valeurs utilisées de ce paramètre sont tirées du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques de 1998.

Kc : Coefficient cultural dépendant de la culture et de son stade de croissance.

Les Kc utilisés dans cette étude sont tirés du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques de 1998.

K_T : Coefficient climatique dépendant de la température moyenne

$$K_T = 0.0173T_F - 0.314 \quad T_F = 1.8T_m + 32 \quad [3]$$

T_F : la température en °F

T_m : la température moyenne mensuelle en °C

Les besoins en eau théoriques nets se présentent comme suit :

$$B_n = ETM - P_e \quad \text{si} \quad ETM > P_e \quad [4]$$

$$B_n = 0 \quad \text{si} \quad ETM < P_e \quad [5]$$

Avec:

P_e : la pluie efficace (prise égale à 70% de la pluie totale)

B_n : le besoin net de la culture

Les besoins bruts sont les besoins nets divisés par l'efficacité globale d'irrigation.

$$B_b = B_n / e_g \quad [6]$$

Avec:

B_b : Besoin brute de la culture

E_g: Efficacité globale d'irrigation

Selon le rapport de l'évaluation et projection des besoins et des demandes en eau (NOVEC, 2011), l'efficacité d'irrigation dans la zone d'étude varie selon le mode de mobilisation de l'eau, de son transport et d'application à la parcelle. Et à l'échelle nationale, l'efficacité globale du système gravitaire est estimée entre 40 et 60%(PDAIRE, 2011). Dans notre cas nous utilisons une efficacité de 60% pour tenir compte de toutes pertes dans les systèmes de transport et de son l'application à la parcelle pour l'estimation des besoins brutes en eau des cultures. Les détails des calculs des besoins en eau d'irrigation des cultures sont présentés en annexes chapitre 4. Les résultats des calculs pour les différentes communes rurales de la zone d'étude sont récapitulés dans le tableau 14.

Tableau 14: les besoins en eau d'irrigation des cultures par commune

Commune	Cultures	Superficie (ha)	Besoins net (Mm3/an)	Besoins brut (Mm3/an)
Nkob	Céréales	586	3.46	5.77
	Arboricultures	400	5.09	8.48
	Luzerne	144	2.67	4.45
	Marâichères	44	0.12	0.20
	Légumineuses	13	0.07	0.12
	Autres	65	0.31	0.52
Total		1252	11.72	19.53
Aït Ouallal	Céréales	850	5.02	8.37
	Arboricultures	170	2.16	3.61
	Luzerne	140	2.60	4.33
	Marâichères	80	0.22	0.37
	Légumineuses	60	0.34	0.56
	Autres	100	0.47	0.78
Total		1400	10.82	18.03
Tazarine	Céréales	620	3.66	6.10
	Arboricultures	497	6.33	10.55
	Luzerne	158	2.93	4.88
	Marâichères	20	0.06	0.10
	Légumineuses	21	0.12	0.20
	Autres	50	0.24	0.40
Total		1366	13.34	22.23
Taghbalt	Céréales	5250	31.03	51.72
	Arboricultures	250	3.18	5.30
	Marâichères	215	0.60	1.00
	Autres	829	3.90	6.50
Total		6544	38.71	64.52
Total zone d'étude		10562	74.59	124.31

Il ressort du tableau 14 que les besoins bruts en eau d'irrigation des cultures de la zone d'étude s'élèvent à 124.31 millions de mètre cube. Les besoins bruts des cultures de la commune rurale de Taghbat représentent plus de la moitié, 64.52 millions de mètres cube soit 51% du total de la zone. Et les besoins bruts des autres communes rurales pris séparément, ne représentent qu'à peu près, le tiers des besoins bruts de la commune de Taghbat. Ces besoins sont respectivement de 22.23 millions de mètres cube (18%) pour la commune rurale de Tazarine, de 19.53 millions de mètres cube (16%) pour rurale de Nkob et en fin de 18.03 millions de mètres cube (15%) pour la commune rurale d'Aït Oullal.

4.2. Demande en eau potable

Pour les besoins en eau potable nous nous sommes basés sur les études monographiques des ressources en eau, effectuées par le bureau d'étude Water Management consulting. Selon l'analyse des résultats de ces études, les besoins actuels en eau potable des populations des communes rurales de notre zone d'étude s'élèvent 1.6 millions de mètres cube en 2010. Cependant en tenant compte de l'accroissement des populations, ces besoins sont estimés à 1.61 millions de mètres cube en 2030. Le tableau 15 récapitule la projection et la répartition de ces besoins par commune.

Tableau 15: Projection des besoins moyens en eau potable par commune rurale

Communes rurales	Besoin moyens en eau (Mm3/an)				
	2010	2015	2020	2025	2030
Nkob	0.2	0.24	0.26	0.28	0.3
Aït Ouallal	0.3	0.34	0.35	0.37	0.39
Tazarine	0.39	0.48	0.5	0.53	0.56
Taghbalt	0.27	0.31	0.32	0.34	0.36
Total Zone d'étude	1.16	1.37	1.43	1.52	1.61

Source: Water Management consulting, 2009

4.2.1. Besoins/ressources

L'analyse comparative des besoins en eau potable des populations de la zone d'étude pour l'année 2010 et le volume d'eau disponibles au niveau des ouvrages destinés à l'adduction en eau potable montre que seulement 9% de ce volume sont utilisés pour satisfaire ces besoins. Cependant la commune d'Aït Oullal utilise jusqu'à 34% du volume garanti par ses ouvrages tandis que la commune de Tazarine qui a le plus grand volume garanti (disponible) par ses ouvrages parmi les quatre communes, n'utilise que 5% de ce volume. Quant aux communes de Nkob et de Taghbalt, elles utilisent respectivement 10% et 8% du volume garanti par leurs ouvrages pour la satisfaction des besoins en eau potable des populations. Le tableau 16 récapitule les besoins en eau, les ressources disponibles et les taux d'utilisations de ces ressources par commune.

Tableau 16: Besoins actuels en eau potable, ressources disponibles et taux d'utilisation par commune

Communes rurales	Besoins moyens en eau potable en 2010(Mm3/an)	volume total disponible des ouvrages/an en Mm3	Excédent en Mm3/an	Taux d'utilisation des eaux des ouvrages
Nkob	0.2	1.91	1.71	10%
Aït Ouallal	0.3	0.88	0.58	34%
Tazarine	0.39	7.34	6.95	5%
Taghbalt	0.27	3.36	3.09	8%
Total Zone d'étude	1.16	13.49	12.33	9%

Source: Water Management consulting, 2009

CHAPITRE V: POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU DANS LA ZONE D'ETUDE

5.1. Ressources en eau disponibles

5.1.1. Les ressources en eau de surface

5.1.1.1. Les apports annuels

L'étude des apports annuels se fait généralement sur un bassin versant. Ainsi deux cas de figures peuvent se présenter, soit le bassin versant est jaugé, soit il ne l'est pas soit il est peu jaugé. Dans le premier cas, on considère que le débit moyen annuel est une variable aléatoire indépendante qui s'ajuste avec des lois de probabilité (exemple la loi de Gauss) sur des échantillons des débits moyens annuels disponibles. Cependant l'utilisation de ces lois nécessite la disponibilité de données, sur au moins 30 ans (FAO, 1996. Crues et apports). Dans le deuxième cas de figure, on se réfère à des méthodes classiques ou empiriques. Dans notre cas, la zone d'étude dispose d'une seule station hydrométrique installée en 1996 dans la commune rurale de Tazarine. Les écoulements à cette station sont essentiellement constitués de quelques crues rares mais violentes. Compte tenu de la forte variabilité interannuelle qui caractérise ces crues, la durée de fonctionnement de cette station (1996-2010) est assez courte pour que l'on puisse établir une moyenne fiable. En plus, nous disposons de peu d'informations sur les bassins versants de la zone. En raison de tous ces facteurs, nous nous limitons à des méthodes empiriques se basant sur des formules expérimentées sur des bassins versants dans une région donnée. L'utilisation de ces formules nous permet d'avoir des ordres de grandeurs sur les apports.

a).La méthode du bilan hydrologique

Le bilan hydrique d'un bassin versant donné peut s'exprimer comme suit:

$$P = Q + ETP + Ds \quad [7]$$

Avec:

P: précipitation annuelle (mm);

Q: Ecoulement moyen (mm)

ETP: Evapotranspiration (mm)

Ds: Accumulation des ressources à la fin de l'année (négligé pour les petits bassins)

Pendant une période de temps donnée, la somme des entrées d'eau dans le bassin (précipitations) est égale à la somme des sorties (évapotranspiration, écoulement ou ruissellement) et de la variation du stockage dans le bassin (humidité du sol, eaux souterraines) (rapporté par H. KARAMBIRI, 2008).

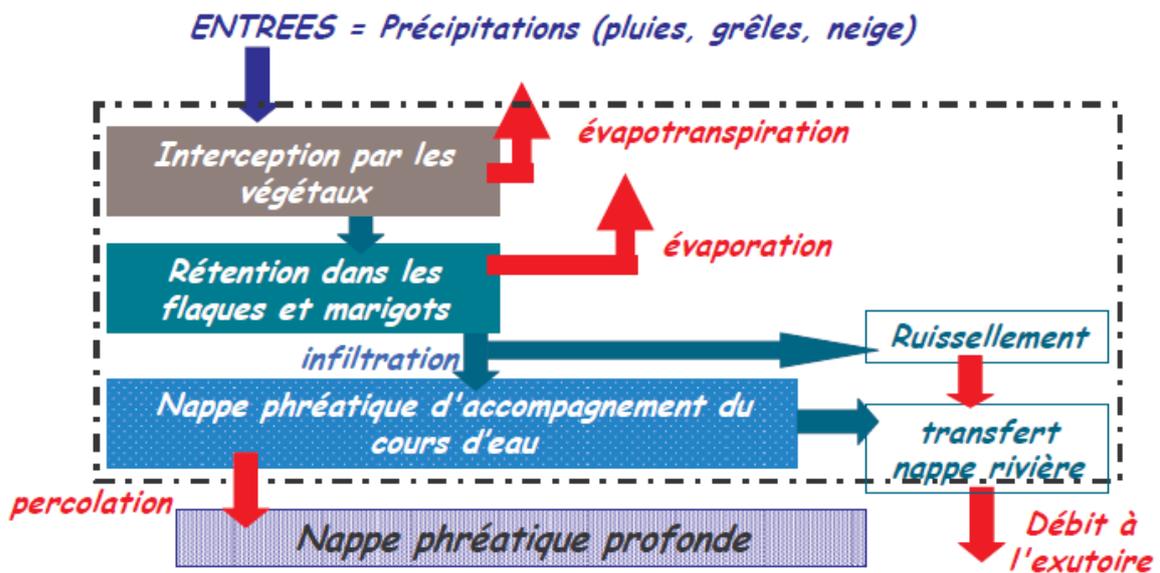


Figure 19: Bilan en eau sur un bassin versant (Source: H. KARAMBIRI, 2008)

b) La méthode rationnelle

La méthode basée sur la connaissance du coefficient de ruissellement, elle peut s'exprimer de la façon suivante (SOUNNY. H, 2010):

$$A = Cr * Sb * P \quad [8]$$

Avec:

A: Apport annuel (m³)

Cr: coefficient de ruissellement (hauteur d'eau écoulé /hauteur de d'eau précipitée);

Sb: Superficie du bassin versant (m²)

P: précipitation (m)

Ainsi le coefficient de ruissellement peut être estimé de la manière suivante:

$$C_r = 1 - (C_t + C_v + C_s) \quad [9]$$

Avec:

Ct: Coefficient topographique;

Cv: Coefficient du couvert végétal;

Cs: Coefficient de la structure du sol.

Le tableau(17) donne la valeur de Ct, Cv et Cs en fonction de la nature de la surface du bassin versant.

Tableau 17: Valeurs permettant d'estimer le coefficient de ruissellement en fonction de la nature du bassin versant

Nature de la surface du bassin versant	valeurs
Topographie	
Terrain plat, pente moyenne de 3π pour mille	0.3
Terrain valloneux, pente moy de 15à20 π pour mille	0.2
Terrain montagneux, pente moy de 150 à 200π pour mille	0.1
Sol	
Argile compacte, imperméable	0.1
Mélange moyen d'argile et limon	0.2
Sol sableux bien aéré	0.3
Couvert végétal	
Terrain cultivé	0.1
Forêt	0.2

Source (SOUNNY.H, 2010)

c). La méthode du déficit d'écoulement

Le déficit d'écoulement D est donné par:

$$D = P - Q \quad [10] \text{ Avec } \left\{ \begin{array}{l} D: \text{déficit hydrique (mm)} \\ P: \text{précipitation moyenne annuelle (mm)} \\ Q: \text{l'écoulement moyen (mm)} \end{array} \right.$$

Le déficit d'écoulement annuel d'un grand bassin versant est proche de l'évapotranspiration et dépend très peu des caractéristiques géologiques, pédologiques et topographiques du bassin. Certains auteurs l'ont lié à la température moyenne et à la pluviométrie. Deux formules permettent d'estimer ce déficit:

c.1.) Formule de Turc

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{300 + 25 * \bar{T} + 0.05 \bar{T}^3}}} \quad [11] \quad \text{Avec } \left\{ \begin{array}{l} D: \text{déficit hydrique (mm)} \\ P: \text{précipitation moyenne annuelle (mm)} \\ \bar{T}: \text{La température moyenne annuelle (°C)} \end{array} \right.$$

c.2.) La formule de Coutagne

$$D = P - \lambda P^2 \quad \text{Avec } \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14 * \bar{T}} \quad [12]$$

Cette relation est valable si $P \in \left[\frac{1}{8\lambda}; \frac{1}{2\lambda} \right]$

$$\text{Si } P < \frac{1}{8\lambda} \text{ Alors } D = P \text{ et } Q = 0 \quad [13]$$

$$\text{Si } P > \frac{1}{2\lambda} \text{ Alors } D = \frac{1}{4\lambda} = \frac{0.8 + 0.14 * \bar{T}}{4} = 0.20 + 0.035 * \bar{T} \quad [14]$$

Avec

$$\left\{ \begin{array}{l} D: \text{déficit hydrique (mm)} \\ P: \text{précipitation moyenne annuelle (mm)} \\ \bar{T}: \text{La température moyenne annuelle (}^\circ\text{C)} \end{array} \right.$$

L'écoulement moyen s'obtient à travers l'opération suivante entre le déficit hydrique et la pluie moyenne annuelle

$$Q = P - D \quad [15]$$

Par la suite l'apport moyen annuel peut être exprimé de la manière suivante:

$$A = S_b * Q \quad [16] \text{ Avec } \left\{ \begin{array}{l} A: \text{l'apport moyen annuel (m}^3\text{)} \\ Q: \text{L'écoulement moyen annuel (mm)} \\ S_b: \text{superficie du bassin versant (m}^2\text{)} \end{array} \right.$$

En absence des données sur les caractéristiques géologiques, pédologiques et topographiques du bassin, il conviendra d'appliquer la méthode du déficit d'écoulement qui nous donne un écoulement de 7.3 mm par année. L'ensemble de la zone d'étude est traversé par l'Oued Taghbalt et ses affluents comme le montre la figure (16) et dont la superficie total du bassin versant s'élève à 3 274 Km² (PDAIRE, 1998). Avec cette superficie et sur la base de la lame d'eau écoulee, nous obtenons un apport moyen annuel de 23.93 Mm³. Cet apport peut être valorisé en agriculture à travers un développement des ouvrages de mobilisation des eaux.

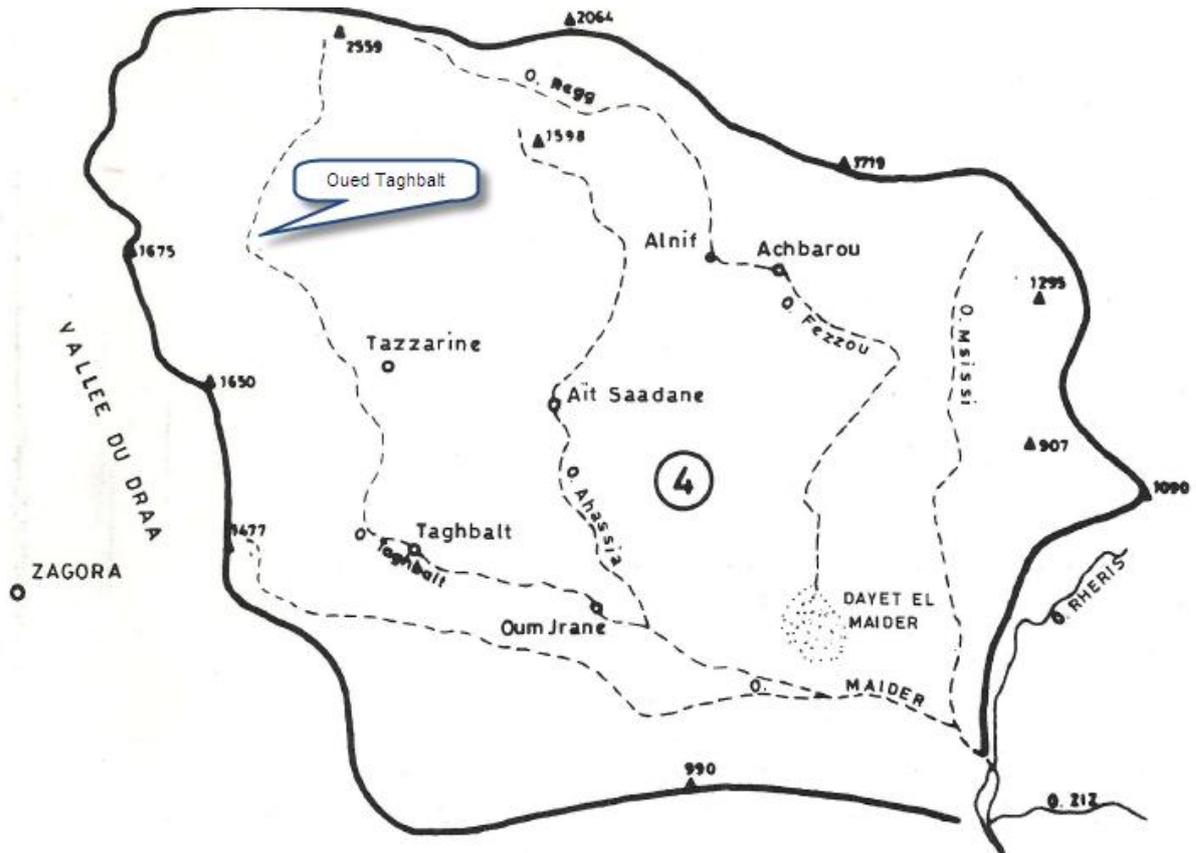


Figure 20: Unité Maïder, les principaux Oueds (Source: PDAIRE, 1998)

5.1.1.2. Les crues

Nous ne disposons pas de données suffisantes sur les crues enregistrées à la station hydrométrique de la zone d'étude (Tazarine) pour faire une analyse statistique et paramétrique de ces crues. Néanmoins nous avons pu avoir des données d'une saison pluvieuse de 2008, 2009, 2010. Les débits de ces crues ont été obtenus par l'établissement des courbes de tarages $Q=f(H)$ qui sont des lois de correspondances monotones, croissantes et univoques entre les débits et les hauteurs pour une station hydrométrique donnée. Ces courbes sont obtenues par la combinaison des courbes des hauteurs d'eau au niveau de la section de contrôle de l'oued en fonction du temps $H=f(t)$ (limnigramme) et des débits écoulés en fonction du temps $Q=f(t)$ (hydrogramme). Il faut noter que l'établissement de ces courbes nécessite plusieurs campagnes de mesures de débits épisodiques, dont la fréquence est un élément essentiel de la qualité et de la précision des données qui sont obtenues. Le nombre de points nécessaire à l'établissement d'une courbe de tarage est de 10 au minimum, répartis entre les basses et les hautes eaux. L'utilisation des courbes de tarage hauteur-débit de l'année 2010 de la station déjà disponibles à l'ABH G-Z-R-M, nous a fait ressortir des débits maximaux observés au cours d'une saison pluvieuse de trois années consécutives (2008-2009-2010). Le tableau 18 donne les hauteurs maximales lues sur l'échelle limnigraphe au cours de la saison pluvieuse ainsi que les débits maximaux correspondants.

Tableau 18: Les crues observées en 2008-2009-2010 de l'Oued Taghbalt à la station de Tazarine

Date	hauteur lue sur échelle(m)	Débit Crue observé (m3/s)
27/10/2008	1.5	72.75
13/09/2009	1.5	72.75
07/09/2010	2.25	327.44

Source: ABH GZRM, 2011

Ces quantités d'eau non négligeables qui s'écoulent pouvaient être mobilisées à travers des ouvrages de dérivation et d'épandage pour l'agriculture dans cette zone où les précipitations sont faibles et mal réparties dans le temps et dans l'espace.

5.1.2. Les ressource en eau souterraines

Les ressources en eau souterraines disponibles sont estimées sur la base de l'inventaire des ouvrages hydrauliques (puits et forages). Ces ouvrages garantissent au total un débit de 427.63 l/s soit 13.49 Mm³/an.

5.2. Nécessité d'un développement des ressources en eau dans la zone d'étude

Actuellement les besoins bruts en eau des cultures de la zone d'étude s'élèvent à 124.31 Mm³ et ceux en eau potable est de 1.16 Mm³. Cependant seul les besoins en eau potable sont satisfaits à 100%. Quant aux besoins en eau des cultures, les agriculteurs tentent de les satisfaire partiellement à travers le pompage de l'eau souterraine qui demeure insuffisante pour combler le déficit. Le faible taux de mobilisation des ressources en eau de surface (37% pour tout le bassin de Maïder) (PDAIRE GRZM, 2011) se répercute sur l'agriculture, seule activité économique de la zone. Ainsi, sur 55634 hectares de surface agricole utile seulement, 10562 ha sont irriguées. En effet, le mauvais état de certains ouvrages de dérivation des eaux de crues (Séguias et Khéttaras) ainsi que le manque d'ouvrages modernes de mobilisation des eaux de surfaces dans la zone, conduisent les agriculteurs à se rabattre sur les ressources en eau souterraine. C'est ainsi que, les exploitations agricoles se trouvent modifier. L'irrigation des palmeraies, patrimoines précieux et qui font la fierté et la prospérité des populations est de plus en plus abandonnée. Les populations se consacrent plutôt à exploiter des superficies plus petites, irrigables par pompage et offrant un meilleur rendement. A l'état actuel 72% des surfaces irriguées sont irriguées par les eaux souterraines à travers des pompes individuels et collectifs. Cet acharnement sur les ressources en eau souterraines conduit sans doute au tarissement des aquifères exploités pour l'adduction en eau potable des populations de la zone. Eu égard à tout ce qui précède, le développement des ressources en eau dans la zone reste la condition sine qua none pour l'amélioration des conditions socio –économiques des populations de la zone qui vivent essentiellement sur l'agriculture irriguée.

5.3. Possibilité du développement des ressources en eau

L'amélioration de la situation actuelle dans la zone d'étude pourrait être obtenue à travers deux variantes de mobilisation des eaux:

1^{ère} variante: L'aménagement et la construction des ouvrages de transport et de dérivation des eaux des crues (Séguias) ainsi que ceux captant les nappes phréatiques(Khétaras);

2^{ème} variante: La construction des petits barrages écrêteurs de crues qui favorisent l'alimentation des séguias et la réalimentation des aquifères ainsi que des dispositifs de protection des populations et de leurs biens contre les éventuelles inondations.

Les ouvrages de développement des ressources en eau dans la zones que nous allons présenter pour chacune des communes ont été recensés en partenariat avec l'Office Régionale de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate (ORMVAO) qui a la charge de la zone et le Centre de Mise en Valeur (CMV) de Tazarine.

5.3.1. Possibilité du développement des ressources en eau dans la commune de Nkob

La première variante de développement des ressources en eau dans la commune rurale de Nkob doit commencer d'abord, par la réhabilitation et l'extension des ouvrages existants. Il s'agit des ouvrages de dérivation et de transport des eaux des crues et des ouvrages traditionnels de captage des nappes phréatiques. Quant à la deuxième variante, elle doit être consacrée à la construction des ouvrages écrêteurs de crues et des dispositifs de protection des ouvrages de la première variante et des terres agricoles.

5.3.1.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole

Pour la première variante de la commune rurale de Nkob, 12 Séguias et 3 Khétaras ont été recensés par CMV. L'aménagement et le prolongement de Séguias doit s'effectuer sur une longueur de 3750 mètres linéaire pour un coût global de 5.437.500 Dirhams. Quant au 3 Khétaras à aménager nous ne disposons pas de chiffres exacts pour cette opération. Le tableau(19) donne un aperçu de ces ouvrages ainsi que leur localisation.

Tableau 19: Les ouvrages de la première variante de la commune de Nkob

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Distance à aménager (ml)	Coût estimatif de l'opération (Dhs)
Takdimt- Nkob	Séguias	Aménagement	300	825 000
	Séguias	prolongement	200	
Agard Ait mersid	Séguias	Aménagement	150	712 500
	Séguias	prolongement	200	
Sit	Séguias	Aménagement	200	750 000
	Séguias	prolongement	200	
Amerdoul- Nkob	Séguias	Aménagement	200	1 050 000
	Séguias	prolongement	300	
Ait Mersid	Séguias	Aménagement	600	450 000
Ighazoune nipmi nousdiden	Séguias	Aménagement	200	750 000
	Séguias	prolongement	200	
Aramja et Ighf noufoud	Séguias	Aménagement	1000	900 000
Takdimt	Khéttara	Aménagement	pm	pm
Agrad Ait Mersid	Khéttara	Aménagement	pm	pm
Sit	Khéttara	Aménagement	pm	pm
TOTAL GENERAL			3750	5 437 500

Source: Commune rurale de Nkob, 2010

5.3.1.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection

Il s'agit pour cette deuxième variante de la réalisation de petits ouvrages en terre (communément appelés barrages collinaires) dans les parties hautes des bassins versants. Ces ouvrages sont destinés, non seulement à alimenter les séguias mais aussi, à contribuer à la recharge de la nappe par la limitation du ruissellement. Quant aux dispositifs de protection, ils visent à sécuriser les populations, les ouvrages de transport d'eau (séguias) et les terres agricoles contre les éventuelles inondations. Ainsi pour cette deuxième variante, trois barrages collinaires et trois digues de protection ont été recensés. Le coût de réalisation de ces ouvrages est estimé à 144.700.000 de Dirhams dont 144.000.000 de Dirhams pour les barrages collinaires et 700.000 Dirhams pour les digues de protection. Le tableau 20 récapitule les différents ouvrages recensés ainsi que les endroits appropriés où ils doivent être réalisés.

Tableau 20: Ouvrages de la deuxième variante de la commune de Nkob

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Oued	Coût estimatif l'opération(Dhs)
Taoudacht-Nkoub	Barrage collinaire	Construction	Oued Nkoub	64 000 000
Asmel	Barrage collinaire	Construction	Oued Asmel	48 000 000
Sur Oued Handour	Barrage collinaire	Construction	Oued Handour	32 000 000
Sous Total 1				144 000 000
Taoudacht	Digue de protection (200m)	Construction	Oued Taoudacht	200 000
Ousdiden	Digue de protection (300m)	Construction	Oued d'Ousdiden	200 000
Ait Mersid-Taoudacht	Digue de protection (150m)	Achèvement	Ait Mersid-Taoudacht	300 000
Sous Total 2	650 ml			700 000
TOTAL GENERAL				144 700 000

Source: Commune rurale de Nkob, 2010

5.3.2. Possibilité de développement des ressources en eau dans la commune d'Aït Ouallal

La première variante de développement des ressources en eau de la commune rurale de Aït Ouallal doit se focaliser sur la réhabilitation des Séguias et des Khéttaras. Quant à la deuxième variante elle doit être axée sur la réalisation des barrages collinaires et le dispositif de protection.

5.3.2.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole

Pour cette première variante de la commune d'Aït Oullal, onze(11) Séguias et 8 Khéttara ont été répertoriés. L'aménagement de l'ensemble des Séguias doit s'effectuer sur une longueur totale de 9000 mètres linéaires pour un coût total de 4.600.000 Dirhams. Quant aux Khéttaras, le coût de leur aménagement et prolongement est estimé à 6.400.000 Dirhams. Le tableau 21 résume les différents ouvrages de cette variante et leur localisation dans la commune.

Tableau 21: Les ouvrages de la première variante de la commune d'Aït Ouallal

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Distance à aménager (ml)	Coût estimatif l'opération(Dhs)
Tamazouzte	Séguias	Aménagement		500 000
Tanammaste	Séguias	Aménagement		500 000
Ikniouen	Séguias	Aménagement		500 000
Sit	Séguias	Aménagement		500 000
Atarn Tssaouante	Séguias	Aménagement		500 000
Assaka	Séguias	Aménagement		500 000
Imankrn	Séguias	Aménagement		500 000
Aouadraz	Séguias	Aménagement		500 000
Handour	Séguias	Aménagement		200 000
Imin Ouakka	Séguias	Aménagement		200 000
Igue	Séguias	Aménagement	9000	200 000
Sous total 1			9000	4 600 000
Ait Messoud	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Ait Chrou	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Tanoumrite	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Imankrn	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Tabaynoute	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Tighramte	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Ikniouen	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Ait Youssef Ou Said	Khéttara	Prolongement et Approfondissement	Pm	800 000
Sous total 2				6 400 000
TOTAL GENERAL			9000	11 000 000

Source: Commune rurale d'Aït Ouallal, 2010

5.3.2.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection

Dans cette deuxième variante de la commune d'Aït Ouallal, cinq(5) barrages collinaires doivent être réalisés ainsi que des digues de protection pour l'ensemble des Douars de la commune. Le montant global estimatif de la réalisation de l'ensemble de ces ouvrages s'élève à 32.000.000 de Dirhams dont 30.000.000 de Dirhams pour les barrages colinéaires et 2.000.000 de Dirhams pour les digues de protection de Douars. Le tableau 22 donne un aperçu sur les détails ainsi que les lieux de réalisations des barrages.

Tableau 22: Ouvrages de la deuxième variante de la commune d'Aït Ouallal

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Oued	Coût estimatif l'opération(Dhs)
Handour	barrage collinaire	Construction	Oued Handour	6 000 000
Bouysarfan	barrage collinaire	Construction	Oued Bouysarfan	6 000 000
Aoudraz	barrage collinaire	Construction	Oued Aoudraz	6 000 000
Imin Tbaynoute	barrage collinaire	Construction	Oued Imin Tbaynoute	6 000 000
Tamlalte	barrage collinaire	Construction	Oued Tamlalte	6 000 000
Sous total1				30 000 000
Ensemble des Douars	Digues de protection	Construction	""	2 000 000
Sous total2				2 000 000
TOTAL GENERAL				32 000 000

Source: Commune rurale d'Aït Ouallal, 2010

5.3.3. Possibilité de développement des ressources en eau dans la commune de Tazarine

La commune de Tazarine dispose d'un barrage de dérivation des crues sur l'Oued Taghbat qui le traverse et d'un Séguia moderne de 1200 mètres linéaires ainsi qu'un barrage souterrain qui hors état de fonctionnement. Vu l'insuffisance de ces ouvrages, la première variante de développement des ressources en eau de la commune doit être axée sur la réhabilitation du barrage souterrain et la Khéttara qui draine ces eaux vers la séguia. A cette variante, doit être associées l'extension du séguia, la réparation et qualification des portails du barrage de dérivation et ainsi que la mise en place de stations de pompes pour l'irrigation. Quant à la deuxième variante, elle doit être consacrée à réalisation des barrages collinaires et le dispositif de protection.

5.3.3.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole

Il s'agit spécifiquement pour cette première variante de la commune de Tazarine de la construction de 5000 mètres linéaire de Séguia et l'aménagement de la Khéttara dont le montant estimatif de ces opérations est de 2.620.000 Dirhams. Ainsi dans cette variante, sont intégrées, la réparation des portails du barrage de dérivation et la mise en place de deux stations de pompage de l'eau agricole avec 1.120.000 Dirhams comme coût estimatif de ces deux actions. Le tableau 23 récapitule les détails des ouvrages et des opérations à effectuer.

Tableau 23: Les ouvrages de la première variante de la commune de Tazarine

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Distance concernée(m)	Coût estimatif l'opération (Dhs)
Tazarine	Séguia	construction	5000	2 500 000
Taghia	Khéttara	Aménagement	""	120 000
Taghia	portails du barrage de dérivation	Réparation et qualification	""	120 000
Tazarine	2 Stations de pompage d'eau Agricole	Mise en place	"	1 000 000
TOTAL GENERAL				3 740 000

Source: Commune rurale de Tazarine, 2010

5.3.3.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection

Dans cette deuxième variante de développement des ressources en eau de la commune de Tazarine, deux barrages collinaires ont été recensés dont le coût estimatif des réalisations s'élève à 7.600.000 Dirhams. Quant aux dispositifs de protection, 6600 mètres linéaires de digue sont nécessaires pour sécuriser les populations et leurs biens contre d'éventuelles inondations. Le coût de cette action est estimé à 4.180.000 Dirhams. Le tableau 24 résume les détails de cette variante ainsi que les endroits appropriés pour leur réalisation.

Tableau 24: Les ouvrages de la deuxième variante de la commune de Tazarine

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Oued	Coût estimatif l'opération (Dhs)
Tamlalte	Barrage collinaire	construction	Oued Tamlalte	5 000 000
Tamesraout	Barrage collinaire	construction	Oued Tamesraout	2 600 000
Sous total 1				7 600 000
palmeraie Tazarine	Digue Protection (4000 m)	construction	Oued Tazarine	2 400 000
Tamsahelt	Digue de protection (1200 m)	construction	Oued Tamesraout	800 000
Oum Remmane	Digue de protection (1400 m)	construction	Oued Oum Remmane	980 000
Sous total 2				4 180 000
TOTAL GENERAL				11 780 000

Source: Commune rurale de Tazarine, 2010

5.3.4. Possibilité de développement des ressources en eau dans la commune de Taghbalt

La première variante du développement des ressources en eau de la commune de Taghbalt doit se consacrer à la réhabilitation et la construction des séguias et des Khéttaras, ainsi qu'à la réalisation de station de pompage pour l'irrigation. Quant à la deuxième variante, elle va se focaliser sur la réalisation des barrages collinaires et du dispositif de protection.

5.3.4.1. Première variante: aménagement et extension des ouvrages de transport de l'eau agricole

Dans cette première variante de développement des ressources en eau de la commune de Taghbat, nous proposons l'aménagement et la construction de 9 Séguias et 2 Khéttaras pour un coût total estimé à 9.330.000 Dirhams. Ces ouvrages sont accompagnés de la mise en place de 5 stations de pompage d'eau agricole dont le coût est estimé à 2.000.000 de Dirhams. Le tableau 25 récapitule les détails de cette variante ainsi que les lieux appropriés de leur réalisation dans la commune.

Tableau 25: Les ouvrages de la première variante de la commune de Taghbat

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Distance concernée (m)	Coût estimatif l'opération (Dhs)
Tghablte	Séguia	Construction	6000	3 000 000
Timzguert	Séguia	Construction	1000	100 000
Bourghoua	Séguia	Construction	6000	2 400 000
Ait Isfoul	Séguia	Construction	3000	300 000
Iferd ait Isfoul	Séguia des eaux de crues	Construction	Pm	600 000
Boufayda Ait mnad	Séguia des eaux de crues	Construction	Pm	600 000
Iferd	Séguia des eaux de crues	Construction	Pm	530 000
Iferd	Séguia	Aménagement	1500	200 000
Imi nOuassif	Séguia	Aménagement et construction	300	400 000
Imi n Ouassif	Khéttara	Aménagement et construction	pm	600 000
Iferd	Khéttara	Aménagement et construction	pm	600 000
Commune	Station de pompage d'eau Agricole	Mise en place de 5 stations	""	2 000 000
TOTAL GENERAL			17800	11 330 000

Source: Commune rurale de Taghbat, 2010

5.3.4.2. Deuxième variante: Barrages collinaires et dispositifs de protection

Au niveau de cette deuxième variante de développement des ressources en eau dans la commune de Taghbat, 5 barrages de dérivation des crues ont été recensés. Le coût de réalisation de ces barrages est estimé à 21.500.000 de Dirhams. Un dispositif de protection est intégré au sein de cette variante qui vise la protection des séguias et terres agricoles. Le coût de cette action est estimé à 1.500.000 de Dirhams. Le tableau 26 résume les détails des ouvrages de cette variante ainsi que les lieux appropriés de leur réalisation dans la commune.

Tableau 26: Les ouvrages de la deuxième variante de la commune de Taghbalt

Localisation	Types d'ouvrages	Opération à effectuer	Oued	Coût estimatif l'opération (Dhs)
Imi n Ouassif	Barrage de dérivation	Construction	Oued Imi n Ouassif	500 000
Almou et Ait Menade	Barrage de dérivation	Construction	Oued entre Almou et Amrade	20 000 000
Taâmrite	Barrage de dérivation	Construction	Oued Taâmrite	500 000
Talghazite	Barrage de dérivation	Construction	Oued Talghazite	500 000
Sous total 1				21 500 000
Ait Hddou	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Ait Hddou	200 000
Ait Isfoul	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Ait Isfoul	200 000
Almou	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Almou	200 000
Ait mnade	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Ait mnade	200 000
Tlaglou	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Tlaglou	200 000
Taghnboute	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Taghnboute	200 000
Foum elghazlan	Mûr de protection des séguias et terres agricole	Construction	Foum elghazlan	300 000
Sous total 2				1 500 000
TOTAL GENERAL				23 000 000

Source: Commune rurale de Taghbalt, 2010

5.3.5. Récapitulation des ouvrages de développement des ressources en eau de la zone d'étude

Sur la base de ce qui a été étalé ci haut nous récapitulons les deux variantes de développement des ressources en eau proposées dans la zone d'étude.

5.3.5.1. Les ouvrages de la première variante de développement des ressources en eau de la zone d'étude

Les actions proposées pour cette première variante sont estimées à 31.507.500 Dirhams pour l'ensemble de la zone d'étude. Il faut signaler que l'aménagement des ouvrages de transport de l'eau agricole, proposé au niveau de cette variante, contribuera à améliorer l'efficacité de 60% (utilisé dans le calcul des besoins en eau) à 65%. Cette amélioration génèrera un gain de 9.56 Mm³ d'eau. Ce volume pourra être utilisé pour irriguer une superficie de 812.47 ha dans la zone. Les détails des superficies qui peuvent être irriguées par ce volume dans chaque sont

consignés dans le tableau 27 et le tableau 28 donne les détails des ouvrages ainsi que le coût y afférant pour chaque commune rurale de la zone d'étude.

Tableau 27: Gain en volume généré par l'amélioration de l'efficacité et superficies qui pourront être irriguées par commune

Commune	Besoins net (Mm3/an)	Besoins brut pour une efficacité de 60%(Mm3/an)	Besoins brut pour une efficacité de 65%(Mm3/an)	Gain en eau en aménageant des ouvrages de transport(Mm3)	Superficie qui pourra être irriguée (ha)
Nkob	11.72	19.53	18.03	1.50	127.67
Aït Oullal	10.82	18.03	16.64	1.39	117.82
Tazarine	13.34	22.23	20.52	1.71	145.31
Taghbalt	38.71	64.52	59.55	4.96	421.67
Total	74.59	124.31	114.75	9.56	812.47

Tableau 28: Récapitulatif de la première variante de la zone d'étude

Communes	Ouvrage	Quantité	Actions	Coût de l'action(Dirhams)
NKOB	Séguia	12	Aménagement et extension	5437500
	Khéttara	3	Aménagement	PM
Total commune		15		5 437 500
AÏT OUALLAL	Séguia	11	Aménagement	4 600 000
	Khéttara	8	Prolongement et Approfondissement	6 400 000
Total commune		19		11 000 000
TAZARINE	Séguia	1	Construction	2 500 000
	Khéttara	1	Aménagement	120 000
	portails du barrage de dérivation	2	Réparation et qualification	120 000
	Station de pompage d'eau Agricole	2	Mise en place	1 000 000
Total commune		6		3 740 000
TAGHBALT	Séguia	9	Construction et Aménagement	8 130 000
	Khéttara	2	Aménagement et Construction	1 200 000
	Station de pompage d'eau Agricole	5	Mise en place	2 000 000
Total commune		16		11 330 000
TOTAL GENARAL		56		31 507 500

5.3.5.2. Les ouvrages de la deuxième variante de développement des ressources en eau de la zone d'étude

Les actions proposées pour cette deuxième variante de développement des ressources en eau de la zone d'étude sont estimées à 211. 480.000 de Dirhams. Le tableau 29 donne les détails des ouvrages par commune ainsi que les coûts y afférant à leur réalisation.

Tableau 29: Récapitulatif de la deuxième variante de la zone d'étude

Communes	Ouvrages	Quantités	Actions	Coût de l'action(Dirhams)
NKOB	Barrage collinaire	3	Construction	144 000 000
	Digues de protection	3	Construction et Achèvement	700 000
Total commune		6		144 700 000
AÏT OUALLAL	Barrage collinaire	5		30 000 000
	Digues de protection	PM	Construction	2 000 000
Total commune		5		32 000 000
TAZARINE	Barrage collinaire	2	Construction	7 600 000
	Digues de protection	3	Construction	4 180 000
Total commune		5		11 780 000
TAGHBALT	Barrage de dérivation	4	Construction	21 500 000
	Mûr de protection des séguias et terres agricole	7	Construction	1 500 000
Total commune		11		23 000 000
TOTAL GENERAL		27		211 480 000

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude de développement de ressources en eau, dans les communes rurales de Nkob, d' Aït Ouallal, de Tazarine et de Taghbalt, toutes appartenant à la province de Zagora et au bassin versant de Maïder, nous avons constaté que l'ensemble du bassin de Maïder est soumis à des conditions climatiques sévères. La localisation géographique et les données naturelles de ces communes limitent les activités socio économiques à l'agriculture vivrière. Cette agriculture est essentiellement basée sur le système d'irrigation gravitaire. Ce système est pratiqué à travers: l'épandage des eaux de crues, l'irrigation traditionnelle qui utilise des khéttaras et des Séguias et le pompage moderne. Cependant les ouvrages de mobilisation des ressources en eau pour l'irrigation présents dans chacune de ces communes ne répondent pas aux besoins en eau agricole du fait de leur faible capacité. Cette situation a eu comme conséquence, un recours aux ressources en eau souterraines à travers le développement des pompes collectifs et individuels qui n'arrivent toujours pas à satisfaire les déficits en eau agricole. En examinant les surfaces agricoles utiles dans les communes, nous avons relevé que 72% des superficies sont irrigués à travers le pompage des eaux souterraines.

Sur le plan hydroclimatique, malgré la faiblesse des précipitations dans cette zone, les caractéristiques du relief, permettent de générer des apports non négligeables à partir des ces précipitations. Cependant, nous avons constaté un faible taux (37%) de mobilisation de ces apports dans tout le bassin de Maïder. Ce constat nous a guidé dans notre étude à la recherche des possibilités de développement des ressources en eau dans la zone. A travers nos enquêtes, nous sommes parvenus, grâce à des travaux qui ont été effectués dans la zone à proposer deux variantes pour le développement des ressources en eau pour chacune des communes de la zone. La première variante à court terme, concerne la réhabilitation et l'extension des ouvrages existants de mobilisation des eaux agricoles. La deuxième variante à court et à moyen terme, concerne la construction des ouvrages écrêteurs et de dérivation des crues ainsi que des dispositifs de protection des populations et de leurs biens contre les inondations. A travers ces variantes de développement des ressources en eau dans chacune des communes de notre zone d'étude, nous estimons une amélioration de la situation actuelle dans ces communes.

RECOMMANDATIONS

Les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus dans cette étude, constituent une ébauche à d'autres études plus poussées qui doivent être menées ultérieurement sur plusieurs aspects dont nous recommandons ceux qui nous paraissent être utiles.

- ◆ Une étude sur les cours d'eau pour la réalisation des dispositifs tels des épis qui contribueront non seulement, à laminier les crues et à favoriser l'infiltration ,mais aussi à protéger les berges de cours et par conséquent la protection des terres agricoles longeant les étroites terrasses des cours d'eau. Le genre de dispositif est présenté en annexe 16.

- ◆ Une étude hydrogéologique en vue de la réalisation des barrages souterrains pour rediriger les écoulements des nappes phréatiques vers des surfaces agricole utile;
- ◆ Une étude technique sur la réhabilitation des ouvrages existants qui ont été proposés;
- ◆ Une étude hydrologique pour déterminer les caractéristiques de différents bassins versants en vu de bien quantifier les apports;
- ◆ Une étude d'évaluation des consommations en eau d'irrigation dans les quatre communes;
- ◆ Une étude socio-économique des ouvrages de dérivations des crues;
- ◆ La réalisation de cinq barrages écrêteurs des crues dans le bassin de Maïder qui ont été proposée par le plan directeur;
- ◆ La mise en place des structures modernes au niveau des Douars pour la gestion de l'eau et l'entretien régulier des ouvrages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BEN BRAHIM. M, 2005. «Les Oasis : paysages historiques d'irrigation» Congrès International « oasis et tourisme durable», Université Mohamed Premier, 24p.

Bousfoul., 2009. Gestion intégrée des ressources en eau: une nécessité pour la préservation des oasis du Sud- Est marocain (cas du Tafilalet), Revue HTE N°140 • Septembre 2008 p80-83.

Chafik KRADI, Jean Marius ANDRIAMAINTY FILS, Rabah DJEDDOU, Souad NAÏT MERZOUG, Van Tinh NGUYEN, Ahmed AIT HMIDA, 2002. Analyse des systèmes de production oasiens et des stratégies des agriculteurs dans la province d'Errachidia/ Maroc, 139P.

COMMUNE RURALE D'AÏT OUALLAL, 2010. Plan Communal de Développement Commune rurale AÏT OUALLAL, 71P.

COMMUNE RURALE DE NKOBI, 2010. Plan Communal de Développement Commune rurale NKOBI, 56P.

COMMUNE RURALE DE TAZARINE, 2010. Plan Communal de Développement Commune rurale TAZARINE, 71P.

COMMUNE RURALE DE TAGHBALT, 2010. Plan Communal de Développement Commune rurale TAGHBALT, 59P.

FAO, 1996. Crues et apports. Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. Bulletin n°54, Rome, 244 p.

FAO, 1976, Les besoins en eau des cultures, Bulletin n°24.

H. KARAMBIRI, 2008. Cours Hydrologie des bassins versants Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) de Ouagadougou- Burkina Faso.

KRIM L., septembre 1994. «Gestion des ressources en eau dans la plaine de Tafilalet: Diagnostic des aspects quantitatifs et qualitatifs»; mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat, option Génie Rural, IAV Hassan II, 173P.

LABORDE. J.P., 2000. Eléments d'hydrologie de surface, 191p.

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE DU NIGER, 2005. Recueil des fiches techniques en gestion des ressources naturelles et productions agro-sylvo-pastorales

NOVEC, Mars 2011. Actualisation du PDAIRE des bassins de Guir – Ghris – Riz et Maïder, phase 1 Provinces Errachidia, Ouarzazate, Zagora et Figuig, Mission 1: Evaluation des ressources en eau, 223p.

NOVEC, Avril 2011. Actualisation du PDAIRE des bassins de Guir – Ghris – Riz et Maïder, phase 1 Provinces Errachidia, Ouarzazate, Zagora et Figuig, Mission 2 : Evaluation et projection des besoins et des demandes en eau, 108p.

NTAMPO TAGOUKAM, A., septembre 2010. «Étude du charriage et protection contre les inondations dans la région du Haouz : Cas d'Izegzawn au Maroc» mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme Master Spécialisé Irrigation et Maîtrise de l'Eau, IAV Hassan II, 104p.

SCET-MAROC/SOGREAH, 1995. Etude du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques, Mission 2.4: Mobilisation des eaux souterraines, 52p.

SCET-MAROC SOGREAH, 1996. Etude du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques, Mission 1: Etude des ressources en eau, sous mission 1.2 hydrogéologie, 195p.

SCET-MAROC SOGREAH, 1996. Etude du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques, Mission 1: Etude des ressources en eau, sous mission 1.2 hydrologie, planches de l'Unité du Maïder.

SCET-MAROC SOGREAH, 1998. Etude du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques, Etude complémentaire des ouvrages de dérivation des eaux de crues, Mission1: Reconnaissance et Inventaire, P23-27.

SCET-MAROC SOGREAH, 1998. Etude du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques, Mission 3: Etude des schémas d'aménagement, Volume 3: Unités Ziz-Rhéris et Maïder, 155p.

SCET-MAROC SOGREAH, 1998. Etude du plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins Sud-Atlasiques, Mission 3: Etude des schémas d'aménagement, Volume 5: Unités de Guelmin et Tiznit-Ifni, 127p.

SOUNNY, H, 2010. Cours d'étude des barrages : Partie hydrologie.IAV Hassan II

WATER MANAGEMENT CONSULTIG, Marché N03/2009/2009/DRH-GRZ. Elaboration des monographies des ressources en eau des provinces et des communes relevant de la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rhéris, Mission II: Conception et élaboration des monographies ressources en eau, Province de Zagora, Commune de Tazarine, 31p.

WATER MANAGEMENT CONSULTIG, Marché N03/2009/2009/DRH-GRZ. Elaboration des monographies des ressources en eau des provinces et des communes relevant de la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rhéris, Mission II: Conception et élaboration des monographies ressources en eau, Province de Zagora, Commune de Aït Oullal, 26p.

WATER MANAGEMENT CONSULTIG, Marché N03/2009/2009/DRH-GRZ.

Elaboration des monographies des ressources en eau des provinces et des communes relevant de la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rhéris, Mission II: Conception et élaboration des monographies ressources en eau, Province de Zagora, Commune de Nkob, 26p.

WATER MANAGEMENT CONSULTIG, Marché N03/2009/2009/DRH-GRZ.

Elaboration des monographies des ressources en eau des provinces et des communes relevant de la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rhéris, Mission II: Conception et élaboration des monographies ressources en eau, Province de Zagora, Commune de Taghbalt, 26p.

SITE WEB

<http://www.abhatoo.net.ma>

<http://www.fao.org/docrep/W2570F/W2570F00.htm>

<http://www.water.gov.ma>

ANNEXES

ANNEXES CHAPITRE 1

Annexe 1: Pluviométrie à la station de Tazarine de 1996-2010

Années	mois												Total	moyenne
	sept	oct.	Nov	Déc	Janv	fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août		
1996-1997							5.9	20.2	1.5	0	0	30.7	58.3	9.72
1997-1998	23	0	0	0	10.2	53.4	14.1	0	0	1	0	3.7	105.4	8.78
1998-1999	0	0	0	8	20.5	1	13.5	0	0	0	5.5	20.6	69.1	5.76
1999-200	0	38.5	0	1.5	0	0	0.5	1	33	2	0	6.5	83	6.92
2000-2001	0	17	3.5	1.5	0	0	0	0	2	0	0	5	29	2.42
2001-2002	1	3.5	0	6	0	2	28.5	40	30	2	1	3	117	9.75
2002-2003	4	1	0.5	5.5	0	1	23	1	0	6	4	12.5	58.5	4.88
2003-2004	7.5	73	1	2	1	23.1	6	1	8	3	9	3	137.6	11.47
2004-2005	12	1	15	5	0	15	10	0	1	21.5	1	1	82.5	6.88
2005-2006	4	12	14.5	7	31	24.5	0	4.5	2	7.5	6.5	1	114.5	9.54
2006-2007	31	39	21.5	29	20	9.5	0	11.5	2	0	1	3	167.5	13.96
2007-2008	1	13.5	7	1	0	22.6	12	0.5	0	0.5	2	4	64.1	5.34
2008-2009	13	41.5	24.5	2	3	3	48	0	1	10	2	1.5	149.5	12.46
2009-2010	31	0	0	17.5	1	42.5	8.7	0.5	1	0	12	4.9	119.1	9.93

Source: ABH GZRM ,2011

Annexe 2: pluviométrie à la station d'Alnif de 1975-2010

Années	mois												Total	Moyenne
	sept	oct	Nov	Déc	Janv	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août		
1975-1976	-	-	0	T ¹	18.4	5	2	-	19.6	0.1	0.5	T	45.6	6.51
1976-1977	47.5	0.6	1.5	18.9	14.6	0.3	T	10.5	2.4	0	0	0	96.3	8.75
1977-1978	9.9	6	3.6	10.3	52.4	8.3	0	T	0	0	T	6.8	97.3	9.73
1978-1979	2.5	4.1	T	1.6	80.3	2.8	T	T	2.1	T	T	T	93.4	15.57
1979-1980	20.5	86.8	4.6	0	11.6	50.1	24.6	4.9	T	T	T	2	205.1	22.79
1980-1981	3.6	T	10.7	36.1	1	9.7	T	T	T	3	1	0.9	66	8.25
1981-1982	4.2	T	T	0	16.1	3.9	T	33.8	27.9	T	T	1	86.9	12.41
1982-1983	13.3	1.1	1.8	0	T	3.2	T	0.6	13.4	0	0	T	33.4	3.71
1983-1984	T	11.7	0.4	T	3.5	0	0.5	T	9.8	3.7	0	T	29.6	3.70
1984-1985	T	0	17.3	0	5.4	13.8	-	28.1	12.1	T	T	T	76.7	10.96
1985-1986	4	5.4	3.2	17	3.9	1.8	T	T	2.3	T	1.1	0.4	39.1	4.34
1986-1987	7.2	37.3	0	0	0	T	30.4	T	6.3	T	T	0	81.2	10.15
1987-1988	9.6	5	6.8	10.3	4.2	13.5	4.2	3.5	0	T	0	0.1	57.2	5.20
1988-1989	0.8	10.6	66	0	0	35.1	T	13.4	T	16.5	1.3	6.3	150	15.00
1989-1990	3.8	39	30.6	48.4	T	0	3.4	15.7	8.6	T	1.7	T	151.2	16.80
1990-1991	12.90	1.70	0.00	29.50	0.00	13.10	T	11.50	1.80	8.00	0.60	6.40	85.5	7.77
1991-1992	0	3	0	13.2	0	5.7	8.4	2.6	10.7	0.4	1.2	1.3	46.5	3.88
1992-1993	1.7	2.1	1.4	23.2	1	30.8	4.2	0	0.4	0	0.6	0.2	65.6	5.47
1993-1994	0	10	24.6	2.6	29.3	0	0.1	1	0	1.6	T	0.1	69.3	6.30
1994-1995	0.6	80.6	0	0	0	T	14.1	20.9	T	1.8	T	6.8	124.8	13.87
1995-1996	0.5	37.1	0	11.3	9.5	33.3	13.4	0	0.1	57.3	16.9	0.1	179.5	14.96
1996-1997	0	2	0	4.1	4.2	2.2	6.8	35.9	0	0	T	22.8	78	7.09
1997-1998	14.2	0	0	0	13.8	47.9	7.8	0	0.9	1.6	1.3	2.6	90.1	7.51
1998-1999	0.3	0.3	0.2	15.8	7.3	2.6	2.6	0	5	T	T	37.7	71.8	7.18
1999-2000	T	34.4	0	0	0	0	0	0.2	35.3	0.3	0	2.9	73.1	6.65
2000-2001	0	7.1	T	3.4	0	T	T	0	1	0.1	T	1.3	12.9	1.61
2001-2002	0.3	10.7	0.7	2.5	0.5	0.9	25.8	28.4	10.2	T	2.3	3.1	85.4	7.76
2002-2003	8.9	0.7	0.7	1.9	T	1.5	13.3	T	2.1	8.4	2.8	8.7	49	4.90
2003-2004	8.3	30.4	1.3	0.7	0	26.1	1	0.2	5.3	0.6	1.5	2.4	77.8	6.48
2004-2005	13	T	18.7	5.4	0	10.9	5.5	0	0.1	20.8	T	0.3	74.7	7.47
2005-2006	0.2	4.5	6.7	2.2	24.3	4.7	0	2.3	26.5	2.1	3.6	0	77.1	6.43
2006-2007	44.7	14.9	29.4	33.6	21.6	2.1	0	10.7	17.3	0	3	10	187.3	15.61
2007-2008	0.9	22.5	13.5	3.7	0	34.8	11.1	0.5	1.3	0.8	1.1	7.9	98.1	8.18
2008-2009	16.1	70.9	13.4	3.2	13.2	2.8	54.7	T	3	8.7	0.2	0.1	186.3	16.94
2009-2010	61.7	T	0.1	0.9	0	29.6	6.2	1.6	0.2	0	6.8	9.8	116.9	10.63

Source: ABH GZRM ,201

1 : Trace

Annexe 3: Répartition des populations de la commune rurale d'Aït Ouallal dans les Douars

N°	Commune Rurale d'AÏT OUALLAL	Population	COORDONNEES	
	DOUARS		X	Y
1	Imi Nouaga	447	452600	437800
2	Igui N'ouarou	623	451500	442300
3	Hanedour	124	452200	440100
4	Tadaout Aït Ben Ichou	110	452400	436500
5	Assaka	329	454600	438900
6	Iknioune Mallal	253	471800	427100
7	Aït Ali Ou Youssef	265	470900	427200
8	Aït Chrou	360	469800	427000
9	Aït Youssef Ou Said	835	469300	427600
10	Aït Messoud	1082	462700	427500
11	Tanoumrite	1164	464700	420000
12	Zaalou	393	471300	411200
13	Ajmou Aït Ouzzine	1235	453300	428500
14	Tighramte	666	457000	427300
15	Imankrarne	442	446900	426300
16	Ouaoudraze	263	448000	437400
17	Zaguigui	326	449000	438200
18	Atar N'tssaouenete	732	454500	443100
19	Tabainoute	0	439700	429300
20	Tamerghdoute Essafsaf	0	454100	440100
21	Tajellachte Akerkour	0	458000	446500
22	Amgane	0	467000	426600
23	Tamlalte	0	459400	419300
24	Doukou	0	464800	412200
TOTAL		9649		

Source: Water Management Consulting, 2009

Annexe 4: Répartition des populations de la commune rurale de Nkob dans les Douars

N°	Commune rurale de NKOBI		COORDONNEES	
	DOUARS	Population	X	Y
1	Dawa Abid	14	450550	452596
2	N'Kob centre	3451	455700	430400
3	Taoudache Timhar	493	455000	433200
4	Ighazoune Imlasse	527	452600	449750
5	Aït Marsid	390	459700	430000
6	Ighazoune Aït Marsid	254	462000	430000
7	Ousdidne	613	460700	440600
8	Site	708	469000	446000
9	Afourare	150	456838	451533
10	Akhomassi	182	457465	451211
TOTAL		6782		

Source: Water Management Consulting, 2009

Annexe 5: Répartition des populations de la commune rurale de Taghbalt dans les Douars

N°	Commune rurale deTAGHBALT		COORDONNEES	
	DOUARS	Population	X	Y
1	Aït M'nade	2500	504611	403448
2	Tlaglou	1282	505422	402576
3	Almou (Aït izzou)	538	494250	407000
4	Takachat	398	517956	406032
5	Aït Ichou	569	499250	400800
6	Aït Isfoul	117	502250	402500
7	Taamrite	846	498500	400500
8	Ait Issa Wa Brahim + Taghenbout	888	505000	402400
9	Ifred	581	500000	409200
10	Aït Haddou	1148	499250	401700
11	Imin Ouassif	0	499250	399250
12	Mouda	0	5132250	407500
TOTAL		8867		

Source: Water Management Consulting, 2009

Annexe 6: Répartition des populations de la commune rurale de Tazarine dans le Douars

N°	Commune Rurale de TAZARINE	Population	COORDONNEES	
	DOUARS		X	Y
1	Ait Sidi Ben Hakki	386	486200	418500
2	Ait Sidi Msaad	245	485700	418100
3	Ait Sidi Lahsane	43	484500	419150
4	Ait El Majdoub	87	485000	418900
5	Ait Sidi Nafae	39	485200	418900
6	Ait Khouya	246	485500	418600
7	Ait Sidi Aamro	161	484300	419500
8	Ait Ouaguna	50	484700	419700
9	Ait Sdi Abderrahmane	189	485000	420000
10	Ait Gannoune	246	485500	419800
11	Ait Ben Ouakasse	248	486700	419200
12	Ait Achtte	75	485500	419500
13	Ait Bahamou	30	485850	419400
14	Ait Moulay Bouazza	791	485900	419750
15	Ait Sidi Ali	499	487000	419700
16	Ait Ballouk	278	486400	419850
17	Ait My Baaire	16	485500	419200
18	Tazarine Centre	640	484500	420600
19	Souk Qdim	575	484700	418600
20	Ait Oumazirh	177	484800	418700
21	Ait Alla	152	484800	418000
22	Boubri	176	487000	419000
23	Aoujgal Ait Boudaoud	33	470600	415000
24	Oum Rommmane	739	473000	426300
25	Tizilite	320	472500	446750
26	Taoulaoualt Ait Boudaoud	108	476273	445288
27	Ait Chaib	157	484600	418500
28	Ait Tghlla	240	485400	418200
29	Tassakht	79	485000	419600
30	Izakhnioune	238	485600	420300
31	Ititaoun	84	487000	420100
32	Tamsahlt Izakhnioune	339	475400	424000
33	Ait Ouazzik	472	478500	409400
34	Imin Ouargue	64	482500	408300
35	Tiouririne	382	480700	424300
36	Abdi Outatta	148	479400	421700
37	Taoubairte	122	489700	416600
38	Imi N'ouajgal	33	484000	411200
39	Taoulaoualt	126	476273	446542

40	Abdi Nilmchane	385	468800	420400
41	Timarighne	364	474500	429500
42	Isdaouene	238	488500	414200
43	Ouaougloute	383	489400	427000
44	Loukamane	563	496548	443624
45	Maskourte	304	492750	438500
46	Tarzoute Tazegzaoute	260	485700	440700
47	Ouaourite	549	468000	439750
48	Ikoui	351	472800	427600
49	Takchtamte	165	507000	441500
50	Loukamane Ait Ali Ou Hassou	110	499000	447750
51	Iminsite	861	466600	436400
52	Ikafrane	158	471200	448800
TOTAL		13724		

Source: Water Management Consulting, 2009

ANNEXES CHAPITRE 3

Annexe 7: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale d'Aït Ouallal

Zone	N°	Type d'ouvrage	N°IRE	X	Y	PT/Sol(m) 1	NP(m) 2	Débit (l/s)	date de réalisation
COMMUNE RURALE D'AÏT OUALLAL	1	puits	051/64	455250	428390	9.7	9.65	0	03/08/1972
	2	puits	052/64	455300	428800	17.35	13.6	0	03/08/1972
	3	puits	055/64	455000	429500	20.49	10.91	0	03/10/1978
	4	puits	057/64	464250	420000	20	18.95	0	14/04/1976
	5	puits	068/64	464700	425950	15.5	12.12	0	07/10/1976
	6	puits	077/64	453000	428800	13.62	10.95	0	06/05/1977
	7	puits	078/64	456850	429150	12.96	9.25	0	06/05/1977
	8	puits	080/64	464800	420400	26.25	18.2	0	06/05/1977
	9	puits	081/64	464900	420400	29.93	18.65	0	14/06/1977
	10	puits	082/64	464560	420400	22.34	17.74	0	14/06/1977
	11	puits	083/64	467600	420600	29.95	21.8	0	06/05/1977
	12	puits	084/64	456850	429260	12.1	11.42	0	18/06/1977
	13	puits	085/64	456600	429100	13.32	11.69	0	18/06/1977
	14	puits	091/64	455800	430800	12.28	7.11	0	03/10/1978
	15	puits	093/64	457300	428200	15.16	5.11	0	09/02/1978
	16	puits	115/64	455400	428000	13.4	3.2	0	06/06/1980
	17	puits	116/64	457950	428800	4		0	06/06/1980
	18	puits	117/64	453600	428550	17.3	4	2.5	06/06/1980
	19	puits	118/64	451850	428350	11.55	4.3	2.5	06/06/1980
	20	puits	119/64	450600	443100	11.8	6.4	2.5	06/06/1980
	21	puits	120/64	450600	443850	11.9	4.9	2.5	06/06/1990
	22	puits	169/64	469325	427400	13.75		0	18/03/1982
	23	puits	172/64	469900	428500	9		0	18/03/1982
	24	puits	175/64	454650	428200	10.1	9.7	2	18/03/1982
	25	puits	177/64	454400	428400	8.7		0	18/03/1982
	26	puits	180/64	469025	427600	18.9	17.2	2.5	19/03/1982
	27	puits	181/64	464600	420450	10.1		0	19/03/1982
	28	puits	182/64	464575	419590	5		0	19/03/1982
	29	puits	183/64	464800	420200	11.1		0	19/03/1982
	30	puits	191/64	453155	428900	18.5	12.5	0	12/09/1983
	31	puits	192/64	463010	428000	21	17	0	13/09/1983
	32	puits	193/64	470200	427350	15.1	14.1	0	12/09/1983
	33	puits	194/64	469200	427450	20.9	15	0.2	12/09/1983
	34	puits	195/64	470050	426150	17	14.9	0.4	12/09/1983
	35	puits	2017/64	478600	409650	45.7	23.52	3.2	15/08/1995
	36	puits	2018/64	456200	427900	28.6	10.39	1.38	01/01/1999
	37	puits	2021/64	469700	445500	20	15.5	2.69	27/02/2001
	38	puits	2226/64	469950	427650	50.4	12.23	5.5	29/04/1995

Total	27.87
--------------	--------------

Source: Water Management Consulting, 2009; ABH GZRM, 20011

1: Profondeur Total par rapport au sol; 2: Niveau piézométrique.

Annexe 8: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale de Nkob

Zone	N°	Type d'ouvrage	N°IRE	X	Y	PT/Sol(m)	NP(m)	Débit (l/s)	date de réalisation
COMMUNE RURALE DE NKOB	1	Puits	002/64	468000	443000	6.8	5.7	0	1941
	2	Puits	109/64	466650	433650	12.5	5.17	4.5	05/06/1980
	3	Puits	110/64	466950	433950	13.85	6.73	4.5	05/06/1980
	4	Puits	112/64	458600	428700	11.2	4.32	2.5	06/06/1980
	5	Puits	113/64	459750	431750	10.35	4	3	06/06/1980
	6	Puits	114/64	459000	429700	3		0	06/06/1980
	7	Puits	205/65	504550	402800	9.73		0	02/10/1978
	8	Forage	148/64	461450	431700	45	6.53	1.1	20/03/1981
	9	Forage	149/64	459000	429850	56		0.15	21/03/1981
	10	Forage	2006/64	475200	425150	50	9.3	0	03/02/1985
	11	Forage	2206/64	455500	430950	199	5.1	0	23/02/1993
	12	Forage	2207/64	483900	419950	51	4.05	13.16	04/03/1993
	13	Forage	2208/64	486550	414950	73	13.43	0.54	01/02/1995
	14	Forage	2209/64	452300	429200	73	7.36	1.9	22/09/1993
	15	Forage	2222/64	462890	427550	72	5.79	0	26/11/1994
	16	Forage	2223/64	460800	428150	54	7.16	8.73	28/11/1994
	17	Forage	2224/64	470800	427500	54	12.16	0	12/12/1994
	18	Forage	2227/64	469150	427250	60	7.94	0	28/12/1994
	19	Forage	2251/64	471700	434300	120	27.04	2.13	09/12/1999
	20	Forage	2252/64	474900	435300	87	44.2	0	22/06/1999
	21	Forage	2253/64	472800	427200	99		0	07/07/1999
	22	Forage	2260/64	451600	442700	94	3.15	4.31	29/01/2000
	23	Forage	2263/64	471150	49400	80	ART	13.72	12/02/2000
	24	Forage	858/65	489900	416900	39	3.53	0.25	05/03/1981
Total								60.49	

Source: Water Management Consulting, 2009; ABH GZRM, 20011

Annexe 9: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale de Tazarine

Zone	N°	Type d'ouvrage	N°IRE	X	Y	PT/Sol(m)	NP(m)	Débit (l/s)	date de réalisation
COMMUNE RURALE DE TAZARINE	1	puits	005/64	477000	423600	9.65	9.35	0	01/03/1941
	2	puits	007/64	484315	420015	9.8		0	01/03/1941
	3	puits	008/64	484470	420100	13.8	12.4	0	01/03/1941
	4	puits	009/64	485060	420100	11	8.6	0	01/03/1941
	5	puits	010/64	485210	419905	12.3	9	0	01/03/1941
	6	puits	011/64	485265	419890	11.75	9.85	0	01/03/1941
	7	puits	012/64	485735	419580	11.15	10.85	0	01/03/1941
	8	puits	013/64	485665	419415	19.85	18.35	0	01/03/1941
	9	puits	014/64	486145	419390	12.85	9.65	0	01/03/1941
	10	puits	015/64	486730	419000	11.3	11.2	0	01/03/1941
	11	puits	016/64	486285	418730	10.8	9.6	0	01/03/1941
	12	puits	017/64	485020	418380	11.1	8	0	01/03/1941
	13	puits	018/64	484760	418620	8.2	7.8	0	01/03/1941
	14	puits	019/64	484435	419170	7.65	6.45	0	01/03/1941
	15	puits	020/64	484355	419190	5.9	5.4	0	01/03/1941
	16	puits	021/64	484480	418730	7.55	7.4	0	01/03/1941
	17	puits	022/64	484825	418780	7.75	7.3	0	01/03/1941
	18	puits	023/64	484410	418530	7.1	6.7	0	01/03/1941
	19	puits	024/64	484610	418385	9.65	6.85	0	01/03/1941
	20	puits	025/64	484610	418380	7.15	6.85	0	01/03/1941
	21	puits	026/64	484785	418270	9.65	7.26	0	01/03/1941
	22	puits	027/64	484810	418240	9.45	7.65	0	01/03/1941
	23	puits	028/64	484920	418045	9.4	9	0	01/03/1941
	24	puits	029/64	486005	418815	14.35	11.45	0	01/03/1941
	25	puits	030/64	485965	418855	8.5	8	0	01/03/1941
	26	puits	031/64	485060	418790	13	12.6	0	01/03/1941
	27	puits	032/64	485100	419280	12.8	11.1	0	01/03/1941
	28	puits	033/64	484770	419555	15.4	12.8	0	01/03/1941
	29	puits	034/64	484730	419510	11.6	6	0	01/03/1941
	30	puits	035/64	484405	419595	9	6.6	0	01/03/1941
	31	puits	036/64	484110	419580	7.5	7.2	0	01/03/1941
	32	puits	056/64	483700	420600	10.28	5.46	2.54	03/12/1972
	33	puits	058/64	485500	419100	8.69	7.63	0	01/06/1976
	34	puits	060/64	485950	418500	10	8.66	0	01/06/1976
	35	puits	061/64	486350	418850	12.77	10.35	0	01/06/1976
	36	puits	062/64	486500	418250	10.75	8.15	0	02/06/1976
	37	puits	063/64	485050	418350	9.05	7.06	0	03/06/1976

38	puits	064/64	484500	418750	6.35	6.18	0	04/06/1976
39	puits	065/64	485350	419100	10.15	9.1	0	01/06/1976
40	puits	066/64	484000	419700	4.3	4.27	0	06/10/1976
41	puits	067/64	484950	419500	13.88	7.49	0	06/10/1976
42	puits	069/64	483750	419700	11.02	8.72	0	25/05/1977
43	puits	070/64	483750	419624	11.3	8.5	0	24/05/1977
44	puits	071/64	483935	419720	8.58	6.68	0	26/05/1977
45	puits	072/64	474900	423500	12.08	8.78	0	06/05/1977
46	puits	073/64	474920	423590	11.52	7.53	0	26/05/1977
47	puits	075/64	484360	419490	12.46	6.41	0	05/05/1977
48	puits	074/64	474735	423550	10.7	8.32	0	26/05/1977
49	puits	086/64	474500	422000	16.12	13.92	0	06/05/1977
50	puits	076/64	487350	418800	13.07	12.35	0	05/05/1977
51	puits	079/64	474750	424000	17.46	15.65	0	06/05/1977
52	puits	087/64	478500	423650	11.63	9.3	0	06/05/1977
53	puits	088/64	477500	424000	12.41	8.96	2.5	06/05/1977
54	puits	089/64	485410	419660	8.39	8.26	2.4	06/05/1977
55	puits	090/64	487000	419180	11.04	6.41	0	08/01/1978
56	puits	092/64	482250	422400	10.43	9.88	0	09/08/1978
57	puits	095/64	484150	420200	7.4	3.7	0	04/06/1980
58	puits	096/64	484000	419250	3.5	2.34	0	04/06/1980
59	puits	097/64	483650	419450	2.7	2.04	0	04/06/1980
60	puits	098/64	483550	418300	12.84	2.64	0	04/06/1980
61	puits	099/64	483600	418650	6.36	3.97	0	04/06/1980
62	puits	100/64	483500	418450	10.1	4.05	0	04/06/1980
63	puits	101/64	483900	419350	13.75	3.84	0	04/06/1980
64	puits	102/64	484950	418050	9.8	2.68	0	04/06/1980
65	puits	103/64	484550	419400	9	3.44	0	04/06/1980
66	puits	104/64	485250	420300	6.6	3.72	0	04/06/1980
67	puits	105/64	470100	418900	10.9	9.32	4	04/06/1980
68	puits	106/64	474500	421950	14.18	5.62	3	05/06/1980
69	puits	107/64	472550	427250	8.7	1.8	4.5	05/06/1980
70	puits	108/64	474500	427500	6.37	4.33	6	05/06/1980
71	puits	111/64	472150	426500	13.7	6.73	4.5	05/06/1980
72	puits	121/64	472450	427800	14.4	7.35	4.5	07/06/1980
73	puits	122/64	484550	419700	15.4	3.05	3.5	26/06/1980
74	puits	123/64	484250	418900	13.2	4.26	4	26/06/1980
75	puits	124/64	487200	413900	15.2	10.25	3	26/06/1980
76	puits	125/64	484200	410500	10.5	5.8	0	26/06/1980
77	puits	126/64	484350	410350	8.4	5.16	0	26/06/1980
78	puits	127/64	476400	409150	17.47	7.02	0	26/06/1980
79	puits	129/64	479650	422450	10.5	4.3	2.5	28/06/1980

80	puits	130/64	478650	421250	10.7	3.2	3	28/06/1980
81	puits	131/64	479050	421350	12.95	4.9	4	28/06/1980
82	puits	132/64	476200	421450	12.45	10.22	4	28/06/1980
83	puits	133/64	471950	418150	17.6	5.8	3	28/06/1980
84	puits	134/64	470000	419700	18.1	10.35	3	28/06/1980
85	puits	135/64	479300	422400	9.5	2.7	10	29/06/1980
86	puits	136/64	476650	424450	10.2	5.8	3	29/06/1980
87	puits	137/64	483800	420050	22	2.5	2.8	02/03/1981
88	puits	138/64	483850	419900	20	2.4	5	04/03/1981
89	puits	158/64	486500	418900	9	4.45	3	17/03/1982
90	puits	159/64	484800	418000	11.7	6.7	4.5	17/03/1982
91	puits	160/64	484400	419425	5.75		0	17/03/1982
92	puits	164/64	477600	424000	2		2	18/03/1982
93	puits	165/64	475100	425450	8.95	8.85	3	18/03/1982
94	puits	166/64	473500	427600	12.7	12.1	1.5	18/03/1982
95	puits	168/64	472950	427250	9.8	9.8	6	18/03/1982
96	puits	184/64	478800	408700	15	13.05	3	19/03/1982
97	puits	185/64	476200	409050	28.8	19.7	3	19/03/1982
98	puits	186/64	476980	409600	7.5		0	19/03/1982
99	puits	187/64	476500	409750	18.8	12.5	2.5	19/03/1982
100	puits	188/64	476950	409900	15.1	13.5	2	19/03/1982
101	puits	189/64	477000	410200	12.3		0	19/03/1982
102	puits	190/64	477050	424300	11.5	10.6	3	20/03/1982
103	puits	196/64	474700	424250	16.3	15	0.3	13/09/1983
104	puits	197/64	468975	420200	25.4	23.85	0	13/09/1983
105	puits	198/64	478100	409400	17	16	0	13/09/1983
106	puits	199/64	483850	419850	6.7	4.25	0	13/09/1983
107	puits	2014/64	453100	436200	22	10.5	4	17/01/1995
108	puits	2015/64	475300	428900	49.65	47.27	0.3	27/07/1995
109	puits	2016/64	470100	411100	44	34.5	16.25	16/12/1995
110	puits	2020/64	471600	427650	50.5	12.93	10	13/03/1996
111	puits	2021/64	469700	445500	20	15.5	2.69	27/02/2001
112	Forage	2201/64	486400	419700	80	12.6	0	18/11/1984
113	Forage	2204/64	457800	432300	97	9.34	2.6	30/12/1992
114	Forage	2205/64	455100	435200	111	22.75	6.89	14/11/1998
115	Forage	2207/64	483900	419950	51	4.5	13.16	02/03/1993
116	Forage	2008/64	486550	414950	73	13.28	0.54	09/09/1993
117	Forage	2211/64	474680	425120	60	7.5	12.18	20/10/1994
118	Forage	2212/64	468300	420650	108	10.28	6.06	03/11/1994
119	Forage	2214/64	464300	420700	90		9.75	03/11/1994
120	Forage	2215/64	446850	426850	66	4.95	0	09/11/1994
121	Forage	2217/64	445150	426200	72	1.77	4.19	28/11/1994

122	Forage	2233/64	475700	432200	150	2.23	0.53	17/01/1995	
123	Forage	2234/64	487050	414600	140.5	15.5	1.89	07/06/1995	
124	Forage	2235/64	478200	409650	90	21.5	2.71	18/02/1995	
125	Forage	2236/64	477500	408550	125	28.2	4.23	11/03/1995	
126	Forage	2237/64	470800	411400	84.2	30	8.73	21/03/1995	
127	Forage	2238/64	463950	412600	120	28.38	1.53	30/03/1995	
128	Forage	2239/64	465100	413500	80	19.27	1.74	06/04/1995	
129	Forage	2242/64	455846	430800	10.8	6.79	0	27/10/1998	
130	Forage	2255/64	451900	429700	100	16.2	0	16/12/1999	
131	Forage	2256/64	469050	430200	104	84.25	0	18/01/2000	
132	Forage	2257/64	468200	426300	100	7.4	0	18/01/2000	
133	Forage	857/65	489350	426650	32	5.53	0.35	04/03/1981	
134	Forage	861/65	501800	402800	62	12.9	0	07/03/1981	
135	Forage	921/65	501900	400700	41.23	17.38	0	20/03/1983	
136	Forage	930/65	504550	402650	55	9.73	7.7	03/01/1985	
137	Forage	1198/65	499600	401800	50		0	28/10/1993	
138	Forage	1201/65	499900	400400	68	14.14	0.18	29/07/1994	
139	Forage	1224/65	489350	427400	66	5.15	2.82	09/04/1995	
140	Forage	1250/65	500000	418600	88	11.5	0	16/10/1999	
141	Forage	1260/65	500000	400100	71.5		0	29/09/1999	
142	Forage	1265/65	498300	419700	117	9.85	0	02/11/1999	
143	Forage	1266/65	494700	417700	70		0	03/11/1999	
144	Forage	1283/65	514000	405000	91	17.2	4.66	16/06/2001	
145	Forage	159/74	499100	388420	54.2	8.52	0	30/07/2000	
146	Forage	1293/65	493200	441700	100	10.04	1	05/01/2000	
147	Forage	1281/65	504250	403250	70	20.23	1	16/05/2001	
148	Forage	1282/65	504300	402850	46	25.43	0.25	31/05/2001	
Total							246.47		

Source: Water Management Consulting, 2009; ABH GZRM, 20011

Annexe 10: Inventaire des points d'eau destinés à l'AEP de la commune rurale de Taghbalt

Zone	N°	Type d'ouvrage	N°IRE	X	Y	PT/Sol(m)	NP(m)	Débit (l/s)	date de réalisation
COMMUNE RURALE DE TAGHBALT	1	puits	1979/64	392300	421000	12	9.49	5.54	03/01/2002
	2	puits	867/65	504250	402600	11.95	4.1	0	12/03/1981
	3	puits	935/65	504300	413200	61.65	21.6	0	26/11/1985
	4	puits	948/65	503900	402300	14.75	11.5	0	12/02/1990
	5	puits	949/65	503950	402650	8.4	5.05	0	12/02/1990
	6	puits	955/65	498650	400900	20.2	13.15	0	19/02/1990
	7	puits	956/65	496600	401200	13.6	11.6	0	19/02/1990
	8	puits	957/65	498050	401300	16.25	12.05	0	19/02/1990
	9	puits	959/65	499250	400950	26.8	16	0	20/02/1990
	10	puits	960/65	499500	400900	23.15	15.85	0	20/02/1990
	11	puits	974/65	493800	406900	45	31.55	3	01/12/1992
	12	puits	975/65	499200	401000	67	28.4	4	15/12/1992
	13	puits	976/65	504550	402650	27	11.75	6	03/02/1993
	14	puits	977/65	501500	410000	30	11.4	3.5	20/03/1993
	15	puits	980/65	489700	496300	48.7	11.6	6.21	11/03/1996
	16	puits	1187/65	496950	398950	25	16.65	20	07/10/1993
	17	puits	1205/65	502750	408400	51.4	9.85	5	06/07/1995
	18	puits	14/73	457400	373300	14.2	5.58	12.5	25/06/1980
	19	Forage	860/65	502600	409150	45	6.89	0.2	06/03/1981
	20	Forage	864/65	499300	401950	80	12.73	0.2	10/03/1981
	21	Forage	866/65	487750	414400	65		0.03	13/03/1981
	22	Forage	928/65	504300	413250	84.4	18.35	0.2	22/12/1984
	23	Forage	1186/65	496250	399700	103	13.28	3.53	19/03/1993
	24	Forage	1187/65	496950	398950	71	10.99	6.31	27/04/1993
	25	Forage	1193/65	487600	400400	100	29.21	0.1	29/07/1993
	26	Forage	1195/65	488400	417400	102	7.84	0.55	09/08/1993
	27	Forage	1205/65	502750	408400	54	11	6.55	23/09/1994
	28	Forage	1206/65	503200	401050	69	26.03	0.61	25/10/1994
	29	Forage	1292/65	492800	442000	100	17.46	0.6	31/12/2001
	30	Forage	1158/65	498900	444000	73	15.32	5.19	03/10/1992
	31	Forage	156/74	499100	388400	62	8.28	10.58	09/10/1999
	32	Forage	114/74	493600	342500	100	13.14	2.8	23/06/2001
	33	Forage	402/82	467705	312580	24	7.72	3.3	/12/1959
Total								106.5	

Source: Water Management Consulting, 2009; ABH GZRM, 20011

Annexe 11: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale d'Aït Ouallal

Douar	Natures de cultures	Superficie (ha)	Mode d'irrigation	origine de l'eau
Imi Nouaga	Mixte	15	Séguia+Pompe	Chaaba+puits
Igui N'ouarou	Mixte	30	Pompe	Oued+Puits
Hanedour	Mixte	15	Pompe	Oued+Puits
Tadaout Aït Ben Ichou	Mixte	16	Pompe	Oued+Puits
Assaka	Mixte	27	Séguia+Pompe	Sources de montagne+Puits
Iknoune Mallal	Mixte	15	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Aït Ali Ou Youssef	Mixte	30	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Aït Chrou	Mixte	10	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Aït Youssef Ou Said	Mixte	65	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Aït Messoud	Mixte	60	Séguia+Pompe	Chaaba+puits
Tanoumrite	Mixte	40	Séguia+Pompe	Chaaba+puits
Zaalou	Mixte	20	Pompe	Puits
Ajmou Aït Ouzzine	Mixte	30	Pompe	Puits
Tighramte	Mixte	10	Pompe	Puits
Imankrane	Mixte	20	Séguia+Pompe	Chaaba+puits
Ouaoudraze	Mixte	25	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Zaguigui	Mixte	25	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Atar N'tssaouenete	Mixte	15	Séguia+Pompe	Oued+Puits
Tabainoute	Mixte	4	Séguia+Pompe	Chaaba+puits
Tamerghdoute Essafsaf	Mixte	16	Séguia+Pompe	Chaaba+puits
Tajellachte Akerkour	Mixte	3	Séguia+Pompe	Sources de montagne+Puits
Amgane	Mixte	14	Pompe	Puits
Tamlalte	Mixte	30	Pompe	Puits
Doukou	Mixte	15	Pompe	Puits
Total céréales	Céréales	850		
Total		1400		

Source: Water Management Consulting, 2009

Annexe 12: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale de Nkob

Douar	Natures de cultures	Superficie (ha)	Mode d'irrigation	origine de l'eau
Dawa Abid	blé	30	Gasoil	puits
Nkobe centre	Mixte	328		Canal+puits
Taoudache Timhar	Mixte	50	Pompe	puits
Ighazoune Imlasse	blé	40	Gasoil	puits
Aït Marsid	Mixte	30	Khettara+Pompe	chaaba+puits
Ighazoune Aït Marsid	Mixte	384	Khettara+Pompe	Oued+puits
Ousdidne	Mixte	180	Séguia+Pompe	Oued+puits
Site	Mixte	70	Khettara+Pompe	Oued+puits
Afourare	Mixte	30	Pompe	puits
Akhomassi	Mixte	25	Pompe	puits
Lghabte	Mixte	30	Pompe	Oued+puits
Bouettouajen	Mixte	35	Pompe	Oued+puits
Tifdassine	blé	20	Gasoil	puits
Total		1252		

Source: Water Management Consulting, 2009

Annexe 13: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale de Tazarine

Douar	Natures de cultures	Superficie (ha)	Mode d'irrigation	origine de l'eau
Aït Sidi Ben Hakki	Annuelles	50	Séguia	Oued
Aït Sidi Ben Hakki	pérennes	250	Moteur gasoil	Puits
Aït Sidi Msaad	Annuelles	20	Séguia	Oued
Aït Sidi Msaad	pérennes	250	Moteur gasoil	Puits
Aït Sidi Lahsane	Annuelles	4	Séguia	Oued
Aït Sidi Lahsane	pérennes	250	Moteur gasoil	Puits
Aït El Majdoub	Annuelles	2	Séguia	Oued
Aït El Majdoub	pérennes	251	Moteur gasoil	Puits
Aït Khouya	Annuelles et pérennes	2	Séguia+Moteur gasoil	Oued+Puits
Aoujgal Aït Boudaoud	Annuelles et pérennes	1	Moteur gasoil	Puits
Oum Rommane	Annuelles et pérennes	6	Moteur gasoil	Puits
Iminsite	Annuelles et pérennes	2	Moteur gasoil	Puits
Ikafrane	Annuelles et pérennes	100	Moteur gasoil	Puits
Tizilite	Annuelles et pérennes	10	Moteur gasoil	Puits
Taoulaoualt Aït Boudaoud	Annuelles et pérennes	17	Moteur gasoil	Puits
Aït Chaïb	Annuelles et pérennes	1	Moteur gasoil	Puits
Tassakht	Annuelles et pérennes	3	Moteur gasoil	Puits
Tamsahlt Izakhnioune	Annuelles et pérennes	10	Moteur gasoil	Puits

Tiouririne	Annuelles et pérennes	20	Moteur gasoil	Puits
Abdi Outatta	Annuelles et pérennes	20	Moteur gasoil	Puits
Imi N'ouajgal	Annuelles et pérennes	2	Moteur gasoil	Puits
Taoulaoualt	Annuelles et pérennes	15	Moteur gasoil	Puits
ABdi Nilmchane	Annuelles et pérennes	15	Moteur gasoil	Puits
Timarighne	Annuelles et pérennes	2	Moteur gasoil	Puits
Isdaouene	Annuelles et pérennes	3	Moteur gasoil	Puits
Ouaougloute	Annuelles et pérennes	2	Moteur gasoil	Puits
Loukamane	Annuelles et pérennes	5	Moteur gasoil	Puits
Maskourte	Annuelles et pérennes	5	Séguia + Moteur gasoil	Puits
Tarzoute tazegzaoute	Annuelles et pérennes	20	Moteur gasoil	Puits
Takchtamte	Annuelles et pérennes	5	Séguia + Moteur gasoil	Khettara+puits
Ikoui	Annuelles et pérennes	3	Moteur gasoil	Puits
Ouaourite	Annuelles et pérennes	15	Moteur gasoil	Puits
Loukamane Aït Ali Ou Hassou	Annuelles et pérennes	5	Moteur gasoil	Puits
Total		1366		

Source: Water Management Consulting, 2009

Annexe 14: Inventaire des superficies irriguées par pompage dans la commune rurale de Taghbalt

Douar	Natures de cultures	Superficie (ha)	Mode d'irrigation	origine de l'eau
Aït M'nade	Henné	150	Moteur gasoil	puits
Aït M'nade	Blé	3000	Moteur gasoil	puits
Aït M'nade	Légumes	70	Moteur gasoil	puits
Aït M'nade	Cumin	150	Moteur gasoil	puits
Aït M'nade	Cacahouète	80	Moteur gasoil	puits
Tlaglou	Blé	200	Moteur gasoil	puits
Tlaglou	Maïs	50	Moteur gasoil	puits
Tlaglou	Henné	60	Moteur gasoil	puits
Tlaglou	Légumes	50	Moteur gasoil	puits
Tlaglou	Cumin	20	Moteur gasoil	puits
Almou (Aït izzou)	Blé	200	Diesel	puits
Almou (Aït izzou)	Henné	40	Gasoil	puits
Takachat	Blé	40	Gasoil	puits
Takachat	Maïs	20	Gasoil	puits
Takachat	Légumes	15	Gasoil	puits
Takachat	Henné	40	Gasoil	puits
Takachat	Cumin	10	Gasoil	puits
Aït Ichou	Blé	200	Gasoil	puits
Aït Ichou	Maïs	100	Gasoil	puits

Aït Ichou	Cacahouète	50	Gasoil	puits
Aït Ichou	Henné	40	Gasoil	puits
Aït Ichou	Légumes	20	Gasoil	puits
Aït Isfoul	Blé	50	Gasoil	puits
Aït Isfoul	Maïs	20	Gasoil	puits
Aït Isfoul	Henné	20	Gasoil	puits
Aït Isfoul	Légumes	10	Gasoil	puits
Taamrite	Blé	100	Gasoil	puits
	Légumes	1	Gasoil	puits
	Henné	20	Gasoil	puits
Ait Issa Wa Brahim + Taghenbout	Blé	300	Gasoil	puits
Ait Issa Wa Brahim + Taghenbout	Maïs	60	Gasoil	puits
Ait Issa Wa Brahim + Taghenbout	Henné	50	Gasoil	puits
Ait Issa Wa Brahim + Taghenbout	Légumes	15	Gasoil	puits
Ifred	Blé	15	Diesel	puits
Ifred	Maïs	5	Diesel	puits
Ifred	Henné	4	Diesel	puits
Ifred	Légumes	2	Diesel	puits
Aït Haddou	Blé	300		
Aït Haddou	Maïs	150		
Aït Haddou	Henné	200		
Aït Haddou	Légumes	20		
Imin Ouassif				
Mouda				
Total		5947		

Source: Water Management Consulting, 200

ANNEXES CHAPITRE 4

Annexe 15:Détailles calculs besoins en eau des cultures des communes rurales de la zone d'étude

Calcul des besoins en eau

$$ET_0 = ((0.457 \times T) + 8.128) \times P \times K_t$$

Évapotranspiration : ET_0

T : Température moyenne en °C,

P : Durée d'éclairement en % de la durée totale annuelle,

K_t : Coefficient climatique dépendant de la température moyenne

K_c: Coefficient cultural dépendant de la culture et de son stade de croissance

$$K_T = 0.0173T_F - 0.314$$

$$T_F = 1.8T_m + 32$$

Température moyenne en °C de la station de Tazarine

Pluviométrie moyenne mensuelle de la station de Tazarine

Mois	sept	oct	Nov	Déc	Janv	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Total
Température moyenne mensuelle(°C)	29.0	24.3	17.5	12.9	11.7	13.9	18.7	21.9	26.0	31.1	34.5	32.8	22.9
P:durée éclairement(%)	8.3	7.9	7.1	7.0	7.2	7.0	8.4	8.8	9.6	9.6	9.8	9.3	
K _t le coefficient climatique	1.14	1.00	0.78	0.64	0.60	0.67	0.82	0.92	1.05	1.21	1.31	1.26	
ET ₀ (mm)	203.76	151.95	89.95	63.31	58.59	68.16	114.71	146.25	202.18	259.09	306.74	270.52	1935.2 2
Pluie moyenne (mm)	9.81	18.46	6.73	6.62	6.67	15.20	12.16	5.73	5.82	3.82	3.14	7.17	101.33
Pluie efficace 70% (mm)	6.87	12.92	4.71	4.63	4.67	10.64	8.51	4.01	4.08	2.68	2.20	5.02	70.93
Commune de NKOB													
Cultures	Superficie												
Céréales	586	K _c		0.60	0.80	0.95	1.00	1.00	0.80	0.70	0.50		
		ETM(mm)		91.17	71.96	60.15	58.59	68.16	91.77	102.37	101.09		
		Bn(mm)		78.25	67.25	55.52	53.93	57.52	83.26	98.36	97.02		
		Bn(m3/ha)		782.50	672.49	555.16	539.25	575.21	832.56	983.62	970.17		
		Bn céréales (m3)		458542.68	394078.17	325323.34	316001.49	337070.36	487879.33	576401.37	568521.57		
Arboricultures	400	K _c	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72

		ETM(mm)	138.55	101.81	59.37	41.15	37.50	44.99	78.00	102.37	143.55	186.55	220.85	189.37	
		Bn(mm)	131.69	88.89	54.66	36.52	32.83	34.35	69.49	98.36	139.48	183.87	218.65	184.35	
		Bn(m3/ha)	1316.89	888.86	546.56	365.22	328.31	343.46	694.91	983.62	1394.76	1838.71	2186.50	1843.46	
		Bn Arboricultures(m3)	526755.65	355545.67	218623.08	146088.94	131325.85	137383.82	277963.92	393448.04	557904.45	735485.57	874599.66	737382.41	5.09
		Kc	1.00	0.90	0.80	0.65	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	
		ETM(mm)	203.76	136.76	71.96	41.15	35.16	51.12	97.50	146.25	222.40	297.96	337.41	284.05	
		Bn(mm)	196.89	123.84	67.25	36.52	30.49	40.48	88.99	142.24	218.33	295.28	335.21	279.03	
		Bn(m3/ha)	1968.91	1238.36	672.49	365.22	304.88	404.80	889.91	1422.36	2183.28	2952.81	3352.10	2790.28	
Luzerne	144	Bn Luzerne(m3)	283522.95	178323.76	96838.32	52592.02	43902.31	58291.78	128147.36	204819.45	314392.51	425204.70	482701.81	401800.90	2.67
		Kc					0.50	0.85	0.95	0.75					
		ETM(mm)					29.30	57.94	108.97	109.68					
		Ben(mm)					24.63	47.30	100.46	105.67					
		Bn(m3/ha)					246.28	472.96	1004.62	1056.74					
Maraîchères	44	Bn Maraîchage(m3)					10836.48	20810.44	44203.26	46496.69					0.12
		Kc			0.60	0.70	0.90	0.95	1.00	0.90	0.70				
		ETM(mm)			53.97	44.32	52.73	64.75	114.71	131.62	141.53				
		Bn(mm)			49.26	39.69	48.07	54.11	106.20	127.61	137.45				
		Bn(m3/ha)			492.59	396.88	480.66	541.13	1061.97	1276.11	1374.54				
Légumineuses	13	Bn Légumineuses(m3)			6403.64	5159.42	6248.55	7034.63	13805.65	16589.45	17869.05				0.07
		Kc		0.55	0.70	0.85	0.95	1.00	0.95	0.60					
		ETM(mm)		83.57	62.97	53.82	55.66	68.16	108.97	87.75					
		Bn(mm)		70.65	58.25	49.18	51.00	57.52	100.46	83.74					
		Bn(m3/ha)		706.52	582.54	491.85	509.95	575.21	1004.62	837.37					
Autres	65	Bn Autres(m3)		45923.72	37864.96	31970.05	33147.07	37388.35	65300.27	54429.33					0.31
Bn Totaux(Mm3)			0.81	1.04	0.75	0.56	0.54	0.60	1.02	1.29	1.46	1.16	1.36	1.14	11.73
B but Totaux(Mm3) efficience 60%			1.62	2.08	1.51	1.12	1.08	1.20	2.03	2.58	2.92	2.32	2.71	2.28	23.46
Commune d'Aït Ouallal															

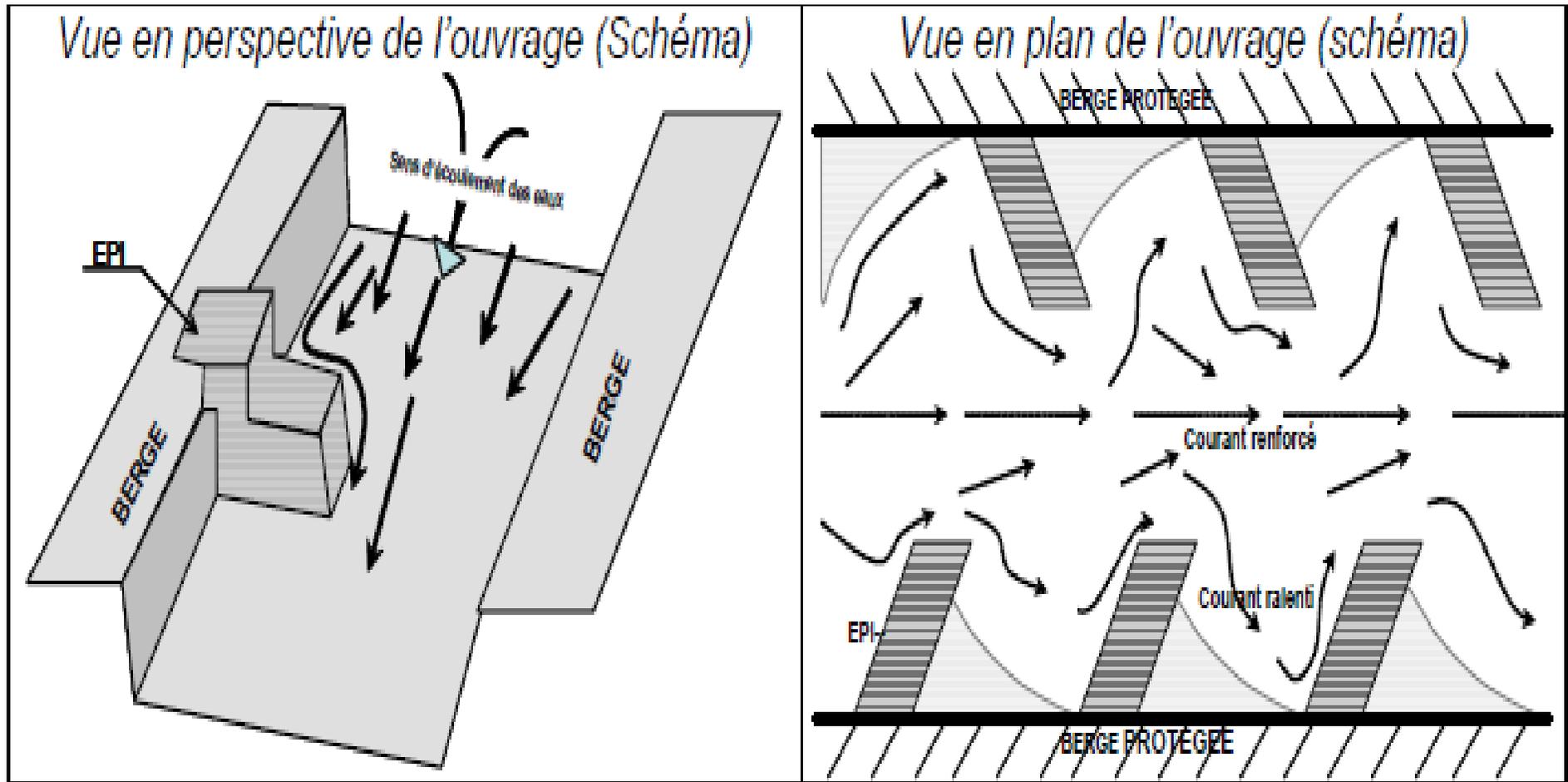
Cultures	Superficie															
Céréales	850	Kc		0.60	0.80	0.95	1.00	1.00	0.80	0.70	0.50					
		ETM(mm)		91.17	71.96	60.15	58.59	68.16	91.77	102.37	101.09					
		Bn(mm)		78.25	67.25	55.52	53.93	57.52	83.26	98.36	97.02					
		Bn(m3/ha)		782.50	672.49	555.16	539.25	575.21	832.56	983.62	970.17					
		Bn céréales (m3)		665121.64	571615.09	471885.40	458363.93	488924.58	707674.79	836077.08	824647.33					5.02
Arboricultures	170	Kc	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.70		
		ETM(mm)	138.55	101.81	59.37	41.15	37.50	44.99	78.00	102.37	143.55	186.55	220.85	189.37		
		Bn(mm)	131.69	88.89	54.66	36.52	32.83	34.35	69.49	98.36	139.48	183.87	218.65	184.35		
		Bn(m3/ha)	1316.89	888.86	546.56	365.22	328.31	343.46	694.91	983.62	1394.76	1838.71	2186.50	1843.46		
		Bn Arboricultures(m3)	223871.15	151106.91	92914.81	62087.80	55813.48	58388.12	118134.66	167215.42	237109.39	312581.37	371704.86	313387.52	2.16	
Luzerne	140	Kc	1.00	0.90	0.80	0.65	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05		
		ETM(mm)	203.76	136.76	71.96	41.15	35.16	51.12	97.50	146.25	222.40	297.96	337.41	284.05		
		Bn(mm)	196.89	123.84	67.25	36.52	30.49	40.48	88.99	142.24	218.33	295.28	335.21	279.03		
		Bn(m3/ha)	1968.91	1238.36	672.49	365.22	304.88	404.80	889.91	1422.36	2183.28	2952.81	3352.10	2790.28		
		Bn Luzerne(m3)	275647.31	173370.32	94148.37	51131.13	42682.80	56672.57	124587.71	199130.02	305659.39	413393.46	469293.43	390639.76	2.60	
Maraîchères	80	Kc					0.50	0.85	0.95	0.75						
		ETM(mm)					29.30	57.94	108.97	109.68						
		Ben(mm)					24.63	47.30	100.46	105.67						
		Bn(m3/ha)					246.28	472.96	1004.62	1056.74						
		Bn Maraîchage(m3)					19702.68	37837.17	80369.57	84539.44					0.22	
Légumineuses	60	Kc		0.60	0.70	0.90	0.95	1.00	0.90	0.70						
		ETM(mm)		53.97	44.32	52.73	64.75	114.71	131.62	141.53						
		Bn(mm)		49.26	39.69	48.07	54.11	106.20	127.61	137.45						
		Bn(m3/ha)		492.59	396.88	480.66	541.13	1061.97	1276.11	1374.54						
		Bn Légumineuses(m3)		29555.24	23812.71	28839.48	32467.51	63718.39	76566.69	82472.56					0.34	
Autres	100	Kc	0.55	0.70	0.85	0.95	1.00	0.95	0.60							

		ETM(mm)		83.57	62.97	53.82	55.66	68.16	108.97	87.75						
		Bn(mm)		70.65	58.25	49.18	51.00	57.52	100.46	83.74						
		Bn(m3/ha)		706.52	582.54	491.85	509.95	575.21	1004.62	837.37						
		Bn Autres(m3)		70651.88	58253.79	49184.70	50995.49	57520.54	100461.96	83737.44					0.47	
Bn Totaux(Mm3)			0.50	1.06	0.85	0.66	0.66	0.73	1.19	1.45	1.45	0.73	0.84	0.70	10.82	
B but Totaux(Mm3) efficience 60%			1.00	2.12	1.69	1.32	1.31	1.46	2.39	2.89	2.90	1.45	1.68	1.41	21.63	
Commune de Tazarine																
Cultures	Superficie															
Céréales	620	Kc		0.60	0.80	0.95	1.00	1.00	0.80	0.70	0.50					
		ETM(mm)		91.17	71.96	60.15	58.59	68.16	91.77	102.37	101.09					
		Bn(mm)		78.25	67.25	55.52	53.93	57.52	83.26	98.36	97.02					
		Bn(m3/ha)		782.50	672.49	555.16	539.25	575.21	832.56	983.62	970.17					
		Bn céréales (m3)		485147.55	416942.77	344198.76	334336.04	356627.34	516186.32	609844.46	601507.46					3.66
Arboricultures	497	Kc	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.70		
		ETM(mm)	138.55	101.81	59.37	41.15	37.50	44.99	78.00	102.37	143.55	186.55	220.85	189.37		
		Bn(mm)	131.69	88.89	54.66	36.52	32.83	34.35	69.49	98.36	139.48	183.87	218.65	184.35		
		Bn(m3/ha)	1316.89	888.86	546.56	365.22	328.31	343.46	694.91	983.62	1394.76	1838.71	2186.50	1843.46		
		Bn Arboricultures(m3)		654493.90	441765.50	271639.17	181515.51	163172.36	170699.40	345370.17	488859.19	693196.28	913840.82	1086690.08	916197.64	6.33
Luzerne	158	Kc	1.00	0.90	0.80	0.65	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05		
		ETM (mm)	203.76	136.76	71.96	41.15	35.16	51.12	97.50	146.25	222.40	297.96	337.41	284.05		
		Bn(mm)	196.89	123.84	67.25	36.52	30.49	40.48	88.99	142.24	218.33	295.28	335.21	279.03		
		Bn(m3/ha)	1968.91	1238.36	672.49	365.22	304.88	404.80	889.91	1422.36	2183.28	2952.81	3352.10	2790.28		
		Bn Luzerne (m3)		311087.68	195660.79	106253.16	57705.13	48170.59	63959.04	140606.13	224732.45	344958.45	466544.05	529631.16	440864.88	2.93
Maraîchères	20	Kc					0.50	0.85	0.95	0.75						
		ETM(mm)					29.30	57.94	108.97	109.68						
		Ben(mm)					24.63	47.30	100.46	105.67						

		Bn(m3/ha)					246.28	472.96	1004.62	1056.74					
		Bn Maraîchage (m3)					4925.67	9459.29	20092.39	21134.86					0.06
Légumineuses	21	Kc		0.60	0.70	0.90	0.95	1.00	0.90	0.70					
		ETM(mm)		53.97	44.32	52.73	64.75	114.71	131.62	141.53					
		Bn(mm)		49.26	39.69	48.07	54.11	106.20	127.61	137.45					
		Bn(m3/ha)		492.59	396.88	480.66	541.13	1061.97	1276.11	1374.54					
		Bn Légumineuses(m3)		10344.34	8334.45	10093.82	11363.63	22301.44	26798.34	28865.40					
Autres	50	Kc		0.55	0.70	0.85	0.95	1.00	0.95	0.60					
		ETM(mm)		83.57	62.97	53.82	55.66	68.16	108.97	87.75					
		Bn(mm)		70.65	58.25	49.18	51.00	57.52	100.46	83.74					
		Bn(m3/ha)		706.52	582.54	491.85	509.95	575.21	1004.62	837.37					
		Bn Autres (m3)		35325.94	29126.89	24592.35	25497.74	28760.27	50230.98	41868.72					
Bn Totaux(Mm3)			0.97	1.16	0.83	0.62	0.59	0.64	1.09	1.41	1.67	1.38	1.62	1.36	13.33
B but Totaux(Mm3) efficience 60%			1.93	2.32	1.67	1.23	1.17	1.28	2.19	2.83	3.34	2.76	3.23	2.71	26.66
Commune de Taghbalt															
Cultures	Superficie														
Céréales	5250	Kc		0.60	0.80	0.95	1.00	1.00	0.80	0.70	0.50				
		ETM (mm)		91.17	71.96	60.15	58.59	68.16	91.77	102.37	101.09				
		Bn(mm)		78.25	67.25	55.52	53.93	57.52	83.26	98.36	97.02				
		Bn(m3/ha)		782.50	672.49	555.16	539.25	575.21	832.56	983.62	970.17				
		Bn céréales (m3)		4108104.3	3530563.8	2914586.3	2831071.3	3019828.3	4370932.5	5164005.5	5093410.0				
Arboricultures	250	Kc	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.70	
		ETM (mm)	138.55	101.81	59.37	41.15	37.50	44.99	78.00	102.37	143.55	186.55	220.85	189.37	
		Bn(mm)	131.69	88.89	54.66	36.52	32.83	34.35	69.49	98.36	139.48	183.87	218.65	184.35	
		Bn(m3/ha)	1316.89	888.86	546.56	365.22	328.31	343.46	694.91	983.62	1394.76	1838.71	2186.50	1843.46	
		Bn Arboricultures (m3)		329222.3	222216.0	136639.4	91305.6	82078.7	85864.9	173727.4	245905.0	348690.3	459678.5	546624.8	460864.0
Maraîchères	215	Kc					0.50	0.85	0.95	0.75					

		ETM(mm)					29.30	57.94	108.97	109.68					
		Ben(mm)					24.63	47.30	100.46	105.67					
		Bn(m3/ha)					246.28	472.96	1004.62	1056.74					
		Bn Maraîchage (m3)					52950.96	101687.38	215993.21	227199.74					0.60
		Kc		0.55	0.70	0.85	0.95	1.00	0.95	0.60					
		ETM (mm)		83.57	62.97	53.82	55.66	68.16	108.97	87.75					
		Bn(mm)		70.65	58.25	49.18	51.00	57.52	100.46	83.74					
		Bn(m3/ha)		706.52	582.54	491.85	509.95	575.21	1004.62	837.37					
Autres	829	Bn Autres (m3)		585704.10	482923.90	407741.14	422752.59	476845.27	832829.62	694183.35					3.90
Bn Totaux(Mm3)			0.33	4.92	4.15	3.41	3.39	3.68	5.59	6.33	5.44	0.46	0.55	0.46	38.72
B brut Totaux(Mm3) efficience 60%			0.55	8.19	6.92	5.69	5.65	6.14	9.32	10.55	9.07	0.77	0.91	0.77	64.53
Bn Totaux Zone d'étude(Mm3)			2.60	8.17	6.58	5.25	5.17	5.65	8.90	10.48	10.02	3.73	4.36	3.66	74.59
B brut Totaux zone d'étude(Mm3) efficience 60%			5.10	14.71	11.79	9.36	9.22	10.08	15.94	18.86	18.22	7.30	8.54	7.17	136.28

Annexe 16: Epi de protection des berges des cours d'eau



Source: MINISTERE DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE DU NIGER, 2005