

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
« ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT DE SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN
HYDRAULIQUE

Spécialité : Conception des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME

CONTRIBUTION A LA RECHARGE ARTIFICIELLE
DE LA NAPPE DE LA MITIDJA CENTRE

Présenté par :
M^{elle} REZIG SOUHILA

Promoteur:
M^r O. RAISSI

Devant le jury composé de :

Président : M^r T.KHETTAL

Examineurs : M^{me} L. BAHBOUH



M^{me} S. LEULMI

M^r M. DJELLAB

M^{me} D. HADJ BACHIR




Octobre 2010

Remerciements

 Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions. 

J'aimerais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter mon promoteur Mr : Raissi Omar

Mes remerciements également :

-  ❖ A Mon très cher parent qui m'ont permis de poursuivre mes études 
- ❖ A toute ma famille 
- ❖ A tous les enseignant qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au cycle universitaire
- ❖ Au corps d'enseignant ; les étudiants et l'administration de l'ENSH
- ❖ Aux membres de jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail
- ❖ A Tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail ;

souhila
octobre 2010

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime mais surtout :

A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon Chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez

A ma grande mère Mama Hadhria

A mes frères : Hamza et mon petit bien aimé Samir

A tous mes ancres et mes tantes

A mes cousins et cousines

A mes copines de chambre Sarah ; Amina ; Fatiha Hadjer ; Imene et a SALMA

A mes copines Nachida ; Hadjer et Sarah

A tous les enseignants de l'ENSH qui m'ont accompagné durant mes études

A tous mes collègues de L'ENSH surtout la promotion 2010.

A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.

souhila
octobre 2010

ملخص:

إن مساهمتنا في إعادة الشحن الاصطناعية للمركز من المياه الجوفية لحمام ملوان تطلب بحث بيبليوغرافي و النتائج المتحصل عليها جلبت تحجيم قناة المياه من اجل شحن حوض التغذية B1.

RÉSUMÉ :

Notre contribution dans le projet de la recharge artificielle à partir des eaux de Hammam Melouane a consisté à une recherche bibliographique et les résultats obtenus de même un dimensionnement d'un canal d'amenée d'eau a été réalisé pour la recharge du bassin B₁.

ABSTRACT :

Our contribution in the proposed artificial recharge of the aquifer Mitidja center from water Hammem Melouane consisted of a literature and results obtained. Same sizing of canal brought water was realized for the recharge basin B₁.

SOMMAIRE

CHAPITRE I :

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA PLAINNE DE LA MITIDJA

I-1 situation géographique de la plaine de la Mitidja	1
I-2 situation géographique de la zone d'étude.....	1

CHAPITRE II :

ETUDE DU MILIEU

II.1 Climatologie	5
I.1.1 a pluviométrie.....	6
II.1.2 la température.....	7
II.1.3 les vents.....	9
II.1.4 l'insolation.....	10
II.1.5 l'humidité relative.....	10
II.1.6 la nébulosité.....	11
II.1.7 la classification du climat.....	12
II.1.7.1 classification du climat selon l'indice du DEMARTON.....	12
II.1.7.2 classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER.....	13
II.2 géomorphologie.....	16
II.2.1 le sahel.....	16
II.2.2 la plaine de la Mitidja.....	16

II.2.3 l'atlas.....	17
II.3 hydrogéologie.....	18
II.4 géophysique	19
II.5 géologie.....	24
II.6 hydro climatologie.....	28

CHAPITRE III

LA RECHARGE DES NAPPES SOUTERRAINES

Introduction.....	30
III.1 définition de la recharge des nappes souterraines.....	30
III.2 types de recharge.....	31
III.2.1 recharge naturelle des nappes d'eau souterraine	31
III.2.1.1 la recharge directe.....	31
III.2.1.2 la recharge indirecte.....	33
III.2.1.3 la drainance.....	34
III.2.1.4 alimentation diverse.....	34
III.2.2 recharge artificielle des aquifères.....	34
III.2.2.1 définition.....	35
III.2.2.2 objectifs de la recharge artificielle des nappes	35
III.2.2.3 inconvénients de la recharge artificielle des nappes	37
III.2.2.4 facteurs de recharge.....	38
III.2.2.4.1 facteurs hydrologiques	38
III.2.2.4.2 facteurs topographiques	39
III.2.2.4.3 facteurs pédologiques	39

III.2.2.4.4 facteurs géologiques et hydrogéologiques	40
III.2.2.5 moyens de recharge artificielle des nappes	42
III.2.2.5.1 recharge directe depuis la surface.....	42
III.2.2.5.2 recharge directe de subsurface.....	42
III.2.2.6 le choix de différents moyens utilisés pour la recharge artificielle des nappes.....	43
III.2.2.6.1 recharge directe depuis la surface.....	43
III.2.2.6.2 recharge directe depuis subsurface.....	43
III.2.2.7 description de quelques méthodes de recharge artificielle.....	43
III.2.2.7.1 recharge par injection directe dans les forages ou les puits pour atteindre la nappe	43
III.2.2.7.2 recharge depuis la surface par infiltration des eaux à travers les filtres naturels du sol.....	44
III.2.2.7.3 recharge depuis la surface en utilisation des eaux usées pour la réalimentation	44
III.2.2.7.4 recharge depuis la surface par l'aménagement des cours d'eaux...	45
III.3 méthodes d'estimation de la recharge des nappes	47
III.3.1 méthode du bilan hydrologique	47
III.3.2 techniques géochimiques	49
III.3.2.1 techniques des isotopes radioactifs.....	49
III.3.2.2 l'estimation de la recharge en utilisant le bilan de masse du chlorure..	50
III.3.2.3 techniques des isotopes stables.....	50
III.3.2.4 comparaison entre les trois méthodes géochimiques.....	51
III.3.3 méthode hydrodynamique.....	51
III.3.4 l'estimation de la recharge par des méthodes numériques.....	51
conclusion	52

CHAPITRE IV
LA RECHARGE ARTIFICIELLES DANS LE MONDE

Introduction.....	53
IV.1 la recharge artificielle en Espagne	54
IV.1.1 faits et chiffres des eaux souterraines en Espagne	55
IV.1.2 gestion des eaux souterraines en Espagne	57
IV.1.3 implication de la directive cadre européenne sur l'eau	58
IV.2 la recharge artificielle en Tunisie	60
IV.3 généralité sur la recharge artificielle de la nappe de la Mitidja.....	66
IV.3.1 objet de l'étude	66
IV.3.2 objectif général.....	66
IV.3.3 description du site	68
IV.4 système de recharge existant dans la région centre	69
IV.4.1 système Legros.....	71
IV.4.2 système de retenue en big-bag.....	72
IV.4.3 système ANRH.....	78
IV.4.4 système paysans –DHW.....	81
IV.5 conclusion	87
IV.6 description du projet	89
IV.7 évaluation du cout du projet.....	90
IV.8 besoins matériels et personnels.....	91

CHAPITRE V :
EXPLOITATION DE LA NAPPE DE LA MITIDJA

Introduction	93
V.1 Exploitation de la nappe.....	94
V.2 problème de pollution	96
V.3 intervenant dans la gestion de la ressource.....	96
V.3.1 rôles de l'ANRH.....	96
V.3.2 rôles de la DHW.....	101
V.3.3 rôles de l'ADE.....	101
V.4 mode de gestion de la ressource.....	102
V.4.1 avantage de ce type de gestion	102
V.4.2 fonctionnement.....	102
Conclusion.....	103

CHAPITRE VI
DIMENSIONNEMENT DU CANAL

Introduction	104
Calcul hydraulique.....	104
VI.1 les conditions de l'écoulement uniforme.....	104
VI.2 la formule principale de calcul.....	104
VI.3 détermination de coefficient de Chezy.....	105
a) Formule de PAVLOSKY.....	105
b) Formule d'AGROSKINE.....	106
c) Formule de MANING-STRICKLER.....	106

VI.4 application	107
VI.5 calcul de la ligne d'eau.....	111
VI.5.1 équation de la surface libre de la ligne d'eau.....	111
Conclusion	116

LISTE DES TABLAUX

Tableau II .1 pluies mensuelles et annuelles dans les deux stations de Béni-tamou et Soma...	6
Tableau II.2 température mensuelles et annuelles dans les deux stations de Béni-tamou et Soma...	7
Tableau II.3 vitesse des vents dans la station de Béni-tamou.....	9
Tableau II.4 insolation moyenne mensuelle et annuelle dans la station de Béni-tamou.....	10
Tableau II.5 humidité relative moyenne mensuelle et annuelle de la station de Béni-tamou.....	11
Tableau II.6 classification du climat selon DEMARTON.....	12
Tableau II.7 résultats du bilan hydrologique (1971-2004).....	29
Tableau V.1 tableau récapitulatif de l'inventaire et des débits extraits réalisés en 1997 dans la plaine de la Mitidja.....	94
Tableau VI.1 paramètres géométriques d'un canal à section circulaire.....	107

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 la situation de la plaine de la Mitidja et ses sous bassins versants ...	2
Figure I.2 délimitation de la plaine de la Mitidja	3
Figure I .3 situation géographique de la zone d'étude.....	4
Figure II.1 carte pluviométrique de la plaine de la Mitidja.....	5
Figure II.2 climogramme pluviométrique de GAUSSEN de la station de Bénitamou	8
Figure II.3 diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	15
Figure II.4 carte krigée des transmissivités.....	18
Figure II.5 carte piézométrique de la nappe de la Mitidja.....	19
Figure II.6 carte piézométrique de la Mitidja centre	20
Figure II.7 carte des résistances transversales	22
Figure II.8 coupe géo électrique de la Mitidja centre	23
Figure II.9 carte géologique de la Mitidja	24
Figure II.10 coupe géologique au niveau de al Mitidja	25
Figure II.11 carte des faciès chimique de la nappe alluviale de la Mitidja ...	27
Figure III.1 rôles des pluies efficaces dans la distribution au sol et dans le sol.....	33
Figure III.2 recharge depuis la surface par l'aménagement des cours d'eaux	46

Figure IV.1 les nappes surexploitées en Tunisie	64
Figure IV.2 les nappes surexploitées et les nappes recharger en Tunisie	65
Figure IV.3 différents systèmes de recharge existant dans la plaine de la Mitidja.....	71
Figure IV.4 bassins d'infiltration du système Legros	73
Figure IV.5 entrée d'eau dans un bassin	74
Figure IV.6 coupe schématique de la retenue	75
Figure IV.7 vue de la retenue en big-bag sur l'oued El_ Harrach.....	76
Figure IV.8 vue en amont de la retenue en big-bag	77
Figure IV.9 vue des bassins d'infiltration du système ANRH	78
Figure IV.10 bassin de décantation du système ANRH avec une vue d'une partie du bassin versant	79
Figure IV.11 projet pilot de recharge de la nappe de la nappe de la Mitidja en amont de l'oued El Harrach.....	80
Figure IV.12 vue du bassin 1.....	83
Figure IV.13 vue de l'entrée du bassin 1 et son étendue.....	84
Figure IV.14 vue du bassin 2.....	85
Figure IV.15 recharge de la nappe dans un puits.....	88
Figure V.1 carte piézométrique de la nappe côtière de la baie d'Alger.....	95
Figure V.2 photo du projet des bassins d'infiltration au bord de l'oued El Harrach.....	97
Figure V.3 bassin de décantation et préparation des conduites 1.2.3 vers les bassins d'infiltration	98
Figure V.4 retenue en big-bag	99
Figure V.5 des retenue ne big-bag.....	100

Figure VI.1 diagramme de changement de debitance en fonction du rayon...	111
Figure VI.2 dimensionnement du canal d'amenée d'eau.....	113
Figure VI.3 dimmensionnement du canal d'amenée d'eau	114
Figure VI.4 H_s en fonction de Y à Q.....	115

Introduction générale

Notre travail porte sur la recharge artificielle au niveau de la nappe de la Mitidja Centre entre Bouinane et Bouguarra. En effet, la nappe de la Mitidja se trouve dans un état de surexploitation de ces eaux car elle est très sollicitée par, à la fois l'irrigation et au même temps l'AEP.

Notre contribution consiste à évaluer toutes les tentatives de la recharge artificielle au niveau de la zone d'étude, et bien sûr de réaliser des recommandations pour le rétablissement de la nappe de la Mitidja aussi que lutte contre l'invasion marine.

La zone affectée par l'invasion marine se trouve dans la Mitidja à l'est d'Alger matérialisée sur le terrain par l'étendue de la baie d'Alger

En effet, cette invasion marine est l'évolution de l'interface eau salée / eau douce, au cours du temps a été mise en évidence à des études géophysiques, piézométriques et chimiques, dans la zone côtière à l'est d'Alger, entre Bordj-el Bahri et Bordj-el Kiffan .

Cette invasion a été accélérée par :

- La multiplication anarchiques des captages (puits et fourrages) et le pompage intensif en période d'irrigation, ce qui a entraîné une surexploitation de la nappe et par conséquent l'avancée de l'interface eau salée / eau douce.

- L'exploitation anarchique des sables au niveau des plages

- la sécheresse qui a sévit durant ces dernières années

La seule solution connue pour lutter contre l'invasion marine est la recharge artificielle en amont de l'interface. Pour effectuer cette opération, il faut trouver la ressource en eau nécessaire, pour cela des dispositifs ont été installés comme les bassins d'infiltrations à des fins de recharge de la nappe. D'autre part, un autre projet de la recharge à partir des eaux usées épurées de la STEP de Berraki et en cours d'élaboration.

Chapitre I : Situation géographique de la plaine de la De la Mitidja :

I-1 Situation géographique de la plaine de la Mitidja et de la zone d'étude :

La plaine de la Mitidja est située juste au Sud d'Alger, Elle s'étend sur les territoires ; Wilaya d'Alger, Boumerdès, Tipaza et Blida. D'une orientation WSW – ENE et d'une altitude moyenne de 100 m, elle s'étend sur une superficie de 1300km² depuis l'oued Boudouaou à l'Est jusqu'au bassin de Menacer à l'Ouest, sur une longueur de 100 km avec une largeur qui varie de 8 à 18 km, elle est limitée :

- Au Sud par les piémont de l'Atlas.
- Au Nord par la ride du Sahel.

Elle est formée de la juxtaposition de sous bassins versants (Fig : 01) se regroupant en quatre ensembles, drainés du Sud au Nord par le réseau hydrographique. Ces principaux bassins sont :

- Bassin occidental (O. Nador).
- Bassin du Mazafran.
- Bassin d'El Harrach.
- Bassin oriental (O. Hamiz et O. Réghaia).

Elle est située entre les longitudes 2° 32'00 à 3°19'00 et les latitudes 36°24'17 à 36°47'40

I-2 Situation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude est située à environ 30 km à l'Est Nord du chef lieu de la wilaya de Blida elle est limitée :

- Au Nord par la route nationale n° 29 (Rn 29) qui relie Boufarik et Chebli
- A l'Est par la commune de Bouinane

- Au Sud, par l'Atlas Blidien
- A l'Ouest par la commune de Somaa

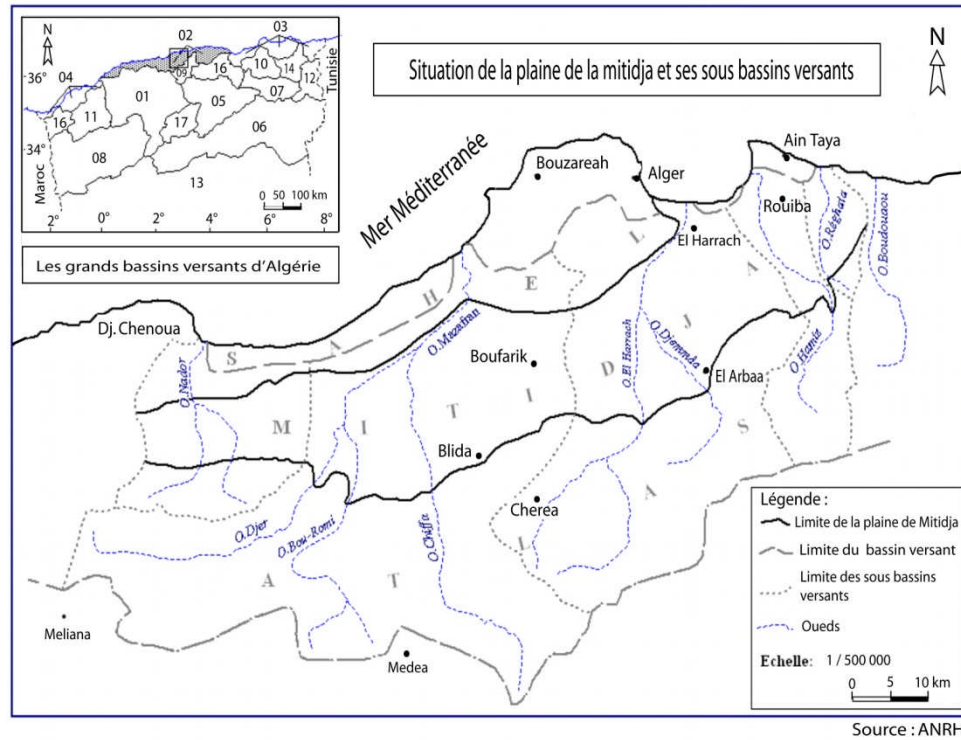


Fig n° I-1 : situation de la plaine de la Mitidja et ses sous bassins versants



Fig n° I-2 delimitation de la nappe de la Mitidja



Fig n° I-3 Situation géographique de la zone d'étude

Chapitre II : Etude du milieu

II-1- Climatologie :

La plaine de la Mitidja est soumise a un climat régional subhumide littoral caractérisant l'ensemble des plaines côtières. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le climat devient de plus en plus continental et l'on enregistre une baisse sensible de température

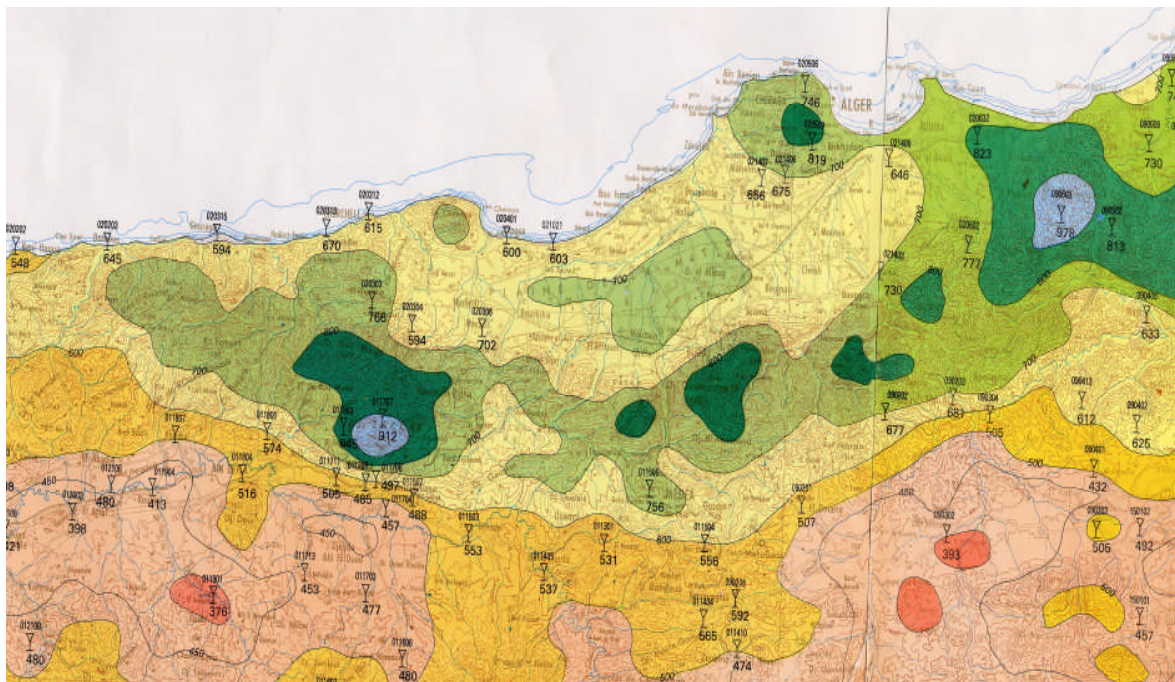


Fig n° II-1 Carte pluviométrique de la plaine de la Mitidja

II-1-1- Pluviométrie :

La pluviométrie moyenne ramène a la période 1922/1960- 1969/1989 dans la plaine varie de 600- 700 mm ; concentrée sur une période pluvieuse d'Octobre à Février les précipitations moyenne interannuelles sont régulièrement reparties.

Le suivi de l'évolution interannuelle des pluies entre 1970-19799 a mis en évidence une phase très humide (1970-1976) ou on l'enregistré 1106 mm à la station de Blida (1975-1976) et une phase relativement sèche avec une baisse régulière des précipitations durant les deux dernières décennies

Pour représenter notre région d'étude sur le plan climatique, nous avons pris deux stations qui reflètent l'état général de la région.

mois stations	j	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Béni tamou	88,2	83,38	71,88	63,56	44,04	9,05	2,36	3,05	30,2	64,67	91,67	89,78	642
somaa	99.5	63.7	58.9	60	64.42	2.40	2.96	6.32	30.2	57.5	121.5	106.02	673.27

Tableau n°II-1 : Pluies mensuelles et annuelles dans deux stations de Beni-Tamou et somaa (source : ANRH- Peride 1996-2008)

A Beni-Tamou et Soumâa, les précipitations annuelles sont évaluées à 642mm alors que dans la station de somaa on enregistre une pluviométrie plus importante de 673.27 mm . Les pluies commencent à partir de Septembre et deviennent insignifiante dès le mois de Juillet. Cependant, on enregistre durant la période hivernale, des valeurs mensuelles supérieur à 30 mm pouvant atteindre 90 mm à 120 mm (mois de novembre).

II-1-2- La température :

Les températures moyennes des deux stations à savoir Beni Tamou et Soumâa de la région d'étude sont présentées dans le tableau suivant :

mois stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Beni Tamou	11.3	12.2	16.7	15.9	19.5	23.2	26.3	27	24.7	19.9	15.7	12.8	18.65
Soumâa	12.38	13.28	15.16	17.14	20	25.26	25.32	29	25.38	22.2	16.64	12.5	19.56

Tableau n°II-2 : Températures mensuelles et annuelles dans la station de Beni-Tamou et Soumâa (source : ANRH- Période : 1993-2003)

L'eau contenue dans les tensiomètres ne doit pas gelée. Ce risque n'est pas encouru. La température moyenne de l'air varie de 11,33°C à 27,5°C au mois d'Août ce qui correspond à un climat relativement frais

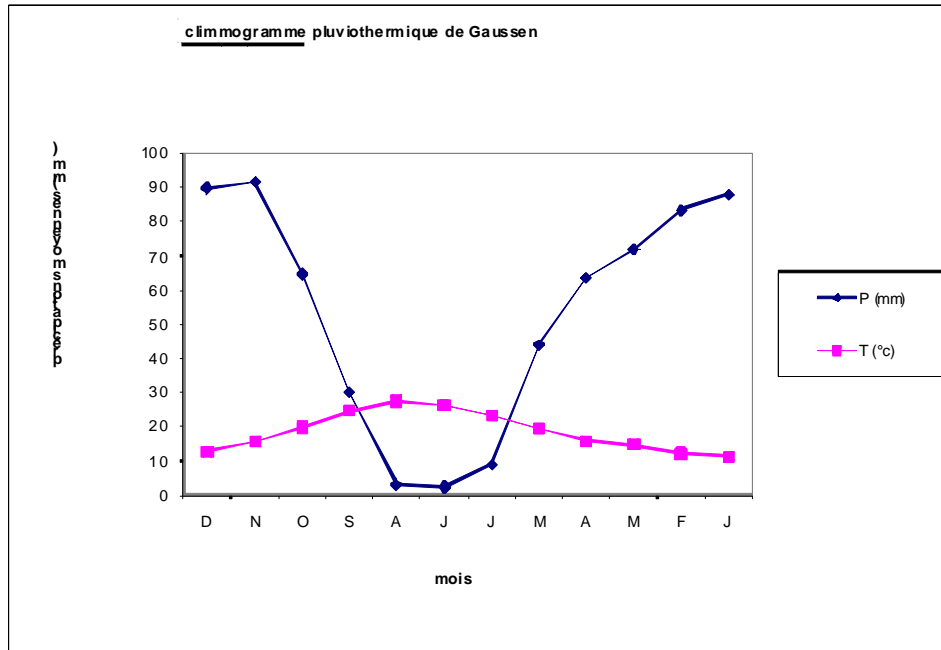


Fig. n°II-2: Climogramme pluviométrique de Gausson de la station de Beni-tamou

Ce diagramme nous indique que la période sèche se situe entre Mai à Juillet. Les valeurs extrêmes des précipitations sont obtenues entre Octobre à Février.

II-1-3- Les vents :

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat. On relève que les vents sont fréquents durant toute l'année à des vitesses relativement faibles.

mois	j	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
Vm/s	3,0	3,1	2,9	3,1	2,8	3,0	3,2	3,1	2,5	2,3	2,5	3,7	2,9

Tableau n°II-3 : Vitesse des vents dans la station de Beni Tamou
(Source : ONM 2007)

Les vents peuvent porter préjudice aux tensiomètres implantés à la parcelle. La vitesse des vents doit être prise en compte pour déterminer la partie émergente des appareils de mesure. D'autre part, les vents peuvent être un vecteur de propagation des particules solides organiques infectés sur d'autres parcelles et ainsi favoriser des contaminations sur d'autres espaces.

II-1-4- L'insolation :

Les données sur l'insolation dans la station de Beni-Tamou (source : ONM) sont présentées dans le tableau suivant :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Moyenne (h)	4,43	6,00	7,09	7,65	9,66	10,12	11,29	10,58	9,29	7,07	5,32	4,09	7,7

Tableau n °II-4 : Insolation moyenne mensuelle et annuelle dans la station de Beni Tamou (Source : ONM2009)

II-1-5- L'humidité relative :

L'humidité relative ou état hygrométrique indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation ; C'est à la valeur de l'humidité relative que correspond la sensation de l'humidité ou de sécheresse de l'air. Dans les stations de l'intérieur, la tension de vapeur est partout plus faible que sur le littoral. L'humidité relative est le rapport exprimé en % de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la température T.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Hr (%)	74	70	71	66	65	61	60	87	66	69	71	73	67

Tableau N°18 : Humidité relative moyenne mensuelle et annuelle dans la station de Beni Tamou (Source : ONM 2009)

L'humidité relative moyenne est de 67 %

II-1-6- Nébulosité :

Les données sur la nébulosité sont présentées dans le tableau suivant.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Valeur	4,7	4,3	4,5	4,6	3,5	3,0	2,1	2,4	3,1	4,0	4,7	4,5	3,8

Tableau°II-5 : Humidité relative moyenne mensuelle et annuelle dans la station de Beni Tamou (Source : ONM 2009)

II-1-7 Classification du climat :

II-1-7-1– Classification du climat selon l'indice de DEMARTON :

L'indice d'aridité de DEMARTON est un paramètre qui permet la classification du climat afin de nous renseigner sur l'indisponibilité de l'eau pour différents usages.

L'indice d'aridité est donné par l'expression :

$$I_A = \frac{p}{T+10}$$

Avec :

I : indice de DEMARTON

P : précipitation annuelle moyenne de la région en mm/an

T : température moyenne annuelle en °c

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
I < 5	Désertique	Indispensable
5 < I < 10	Très sec	Indispensable
10 < I < 20	Sec	Souvent indispensable
20 < I < 30	Relativement humide	Parfois utile
I > 30	Humide	Inutile

Tableau n°II-6 : Classification du climat selon de DEMARTON

Pour :

$$P = 642 \text{ mm/an}$$

$$T = 18,65^\circ\text{c}$$

On aura:

$$I = \frac{642}{18,65 + 10} \approx 22$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime de climat relativement humide.

II-1-7-2 : Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER qui nous renseigne sur le type de climat, ainsi que la nature d'hiver dominant d'une région. Pour cela, nous avons calculé par l'expression suivante :

Le coefficient d'EMBERGER que nous avons projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{1000 * P}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}}$$

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°)

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°)

Pour : P = 642mm

M = 27

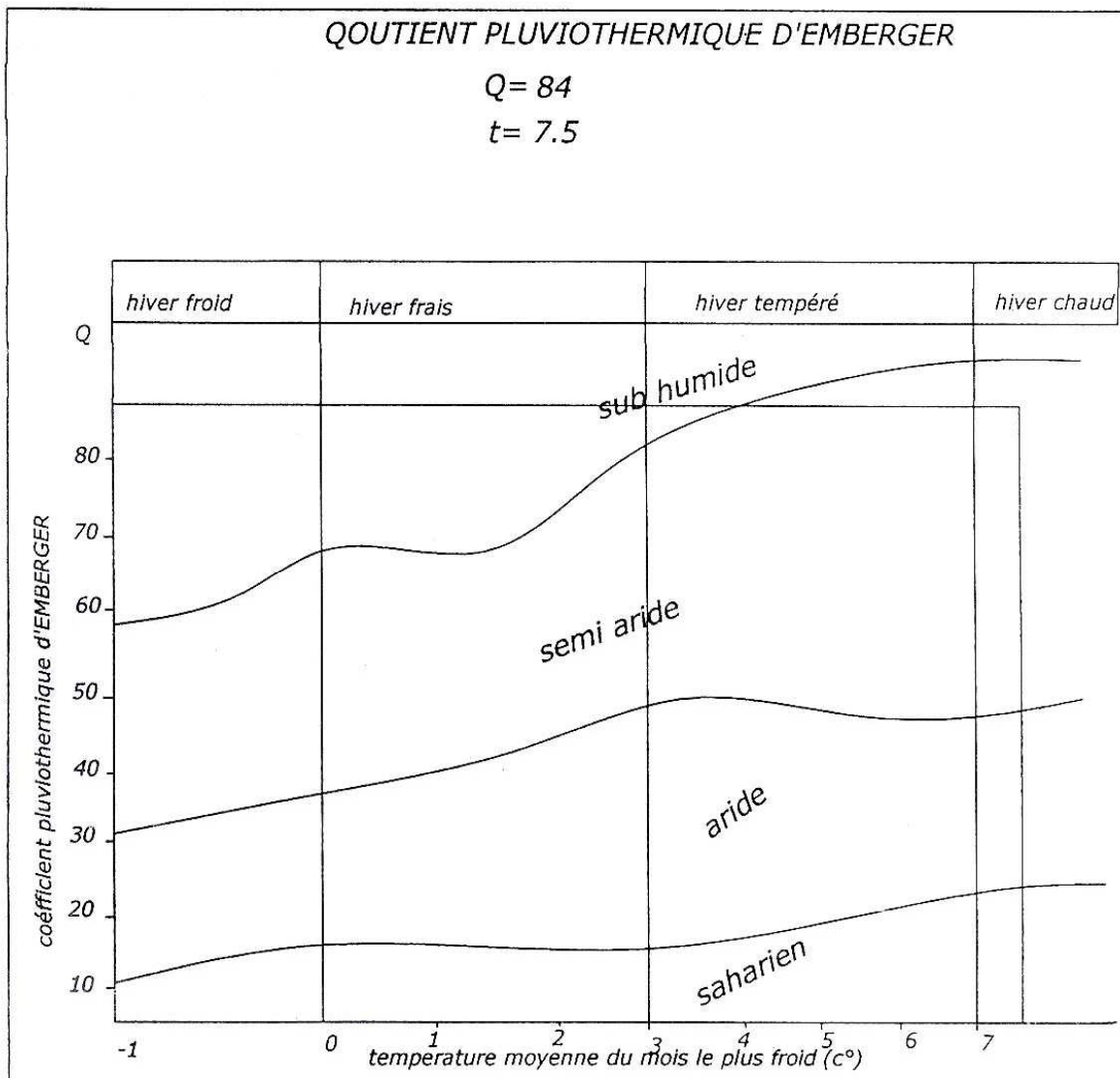
m = 11.3

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 642}{(33,6 + 273) - (7,5 + 273)} \approx 84$$

D'après le diagramme bioclimatique, le périmètre de Beni-Tamou jouit d'un climat subhumide est caractérisé par des hivers chaud.

Ces renseignements complètent celles obtenus précédemment.



II-2- Géomorphologie :

Du nord au sud de la région de la Mitidja ; on peut définir trois unités géographiques.

II-2-1 le sahel :

Il correspond a un ensemble de collines, formant la limite nord de la Mitidja ou l'altitude moyenne est de 200 mètres. La pente moyenne est de 4.5° qui n'est très abrupte pour empêcher toutes les infiltrations.

II-2-2 la plaine de la Mitidja :

Au sud du sahel , s'étend la plaine de la Mitidja d'une superficie de 1300 km² orientée WSW- ENE . Elle est limitée par l'Atlas Blideen au sud, son altitude moyenne varie de 50 à 100 mètres. la pente dans la plaine tend vers zéro, ce qui favorise l'infiltration la ou les conditions géologiques le permettent.

La plaine de la Mitidja est traversée par plusieurs oueds qui coulent généralement du sud vers le nord. Il s'agit principalement d'Ouest en Est de :

-l'oued djer qui se trouve à l'ouest du chef lieu de la daïra d'el affroun et à l'extrémité de la wilaya de Blida

-l'oued chiffa qui est localisé au bord de la ville du meme nom et à l'extrémité ouest de la ville de Blida.

-l'oued bouroumi qui est situé à l'est de la ville d'el affroun

Ces trois oueds forment en aval de la plaine l'oued Mazafran qui se jette dans la mer méditerranée

- L'oued el Harrach qui se trouve à l'ouest de la ville de Bouguarra qui se jette dans la mer méditerranée après la traversée de la localité d'el Harrach.

-l'oued Djemaa qui est situe a la périphérie ouest de la ville de l'Arba et rejoint l'oued el Harrach près de la ville de Baraki.

L'oued hamiz qui se trouve à l'extrême de la Mitidja et qui se jette à la mer près de Rouïba.

Les oueds mentionnés ci-dessus sont en grande partie en liaison hydraulique avec la nappe de la Mitidja puisque leurs eaux peuvent s'infiltrer ou inversement drainer la nappe.

II-2-3 L'atlas :

La chaîne de l'atlas forme sur 30km environ une barrière continue ou l'altitude moyenne est de 1400 mètres, certains sommets peuvent atteindre 1600 mètres . Les reliefs y sont escarpés et oueds très encaissés. La pente atteint par endroits 30 ce qui favorise surtout l'écoulement superficiel.

En outre la plaine de al Mitidja est répartie entre trois sous bassins versant (bassin versant des oueds Mazafran , El Harrach et El Hamiz) qui appartiennent en totalité au grand bassin versant des côtiers algérois, codé 02.

Par conséquent les exutoires des eaux superficielles qui traversent la plaine sont situés à l'aval de trois oueds, en bordure de la mer méditerranée ou les eaux se jettent.

II-3 Hydrogéologie :

L'objectif de cette étude hydrogéologique est d'identifier et d'écrire les unités géologiques ayant une importance du point de vue ressources en eau souterraine dans la plaine de la Mitidja.

En effet, cette dernière (plaine de la Mitidja) comporte deux principaux aquifères :

- Celui de l'Astien (calcaire gréseux) se trouve en charge sous la formation d'El Harrach ; ses caractéristiques hydrodynamiques sont mal connues.
- L'aquifère de la Mitidja, contient une nappe libre, sauf dans le bas du Mazafran où elle est captive, les transmissivités sont importantes (Fig II-3) surtout dans la partie Est ($1 \text{ à } 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) ; les valeurs du coefficient d'emmagasinement varient de 6 à 7 %

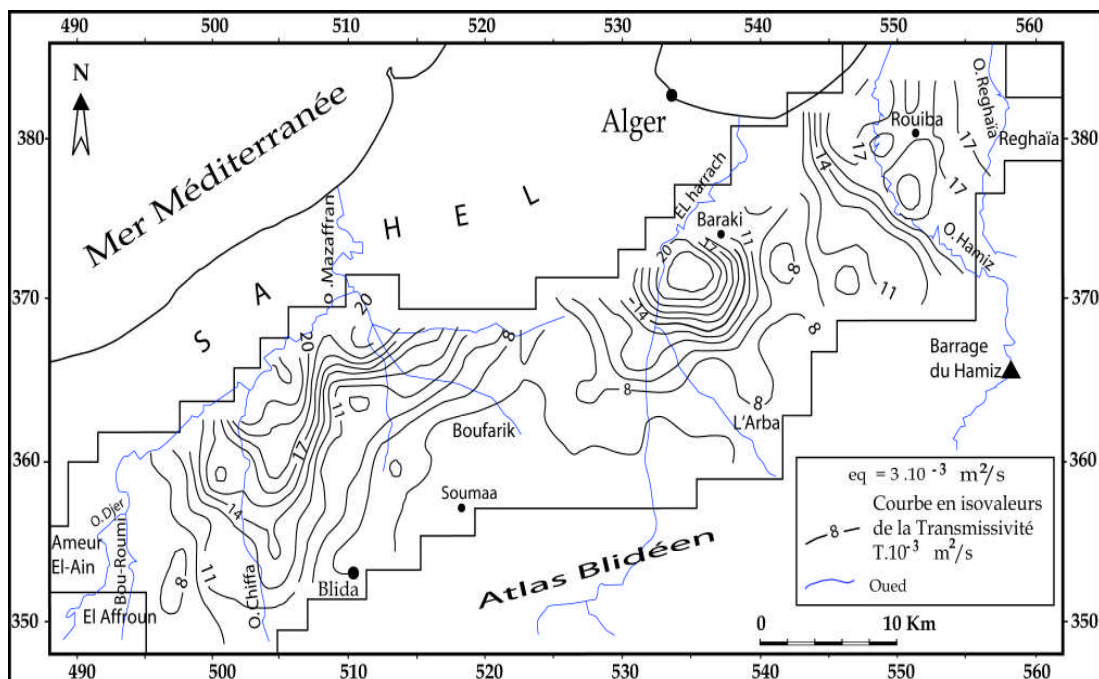


Fig n° II- 4 :Carte des Transmissivités de la nappe alluviale de la Mitidja

alluvial du Sud vers le Nord, avec des zones d'apports dans les bordures Sud de la plaine (Atlas) et le long du Sahel. On a deux exutoires l'un l'Ouest (Cluse du Mazafran) et l'autre à l'Est (baie d'Alger), au niveau de ce dernier ; il a un inversement du sens d'écoulement du continent vers la mer (ce point est bien développé dans le dernier

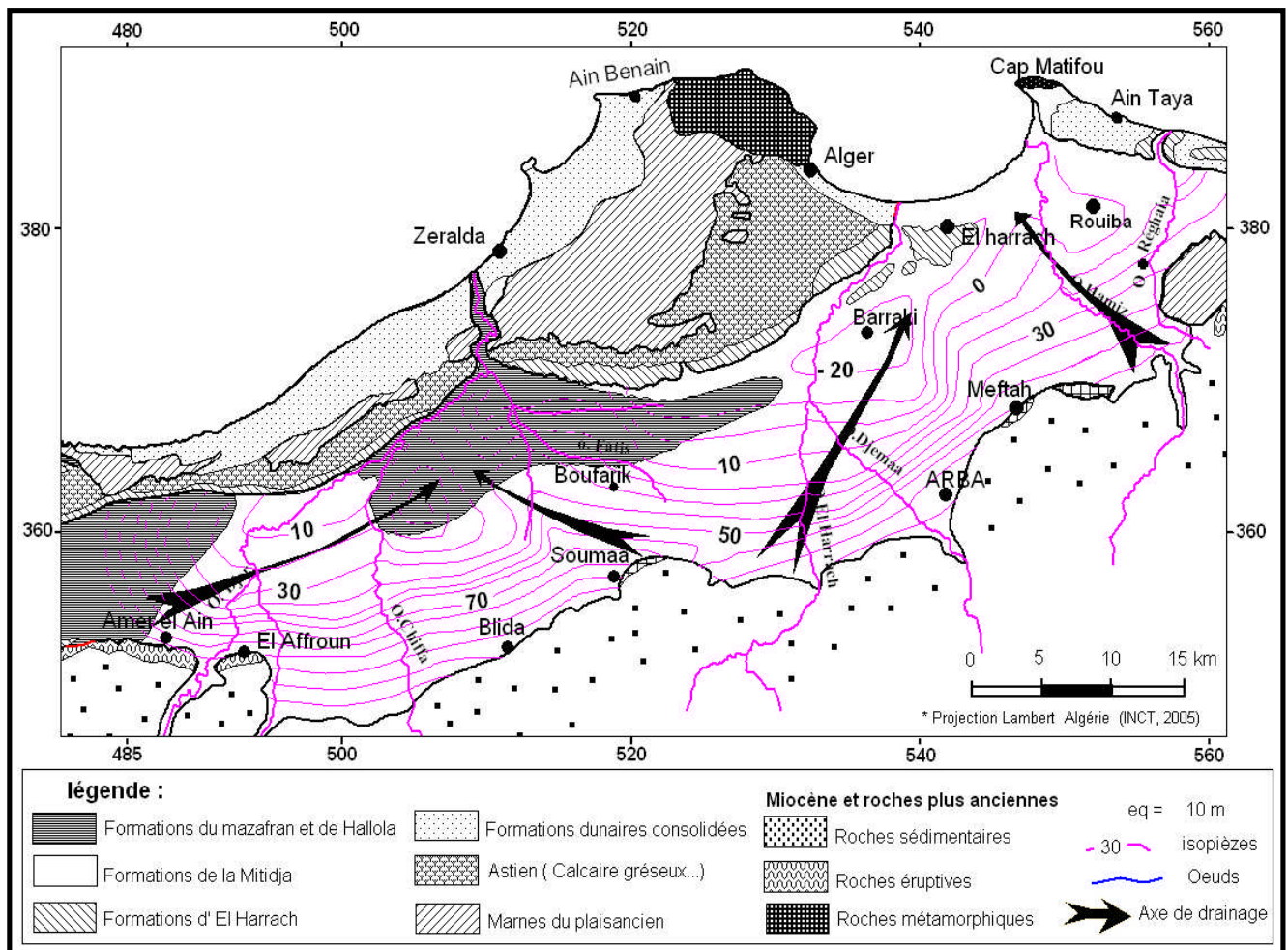


Fig II-5 : Carte piézométrique de la nappe alluviale de la Mitidja (Septembre, 2004)

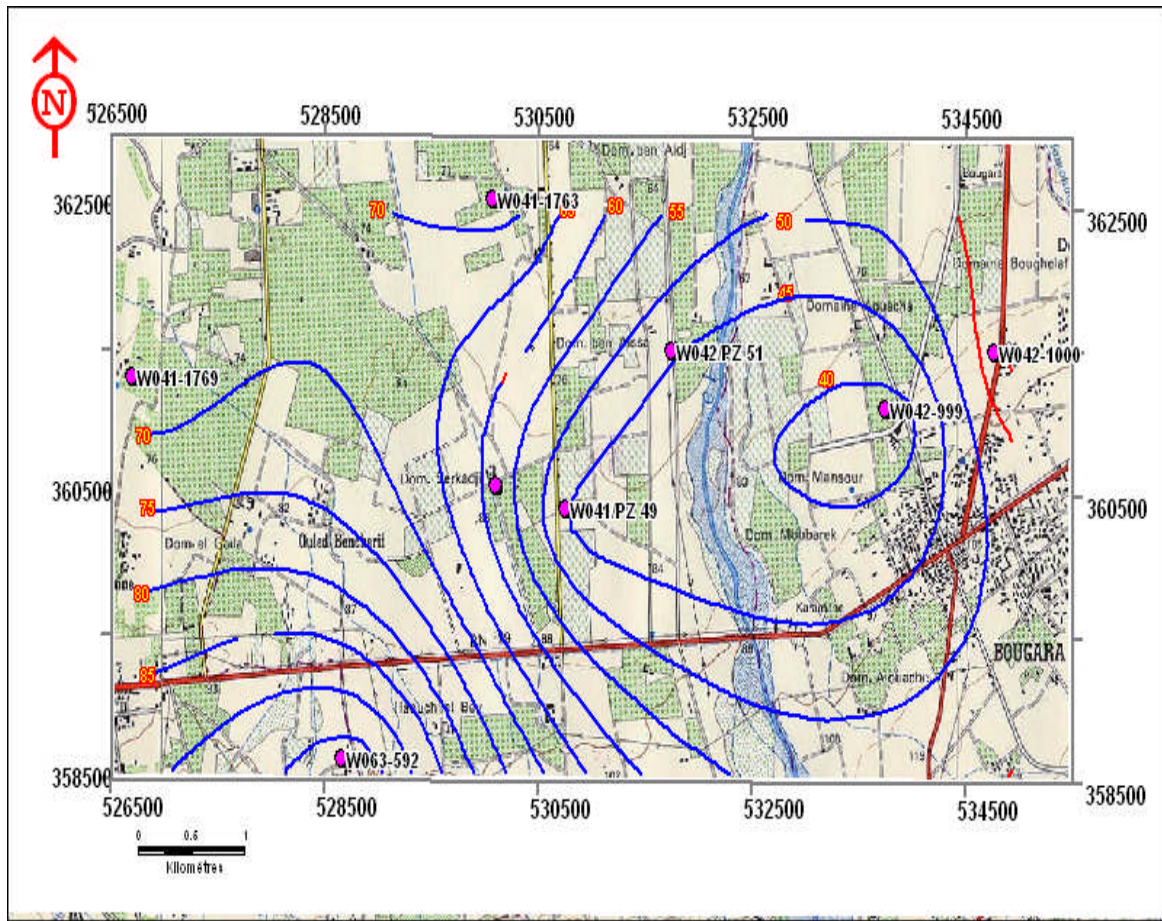


Fig II-6 Carte piezometrique xde la mitidja centre(2010)

II- 4 - Géophysique :

L'étude géophysique vient de compléter la précédente (Géologique), afin de bien déterminer en premier lieu la géométrie des aquifères existants dans la région. Cette dernière est attestée par les travaux effectués par ; la CGG ¹ (1967, 1968, 1969) et Algéo ² (1978), en deuxième lieu; la nature lithologique des différents faciès existants.

La carte des Rt nous a permis de situer les zones favorables à l'implantation des nouveaux points de captage dans les endroits suivants : El Harrach , Barrki, Mazafran, ...etc.

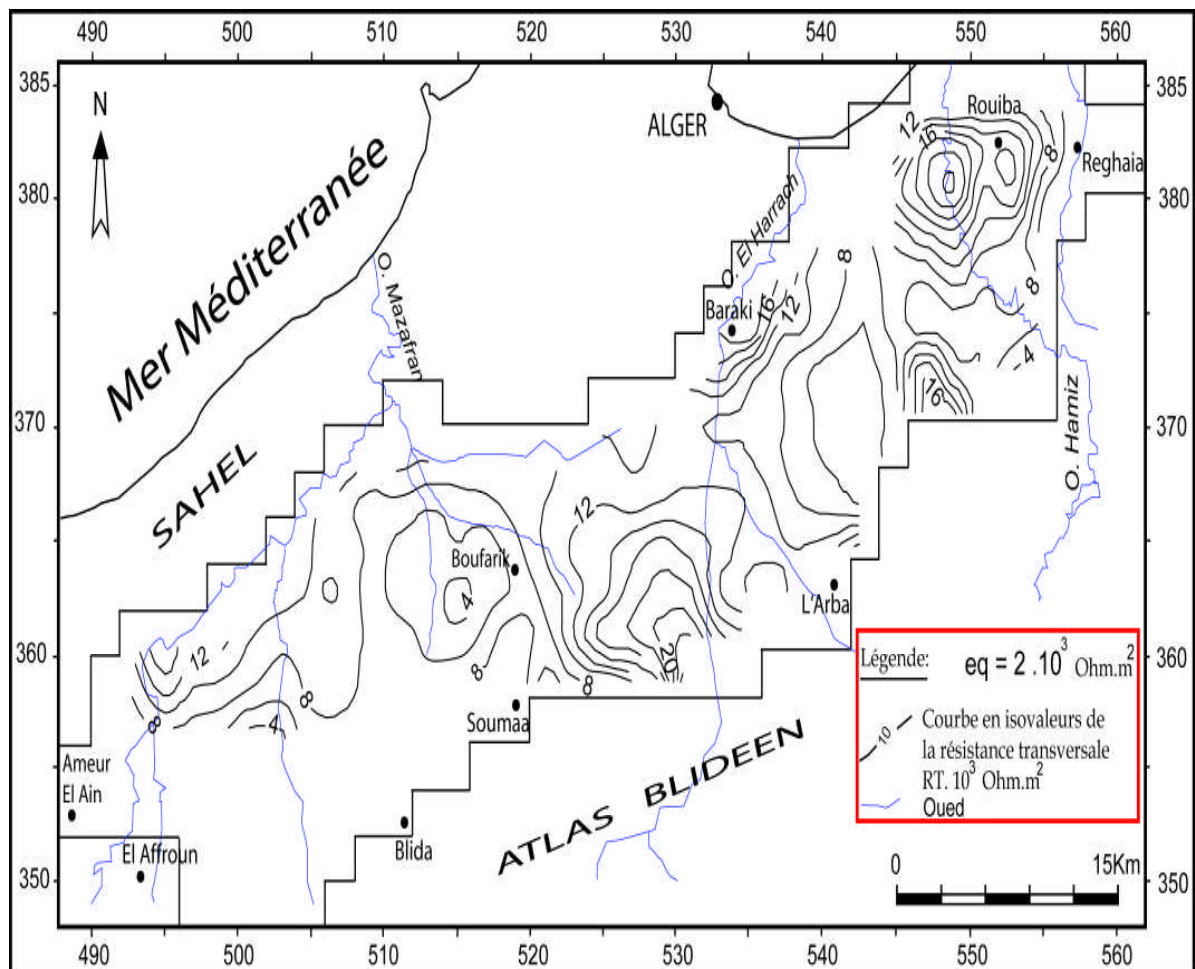


Fig II-7 : Carte des résistances transversales correspond aux horizons profonds (Astien + alluvions du quaternaire) (RT) Ohm.m² (CGG, 1969)

Les coupes géo électriques reflètent l'extension verticale et horizontale des faciès précédents, à savoir :

un banc résistant profond (Astien), outre cela un niveau résistant qui correspond aux alluvions de la Mitidja ayant une résistivité qui varie entre 50 à 100 Ohm m , ces deux niveaux ci-dessus ;sont séparés par un banc conducteur (formation d'El Harrach)d'une résistivité de 15 à 30 Ohm m.

Enfin, l'ensemble des formations repose sur un niveau conducteur qui correspond au plaisancien au Nord et au Miocène et roche plus anciennes au Sud.

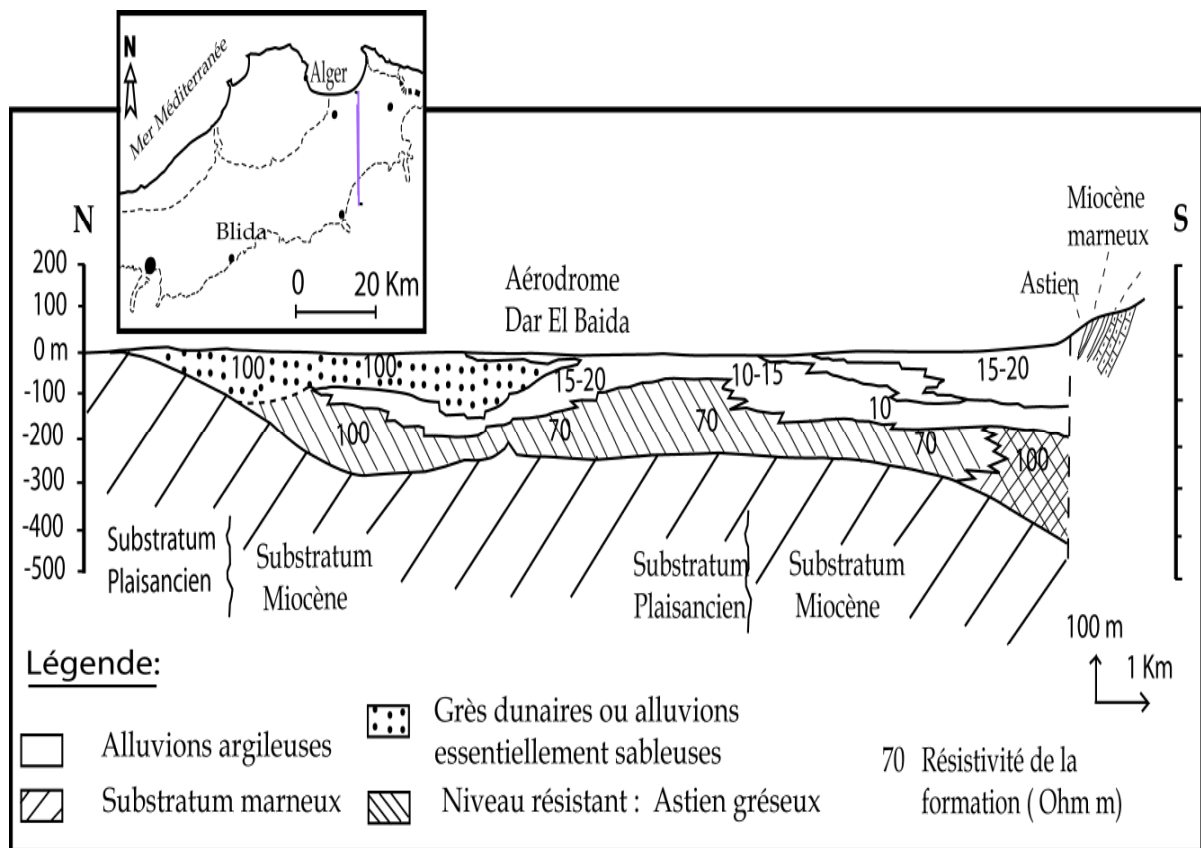


Fig II-8: Coupe géo-électrique de la Mitidja centre

II-5 – Géologie :

L'étude géologique correspond à une synthèse des travaux antérieurs, en effet , la plaine de la Mitidja est une zone de subsidence continue (Glangeaud, 1932) à remplissage plio-quaternaire limitée par deux blocs positifs ascendants

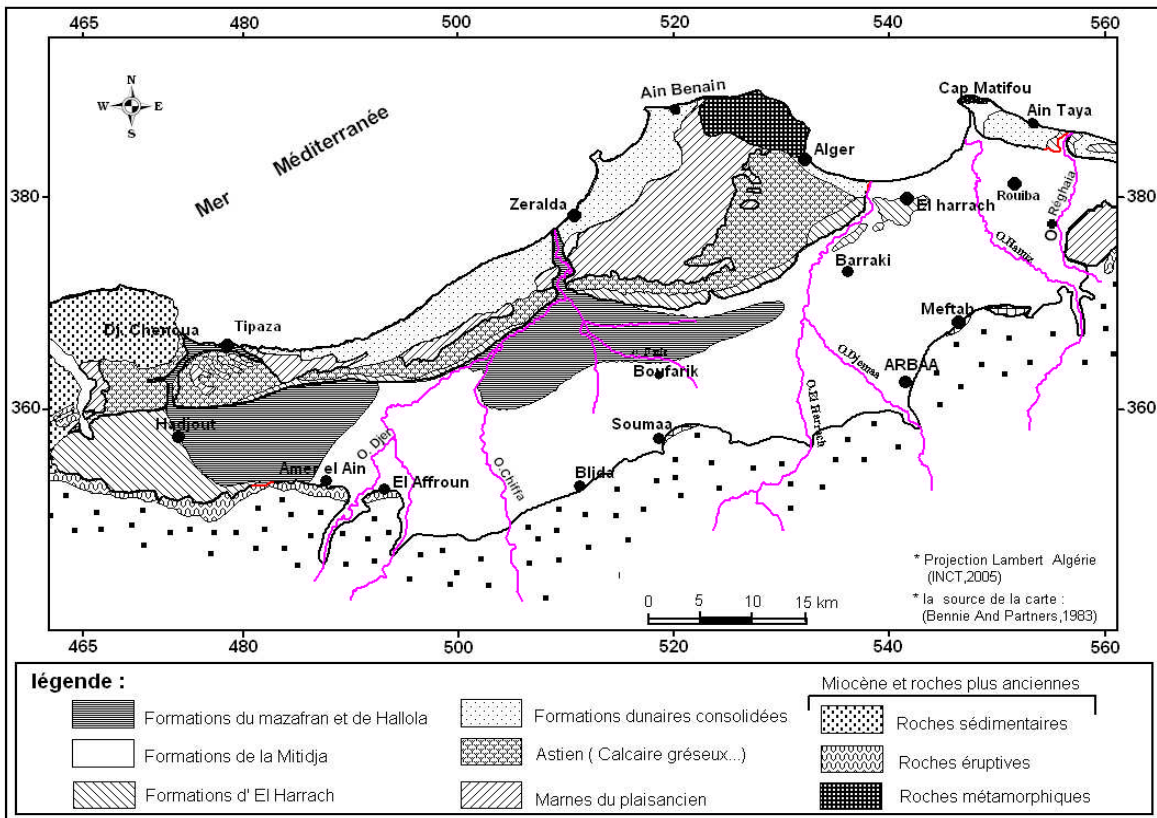


Fig II-9: Carte géologique de la plaine de la Mitidja (Bennie and Partners, 1983)

Un important remplissage d'alluvions grossières (sables et graviers d'origine continentale) forme la nappe libre de la plaine de la Mitidja . Tandis que , dans la

partie Ouest de la zone d'étude (Mazafran) ; où une couche de limons gris s'étend au Sud de la cluse , ce qui rend la nappe alluviale captive dans cet endroit (Rivoirard,1952)

En effet, l'Astien se présente sous différents types de faciès, dont le plus dominant du point de vue puissance et étendue ; est le faciès marno sableux, comme on a aussi d'autres faciès (calcaire gréseux et gréseux sableux).

Ces derniers sont séparés par des argiles de la formation d'El Harrach

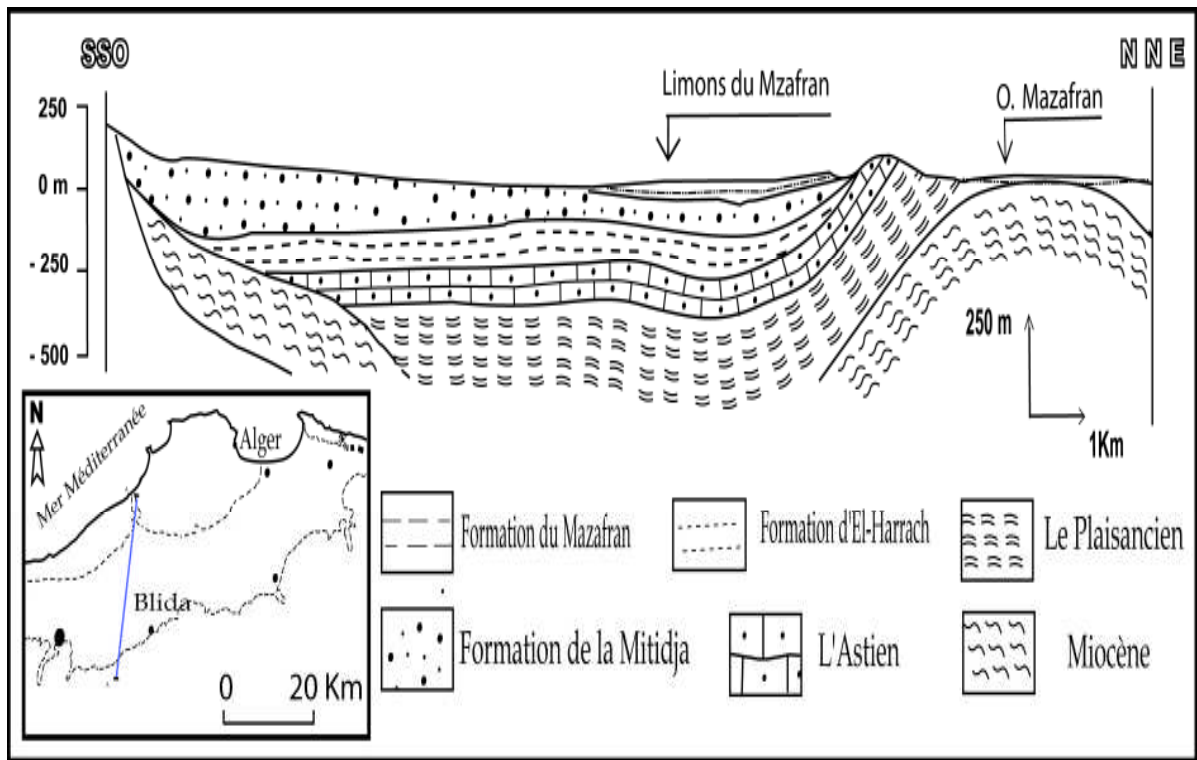


Fig II-10 : Coupe géologique au niveau de la Mitidja (Bennie and Partners, 1983)

Les terrains anciens se présentent comme des blocs isolés, vers le Nord de la plaine tels que le socle de Bouzareah et celui de Chenoua . Ainsi que, l'existence du Miocène et roche plus anciennes dans les limites Sud de la plaine (Atlas). Ces derniers plongent au dessous de la plaine et prennent place comme substratum imperméable pour le réservoir astien (Glangeaud, 1954)

L'activité tectonique de la zone d'étude est le résultat des mouvements de convergence entre les plaques ; Africaine et Eurasienne (Maghraoui ité sismique de la région (Boudiaf, 1996).

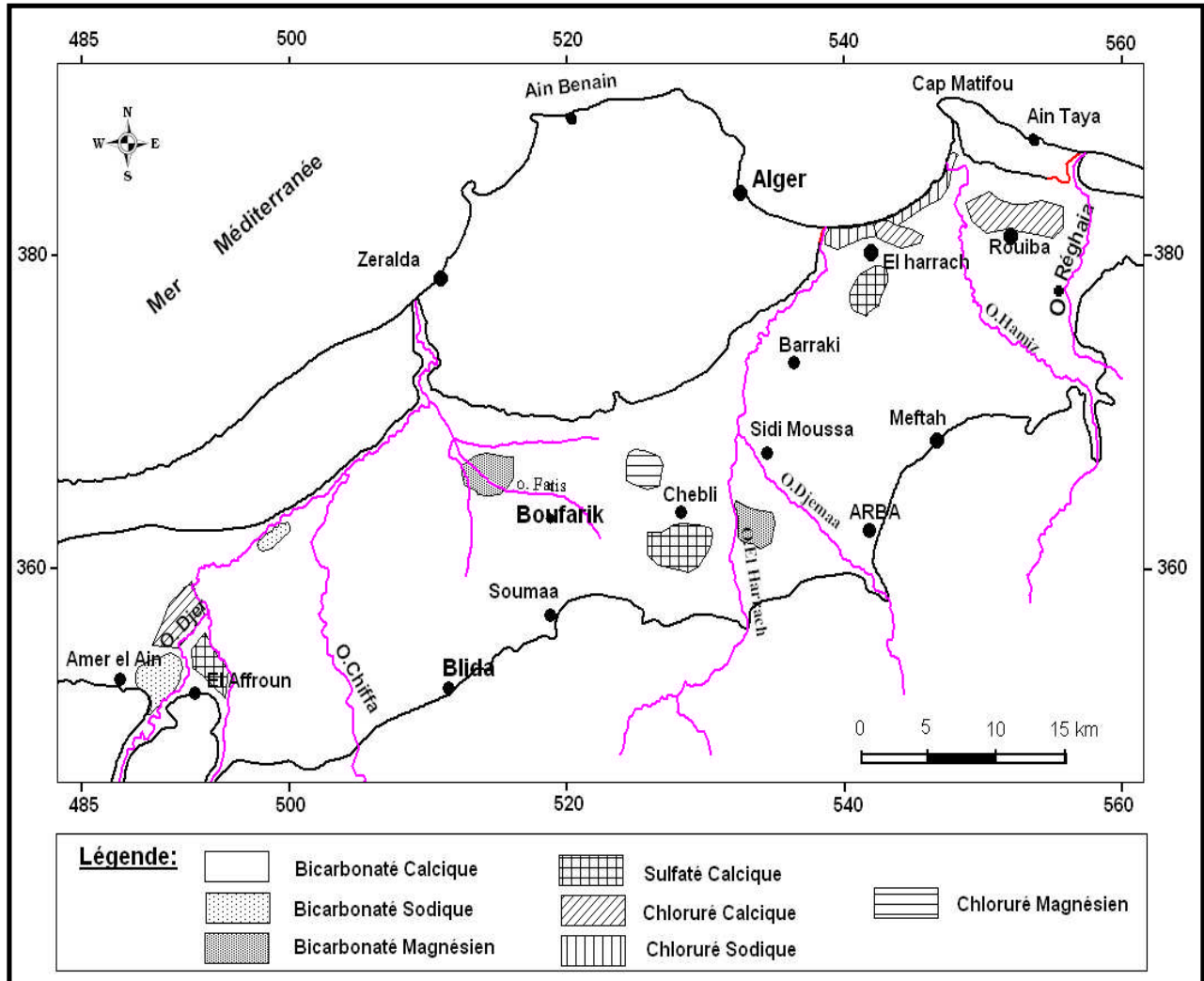


Fig II-11 : Carte des faciès chimiques de la nappe alluviale de la Mitidja (Avril, 2005)

L'application de l'analyse en composantes principales (ACP) a permis d'identifier les éléments chimiques (Cations et Anions) prédominant dans les eaux de la nappe alluviale de la Mitidja.

La projection des variables (Fig II-11) dévoile directement la contamination des eaux de la nappe alluviale par les Nitrates cela est dû : aux industries, aux rejets des eaux usées et aux engrais chimiques.

La projection des individus (Fig : II-12) a permis de mettre en évidence des singularités ou des petits regroupements d'échantillons qui ont des concentrations assez élevées ; ce qui reflète certains faciès chimique existant dans la région.

Mais presque la majorité des individus présentent des caractéristiques moyennes (positionnement autour de l'origine).

Enfin, les résultats de l'ACP (Analyse en Composante Principale) vérifient ceux de l'analyse chimique (Schoeller, Stabler et Piper

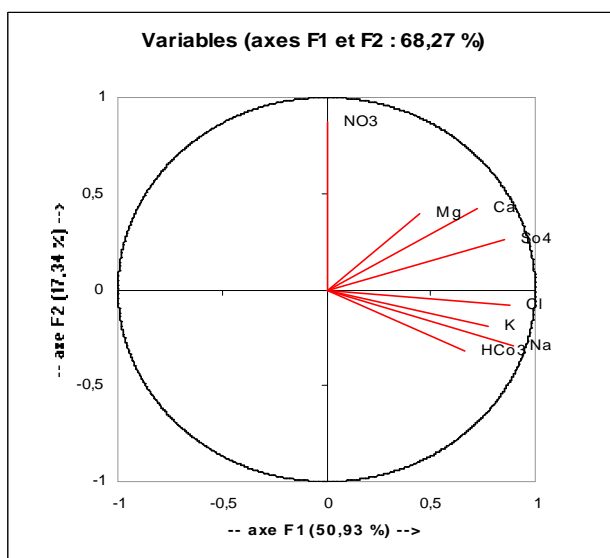


Fig II-12

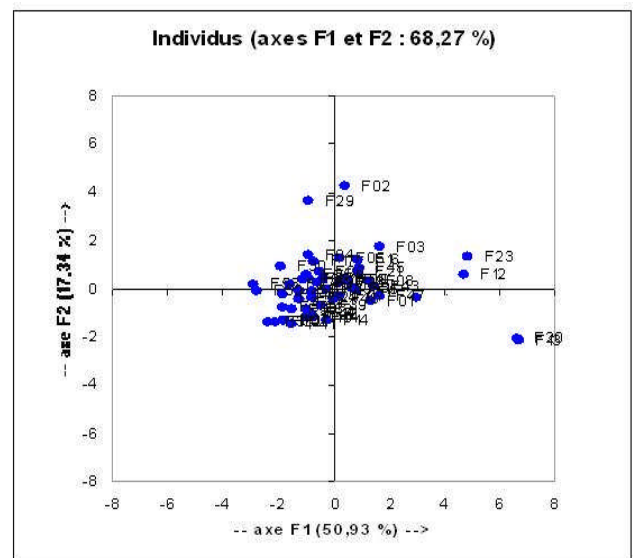


Fig II-13

II-6 – Hydro climatologie :

La plaine de la Mitidja se situe au Nord de l'Atlas Blidéen (1620, pic de Chéraa), qui la protège de l'influence sahariennes , elle se trouve par sa position géographique soumise à l'influence du régime climatique méditerranéen.

La zone d'étude reçoit une lame d'eau d'environ 616,1 mm /an, dont 84,7 % s'évapore, 2,63% s'infiltré et 12.67% s'écoule. Les mois d'octobre à mars constituent la période la plus pluvieuse, tandis que, les précipitations sont presque nulles pendant les trois mois d'été. La température moyenne annuelle varie de 16,1 à 18 °C. Notons que la variation est en fonction de l'éloignement par rapport à la mer, elle est plus douce au littoral qu'à l'intérieur (Tableau :II-7)

Termes du Bilan	P (mm)	ETR		R		I	
		mm	%	mm	%	mm	%
Les Parties							
Partie Est	641.3	536.23	83.61	90.08	14.05	15	2.34
Partie Ouest	590.9	507	85.80	66.7	11.29	17.2	2.91

Tableau II-7 : Résultats du bilan Hydrologique (1971-2004)

Le bilan hydrologique dans la région d'étude est évaluée à : 600mm

CHAPITRE III : la recherche des nappes souterraines :

Introduction:

Face à la demande croissante et à la dégradation continue de la qualité des eaux de surface, le recours systématique aux réserves en eaux Souterraines est devenu partout une nécessité. Et la même question revient continuellement aux

Hydrogéologues: les ressources exploitées sont-elles renouvelées ? Si oui, comment et à quel taux ?

Dans ce chapitre on va essayer de répondre à ces questions.

III.1.définition de la recharge des nappes d'eau souterraines:[7]

Le terme de recharge désigne le processus par lequel un aquifère reçoit un apport d'eau, soit d'un autre aquifère saturé, soit de sa partie non saturée.

Depuis les années 1980, une explosion relative des études de recharge de nappes a été notée dans la littérature. Les motivations de ces études sont soit d'ordre quantitatif pour les zones où l'eau souterraine est la seule ressource en eau, soit d'ordre qualitatif dans les zones où les risques de contamination des nappes sont prépondérants.

L'estimation de la recharge est effectuée soit à partir de suivis hydriques, soit à partir de données hydro chimiques. Les premières sont généralement basées sur le calcul de bilans de masses d'eau en relation avec les propriétés hydriques du sol.

L'étude de la recharge nécessite à la fois l'étude des mouvements de l'eau (mécanismes hydrologiques) et les réactions biogéochimiques qui peuvent affecter le devenir des solutés.

III.2.types de recharge:

La recharge des nappes souterraines peut se faire naturellement ou artificiellement.

III.2.1.recharge naturelle des nappes d'eau souterraines:

On admet généralement que l'alimentation naturelle des aquifères s'effectue suivant les mécanismes suivants :

- par infiltration directe des précipitations aux aires d'affleurement.
- par percolation latérale à partir des eaux de surface.
- à travers la contribution d'eau en provenance d'autres aquifères.
- par Alimentations diverses.

III.2.1.1.La recharge directe: [7]

La notion de «recharge directe »des aquifères est liées à celle de l'« infiltration efficace », généralement définie comme la part de la pluie qui échappe à l'évapotranspiration et au ruissellement pour rejoindre la nappe.

Les couches profondes du sous-sol sont le réservoir des nappes. Ces nappes ne sont pas immobiles. Un flux quasi horizontal les parcourt d'amont en aval, des zones d'infiltration vers les sources et les rivières. Fortement freiné par l'écoulement dans les pores des roches, ce flux est lent. Alors qu'une rivière s'écoule sous nos yeux à environ un mètre par seconde, il faut à l'eau souterraine un jour ou un an pour parcourir le même trajet.

Cette lenteur ne signifie pas pour autant faiblesse des débits. Grâce à la grande largeur des fronts d'écoulement des nappes, des dizaines de milliards de m³ pour chaque bassin rejoignent ainsi les rivières.

Le devenir d'une pluie va donc être très différent selon l'état de la surface sur laquelle elle tombe. Une faible pluie d'hiver, sur un sol labouré, va humecter le réservoir superficiel qui va se recharger. Avec de nouvelles pluies, le taux d'humidité va croître jusqu'à ce que la terre contienne, selon sa nature, 50 à 150 l d'eau au m³.

C'est la réserve facilement utilisable par les plantes qui vont y puiser dès le printemps et l'épuiser progressivement, s'il ne pleut pas de nouveau. Si le sol superficiel reçoit plus d'eau que le volume de cette réserve, il ne peut la stocker. Il va alors céder cette eau aux nappes. C'est le phénomène de recharge ou d'infiltration. Le niveau des nappes va commencer à monter mais cela se produit avec un certain décalage dans le temps car l'eau chemine lentement, même verticalement.

Au contraire, si des pluies, mêmes importantes, surviennent alors que la végétation est très active, l'eau de réserve superficielle qui se reconstitue est redistribuée aux plantes qui se servent les premières. Il ne peut y avoir d'infiltration profonde. De très violentes pluies qui n'ont alors pas le temps de s'infiltrer (surtout si le terrain est en pente) peuvent donner lieu à des ruissellements et à des crues.

La figure III.1 montre le rôle des pluies efficaces dans la distribution au sol et dans le sol.

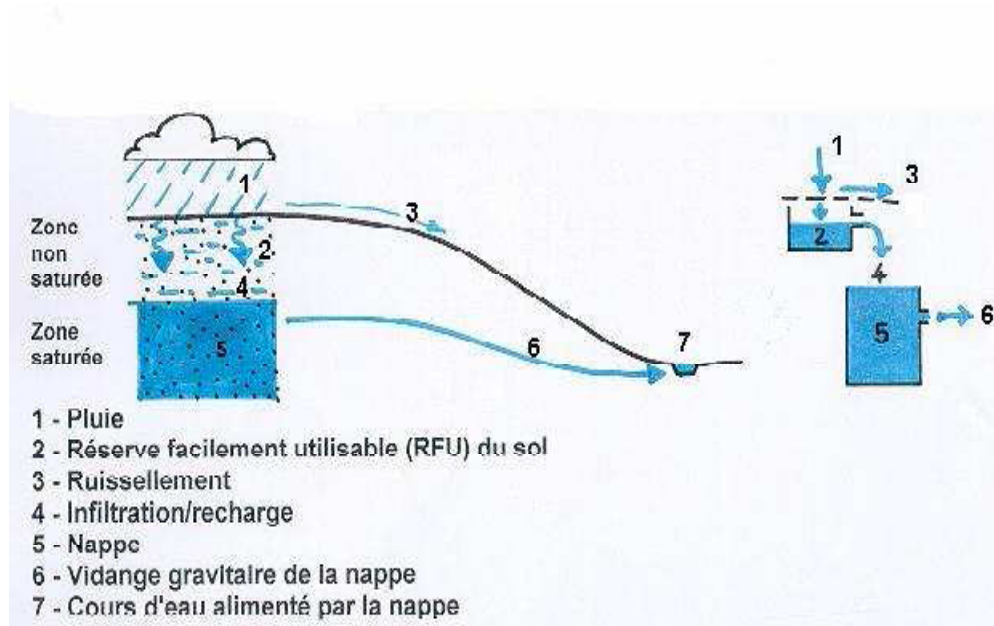


Figure III.1. Rôle des pluies efficaces dans la distribution au sol et dans le sol.

III.2.1.2. La recharge indirecte: [7]

On entend par « recharge indirecte », celle qui provient de la percolation latérale des eaux de surface.

En zones tempérées, au pied des chaînes montagneuses, la recharge (favorisée par le fort gradient hydraulique et la forte transmissivité des relais alluvionnaires) s'effectue principalement par ce mécanisme.

Ce mécanisme de recharge revêt également une grande importance en milieu semi-aride.

En milieu aride, les exemples de recharge de grands aquifères sédimentaires par les eaux du réseau de surface sont par contre extrêmement limités, voire inexistants. La recharge à partir des rivières est limitée aux seules nappes alluviales contenues dans le lit majeur des cours d'eau.

III.2.1.3. La drainance: [5]

C'est les transferts d'eau entre aquifères. la drainance exige deux conditions :

- présence d'une formation hydrogéologique semi-perméable.
- Une différence de charge Δh .

III.2.1.4. Alimentations diverses:[5]

L'alimentation peut également provenir de zones latérales par exemple par des nappes de pente, ou par le sous-écoulement à partir d'une roche encaissante karstifiée très en charge.

III.2.2.La recharge artificielle des aquifères :

L'alimentation — ou recharge — artificielle des nappes est une approche particulièrement adaptée à la gestion des ressources en eau d'un bassin. En quoi consiste-t-elle, quels sont ses objectifs, les facteurs qui la conditionnent. Les mécanismes mis en jeu, les problèmes qu'elle implique, les méthodes et l'économie de cette pratique? Voilà diverses questions auxquelles cette partie du chapitre cherche à répondre

III.2.2.1.définition : [9]

Il s'agit d'un processus consistant à accroître les quantités d'eau qui alimentent Naturellement les nappes. L'opération comprend donc intervention de l'homme et introduction d'eau dans un aquifère. Cela se traduit soit par un effet volumétrique — emmagasinement d'eau — soit par un effet piézométrique— remise en pression — soit par les deux.

III.2.2.2. Objectifs de la recharge artificielles des nappes: [9]

Les buts globaux de la recharge artificielle des nappes sont:

- la satisfaction de besoins en eau croissants et la lutte contre l'intrusion d'eau salée.
- l'utilisation, la conservation et la distribution des ressources en eau ainsi que Leur contrôle et protection.

La régularisation semble l'un des aspects les plus séduisants et profitables de l'alimentation artificielle. Ainsi, la capacité de stockage de certains aquifères sera utilisée pour l'emmagasinement d'eaux de surface locales ou importées. La construction de réservoirs de surface coûteux et sujets à destruction sera alors épargnée. Quant à l'eau injectée, elle sera pompée plus tard, soit dans la zone de recharge, soit — le plus souvent — en aval, en particulier lors des moments de pointe, les périodes d'irrigation par exemple. Une telle mesure permet également d'éviter la construction d'un réseau d'adduction du point de stockage à celui

d'utilisation puisque, par définition, tout aquifère transmet, par gravité ou par pression, les eaux qu'il contient des zones d'infiltration à celles d'exutoire.

Il y a donc déjà là un avantage très substantiel sur la technologie des eaux de surface.

La conservation d'eaux de pluies excédentaires et la constitution de suppléments de ressources en eaux souterraines peuvent être facilement réalisées par recharge artificielle. De même, la restauration de pressions ou la reconstitution de réserves à la suite de surexploitation de nappes captives ou libres est un but fréquent de la recharge.

Dans ce cas, l'opération permet non seulement de compenser un débit de sécurité insuffisant mais aussi de pallier à une augmentation des hauteurs, c.-à-d. des coûts, de pompage. A la notion de débit de sécurité, on pourra alors substituer celle de débit optimum qui correspond à des pompages plus intenses et autorise des perspectives de développement moins conservatrices tout en prévenant l'avènement de conséquences indésirables.

Le recyclage d'eaux usées ou le traitement d'eaux à des fins domestiques ou autres sont encore certaines des possibilités offertes par/et l'un des buts de la recharge. On sait en effet que le sol et les aquifères sont des agents épurateurs très efficaces tant du point de vue bactériologique que physico-chimique. Selon les cas, un trajet de quelques mètres à quelques centaines de mètres suffit en effet à éliminer plus ou moins virus et bactéries, pesticides et détergents, à modifier température et turbidité, dureté et alcalinité et à rétablir des propriétés organoleptiques normales. Lorsque ces milieux ne peuvent, ou ont du mal à, traiter les eaux rechargées, on pourra faire précéder l'injection d'un traitement primaire ou

secondaire pouvant comprendre par exemple de coagulation, passage sur charbon actif, adoucissement et autres opérations.

Ainsi donc, des quantités importantes d'eaux polluées peuvent être recyclés à bon compte après ou sans traitement préliminaire. On trouve la recharge également dans le cadre du contrôle et de la protection de l'environnement, par exemple lorsqu'il s'agit de rétablir un équilibre perturbé par l'homme. Dans le cas d'aquifères côtiers, une injection d'eau permettra de lutter contre une intrusion d'eau salée, ou de la prévenir, par suite de la remise en charge de la nappe qui l'accompagnera.

Enfin la recharge conduit à des mixages et dilutions autorisant la récupération de quantités d'eau autrement de qualité insuffisante. Notons qu'il est également possible d'injecter des eaux douces dans des nappes inutilisables pour ensuite en repomper une grande partie sans qu'elles aient subi de détériorations en qualité substantielles.

III.2.2.3. inconvénients de la recharge artificielle des nappes:[9]

Pour faire à peu près le tour de la question, il reste à signaler les problèmes spéciaux auxquels la recharge permet de faire face :

- a) drainage d'une nappe phréatique par injection dans des couches profondes;
- b) réduction du débit d'une rivière;
- c) régulation thermique d'une ressource en eau ;
- d) le stockage souterrain des résidus liquides peut provoquer des risques sur le sous-sol on raison de la nature physico-chimiques de ces résidus liquides

comme la détérioration de gisements minéraux et la dégradation d'eaux souterraines.

e) Problème du colmatage: le colmatage est lié à l'apport, par l'eau infiltré, de fines particules qui colmatent les pores du sol, mais aussi à des réactions physico-chimiques ou biologiques dans le sol entraînant, par exemple, le gonflement des argiles ou la prolifération des bactéries ou d'algues créant un film biologique, que l'on ne peut éliminer totalement car il participe à l'épuration des eaux infiltrées.

III.2.2.4. facteurs de la recharge:

Pour sélectionner un site de recharge et obtenir les résultats cités jusqu'à maintenant, il est deux paramètres qui jouent un rôle fondamental : les caractéristiques des eaux à injecter d'une part et celles du milieu récepteur d'autre part. Dans tout projet de recharge, il y aura donc lieu de considérer les conditions hydrologiques, topographiques, pédologiques, géologiques, et hydrogéologiques qui conditionnent cette réalimentation. Bien entendu, les aspects économiques et juridiques de l'opération ne peuvent non plus être ignorés

III.2.2.4.1. facteurs hydrologiques: [9]

Il s'agit tout d'abord d'analyser toutes les sources en eau possibles pour la recharge et de définir leur répartition en débit dans le temps et dans l'espace ainsi que le meilleur moyen de les diriger efficacement sur le site. Par conséquent, s'assurer de disponibilités adéquates en quantité et qualité au moment voulu. Un projet de recharge comprendra donc une étude des ressources en eau de surface locales et appréciera les possibilités d'importation. En effet, s'il est souhaitable que les eaux à injecter

proviennent de cours d'eau proches du site, il n'est pas à exclure d'utiliser les ressources d'un bassin excédentaire.

Dans certains temps, il faut que l'eau brute destinée à la recharge soit de qualité acceptable, surtout si notre objectif dans cette opération est de faire de l'eau potable pour l'alimentation humaine. Les eaux contenant une charge en matières en suspension trop importantes doivent aussi être évitées où à rendre potable grâce à divers traitements qui peuvent être très poussés.

III.2.2.4.2. facteurs Topographiques: [9]

Ils ne jouent pas de rôle essentiel dans le cas d'ouvrages d'injection profonde; par contre, ils sont à considérer dans celui de recharge superficielle. Ce sont des pentes de l'ordre de 1 à 2 % environ qui seront en général les plus favorables. Ce sont, en effet, souvent celles que l'on rencontre dans les portions les plus étalées et les plus perméables des cônes de déjection et des lits des cours d'eau. D'autre part, dans le cas de pentes trop accusées, des hauteurs d'enceinte prohibitives deviendraient nécessaires pour limiter des bassins de volume convenable ou bien il faudrait un grand nombre d'enceintes de hauteur normale ; cela mettrait en cause la rentabilité du projet.

III.2.2.4.3. facteurs Pédologiques: [9]

Les caractéristiques des dépôts de surface sont loin d'être négligeables. Par exemple, plus la texture du sol sera grossière plus le taux d'infiltration sera élevé. Outre la texture, interviendront des paramètres tels que: perméabilité, profil et variations avec la profondeur, degré de compactage, présence ou absence de croûte calcaire ou de cuirasse ferrugineuse, de matière organique etc.

Le pédologue aura donc son mot à dire dans les projets de recharge, notamment lors de la préparation de cartes de types de sols auxquels on affectera des caractéristiques chiffrées des taux d'infiltration. Des études sur l'origine et la structure des sols, leur stratification, leur degré de cartographie seront à sa charge. Il aura également à définir la manière la plus parlante de synthétiser ses résultats compte tenu de l'objectif de recharge.

III.2.2.4.4. facteurs Géologiques et Hydrogéologiques: [9]

Outre une étude géologique générale, une analyse détaillée sera nécessaire afin de reconnaître et délimiter les réservoirs les plus adaptés à l'opération; géophysique et sondages en seront l'un des moyens. Evidemment ces réservoirs sont rarement simples et s'ils ne sont pas très répandus en zones tempérées où les sédiments sont souvent saturés en eau, ils le sont beaucoup plus en zone aride où les assises non saturées et épaisses sont monnaie courante.

L'analyse aura pour but de déterminer l'origine, la nature et l'extension des sédiments ainsi que leur aptitude à la recharge. Ainsi, il y aura lieu de définir le réservoir, ses profondeurs, Structure, lithologie, limites horizontales et verticales et profondeur jusqu'au niveau de l'eau. On devra aussi évaluer ses perméabilités horizontales et verticales qui devront être importantes, sa transmissivité, sa porosité et son coefficient d'emmagasinement ainsi que les variations de ces paramètres. On touche déjà là à l'étude hydrogéologique qui devra établir la piézométrie, chiffrer le gradient hydraulique, apprécier le sens d'écoulement des eaux, définir les limites alimentaires et les exutoires, le réseau d'exploitation, la chimie de l'eau, le bilan hydrologique et chimique. Il faudra également évaluer quelle sera l'influence de la recharge sur ce réservoir, quelles seront les zones qui en profiteront et quand. Tous

ces points n'ont pas la même importance et, par exemple, la transmissivité T , le coefficient d'emmagasinement S et surtout leur rapport —la diffusivité— joueront un rôle très notable. En effet, il sera nécessaire que la recharge se traduise par une élévation du niveau de l'eau, ce qui est peut-être plus capital que la conservation du volume injecté.

Voici pourquoi. Ce volume peut-être conservé tout en donnant lieu à une propagation de différences de pression — cas des nappes captives où S est très petit — qui aura pour conséquence une augmentation des débits aux exutoires, c à d une vidange. Ainsi la recharge aurait été «inopérante». Il faudra donc tenir compte du rapport T/S qui, s'il est trop élevé, se traduira par un effet sur les exutoires trop rapide. Corollairement, la connaissance des conditions aux limites et notamment de ces mêmes exutoires sera fondamentale et la nappe devra être assez étendue pour ne pas se vidanger au fur et à mesure du remplissage. C'est ce qui se produit souvent en milieu karstique, excepté lorsqu'il s'agit de massifs de très grande étendue où des stockages suffisamment longs sont possibles.

Enfin, il faudra s'assurer que le taux d'infiltration se maintiendra — ce qui pourra nécessiter des traitements — et que la récupération de l'eau ne donnera pas lieu à des hauteurs de pompage prohibitives.

III.2.2.5. moyens de recharge artificielles des nappes: [1]

On dispose généralement trois moyens de recharge artificielle des nappes

- Recharge directe depuis la surface.
- Recharge directe de subsurface.
- Combinaison des méthodes de surfaces et de subsurface.

III.2.2.5.1. Recharge directe depuis la surface:

De nombreuses méthodes ont été développées afin de réintroduire artificiellement des eaux de surface dans un aquifère depuis la surface, parmi lesquelles en site:

- Dérivation de rivières;
- Fossés et sillons;
- Irrigation intensive;
- Recharge par aspersion;
- Aménagement de cours d'eau ;
- bassins d'infiltration.

III.2.2.5.2. Recharge directe de subsurface :

- fosses et puits ;
- inondation de cavités naturelles ;
- épandage souterrain;

□ forage d'injection

III.2.2.6.le choix des différents moyens utilisé pour la recharge artificielle des nappes:[9]

on a différents moyens pour la recharges artificielle des nappes .

III.2.2.6. 1.Recharge directe depuis la surface:

L'application de cette méthode est souvent recherchée en raison de coûts généralement plus avantageux et de problèmes d'opération et entretien moins complexes.

III.2.2.6.2.Recharge directe de subsurface:

On a généralement recours à cette dernière lorsque le sol est séparé des Aquifères par des couches imperméables, lorsqu'il est difficile de créer des Aménagements de surface ou lorsqu'on ne peut ou ne veut, pour des raisons techniques ou économiques, recharger des nappes captives dans leur zone d'alimentation.

II.2.2.7.description de quelques méthodes de recharge artificielle:

les méthodes suivies pour la recharge artificielle sont :

II.2.2.7.1. recharge par injection directe dans les forages ou les puits pour atteindre la nappe: [1]

Cette méthode d'alimentation se fait par l'intermédiaire d'ouvrage dont la

conception est identique a celle des ouvrages de pompage pour atteindre directement l'horizon imperméable.

II.2.2.7.2. Recharge depuis la surface par infiltration des eaux à travers les filtres naturelle du sol: [1]

C'est la méthode la plus simple pour obtenir des débits élevés avec un minimum d'aménagement physique sur le terrain. En effet, les surfaces nécessaires sont très importantes ce qui signifie une mobilisation de terrain très étendue, donc des coûts d'acquisition élevés. Par contre, les charges d'exploitation seront beaucoup plus faibles que dans le cas d'une injection directe. Par ailleurs, le pouvoir d'autoépuration du sol joue un rôle prépondérant grâce à l'utilisation du réacteur du sol de la zone non

saturée avec des vitesses d'infiltration peuvent varier de quelques centimètres à quelques mètres par jour et la hauteur du bassin sera plus de 0.4 mètres.

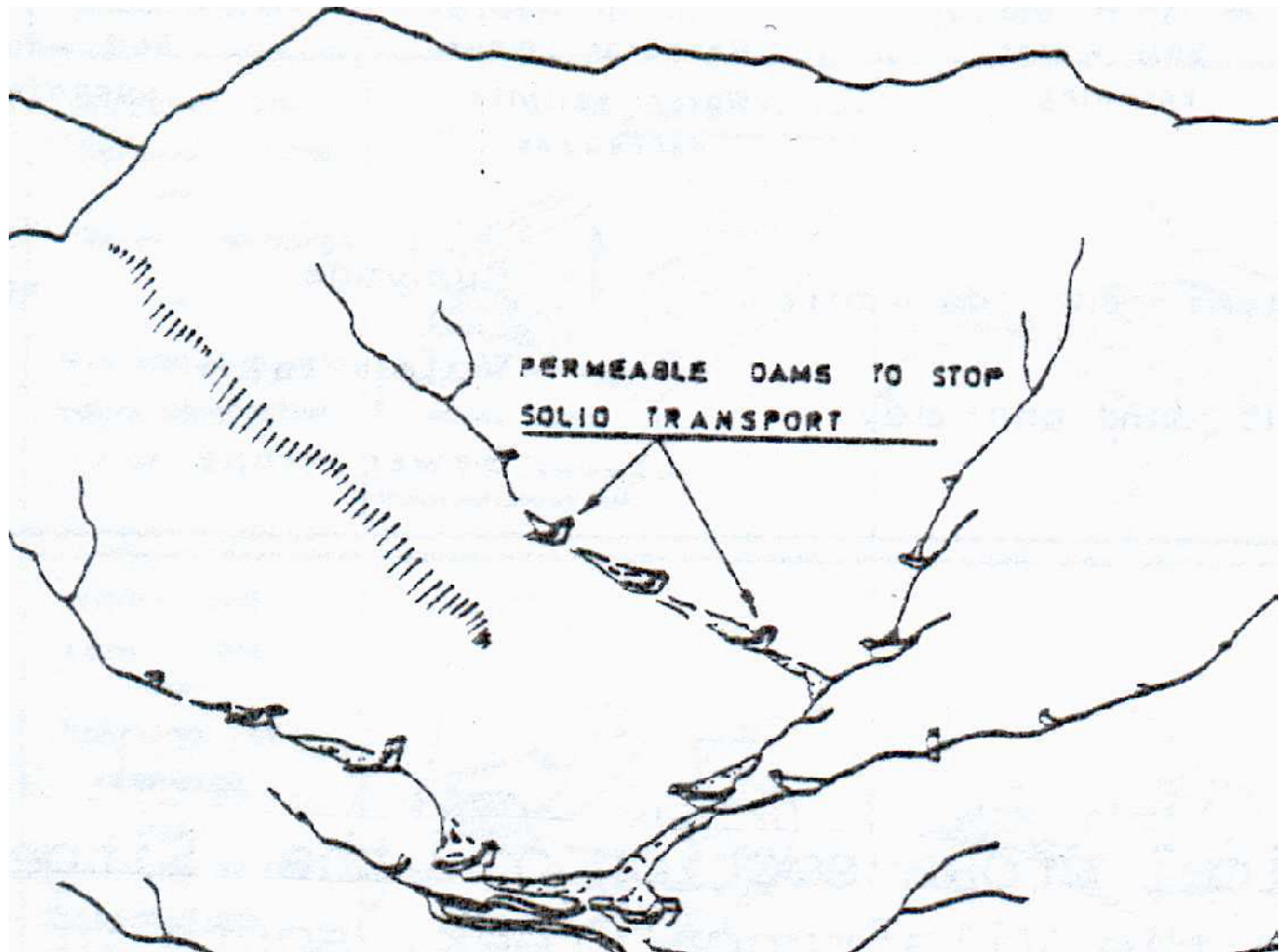
II.2.2.7.3.recharge depuis la surface en utilisation des eaux usées pour la réalimentation: [1]

La réutilisation partielle et non contrôlée d'eau usée, comme source d'eau brute, pour faire de l'eau potable est un phénomène très courant.

Le cas le plus fréquent est représenté par l'utilisation d'eau de rivière avec la présence des rejets de station. Les eaux usées présentent une source intéressante pour lutter contre un problème comme celui de l'intrusion marine.

II.2.2.7.4. Recharge depuis la surface par l'aménagement des cours d'eau: [1]

Dans le but d'augmenter l'infiltration des eaux provenant des précipitations, un aménagement par des seuils installés le long des cours d'eau afin de briser l'énergie cinétique et diminuer la vitesse d'écoulement de ces eaux et en favorisant l'infiltration (fig III-2)



Coupe transversale d'un oued aménagé

Figure III.2. Recharge depuis la surface par l'aménagement des cours d'eau.

III.3.Méthodes d'estimation de la recharge des nappes:[11]

les méthodes d'estimation de la recharge des nappes sont :

III.3.1.Méthode du bilan hydrologique:

Il s'agit de calculer le taux de recharge annuelle en surface du sol, à partir de l'infiltration efficace dans le sol. Celle-ci est déterminée en utilisant l'équation du bilan hydrologique:

$$P=ETR+R+I$$

Où:

P : précipitation totale moyenne annuelle en mm/an;

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm/an;

R : ruissellement moyen annuel en mm/an;

I : infiltration efficace moyenne annuelle en mm/an = Rg (ou q): recharge ou taux de rechargement.

L'évapotranspiration et la précipitation sont des données météorologiques.

Le ruissellement dépend essentiellement de la perméabilité du sol.

L'évapotranspiration est calculée en fonction de la température et la lame d'eau précipitée. En plus, l'évapotranspiration dépend de la nature et du type d'utilisation des sols. La méthode de calcul la plus utilisée pour l'évaluation de l'évapotranspiration potentielle est celle de Thomthwaite (1948). Cette méthode est basée sur la corrélation entre la température moyenne annuelle et I 'évapotranspiration réelle (ETR).

La détermination de l'évapotranspiration potentielle (ETP) est complexe et sa valeur réelle est supérieure à celle de l'évapotranspiration réelle (ETR). Plusieurs méthodes ont donc été développées pour l'évaluation d'une valeur plus réelle de l'ETR. Nous prenons comme exemple la méthode de Turc (1954) qui est très utilisée. Cette méthode est basée sur des études statistiques qui relient l'évapotranspiration aux précipitations et à la température et au pouvoir évaporant de l'atmosphère (L) calculé comme suit:

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

Où

L : pouvoir évaporant de l'atmosphère (sans unité);

T : température moyenne annuelle en °C.

Pour l'ETR, on a :

$$ETR = \frac{P}{(0,9 + (P/L)^2)^{0.5}}$$

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm/an;

P: précipitation totale moyenne annuelle en mm/an;

L : pouvoir évaporant de l'atmosphère.

Il existe une autre formule pour calculer le taux de recharge de la nappe (q), ce dernier est donné par le produit de la pluie moyenne (P) et d'un coefficient d'infiltration (C_i):[6]

$$q=P.C_i$$

Le débit d'alimentation ou débit de rechargement (Q') est alors donné par le produit de la pluie moyenne (P), de la surface (S) et d'un coefficient d'infiltration (C_i)

$$Q'=P.S.C_i =q.S$$

III.3.2. Techniques géochimiques:

Parmi ces techniques ,on a :

III.3.2.1. Technique des isotopes radioactifs: [10]

Développée depuis plusieurs décennies (le premier colloque sur ce thème à lieu à Tokyo en 1963), l'application des techniques nucléaires et isotopiques, notamment celles mettant en oeuvre les isotopes radioactifs, a largement contribué à répondre à ces questions en améliorant la connaissance des mécanismes de recharge et de la dynamique des aquifères. La mise en oeuvre de ces techniques, jadis réservées à quelques initiés, s'est heureusement étendue au fil des années. Il ne peut être actuellement envisagé d'étude complète de systèmes aquifères sans faire appel, parallèlement aux méthodes de l'« hydrogéologie classique », aux techniques de la géochimie isotopique.

Des études antérieures se sont spécialement intéressées à l'utilisation des radioisotopes ^{14}C et ^3H . Ces auteurs ont évalué l'alimentation de la nappe à partir de la vitesse de circulation de l'eau souterraine déduite des activités du ^{14}C .

II.3.2.2.L'estimation de la recharge en utilisant le bilan de masse du Cl⁻ (chlorure):[10]

L'estimation de la recharge a partir de chlorure se fait à l'aide de la formule suivante on considère comme hypothèse que tout le Cl est dérivé de l'atmosphère:

$$R_g = P \cdot C_p / C_s$$

Où

R_g : recharge ou taux de rechargement= q (mm/an);

P : est la pluie moyenne (mm/an);

C_p : est la concentration moyenne du Cl dans l'eau de pluie en mg/l (3 mg/l pour l'Algérie);

C_s : est la concentration moyenne du Cl dans l'eau interstitielle de la zone non saturée en mg/l.

II.3.2.3.Technique des isotopes stables: [10]

En utilisant les isotopes stables ^{18}O et ^2H cette méthode a permis à Allison et al. (1984), à l'aide d'un modèle simple qui calcule l'évaporation en fonction du temps, de faire des observations pour une gamme de recharge de 1 à 140 mm/an dans des sites sélectionnés en Australie. Ce modèle montre la relation entre l'enrichissement en isotope lourd et la recharge et permet de la quantifier.

Cette méthode s'est avérée approximative et il est difficile de fixer des limites de confiance aux estimations de la recharge. Elles devraient être confortées par d'autres méthodes de calcul plus directes.

II.3.2.4.Comparaison entres les trois méthodes géochimiques: [10]

Sur les trois méthodes de traceurs possibles (isotopes radioactifs, Isotopes Stables et Chlorures) la méthode du chlorure attire plus spécialement parce qu'il est le traceur le moins coûteux pour l'estimation de la recharge.

II.3.3.Méthode hydrodynamique:[10]

Dans la méthode hydrodynamique, la recharge est déterminée par le calcul de flux de l'eau souterraine. Ce flux est déterminé par des mesures séparées du gradient hydraulique et de la conductivité hydraulique.

II.3.4.L'estimation de la recharge par des modèles numériques :[10]

La modélisation numérique des recharges des nappes a déjà fait l'objet de nombreuses recherches. Plusieurs modèles numériques sont développés afin d'évaluer le taux de recharge des nappes et de définir le mécanisme de ce processus. La modélisation d'aquifère par un maillage rectangulaire en régime transitoire pour le calcul de la recharge est utilisée avec la méthode des différences finies et celle des éléments finis.

Conclusion:

Pour conclure, on peut dire que la ressource d'eau souterraine peut être renouvelée. Ce renouvellement ou recharge peut se faire naturellement surtout par infiltration des précipitations ou artificiellement par divers moyens dont le but surtout de satisfaire les besoins en eau et de lutter contre l'intrusion marine. Néanmoins cette recharge artificielle nécessite certaines conditions qu'il faut tenir en compte avant toute opération de recharge artificielle.

On a vu aussi que le processus de recharge peut être quantifié par plusieurs méthodes et techniques. Certains de ces méthodes sont de type hydrologique, d'autres sont de caractères géochimiques ou hydrodynamiques et certains d'autres sont basées sur des modèles numériques.

Dans notre travail on ne s'occupe pas de calculer le taux de recharge mais on impose la recharge comme condition aux limites et on va voir l'évolution de niveau piézométrique de la nappe dans l'espace et dans le temps en fonction de la recharge et en tenant compte des débits pompés.

Chapitre IV : la recharge artificielle dans le monde

Introduction :

Face aux besoins en eaux sans cesse grandissant, le concept de recharge artificielle des nappes souterraines apparait comme étant un moyen d'établir une meilleure gestion des ressources en eaux.[4]

En effet, les objectifs visé par une recharge artificielle de nappe peuvent être multiple :

- Restauration d'une nappe surexploitée
- Stockage d'eaux en vue d'une utilisation ultérieure
- Epuration naturelle des eaux usées par le sol
- Barrière hydraulique contre la progression des eaux salées, notamment des origines marine en exploitation côtière

La récupération de l'eau de pluie fait déjà l'objet de travaux normatifs Espagnole français..... ; plusieurs initiatives sont lancées sur l'utilisation des eaux usées traitées aussi bien au niveau national qu'eupéen et international. La recharge des nappes phréatiques tente à son tour une percée. Les entreprises françaises, en particulier Lyonnaise des eaux / Suez, sont très bien positionnées sur ces techniques. Cependant, la France est peu impliquée à l'Iso/TC 113 . Le comité stratégique (Cos) Eau : milieux et usages doit désormais établir une stratégie nationale sur ce nouveau sujet. [4]

IV-1 La recharge artificielle en Espagne :[6]

L'Espagne est parmi les pays les plus arides de l'Union européenne, mais a un potentiel hydrogéologique grand nombre d'aquifères largement distribués dans le pays .

On estime que la recharge des aquifères annuelle en Espagne est d'environ 30% de la ressource en eau totale disponible dans le pays.

Le captage d'eaux souterraines est principalement utilisé pour l'irrigation, et souvent concentré dans certains aquifères exploités intensivement dans le côté méditerranéen de la péninsule ibérique. Selon les chiffres officiels 699 masses d'eau souterraines ont été identifiées en Espagne et 259 (38,65%) de ces masses d'eau souterraines sont classées "à risque" de ne pas atteindre l'environnement objectif de la DCE. Les eaux souterraines en Espagne est une ressource du domaine public depuis 1985. Les modifications introduites par la Loi sur l'eau 1985 et les réformes successives ont été nécessaires pour faire face aux défis résultant de l'utilisation intensive et plus de ressources en eaux souterraines. Cependant sa mise en œuvre s'est heurtée à de nombreuses difficultés qui, à certains égards continuent à ce jour. Comme tous les membres européens États, l'Espagne a récemment transposé la directive européenne cadre sur l'eau (DCE) dans le droit espagnol. Les États DCE captage des eaux souterraines ne devrait pas avoir un important impact sur les eaux de surface les organes compétents de cause. Il dit aussi que les États membres doivent mettre en œuvre des mesures visant à prévenir ou à limiter les rejets de polluants dans les eaux souterraines.

Si ces dispositions sont strictement appliquées, de nombreuses eaux souterraines des développements intensifs et des activités productives en Espagne peut avoir à cesser.

IV-1 -1 FAITS ET CHIFFRES DES EAUX SOUTERRAINES EN ESPAGNE :[6]

Traditionnellement, seuls forte perméabilité des formations géologiques ont été officiellement considéré comme aquifères en Espagne. aquifères officiel ont été trouvés dans environ 180,000 km², Soit un tiers de la surface du pays. Toutefois, les travaux de caractérisation de la DCE reconnaissent aujourd'hui l'apparition de nombreuses masses d'eau souterraines dans d'autres formations géologiques telles que ignées et roches métamorphiques de la perméabilité modérée, mais ayant une importance stratégique pour les régions rurales principalement de la population. Compte tenu de ces aquifères perméables moins recharge des aquifères annuel en Espagne a été estimée à environ 30.000 Mm³ ce qui représente 30% de la quantité totale d'eau ressources disponibles dans le pays (MMA, 2000). Toutefois, le montant total de l'eau stockée dans les aquifères est probablement deux ordres de grandeur plus élevés que ceux d'un an renouvelable ressources (Sahuquillo et al., 2007). Ce fait est extrêmement important pour les pays qui souffrent sécheresses fréquentes, car les eaux souterraines constituent une ressource stratégique qui permet maintenir d'irrigation pendant les périodes sèches.

Dernières documents officiels (MMA, 2000) estiment que l'utilisation des eaux souterraines en Espagne ont augmenté à partir de 2.000 mm³ / An en 1960 jusqu'à 6.500 Mm³ / An aujourd'hui. Il est à noter que le ratios utilisation des eaux souterraines peuvent être très différents selon les régions. Les eaux souterraines deviennent la principale source disponible dans les îles (îles Baléares et Canaries), dans la partie au sud méditerranéen (Jucar et Segura bassins) et dans certaines régions continentales, telles que La Mancha. À titre d'exemple il peut être indicatif de souligner le fait que les eaux souterraines de pompage dans un bassin méditerranéen au sud-individuel (le bassin du Jucar)

s'élève à 25% des montants totaux des eaux souterraines exploitées dans l'ensemble du pays.

Environ 75% des eaux souterraines prélevée est utilisée pour l'irrigation, qui est de loin la principale utilisation des eaux souterraines. Ces chiffres sont en fait très similaires dans la plupart des zones arides et les pays semi-aride. L'augmentation spectaculaire dans le développement des eaux souterraines en Espagne a été principalement menées par des milliers d'agriculteurs dans différentes régions avec la participation du public limitée.

L'augmentation de pompage des eaux souterraines permet aux agriculteurs de garantir de leurs récoltes dans les années de sécheresse, lorsque les ressources en eau de surface ne sont pas disponibles. on sait que les eaux souterraines fournissent 20% de toute l'eau utilisée pour irriguer 30% du total

la superficie irriguée, ce qui signifie que l'irrigation des eaux souterraines est significativement plus efficace que l'irrigation de surface en Espagne, comme dans beaucoup d'autres pays (2003). Les raisons qui peuvent contribuer à expliquer une telle efficacité supérieure sont analysés en détail par

Hernandez-Mora et al. (2007), mais elle pourrait se résumer à ce qu'ils sont exploités en tant que des ressources privées, avec recouvrement intégral des coûts par les utilisateurs, contrairement à irrigations basée sur eaux de surface qui utilisent les infrastructures à être largement subventionnés par le gouvernement.

D'autre part, les eaux souterraines est la source d'approvisionnement en eau de 35% des Espagnols population (soit 14 millions d'habitants). Dans certaines grandes villes, comme Barcelone, des eaux souterraines constitue une ressource clé stratégique pour assurer l'approvisionnement en eau à la population pendant les périodes sèches. Hernandez-Mora et al. (2007) a souligné l'utilisation limitée de ressources en eau souterraine en Espagne à des fins

domestiques, en contraste avec d'autres européens pays à fort potentiel aquifère suffisant. Sauf la Norvège, qui a peu aquifère très potentiels, en 1999 l'Espagne avait le plus faible pourcentage des eaux souterraines utilisées pour l'approvisionnement urbain (Grandes villes) en Europe, environ 19% selon les MMA (2007). Toutefois, le montant des utilisations des eaux souterraines est beaucoup plus élevé dans les petits villages que dans les grandes villes. L'approvisionnement en eau pour villages de moins de 20.000 habitants utilisent environ 70% des sources d'eau souterraine (MMA, 2000).

IV-1-2 Gestion des eaux souterraines EN ESPAGNE :[6]

Gestion de l'eau en Espagne est basée sur la rivière Agences de Bassin. Quand une donnée bassin hydrologique est interrégionale, la gestion de l'eau dépend du ministère de la l'Environnement du gouvernement de l'Espagne. En revanche, lorsque le bassin hydrologique est entièrement situé dans une Communauté autonome (régions autonomes d'Espagne Gouvernement) de la gestion de l'eau est une responsabilité complète de la région autonome Gouvernement.

Exemples de bassins hydrologiques gérés par les administrations régionales peuvent être en Catalogne, l'Andalousie, le Pays basque et les îles Baléares et Canaries. Les Espagnols Loi sur l'eau, à partir de 1985, a déclaré toutes les eaux souterraines en tant que domaine public des ressources pour la première fois. La nouvelle loi laisse deux possibilités existantes pour les eaux souterraines propriétaires:

(a) de rester dans un régime transitoire privé jusqu'en 2038 et après que devenir un concession de service public,

(b) de rester en permanence dans un régime privé. Les propriétaires avaient un de 3 ans date limite pour s'inscrire dans un catalogue de Soldat eaux. Selon l'eau Loi, exploitations souterraines nouvelle demande après 1986 doit être

approuvé par le correspondant de l'Agence du bassin et également enregistrés dans un registre public des eaux. Toutefois, après plus de 20 ans à la fois le catalogue et le Registre sont loin d'être achevée, et la situation réelle pourrait être définie comme un chaos hydrologique. Des centaines de milliers de nouveaux puits et des forages ont été construits depuis la loi sur l'eau de 1985, la plupart d'entre eux sans présenter de demande d'approbation auprès de l'Office du bassin, donc en fait être à du contrôle par les autorités de réglementation correspondante. Le fait est que les chiffres réels des exploitations souterraines en Espagne ne sont pas connus pour les autorités qui n'ont pas allouer les ressources nécessaires pour rendre effectives les contrôles requis par la loi sur l'eau.

Une nouveauté pertinente était celle de la loi sur l'eau prévoit la possibilité de déclarer officiellement une nappe aquifère à être surexploités. Une telle surexploitation juridique ne peut être déterminée sur la base à la fois, la quantité et de qualité. Il ya 16 aquifères officiellement déclarée surexploités à jour. La loi donne des pouvoirs étendus agences de bassin pour la gestion des aquifères surexploités déclaré. Les organismes doivent élaborer un plan de gestion et déterminer annuelle des régimes de pompage. Les restrictions doivent s'appliquer à des utilisateurs dans les secteurs public et régimes de propriété privée et sans pompage de nouvelles autorisations peuvent être accordées.

IV-1-3 Implication de la directive cadre européenne sur l'eau :[6]

Le 23 Octobre 2000, la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil appelée la Directive Cadre Eau de l'Union européenne (DCE) a finalement été adoptée. Le DCE prévoit un cadre pour la protection,

l'amélioration et l'utilisation durable de tous les masses d'eau dans l'environnement à travers l'Europe, de la source à la mer. Ces masses d'eau notamment de surface, souterraines et les eaux côtières.

Les principaux objectifs de la directive doivent protéger et améliorer l'environnement de l'eau. Cela comprend la prévention de la détérioration de des écosystèmes aquatiques et, si possible, à rétablir les eaux souterraines et de surface pour atteindre un «Bon état» d'ici à 2015.

IV-2 La recharge artificielle en TUNISIE[3]

La recharge artificielle des nappes à partir des eaux superficielles en Tunisie avait un intérêt national dans les années 80.

L'acuité du problème de l'eau, a été d'ailleurs plus ressentie par tous les utilisateurs d'autant que les dernières années ont été exceptionnellement sèches. Ainsi toutes les techniques, et notamment la recharge artificielle ont été mises en œuvre pour mobiliser des ressources en eau potentiellement disponibles.

Dans cet objectif les Tunisiens ont lancé dans les années 80 sur tout leur territoire un inventaire systématique des sites d'infiltration.

Cette mobilisation de la ressource a été mise à la disposition des aménageurs et des responsables de la gestion de la ressource en eau en Tunisie en appliquant les techniques de recharge à la fois, simples et adaptés à la grande irrégularité des écoulements superficiels.

Précisément, cette dernière caractéristique est très représentative de la Tunisie, laquelle ne dispose guère d'importants massifs montagneux, agissant peu ou pas comme château d'eau.

Les écoulements étant très irréguliers, ces derniers peuvent dans certaines zones, être inexistantes ou presque, durant plusieurs années.

De ce fait les Tunisiens ont réalisé un certain nombre de barrage et de lacs collinaires spécialement conçus pour la recharge artificielle des nappes

(ex : pour la nappe de **Sbiba**, 02 barrages ont été conçus spécialement pour la recharge, il s'agit des barrages ; de Oum Laâroug « potentiel moyen de recharge = **0.25 Mm³/an** pour la période de 1998 jusqu'à 2002 », et le barrage

El Breck « capacité de stockage = **22.7 Mm³** » qui a commencé à être opérationnel juste après la crue de Mai 2002 dans la région,

la recharge s'effectuait dans ce cas par infiltration directe au niveau de la cuvette de la retenue le volume infiltré pour la période allant de mai 2002 jusqu'en avril 2003 était de **21.6 Mm³**).

Il fallait donc disposer de la ressource en eau à proximité des sites à recharger. La recharge artificielle est conditionnée par la disponibilité des eaux d'assez bonnes qualités ($T^{\circ} < 25^{\circ}$, Turbidité < 3 g/l, bonne qualité chimique et bactériologique), et d'un débit régulier.

Un projet national prévoyait la réalisation de 410 lacs collinaires retenant 25,1 millions de m³ d'eau.

Aussi dans les régions du centre tunisien les ouvrages hydrauliques outre leurs caractères de :

- protection contre les inondations,
- régularisation des apports,
- desserte de l'eau pour l'irrigation,

sont conçus afin de permettre la mobilisation d'un volume d'eau servant à la recharge artificielle des nappes.

Ces volumes infiltrés dans les nappes dépendent essentiellement des taux d'infiltration et de saturation de ces nappes d'une part et de la capacité de pompage dans les aquifères, d'autre part.

La technique dans ce cas consiste :

- Lâchures dans le lit de l'oued à partir de barrages de régularisation.
- L'infiltration directe dans la retenue du barrage.
- L'épandage des eaux de crues à partir de barrage de dérivation.
- L'infiltration par le moyen de dispositifs d'injection (puits) dont la partie active pénètre dans la nappe.

Réutilisation des eaux usées pour la recharge des nappes aquifères.

❖ Conditions fondamentales :[3]

- Eviter tout risque de dégradation de la qualité des eaux des nappes à recharger.
- Eviter tout risque sur la santé humaine.
- Démontrer l'efficacité du pouvoir épurateur du sol.
- S'éloigner des zones habitées et des champs de captages d'eau pour l'AEP.
- Disposer d'une tranche de terrain non saturée assez importante pour une bonne épuration naturelle.

➤ Sites concernés par la recharge artificielle par les eaux usées et traitées :

a- Nappe de l'Oued Souhil.

La recharge artificielle de la nappe de l'Oued Souhil par les eaux usées et traitées a été pratiquée pour les raisons suivantes :

- Baisse des niveaux piézométriques.

-Intrusion marine dans sa partie côtière.

-Disponibilité des eaux usées traitées en hiver.

b- Nappe de Korba (Système aquifère de la côte orientale du Cap-Bon).

Cette nappe connaît les mêmes problèmes que la nappe de l'Oued Souhil, les potentialités en eau usées et traitées dans la région sont de l'ordre de 7500 m³/j (2.8 Mm³/an).

c- Nappe de l'île de Jerba.

Cette nappe était surexploitée, en 1985 elle a été décrétée zone interdite. Ces potentialités en eaux usées et traitées sont de 15750 m³/j, soit 7% des ressources de la nappe.

LES NAPPES SUREXPLOITEES

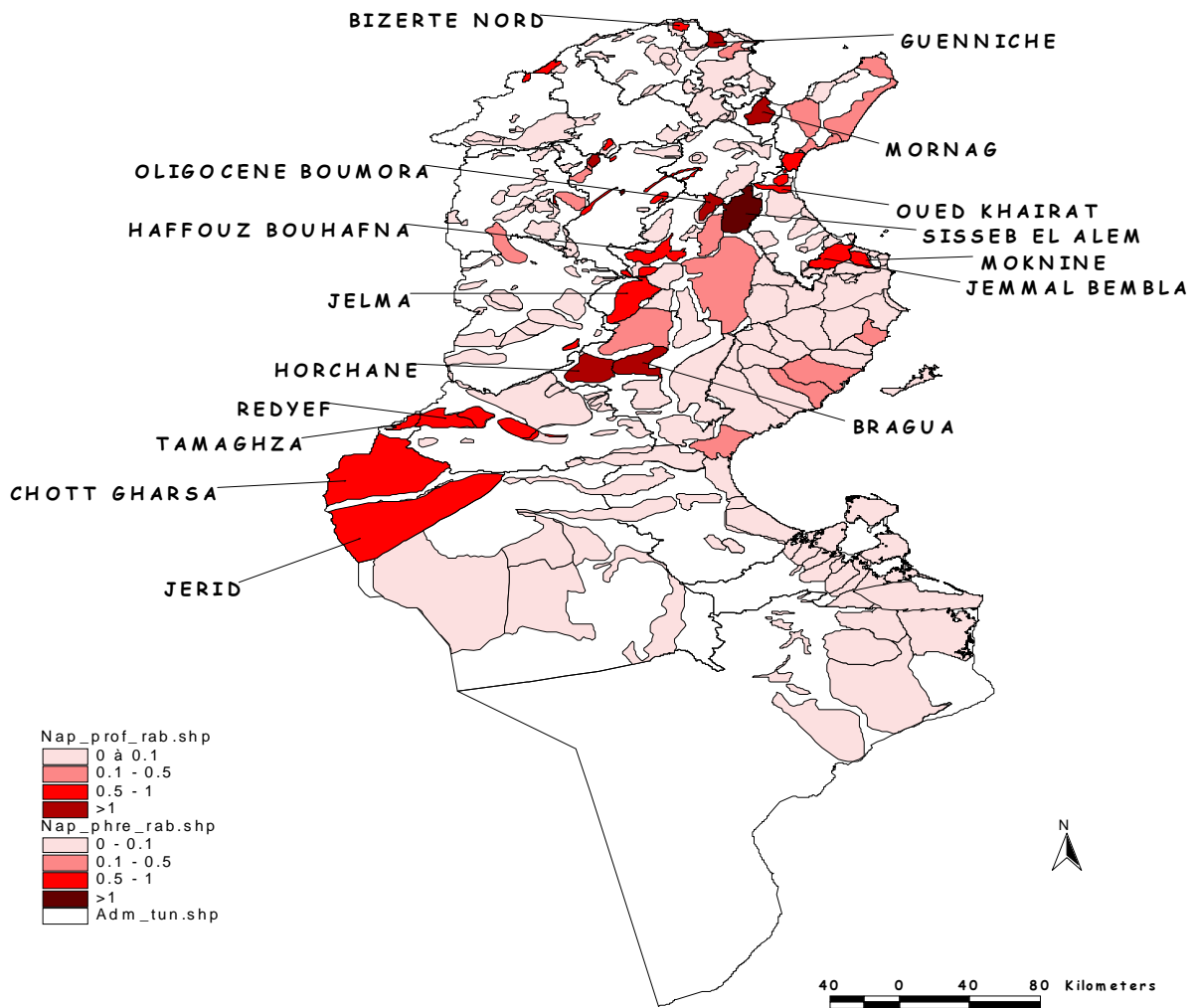


Fig IV-1 : les nappes surexploitée en Tunisie

LES NAPPES SUREXPLOITEES ET LES NAPPES RECHARGEES

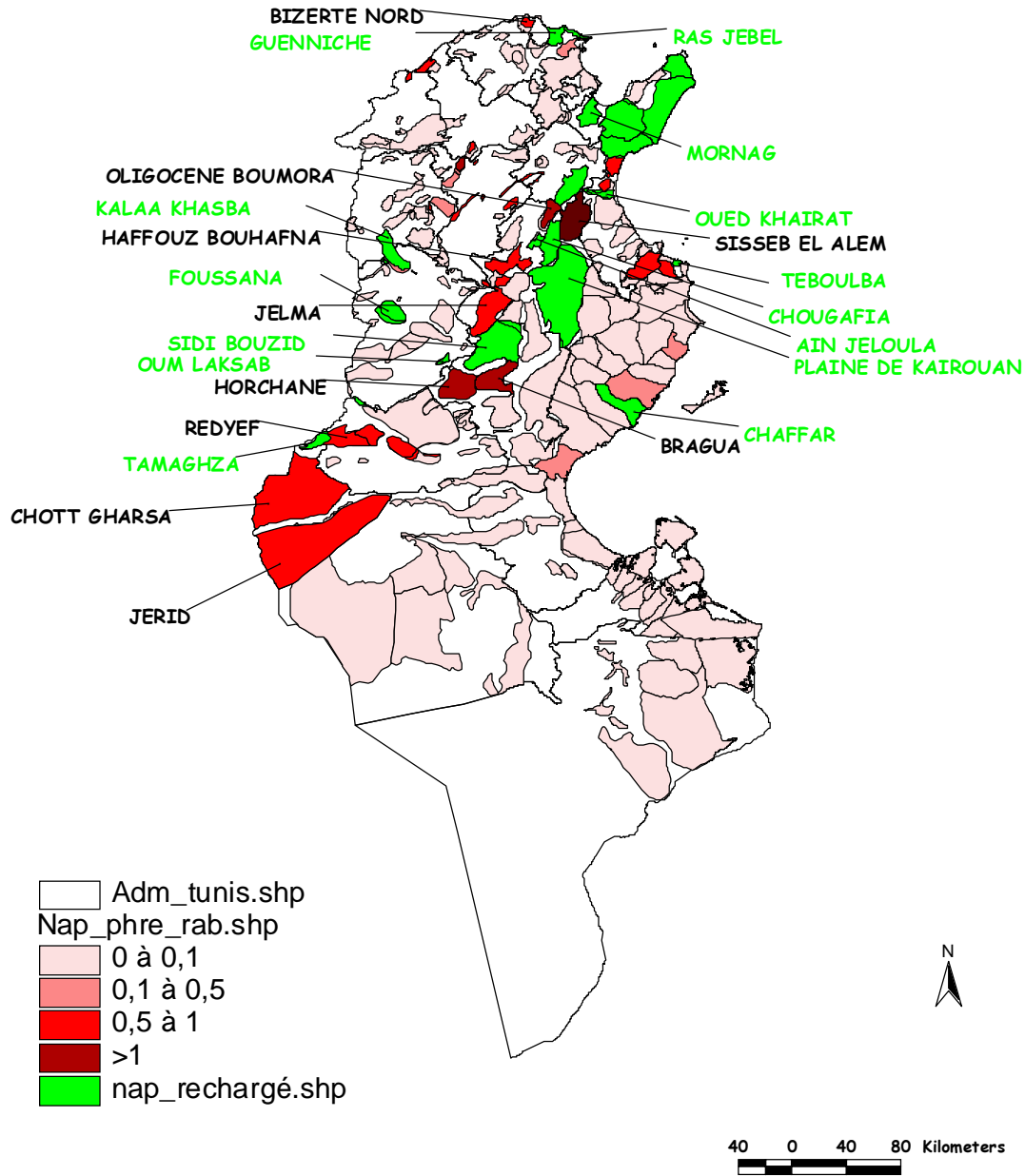


Fig IV-2 les nappes surexploitées et les nappes rechargée en Tunisie

IV_3 Généralité sur la recharge artificielle de la nappe de la Mitidja :

IV-3-1 Objet de l'étude :

L'objet de la présente étude porte sur l'évaluation des travaux de réhabilitation d'un dispositif pour la recharge artificielle de la nappe de la Mitidja à partir des installations déjà existantes à BOUGARA

Les principaux sites d'étude sont :

- Prise d'eau (au niveau de l'oued Harrach)
- Canal d'amenée
- Bassin d'infiltration

IV-3-2 Objectif général :[4]

C'est le procédé qui consiste à introduire artificiellement un certain volume d'eau dans une formation aquifère perméable par l'intermédiaire d'un dispositif aménagé à cet effet, allant de l'épandage sur des terrains perméables ou le simple bassin d'infiltration de surface au puits ou au forage le plus élaboré.

Ce procédé a pour objectifs :

- Restauration d'un équilibre perturbé ou protection contre les perturbations diverses : baisses des niveaux piézométriques, salinisation, intrusion marine.
- L'exploitation d'une nappe peut rompre l'équilibre et provoque des perturbations diverses que l'alimentation artificielle et en mesure de rétablir.

Dans les nappes captives, l'effet de transmission de pression permet d'effectuer la recharge à une certaine distance des points de pompage.

- Le rabattement des niveaux piézométriques provoque l'inversion du gradient hydraulique et la pénétration des eaux salées (biseau salé pour les nappes côtières) ou polluées dans la nappe. La recharge artificielle peut créer une barrière hydraulique permettant de préserver la qualité des ressources en eau souterraines .
- L'accroissement des prélèvements crée une pénurie essentiellement saisonnière des ressources disponibles .la mise en œuvre de la recharge permet des résoudre ou d'atténuer les problèmes de pointe.

La recharge artificielle constitue un outil de gestion de l'ensemble des ressources en eau d'un bassin ou d'un groupe de bassins naturels. Elle permet la gestion rationnelle des eaux superficielles et souterraines.

Après étude et réalisation du projet il sera procédé à l'expérimentation qui a pour objectif :

- Recharge de la nappe à partir des eaux superficielles
- Comprendre la dynamique de l'eau à travers la zone non saturée et dans l'aquifère.
- Comprendre la dynamique des sédiments en suspension dans cette eau
- Mesure de la vitesse d'infiltration, évaluation des débits infiltrés
- Effet de la recharge artificielle sur la piézométrie locale
- Etude du colmatage des dispositifs de recharge
- Suivre de la qualité de l'eau
- Effectuer des infiltrations de longue durée et débit constant pour la recharge de la nappe

IV-3-3 Description du site :[4]

La direction de l'hydraulique de BLIDA a réalisé un bassin d'infiltration de dimension approximatives 80 X 40 X 5(16000 m³)situé en plaine dans une zone d'alluvions , propice à l'infiltration au Sud Est de CHEBLI. Ce bassin est alimenté par une ancienne séguia (ouvrage datant de la période coloniale utilisé pour l'irrigation)de plus 4 km de longueur , qui prend l'eau de l'oued El Harrach en amont de la carrière du rocher des pigeons.

Le bassin a été rempli les mois qui ont suivi sa construction .Suite à un défaut d'entretien de la séguia d'alimentation, il n'est plus en fonctionnement

Un autre tronçon de la séguia a été réalisé, en amont par les agriculteurs , qui prendra de l'eau de l'oued El Harrach à côté de la nouvelle prise d'eau du transfert vers DOUERA et ceci en raison de la défaillance de l'ancien canal en béton(beaucoup de fuite et remplie de la vase). Ce dernier emprunte les chemins boisés et très accidentés et prend l'eau en amont de la carrière du rocher des pigeons.

Un grand répartiteur est installé en amont équipé de vannes à battant métallique gradué qui sépare la quantité de l'eau de oued EL Harrach vers les deux destinations ,vers BOUGARA et vers CHEBLI

Un décanteur de dimension 1.5 X 4 sur une longueur de 20 m environ est installé juste avant le répartiteur principal. Ce dernier est rempli de la boue et ne reste que 1 m d'eau libre.

Il est à signaler que trois autres bassins existent et qui sont alimentés par la même séguia par l'intermédiaire des répartiteurs secondaires (regard en béton ou aménagement en terre).

Aussi, les agriculteurs prendront de l'eau directement de la séguia suivant leurs programmes de répartition de l'eau.

IV-4 Systemes de recharges existant dans la gestion centre :[2]

Il existe actuellement plusieurs systèmes de recharge dans la région centre dont la plaine de la Mitidja, le plus ancien remontant à la période coloniale.

Les différents systèmes existants, avec la première année d'exploitation, sont :

- Le système Legros (période coloniale).
- Les lâchés du barrage de Boukourdane (Tipaza) dans l'oued El Hachem pour l'alimentation de la nappe alluviale (1998).
- Le système ANRH (début du projet – 2000).
- Les retenues en « big – bag » (2002-2003).
- Les grands bassins (2003-2004).

-Il est utile de préciser que les premiers projets de recharge initiés par l'ANRH, sur les bords de l'oued El Harrach, après l'indépendance de notre pays, remonte aux années 1970 mais faute de soutien financier ils ont été abandonnés.

-Il y a environ cinq années, dans le cadre du projet de coopération Algéro – Espagnol, l'ANRH a initié un projet pilote de recharge dont les travaux sont en cours d'achèvement.

- Après les pluies exceptionnelles de l'année hydrologique 2002 – 2003 des retenues en « big – bag » dans les oueds ont été concrétisées après la réalisation des jaugeages différentiels et le choix des sites avec la DHW. Cette idée a été matérialisée sur le terrain par la réalisation de quatre retenues grâce aux efforts louables de la direction de Blida

- La même année le chef de service AEP - Assainissement de la DHW a découvert le système « Legros » et celui d'un bassin réalisé par un agriculteur de la région de Bouinan. Ces deux types étant alimentés par les eaux de surface des oueds de la région. Ces deux systèmes étant très efficaces ont été copiés dans la région entre Bouinan et Bougara ce qui a donné des résultats inespérés puisque entre les mois de février et mars 2005 et pour un seul bassin, 306 l/s s'infiltrèrent en continu dans la nappe soit un volume de 1,5 Hm³ pour cette période.

Il est utile de noter que ces différentes initiatives n'ont pas répondu à une stratégie de notre secteur mais juste à un souci de retenir le plus d'eau de surface possible pour qu'elles ne se perdent pas dans la mer. Toujours est-il que des quantités importantes continuent à arriver en mer comme lors de l'année 2002 – 2003 ou plus de 320 Hm³ ont connu ce sort pour le seul oued d'El Harrach ce qui dépasse le volume mobilisé chaque année de la nappe de la Mitidja. Cette déperdition continuera tant que des ouvrages de mobilisation d'eau de surface et tant que des systèmes de recharge en quantités suffisantes ne sont pas réalisés.

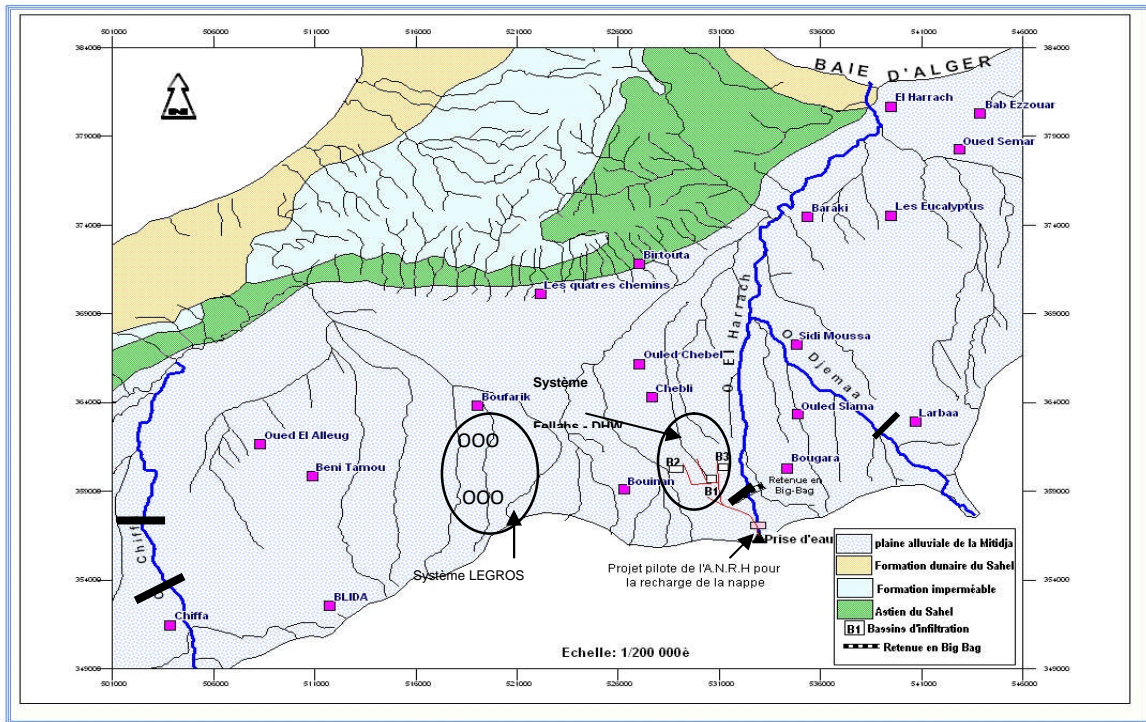


Fig IV-3 : Différents systèmes de recharge existants dans la plaine de la Mitidja

IV-4-1 Système LEGROS [2]

Dans la région comprise entre les centres de Bahli et de Douar Saada (commune de Souma – Daira de Boufarik - wilaya de Blida), la DHW avec l'aide des fellahs des EAC a remis en marche un ancien système de recharge de la nappe, datant de l'ère coloniale, à partir des eaux superficielles de l'oued Bouchemala.

En effet, ce projet a été réalisé par le colon « Legros » qui a réalisé des bassins petits et moyens en épousant la topographie, avec des trop – plein, sur de grandes surfaces (forêts d'eucalyptus) s'étendant sur des kilomètres.

Après le recouvrement de notre indépendance, le nom de Legros a été changé par celui du Chahid « Souidani Boudjemaa ». Les responsables du domaine ont pris alors le relais et ont perpétué ce projet jusqu'à la subdivision du domaine en EAC.

Lors de la période des exploitations collectives, il a été abandonné en grande partie par manque d'entretien des canaux d'amenées.

Ce projet a été repris grâce aux responsables de la DHW de Blida, et surtout aux efforts du chef de service AEP – assainissement, qui n'ont vraiment pas lésiné sur les moyens et sur leur heures de repos pour faire aboutir cet ancien système de recharge ce qui a donné de bon résultat puisque les forages situés dans ce grand domaine ont vu leur débit augmenter. Actuellement, il marche mais avec des difficultés vu que les membres des EAC ne sont pas bien organisés par conséquent pour perpétuer ce système qui nécessite que l'entretien des canaux d'amenées et de veiller à ce que l'eau des crues aboutissent aux bassins, il est nécessaire de responsabiliser l'équipe d'intervention de l'APC de Souma ou mettre en place une équipe au niveau de la DHW de Blida ou de la direction régionale de l'ANRH.



Fig IV-4: bassin d'infiltration du système Legros (photo prise le 30 mars2005)



Fig IV-5 : entrée d'eau dans un bassin (photo prise le 30 mars 2005)

VI-4-2 – Système de retenue en « big – bag » :[2]

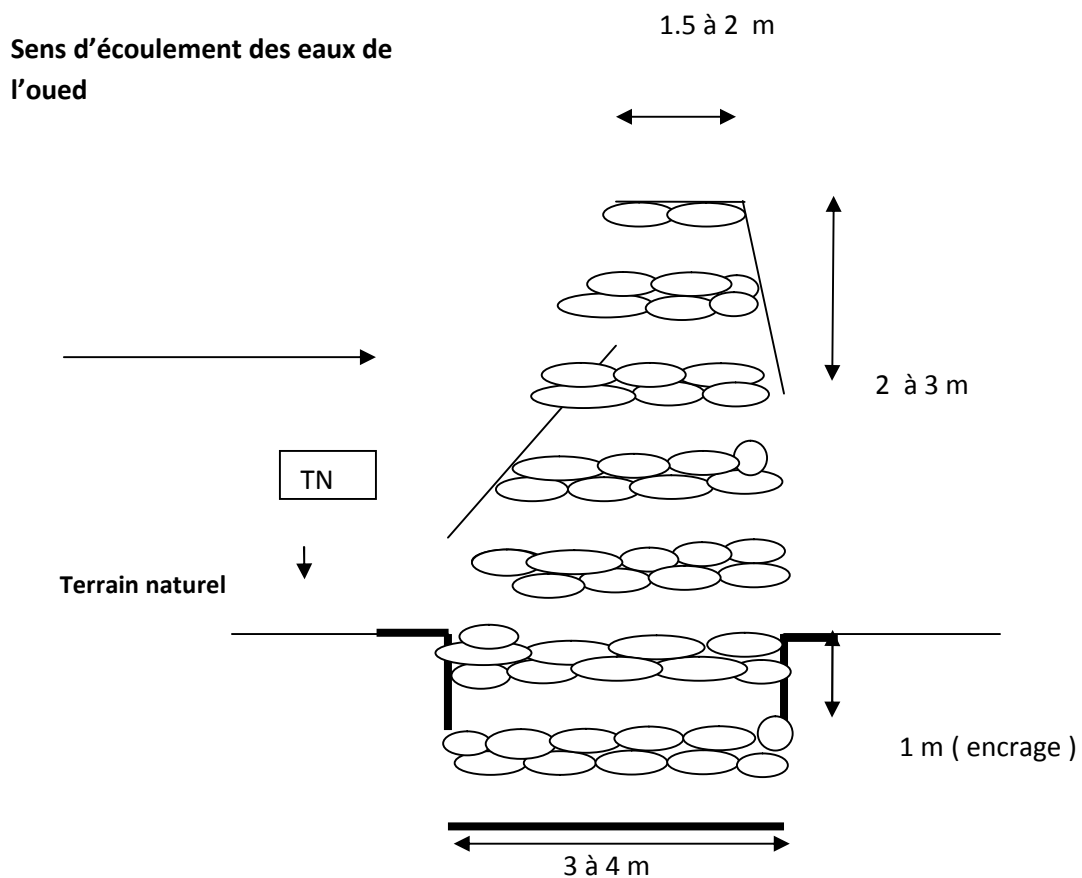
Après les pluies importantes évaluées à 730 mm entre novembre 2002 et février 2003 (novembre = 194,8 mm, décembre = 140,3 mm, janvier = 213,5, et février = 160,7 mm) enregistrées à la station de Blida nous avons noté des écoulements importants dans les oueds de la région.

A cet effet, les responsables de la DHW de Blida ont procédé à la réalisation de retenues en sacs de terres connues sous le nom anglais « dam with big bag ».

Après des jaugeages différentiels pour déterminer les zones les plus perméables il a été matérialisé ce type de dispositifs en mai 2003 avec leur implantation sur carte et sur terrain.

Le système consiste en une barrière constituée de grands sacs remplis de tout venant d'oued ou de terres (figure) pour stopper une partie des eaux afin d'augmenter le taux de recharge de la nappe dans les oueds et pour permettre aux fellahs de la région de bénéficier d'un volume d'eau pour l'irrigation de leur terres au lieu d'utiliser les eaux de la nappe.

Fig IV-6 : COUPE SCHEMATIQUE DE LA RETENUE



LEGENDE :

○ Sac rempli de graviers, d'argiles ou de sables d'oued.

— Couche de 30 cm d'argiles et de chaux (2 sacs d'argiles pour un de chaux) pour assurer l'adhérence entre les graviers du lit de l'oued et les sacs.

Ces retenues peuvent être protégées par des gabions, si les moyens financiers sont suffisants.

Quatre retenues ont été réalisées (02 sur l'oued Chiffa, une sur l'oued El Harrach et une sur l'oued Djemaa) par les moyens financiers de la DHW de Blida.



Fig IV-7 : vue de la retenue en « big bag » sur l'oued El Harrach (photo prise le 30 mars 2005)



Fig IV-8: vue en amont de la retenue en big bag

Ces retenues ont donné des résultats assez probants puisque les débits des puits et des forages aux alentours ont augmenté et les terres aux environs immédiats de cet ouvrage ont été travaillées et nous avons noté la plantation de grande surface en arboriculture fruitière.

Le seul inconvénient qui se pose actuellement pour ce système c'est l'entretien donc un budget nécessaire doit être mis en place. Les frais consistent en un curage par une niveleuse une fois par an avec un minimum de main d'œuvre.

IV-4-3 – Système ANRH :[2]

Actuellement, l'ANRH a un projet de recharge pilote en cours d'achèvement, au bord de l'oued Hammam Melouane qui est un affluent de l'oued El Harrach. Il s'agit d'un bassin de décantation des particules fines et de 03 autres destinés à infiltration des eaux. Les bassins sont alimentés par un canal d'amenée d'eau, à partir de l'oued. Le projet comporte également des piézomètres qui ont été réalisés pour le suivi de la recharge.



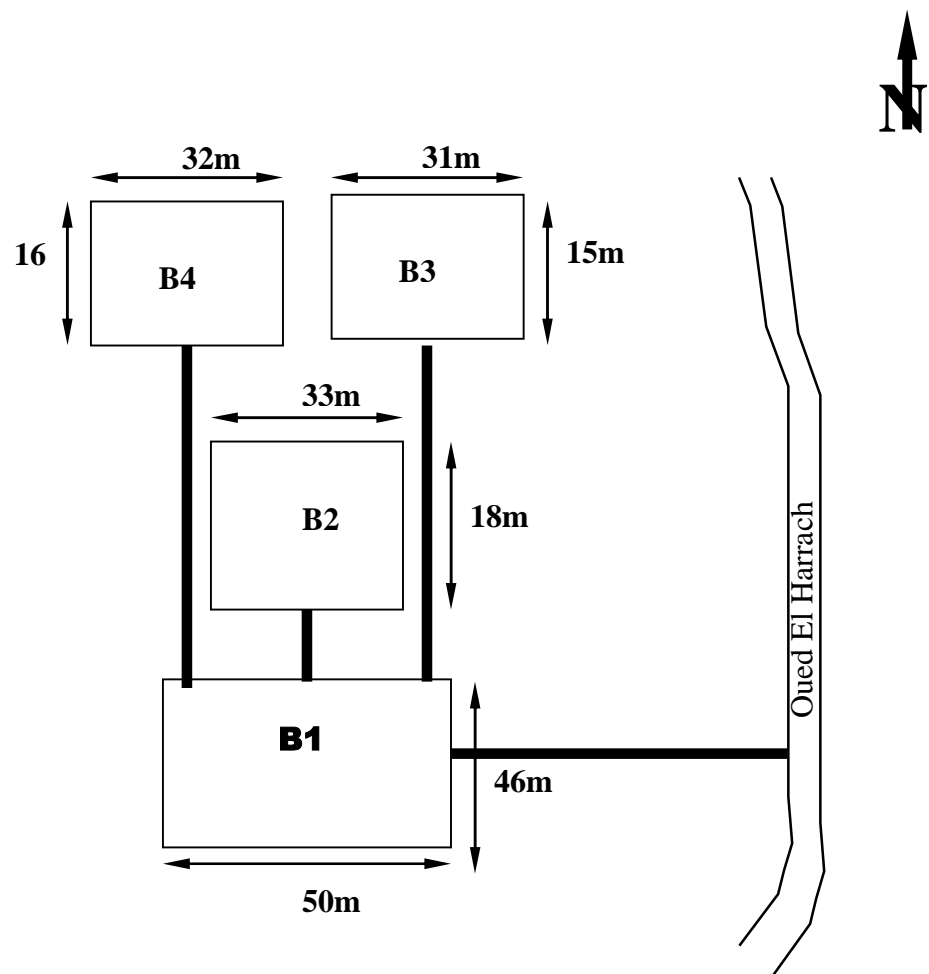
Fig IV-9 : vue des bassins d'infiltration du système ANRH

Ce système expérimental est bon pour le calcul des différents paramètres hydrodynamiques (vitesse d'infiltration, vitesse de décantation des particules fines à la base des bassins etc.).



Fig IV-10 : bassin de décantation du système ANRH avec vue d'une partie du bassin versant

Projet pilote de recharge de la nappe de la Mitidja en amont de l'oued El Harrach



B1 : Bassin de décantation
B2, B3, B4 : bassin d'infiltration

Fig IV-11 projet pilote de la recharge de la nappe de la Mitidja en amont de l'oued El Harrach

IV-4-4 Système Paysans – DHW[2]

C'est des bassins de grande dimension (50 à 100 m de long sur 30 à 50 m de largeur) qui sont alimentés par des canaux d'irrigation datant de 1827 (ère Ottomane) qui véhiculent des eaux d'une prise d'eau de l'oued Hammam Melouane, affluent de l'oued El Harrach. Les colons ont perpétué ce système et ont créé des petits bassins de stockage à l'instar de celui de Legros et qui ont été presque totalement abandonnés.

Actuellement cinq (05) bassins ont été réalisés dans la région comprise entre Bouinan et Bougara et qui rechargent la nappe avec de grand débit :

- bassin 1 : a un débit d'infiltration variant de 40 à 70 l/s,
- bassin 2 : a un débit de 306 l/s [jaugeage du 14/03/2005]
- les deux autres bassins reçoivent de 20 à 40 l/s
- le grand bassin de décantation qui n'est encore achevé a un débit entrant de 986 l/s.

L'initiative louable de réalisation de ces bassins, mérite d'être soulignée car elle est unique en Algérie et d'être félicitée ainsi qu'encouragée, est à l'actif des responsables de la DHW de Blida qui ont contacté les agriculteurs de la région dont le rôle a été déterminant par l'octroi du terrain d'assiette de ces bassins.

Conscient que la réalisation de bassin d'une telle grandeur serait vraiment très onéreuse (un bassin de 100 m de long, de 50 m de largeur et de 4 m de profondeur peut coûter **12 millions de dinars**) ils ont tout simplement autorisé les agriculteurs à vendre le tout - venant issu de la réalisation des bassins. Cette

manière de procéder étant la seule pour que de tels ouvrages puissent voir le jour, en nombre suffisant, et pour faire une recharge conséquente de la nappe de la Mitidja, car nous prévoyons 50 bassins ce qui nécessiterait un budget de 600 millions de dinars ce qui est lourd comme investissement.

La DHW en plus du contrôle de cette opération de creusement a curé les canaux et les a agrandi sur son propre budget et c'est sur ce volet que nous prévoyons une subvention de l'état pour l'aboutissement de ce projet.

Il est utile de signaler que les canaux d'irrigation existent sur presque tous les oueds qui traversent la plaine de la Mitidja (oueds Chiffa et son affluent Sidi El Kébir, El Harrach et ses affluents Hammam Melouaneet Djemaa, El Khemis ainsi que Bouchemala) et que c'était géré par des syndicats d'irrigation qui ont été abandonné en grande partie.



Fig IV-12: vue du bassin 1



Fig IV-13: Vue de l'entrée du bassin 1 et de son étendue



Fig IV-14: Vue du bassin 2 qui engloutie actuellement 306 l/s

Ces canaux d'irrigation permettaient, avant, de véhiculer les eaux pour l'irrigation des jardins situés dans la périphérie des villes comme Blida et les villages tels que Souma, Guerrouaou, Bouinan, Bougara, l'Arba et leurs centres respectifs.

Actuellement, tous les systèmes sont alimentés à partir des eaux de l'oued Hammam Melouane qui ont une bonne qualité chimique d'après les analyses que nous effectuées au laboratoire de DRC/ANRH mais elles ont trop de matière en suspension ce qui constitue le seul problème. Ces particules fines proviennent du broyage des calcaires d'une sablière de montagne qui est située en amont des systèmes de recharge juste à côté du chef lieu de la commune de Hammam Melouane.

Ce problème peut être réglé par une aménée d'eau à l'amont de cette sablière. L'infrastructure existe mais il faut la réhabiliter et parfois la reprendre à zéro pour pouvoir amener de grand débit.

Tableau des analyse de Hammem Melouan :[8]

N° labo	LN (X)	LN(y)	Ca (mg /l)	Na(mg/l)	Mg(mg/l)	K(mg/l)
42	532050	358000	94	52	140	1
43	532050	358000	90	51	145	1
44	532050	358000	68	38	60	1
45	532050	358000	57	32	60	1
276	532050	358000	50	30	48	2
277	532050	358000	50	33	50	2
704	532050	358000	40	16	100	2

IV – 5 Conclusions :

D'après les premières constatations le système de bassin que ce soit celui de « Legros » ou celui que nous avons nommé « agriculteurs-DHW » est de loin le plus efficace vu les débits importants que nous pouvons y infiltrer. Les seuls inconvénients restent la longueur des adductions qui est un peu importante et les MES qui sont transportés. L'amenée nécessitera une étude facile à réaliser vu qu'il faut suivre l'ancien cheminement. Quant au deuxième aspect, celui des MES, il peut être réglé par une amenée d'eau à l'amont de la sablière et l'agrandissement du bassin de décantation bien que quelquefois il faudra curer les bassins mais c'est une opération assez facile.

Les retenues en « big –bag » sont également efficaces mais nécessitent un entretien régulier de l'assiette de l'ouvrage, des berges de l'oued et de la digue elle-même, ce qui est coûteux sauf s'il y a une structure ou une équipe intégrée à la DHW ou à l'ANRH pour s'occuper de ces opérations. Un dégagement d'un budget annuel pourrait être envisagé comme une solution.

Le système de l'ANRH est en cours par conséquent nous ne pouvons pas donner une appréciation.

Il est utile de signaler que la DHW a profité d'un puits proche d'un canal d'amenée pour en faire un point de recharge de la nappe .

Ces actions de recharge font partie de la gestion de la ressource et ne peuvent être effectives sans la participation de l'ensemble des structures et des personnes intéressés et bénéficiaires :

- Les agriculteurs personnellement ou à travers leurs structures

(Syndicat des irrigants, chambre de l'agriculture et les services de l'agriculture), par l'intérêt qu'ils peuvent en tirer donc leur participation doit être effective sur le terrain par l'octroi de terrains pour les bassins, par l'entretien ou participation financière.

- Le ministère des ressources en eau pour l'aspect financier. Et ses directions et agences pour la gestion de l'opération et la gestion de la ressource.



Fig IV-15 : recharge de la nappe dans un puits

Ces opérations de recharges qui font partie intégrante de la gestion de la ressource seraient également nettement plus efficaces si des ouvrages de

mobilisation des eaux de surface (barrages) sont réalisés à l'amont dans les gorges. De cette façon nous pourrions recharger le volume que nous voulons et lâcher dans l'oued le débit nécessaire pour l'écologie ainsi que stocker la quantité dont nous avons besoin.

En plus du bénéfice que peut tirer les agriculteurs et la nappe de ces bassins, ils peuvent être utilisés pour l'élevage halieutique puisqu'ils ne sont pas très profonds, l'eau est de bonne qualité chimique et est renouvelée continuellement.

IV-6 Description du projet :[2]

Le projet consiste en la réalisation des systèmes d'alimentation en eau de 50 bassins à partir des eaux de surface des oueds qui traversent la plaine de la Mitidja. En effet, des agriculteurs ont déjà émis le vœu de participer à cette opération en octroyant leur terrain à condition que nous leur emmenions l'eau.

Nous prévoyons à ce titre :

- **12** bassins pour l'oued Djemma (05 pour chaque rive),
- **18** bassins pour l'oued Hammam Melouane (09 encore pour la rive gauche et 09 pour la rive droite),
- **20** bassins pour l'oued Chiffa (10 pour chaque rive),

Tous ces bassins ne nécessiteront pas d'enveloppe financière.

Par contre, nous demanderons un budget est nécessaire pour leur alimentation qui nécessite les actions suivantes :

- Etude de l'adduction d'eau à partir des oueds Chiffa, Hammam Melouane, et Djemaa. Cette étude aura pour objectifs de :

- * Faire un diagnostic sur le réseau existant,
- * Déterminer les lieux des prises d'eau (pour les oueds Hammam Melouane, Chiffa et Djemma),
- * Faire des profils topographiques des amenés,
- * Etudier la faisabilité de réhabilitation des canaux existant
- * Redimensionner les canaux pour des débits plus grands,
- * Créer d'autre pour l'alimentation de tous les bassins.

- La réalisation des adductions d'eau, et la réhabilitation des amenées existantes ainsi que la réhabilitation de tout le système « Legros » (curage des canaux et des bassins).

IV-7 Evaluation du coût du projet :[2]

Le montant de l'étude pour les trois oueds (Chiffa, El Harrach, et Djemma) donc pour trois amenés d'eau est estimé prévisionnellement à **1.820.000 DA**

pour un linéaire prévisionnel de 32000 mètres, soit en toute lettre la somme de **un million huit cent vingt mille dinars algérien.**

* Le montant prévisionnel des trois amenées à réaliser et dont des et dont des parties devront être agrandies et réhabilitées nécessitera un budget de **22.400.000 DA** soit la somme en lettre de **vingt deux millions quatre cent milles dinars.**

* La réhabilitation du système Legros nécessitera un budget de **1.000.000 DA** soit en lettre **un million de dinars.**

IV-8 Besoins matériels et personnels :[2]

Pour la réussite d'un tel projet et sa pérennisation dans le temps il est nécessaire de mettre en place une équipe et leur donner les moyens pour accomplir leur mission (curage des canaux, déviation des eaux, mesure des niveaux, estimation des volumes infiltrés, suivi du réseau d'observation etc.).

L'équipe doit être composée par :

- 01 ingénieur hydrogéologue,
- 01 technicien hydrogéologue,
- 02 agents d'entretiens,
- 01 chauffeurs poids lourds,

Les moyens à mettre à la disposition de l'équipe sont :

- 01 camion à benne (K66 ou k70),
- 01 voiture tous terrains,
- 01 pelleteuses.
- Des échelles de lectures,
- 02 Motos pompes avec flexibles et crépines.

Ces équipements étant les besoins de démarrage.

Chapitre V : l'exploitation de la nappe de la Mitidja

Introduction :

La nappe de la Mitidja vu le nombre important de forages et la faiblesse des apports ces deux dernières décennies ainsi que des déficits annuels qui s'accumulent, se trouve dans un état de surexploitation et les indices se résument comme suit:

- Le rabattement de la nappe a dépassé par endroits plus de 30 mètres au cours des deux dernières décennies,
- Les puits situés en amont hydraulique de la Mitidja (sud de la plaine) et ceux près des champs de captage se sont asséchés.
- La disparition de l'artésianisme dans le bas Mazafran.
- Des chutes de débits des forages récemment réalisés.
- l'invasion saline en Mitidja - Est (baie d'Alger) a atteint des proportions inquiétantes (1.6 kms de la côte) et récemment la salinité des eaux des forages d'AEP de Dergana, de Beni Mered et de Benzerga a augmenté. [2]

V-1 Exploitation de la nappe:

Tableau n V-1 : Tableau récapitulatif de l'inventaire et des débits extraits réalisés en 1997 dans la plaine de la Mitidja :

Usages	nombres d'ouvrages inventoriés		Débits (m ³ /an)	
	Forages	puits	forages	puits
AEP	578	10	144.585.350,68	25.511,58
Irrigation	3172	157	124.438.806,1	2.616.907,8
Industrie	162	5	872.532,4	17.928
Non utilisé	281	/	/	/
total par type d'ouvrage	4193	172	269.896.689,18	2.660.347,38
TOTAL	4365		272.557.036,56	

Le nombre de forage, en 1970, était de 1462. D'après l'inventaire de 1997, complété en 2001, il a pratiquement triplé puisqu'il atteint 4193. Il faut signaler que les forages (42 nouveaux et 20 de remplacement) réalisés dans le cadre du plan « orsec » n'ont pas été comptés. Cette multitude de forages et la sécheresse persistante de ces deux dernières décennies ont entraîné des rabattements importants dans certaines régions qui ont eu pour conséquence la chute des débits dans les forages.[2]

Il faut signaler que le rabattement de la surface piézométrique n'est pas le seul responsable de la diminution des débits, le colmatage des crépines et le vieillissement des forages sans réhabilitation depuis plus de 10 ans jouent également un rôle important et parfois prépondérant dans cette chute.

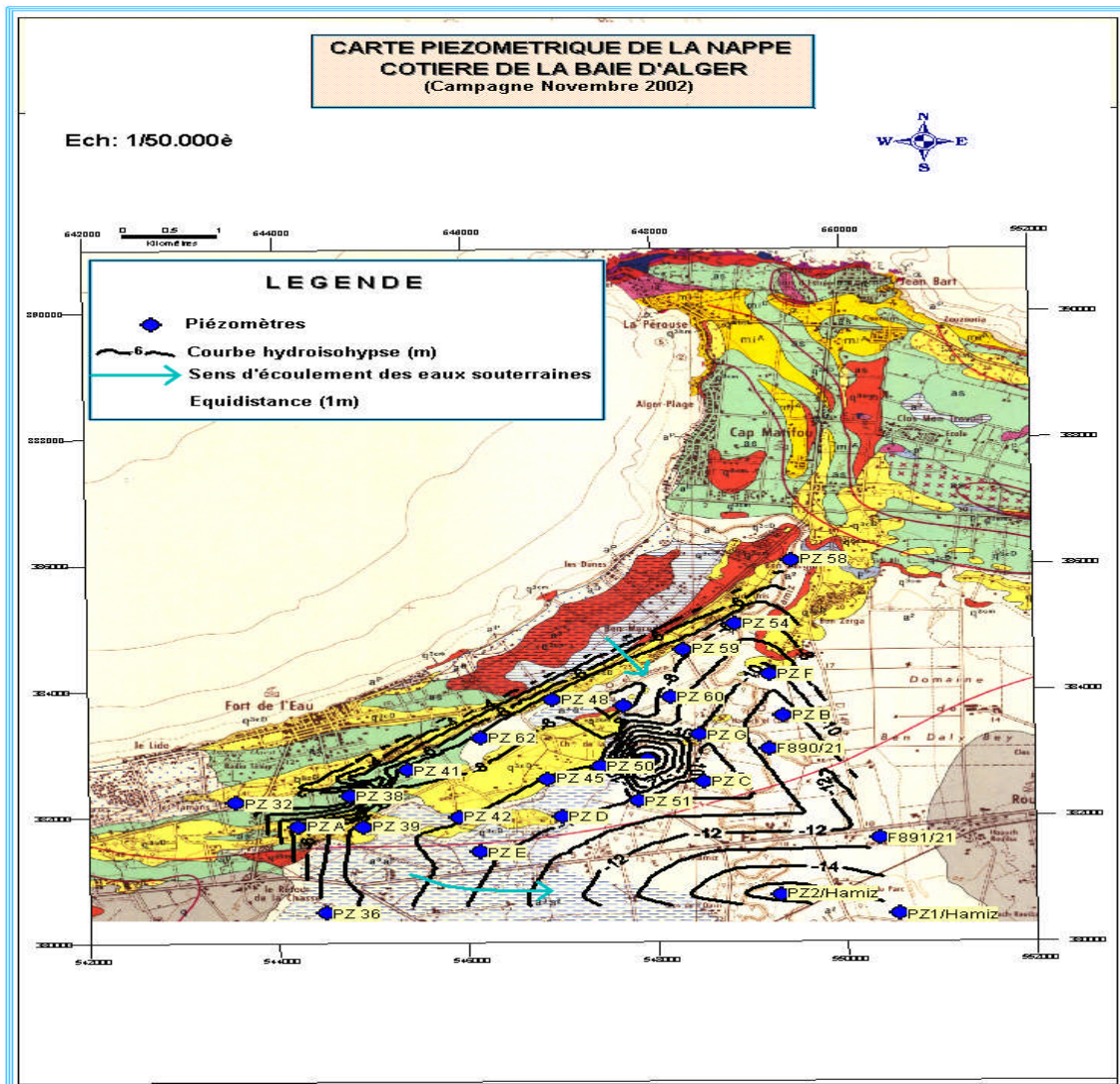


Fig V-1 Carte piézométrique de la nappe côtière de la baie d'Alger (campagne Novembre 2002)

V-2 Probleme de pollution : [2]

Le développement socio-économique rapide, de notre pays, a induit une pollution d'origine diverse dont l'acuité représente une menace permanente pour ces eaux souterraines qui sont donc comme les eaux de surface susceptibles d'être contaminées par les activités humaines ayant cours sur le territoire.

Durant ces deux dernières décennies, les eaux souterraines, de la nappe de la Mitidja, ont été affectées par 04 types de pollution, à savoir :

- Pollution par les Nitrates,
- Pollution par les métaux lourds (Fer, Manganèse, Cadmium etc), dans la zone industrielle d'oued Smar,
- Pollution par les eaux salées par intrusion marine en Mitidja Orientale,
- Pollution accidentelle par les hydrocarbures.

V-3 Intervenants dans la gestion de la ressource : [2]

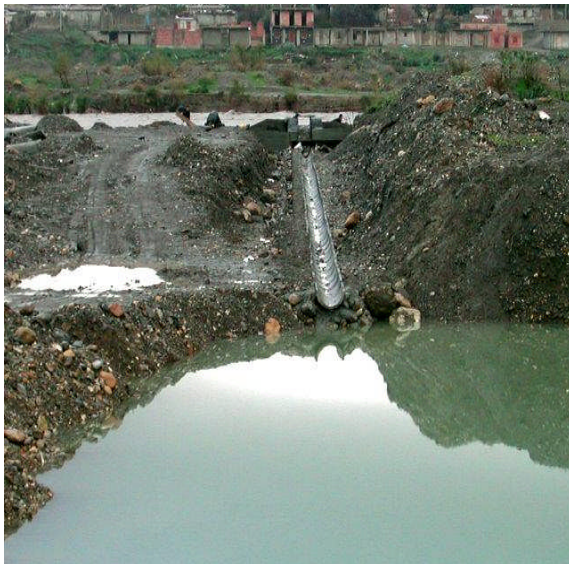
V-3-1 Rôles de L'ANRH (Agence Nationale des ressources hydrauliques)

Pour assurer une bonne surveillance quantitative et qualitative de la ressource en eau souterraine de la nappe de la Mitidja, l'ANRH réalise les travaux suivants dans le domaine de la ressource en eau souterraine :

- Campagnes piézométriques en basses et hautes eaux,
- Prélèvements d'eau du réseau de la qualité et édite des cartes de qualité des eaux superficielles (barrage et oueds), et souterraines,

- Réalise des piézomètres (2002 - 10 piézomètres pour étoffer le réseau d'observation de la nappe alluviale et 23 piézomètres en 2003 pour étudier l'évolution de la piézométrie et de la salinité dans la baie d'Alger dans le cadre de la lutte contre l'invasion saline).
- Etudie les interférences entre les forages,
- Etablie les périmètres de protection.
- Réalise ou fait réaliser des modèles numériques de gestion des aquifères (l'étude du modèle numérique de la Mitidja est en cours de lancement),
- Réalise des ouvrages de ré alimentation des nappes (bassins d'infiltrations ou retenues en big bag dans les oueds réaliser en 2003 dans la plaine de la Mitidja).

Fig V-2 :Photos du projet des bassins d'infiltrations, au bord de l'oued El Harrach



Conduite d'amenée d'eau à partir de l'oued



Fig V-3 Bassin de décantation et
préparation des conduites 1, 2, et 3
vers les bassins d'infiltration





FigV-4 Retenue en big-bag



RETENUE EN BIG BAG DE L'OUED DJEMAA – VUE DU PLAN D'EAU ET DE LA DIGUE EN ARRIERE PLAN CI DESSUS



RETENUE EN BIG BAG DE L'OUED EL HARRACH – HAMMAM MELOUANE – VU DU PLAN D'EAU A PARTIR DE LA DIGUE CI-DESSUS ET REPARTITION DES SACS (BIG-BAG) ET GABION DE PROTECTION CI-DESSOUS.



Fig V-5 des retenue en big-bag

- Collecte les données pour la banque de données sur les ressources en eau superficielle, en eau souterraine et en sol.
- Assiste le ministère des ressources en eau par des conseils sur la gestion des eaux souterraines. En 2003 après que les barrages du centre qui alimentent la capitale ait été remplies nous avons demandé l'arrêt de deux champs de captages importants et l'alimentation de la population par les eaux de surface.

- Recherche d'autres horizons pour alimenter la population (en 2003 inventaire des émergences naturelles de l'Atlas blidéen).
- Réalise des cartes thématiques (pluviométrie, évaporation, hydrogéologie, ressources, vulnérabilité des nappes etc .).

V-3-2 Rôles des DHW (Direction de l'hydraulique de wilaya)

- Réalise ou suit tous les ouvrages hydrauliques dans sa wilaya.
- Assure l'autorité sur le domaine public hydraulique.
- Assure le rôle de la police des eaux.

V-3-3 Rôles de l'ADE (Algérienne des eaux)

- Assure la distribution des eaux à la population.
- Entretien les ouvrages hydrauliques sous son contrôle.

Il existe d'autres organismes qui participent à la gestion de la ressource (ANB, AGID, OPI, ABH etc.).

V-4 Mode de gestion de la ressource :[2]

Le mode de gestion de la ressource pour la Mitidja se base sur l'utilisation conjointe des eaux de surface et des eaux souterraines.

V-4-1 Avantage de ce type de gestion : [2]

la lutte contre la surexploitation des nappes et assurer la disponibilité des eaux à la population, et pour tous les autres besoins.

v-4-2 Fonctionnement : [2]

Lors des années sèches, exploiter les nappes souterraines pour assurer tous les besoins. La surexploitation, alors doit être gérée par un modèle numérique.

Lors des années humides, limiter l'exploitation des eaux souterraines. Exploiter les eaux de surface à outrance et réalimenter les nappes.

Ce mode de gestion nécessite, néanmoins, beaucoup de barrages et de retenues collinaires ainsi que plusieurs projets de réalimentation.

Conclusion :

l'accroissement des prélèvements crée une pénurie essentiellement saisonnière des ressources disponibles et la multiplication anarchique des captages (puits et forages) et le pompage intensif en période d'irrigation peut rompre l'équilibre et provoque des perturbations diverse que l'alimentation artificielle est en mesure de rétablir.

Chapitre VI : dimensionnement du canal

Introduction :

Les écoulements a surface libre sont des écoulements qui s'écoulent sous l'effet de la gravité en étant en contact partiellement avec un contenant (canal, rivière, conduite) et avec l'air dont la pression est généralement a surface libre. Contrairement aux écoulements en charge, la section d'écoulement devient une caractéristique de l'écoulement et non plus seulement de la géométrie du contenant[11]

- Calcul hydraulique

Pour un écoulement lentement variable, on peut admettre qu'en toute section la pente de la ligne de charge est celle d'un régime uniforme[11].

VI.1)- Les conditions de l'écoulement uniforme : [11]

Les différentes conditions de l'écoulement uniforme sont :

- le débit de l'eau dans chaque section des tronçons proposés est constant.
- le canal est semi circulaire.
- La profondeur h du courant est constante toute sa longueur.
- La pente de chaque section est constante.
- La rugosité des parois est constante.
- Les résistances locales sont absentes.

VI.2)- La formules principale de calcul :

La formule de calcul principale pour un écoulement permanent uniforme de l'eau est la formule de *CHEZY* :

La vitesse moyenne du courant sous la forme suivant :

$$= \cdot \sqrt{\times}$$

On utilisant le rapport suivant : $Q = V \times S$, on obtient :

$$= \cdot \cdot \sqrt{\times}$$

Avec :

C : coefficient de CHEZY ($m^{0.5}/s$)

S : section mouille (m^2)

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

I : pente du fond du canal.

VI.3)- Détermination de coefficient de CHEZY :

En utilisant les formules empiriques pour la détermination de coefficient de CHEZY :

a. Formule de PAVLOSKI :

$$= \frac{1}{\quad} /$$

Avec :

C : coefficient de CHEZY ($m^{0.5}/s$)

n : la rugosité

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

y : est l'exposant déterminé soit d'après la relation complète :

$$= 2.5\sqrt{\quad} - 0.13 - 0.75\sqrt{\quad} \sqrt{\quad} - 0.1$$

Soit d'après les égalités simplifiées :

$$= 1.5\sqrt{\quad} \quad \text{si } R < 1 \text{ m}$$

$$= 1.3\sqrt{\quad} \quad \text{si } R > 1 \text{ m}$$

b. Formule d'AGROSKINE :

$$= \frac{1}{\quad} + 17.72 \log$$

Avec :

C : coefficient de *CHEZY* ($m^{0.5}/s$)

R_h : rayon hydraulique, $R_h = S/P$ (m)

n : la rugosité

c. Formule de MANING-STRICKLER :

$$= \frac{1}{\quad} - = -$$

Avec :

C : coefficient de *CHEZY* ($m^{0.5}/s$)

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

n : la rugosité

K_s : coefficient de rugosité de *STRICKLER*.

La formule de *MANING-STRICKLER* permet de transformer la formule de *CHEZY* pour obtenir :

$$= \quad . \quad / \quad . \quad /$$

Où :

K_s : coefficient de rugosité de *STRICKLER*.

R_h : le rayon hydraulique (m).

I : la pente du radier

▪ **Remarque :**

Dans notre étude on choisi la formule d '*AGROSKINE*

Tableau VI.1: Paramètres géométriques d'un canal à section circulaire

<i>Désignation</i>	<i>Expression</i>
<i>Rayon R (m)</i>	H_{max}
<i>Surface S (m²)</i>	
<i>Périmètre P (m)</i>	2 R
<i>Rayon hydraulique R_h(m)</i>	—

VI.4 Application :

Données de base :

- débit max $Q_{max} = 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$,

On peut assurer ce débit au période estivale la ou le débit minimal est égal a $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$

- la pente $I = 0,5\%$

- la longueur $L = 4,8 \text{ Km}$

- $n = 0,014$ (canal en béton)

- $K = Q/I \cdot = 0,23/0,005^{0,5} = 3,25$

- **Remarque :**

Pour trouver la hauteur maximale qui corresponde au rayon du canal, on se base sur La méthode des itérations successives, c'est-à-dire on fait varier la charge et on calcul le débit, voici le tableau qui résume les résultats

rayon (m) (R)	surface(m ²) (S)	perimetre(m) (P)	rayon hydraulique(m) (R)	coef de Chezy (C)	debit (m ³ /s)	debitance K
0,1	0,0157	0,314	0,050	48,377	0,012	0,17
0,105	0,0173	0,3297	0,053	48,752	0,014	0,19
0,11	0,0190	0,3454	0,055	49,110	0,015	0,22
0,115	0,0208	0,3611	0,058	49,452	0,017	0,25
0,12	0,0226	0,3768	0,060	49,780	0,020	0,28
0,125	0,0245	0,3925	0,063	50,094	0,022	0,31
0,13	0,0265	0,4082	0,065	50,396	0,024	0,34
0,135	0,0286	0,4239	0,068	50,686	0,027	0,38
0,14	0,0308	0,4396	0,070	50,966	0,029	0,42
0,145	0,0330	0,4553	0,073	51,236	0,032	0,46
0,15	0,0353	0,471	0,075	51,497	0,035	0,50
0,155	0,0377	0,4867	0,078	51,749	0,038	0,54
0,16	0,0402	0,5024	0,080	51,994	0,042	0,59
0,165	0,0428	0,5181	0,083	52,231	0,045	0,64
0,17	0,0454	0,5338	0,085	52,460	0,049	0,69
0,175	0,0481	0,5495	0,088	52,683	0,053	0,75

0,185	0,0538	0,5809	0,093	53,111	0,061	0,87
0,19	0,0567	0,5966	0,095	53,316	0,066	0,93
0,2	0,0628	0,628	0,100	53,711	0,075	1,07
0,205	0,0660	0,6437	0,103	53,901	0,081	1,14
0,21	0,0693	0,6594	0,105	54,086	0,086	1,21
0,215	0,0726	0,6751	0,108	54,268	0,091	1,29
0,22	0,0760	0,6908	0,110	54,445	0,097	1,37
0,225	0,0795	0,7065	0,113	54,617	0,103	1,46
0,23	0,0831	0,7222	0,115	54,787	0,109	1,54
0,24	0,0905	0,7536	0,120	55,114	0,122	1,73
0,245	0,0943	0,7693	0,123	55,273	0,129	1,82
0,25	0,0982	0,785	0,125	55,428	0,136	1,92
0,255	0,1021	0,8007	0,128	55,581	0,143	2,03
0,26	0,1062	0,8164	0,130	55,730	0,151	2,13
0,265	0,1103	0,8321	0,133	55,877	0,159	2,24
0,27	0,1145	0,8478	0,135	56,021	0,167	2,36
0,275	0,1188	0,8635	0,138	56,162	0,175	2,47
0,28	0,1231	0,8792	0,140	56,300	0,183	2,59
0,285	0,1276	0,8949	0,143	56,437	0,192	2,72
0,29	0,1321	0,9106	0,145	56,570	0,201	2,85
0,295	0,1367	0,9263	0,148	56,702	0,210	2,98

0,3	0,1413	0,942	0,150	56,831	0,220	3,11
0,305	0,1461	0,9577	0,153	56,959	0,230	3,25
0,32	0,1509	0,9734	0,155	57,084	0,240	3,39

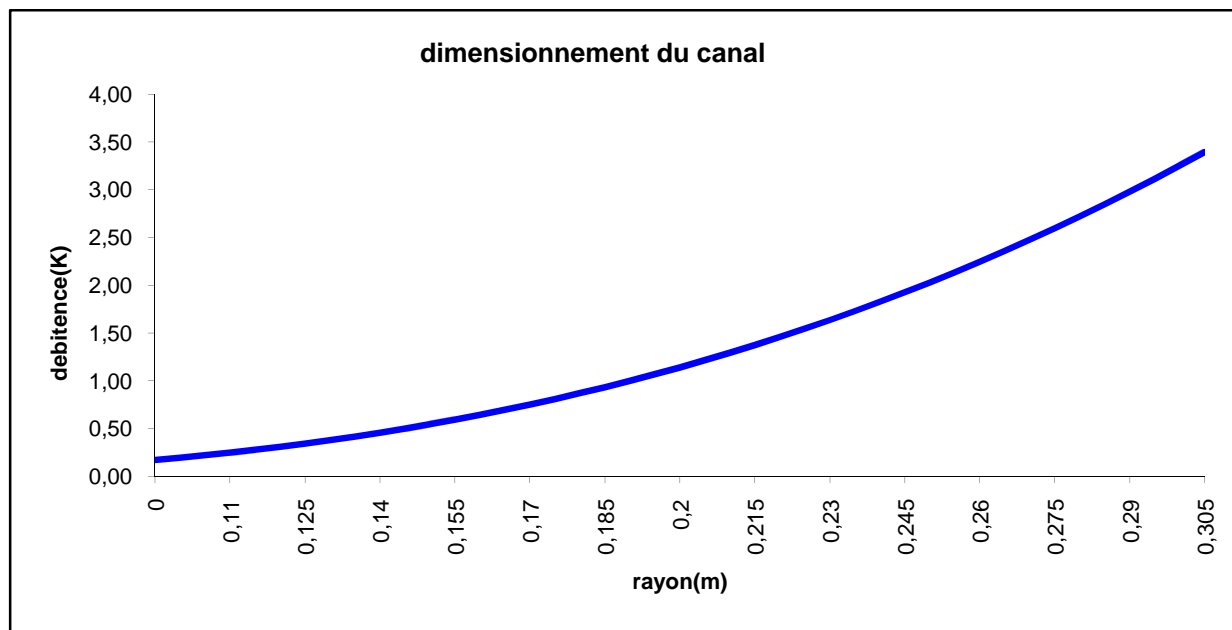


Fig vi.1 diagramme de changement de debitance en fonction du rayon

Donc on trouve que :

Le rayon de notre canal est : **R= 0,31m**

VI.5)- Calcul de la ligne d'eau :

VI.5.1)- Equation de la surface libre de la ligne d'eau :

L'équation de la surface libre de la ligne d'eau, est une équation liée à l'abscisse et à l'ordonnée de chaque point de la ligne d'eau pour un débit et une pente du canal donnée.

En se basant sur l'équation d'énergie :

$$= \frac{V^2}{2g} + h$$

Et sur l'équation de continuité :

$$= \frac{Q}{S}$$

Remplaçant $V = Q / S$ dans l'équation précédente et on dérive par rapport à dx (l'abscisse x), on trouve :

$$-\frac{Q^2}{2gS^3} \frac{dS}{dx} + \frac{dh}{dx} + \frac{d}{dx} \left(\frac{Q^2}{2gS^3} \right) = -J_e$$

Comme : $\frac{d}{dx} \left(\frac{Q^2}{2gS^3} \right) = -\frac{3Q^2}{2gS^4} \frac{dS}{dx}$

Et

$$\frac{dh}{dx} = -J_e + \frac{3Q^2}{2gS^4} \frac{dS}{dx}$$

Avec : J_e : la perte de charge linéaire

On trouve :

$$\frac{dh}{dx} = \frac{-J_e}{1 - \frac{3Q^2}{2gS^4}}$$

Remarque 01 :

Pour notre étude, on va utiliser le logiciel " *CANAL P21* " dont le principe de calcul est basé sur (La méthode par approximation successive).

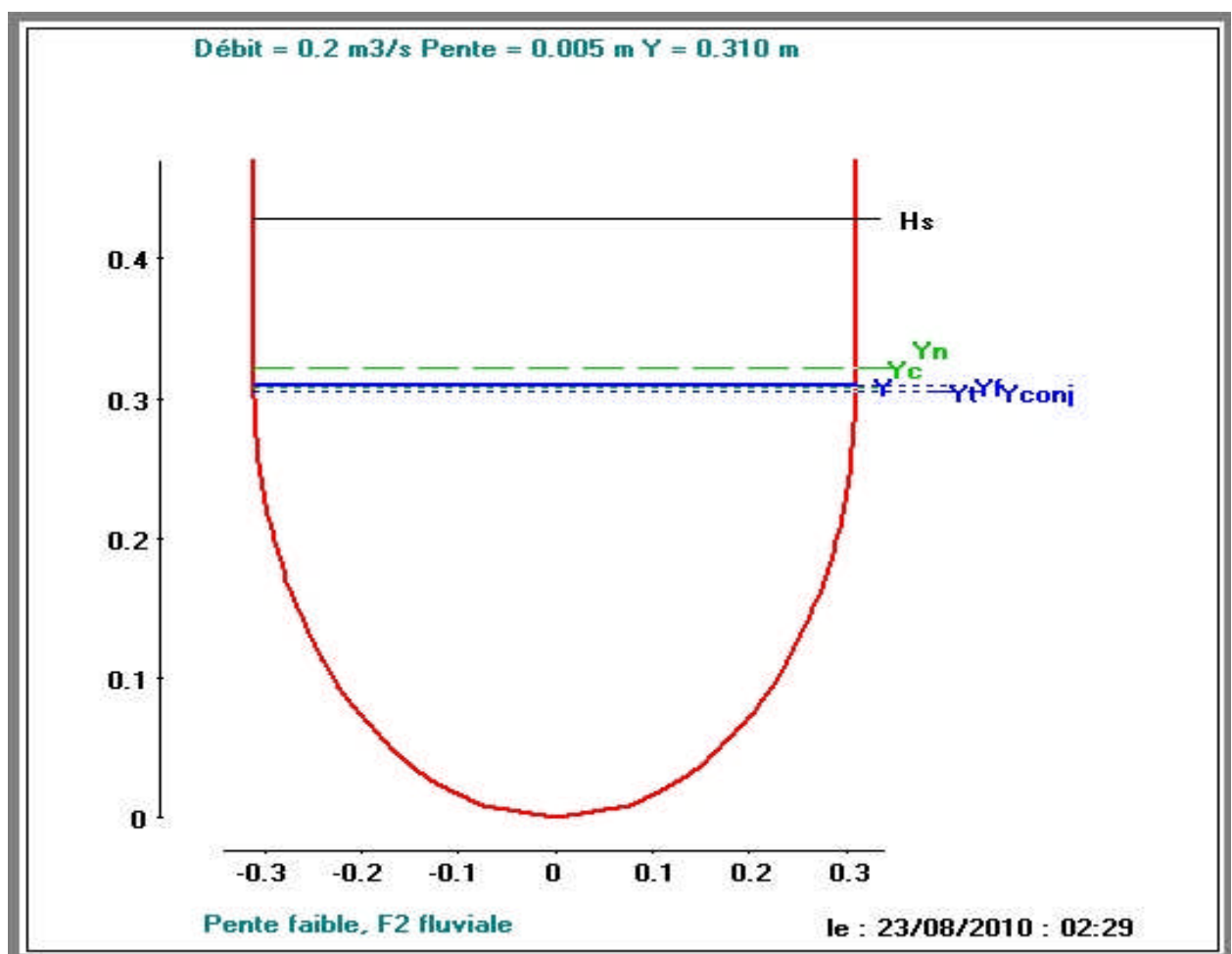
Résultats

Fig vi.2 dimmensionnement du canal d'amené d'eau vers le bassin B₁

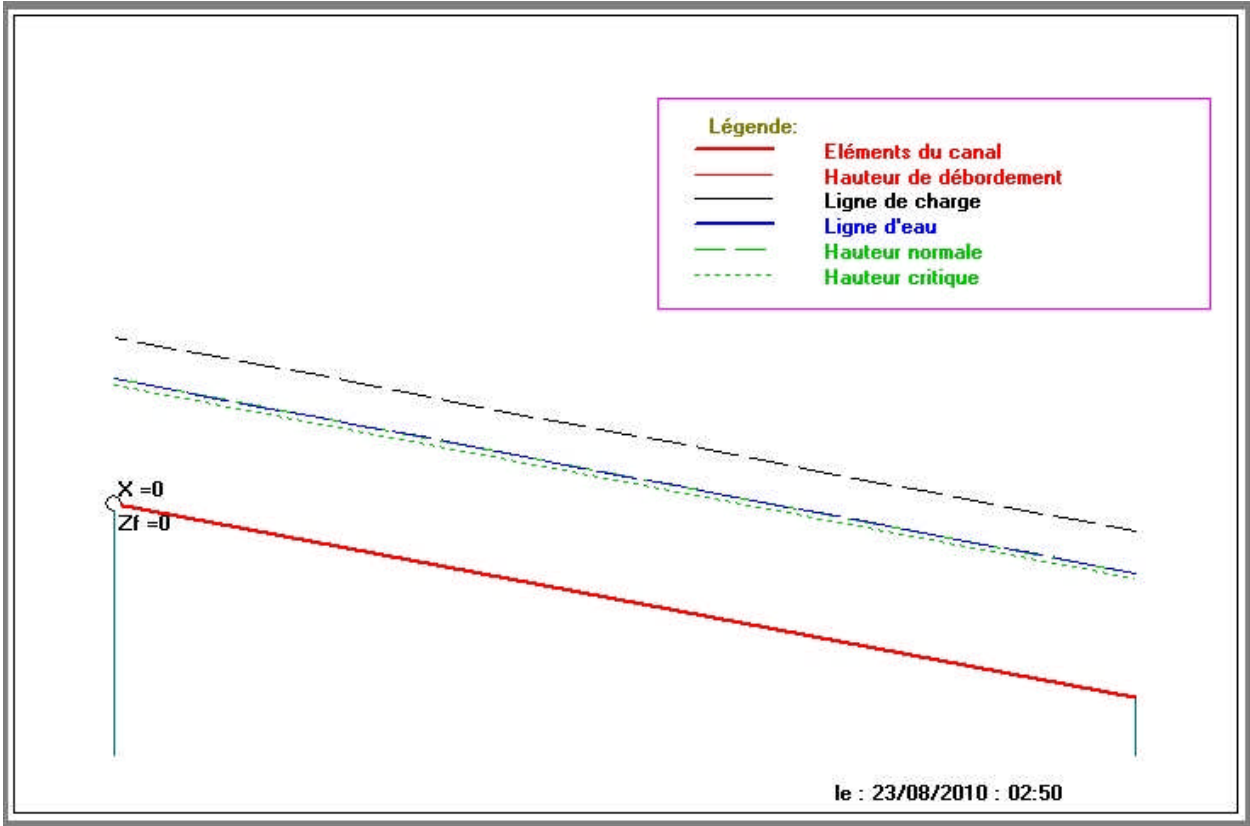


Fig vi.3 dimensionnement du canal d'amenée d'eau

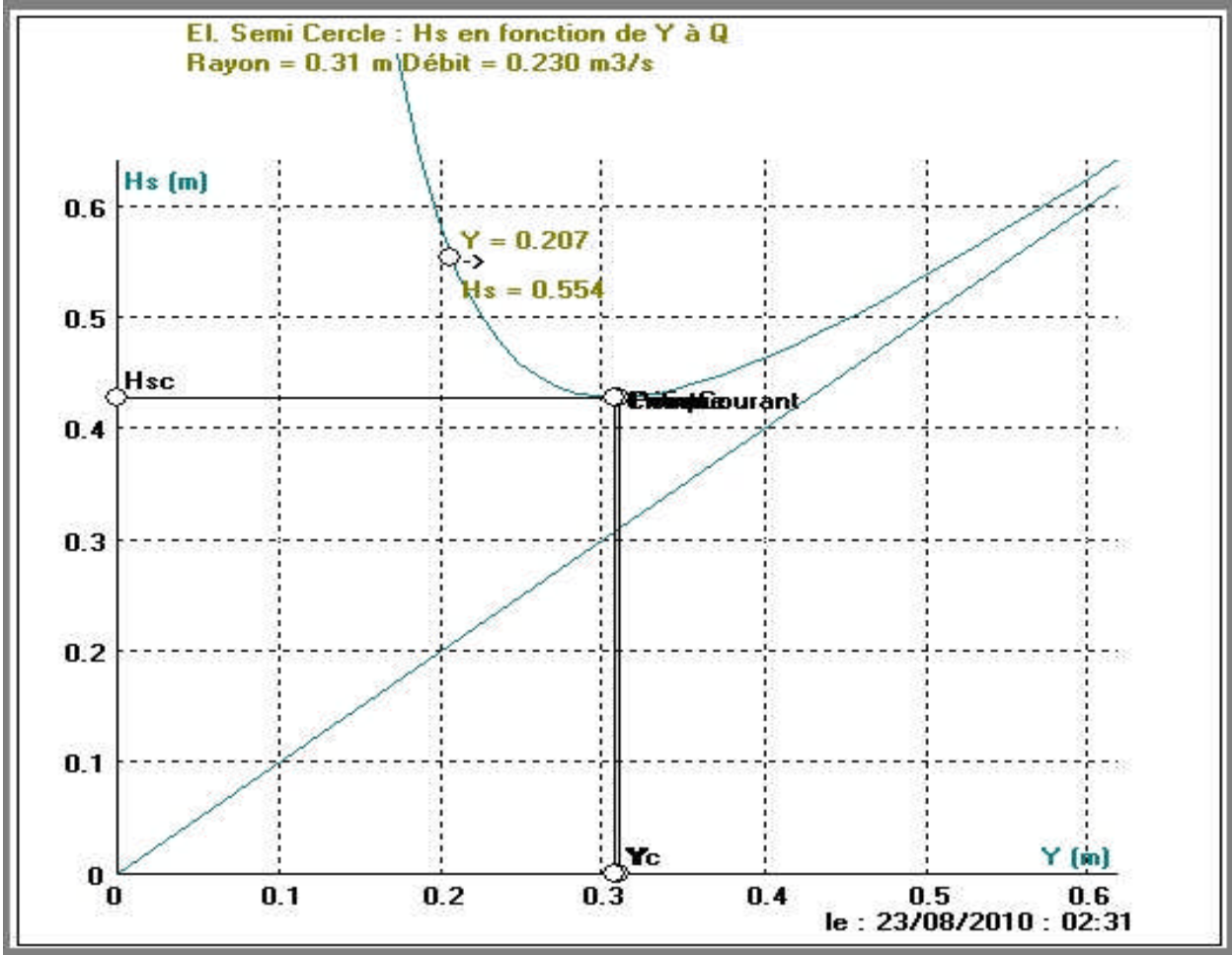


Fig vi.4 H_s en fonction de Y à Q

Conclusion :

Un dimensionnement du canal d'amenée a été effectué pour voir l'impact sur la recharge artificielle. Après les calculs effectués en utilisant le logiciel «canal p 21 » nous avons obtenu les résultats suivants : le canal a un rayon de 0.31 m et une longueur de 4.8 km par rapport à la prise d'eau. La formule principale qu'on a utilisée pour ce calcul est celle de CHEZY.

Conclusion générale :

Notre travail a consisté à faire une approche sur le processus de la recharge artificielle à partir de l'Oued Hammam El ouan de la nappe de la Mitidja centre. Un dimensionnement du canal d'amenée d'eau vers le bassin a été réalisé ; les calculs effectués ont donné un rayon de 0.31m et une longueur de 4.8km pour la recharge artificielle à partir des eaux de Hammam El ouan vers le bassin B₁.

Ce projet rentre dans le cadre de la protection des ressources en eaux souterraines de la Mitidja qui est pris en charge par l'agence nationale des ressources en eaux (ANRH) qui représente la structure responsable de la gestion des nappes à travers le territoire national.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1]- AEK ABADA : l'étude de l'intrusion marine ;these de MAGISTER, centre universitaire de Khemis Melyana ;2007
- [2]-ANRH de Blida
- [3]-atelier sur la recharge artificielle des nappes souterraines , Alger ,ANRH 29-30 Mars 2005
- [4]-DHW de Blida
- [5]-GILBERT CAS TANY : hydrogéologie principe et méthode ; 2eme cycle ; DU NOD, Paris, 1998
- [6]-internet :
- [7]-J.F. ARAN YOSSY , R.NJITCHOUA et G. M. ZUPPI : l'apport des isotopes de l'environnement a l'étude de la recharge et la dynamique des aquifères
- [8]-laboratoire de l'ANRH de Blida
- [9]-MAXA. SAINTE- PE : alimentation artificielle des nappes ; colloque international sur les eaux souterraines ; Décembre1970.
- [10]-MOHAMEDOU LD BABA SY : recharge et paléo recharge du système aquifère du Sahara septentrional. Thèse de DOCTORAT en géologie université de Tunisie El Mannar ; Janvier 2005
- [11]-NELSON ACEVEDO : Méthode d'étude d'un aquifère à nappe libre, école polytechnique de Montréal ; décembre 1996