

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie civil et Hydraulique



# Mémoire

## Master professionnelle

Domaine : Génie civil et Hydraulique

Filière : Hydraulique

Spécialité : Forage d'eau

Présenté par : Alouane Mohamed

Athmani Antara

### Thème

**Implantation d'un point d'eau et établissement  
d'un programme de forage et de calcul  
Cas du forage M19, région d'El Malabiod  
Nord-Est Algérien**

Soutenu publiquement

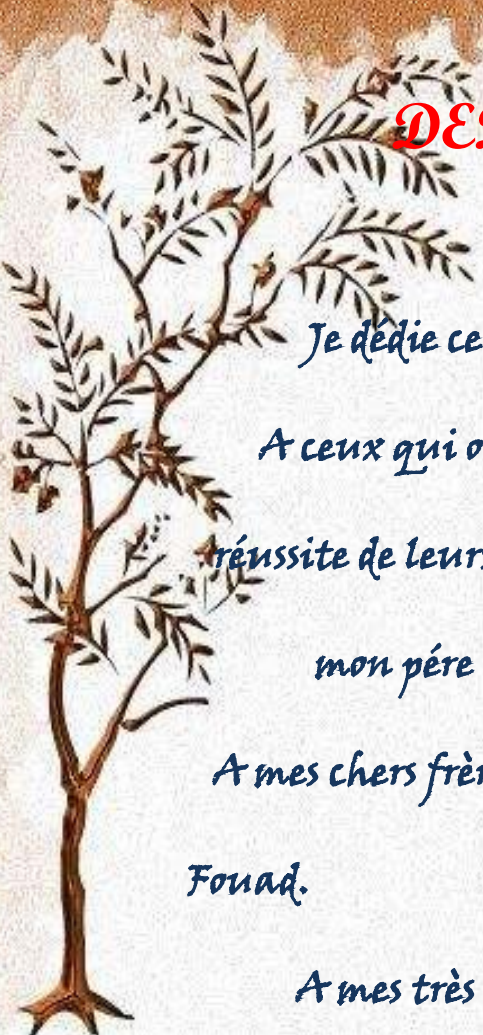
Le : 01/07/2019

Devant le jury

M <sup>elle</sup> . MANSOURI Zina	M.A.A	Président	U K M Ouargla
M <sup>elle</sup> . TIDJANI Karima	M.A.A	Examineur	U K M Ouargla
M. DJEBARI Hacene	M.A.A	Encadreur	U K M Ouargla

*Année universitaire 2018/2019*

# DEDICACES



Je dédie ce fruit de tant d'années d'études :

A ceux qui ont consacré toute leurs vies pour la  
réussite de leurs enfants, mes chers parents ma mère et  
mon père

A mes chers frères : Abdenour, Abderahim, Boumedianne,  
Fouad.

A mes très chères sœurs : Yasmine, Nesrine .

A ma femme : Mériem

A ma famille : Nom de famille Alouane en générale

A tous mes chers amis : Yacine, Kader, Fateh, Adnane, Keddour, Idris

A mon binôme qui a été très coopératif et compréhensif tout le long de  
la réalisation de ce travail : Antara

Et A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

**Mohamed Alouane**



## DEDICACES

Je dédie ce fruit de tant d'années d'études :

A ceux qui ont consacré toute leurs vies pour la  
réussite de leurs enfants, mes chers parents.

A mes chers frères : rachid , mouhamed

A mes très chères sœurs : khedidja , zina .

A ma famille : Nom de famille Athmanien générale

A tous mes chers amis : Yacine, kader, fateh, adnane , keddour, idris

A mon binôme qui a été très coopératif et compréhensif tout le long de  
la réalisation de ce travail : Hamada

Et A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

**Athmani Antara**



## REMERCIEMENTS

Voilà enfin, après de longues années de travail, avec l'aide d'*ALLAH*, le tout puissant, qui mène toujours à bonne fin, j'ai réussi à mettre en forme le manuscrit que vous avez entre les mains.

Il n'aurait jamais vu le jour sans la contribution et le soutien de plusieurs personnes, qu'il m'est bien agréable, en terme de reconnaissance, de leur adresser mes remerciements, sachant pertinemment que quelque soient les termes, si vénérables soient-ils, que je veuille à employer, je n'arriverai guère à leur rendre hommage ni leur avouer gratitude.

Je m'adresserai en premier lieu, à Monsieur *DJEBARI HACENE*, qui m'a fait l'honneur de diriger ce travail, avec responsabilité et rigueur scientifiques. Je salue en lui compréhension et indulgence.

Malgré son emploi du temps, trop chargé, il a su, et avec dévouement et démesure, me réserver le temps qu'il faut, pour mener à bien cette tâche et me permettre de profiter de son expérience et de ses conseils. Je crois que sans lui, ce mémoire n'aurait jamais connu d'aboutissement.

En fin, je voudrai saisir l'occasion pour rendre un hommage particulier à mes parents, qui ont tout le temps imploré, et avec persévérance, toute l'aide et tout le succès pour moi, comme je n'omettrais jamais d'émettre un grand merci à mes frères et sœurs, pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements, ainsi que tous les miens.

Merci à toutes et à tous.

## SOMMAIRE

<i>Introduction générale</i> .....	01
------------------------------------	----

### **CHAPITRE I CADRE GÉNÉRAL ET MILIEU PHYSIQUE**

I – Introduction .....	03
II – Situation géographique.....	03
III – Aperçu socio-économique de la région.....	05
III – 1- Population et démographie.....	05
III – 2- Tissu agricole .....	05
III – 3- Contexte industriel .....	07
III – 4- Habitat et urbanisme .....	07
III – 5- Organisation administrative.....	09
III – 6- Le domaine agricole.....	09
IV – La topographie.....	10
VI – La surface .....	11
VI – 1- Hydrographie .....	11
VI – 1- 1- Réseau hydrographique .....	11
Conclusion.....	13

### **CHAPITRE II LES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES**

I – Introduction .....	14
II – Stratigraphie .....	14
II – 1- Le secondaire.....	14
II – 1- 1- Le Trias .....	14
II – 1- 2 – le crétacé.....	15
II – 2- le tertiaire.....	21
II – 2- 1- le paléocène.....	21
II – 2- 2- le miocène.....	22
II – 2- 3- le pliocène .....	22
III – le Quaternaire .....	23
III – 1- les conglomérats.....	23
III – 2- la croûte calcaire.....	23
III – 3- les dépôts de sources .....	23
III – 4- la nappe des cailloux .....	24
III – 5- les dépôts actuels .....	24
IV – tectonique de la région .....	24
IV – 1- style tectonique .....	24
IV – 2- phases tectoniques.....	24
IV – 3- les mouvements récents .....	25
Conclusion .....	26

### **LES CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES DU BASSIN D'EL MALABI OD**

I – Introduction .....	28
II – Réseau d'observation .....	28
III – Facteurs météorologiques déterminants .....	29
III – 1- Le régime des vents.....	29
III – 2- L'humidité relative de l'air.....	29
III – 3- La neige .....	29
III – 4- La pluviométrie .....	29
III – 4- 1- Les précipitations annuelles et leur variabilité.....	30
III – 4- 2- Estimation de la lame d'eau précipitée .....	30
III – 4- 3- Les précipitations mensuelles .....	31

III – 5-Les températures .....	32
III – 5- 1- Variation des températures et régime thermique .....	32
III – 6 –Diagramme pluviothermique .....	35
IV – Le bilan hydrique .....	36
IV – 1- Étude de l'Évapotranspiration.....	36
IV – 1- 1- Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) .....	36
IV – 1- 2- Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) .....	38
IV – 2- Estimation de la réserve facilement utilisable .....	40
IV – 5- Bilan d'eau par la méthode de C.W. Thornthwaite .....	41
IV – 6- Répartition des précipitations .....	43
IV – 6- 1-Le ruissellement.....	43
IV – 6-2-L'infiltration .....	44
Conclusion.....	45

#### **CHAPITRE IV**

#### **LES CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES DU SYSTÈME AQUIFÈRE DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD**

I – Introduction.....	46
I-1 – Comportement géométrique de système aquifère .....	46
I- 2– Les différentes nappes aquifères.....	47
II– Structure du système .....	47
II – 1- La nappe alluviale.....	48
II – 1- 1- Exploitation de la nappe.....	48
II – 2 – La nappe du Miocène.....	48
II - 2 –1- Extension et alimentation de la nappe.....	49
II – 2 –2- Structure et intérêt des formations calcaires et gréseuses .....	49
III – Inventaire des points d'eau .....	51
IV – Essai de suivi de la piézométrie.....	51
V – Apports du système et conditions aux limites .....	54
Conclusion.....	56

#### **CHAPITRE V**

#### **QUALITÉ DES EAUX DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD**

I – Introduction .....	57
II – Paramètres physico-chimiques et identification des faciès .....	57
II – 1-Paramètres physiques .....	57
II – 1- a-La température.....	57
II – 1- b- Le potentiel d'hydrogène .....	57
II – 1- c-La conductivité .....	57
II – 2- Paramètres et faciès chimiques.....	58
II – 2- 1-identification des faciès des eaux souterraines .....	58
III – 3- Aptitude des eaux à l'irrigation.....	60
III – 3- a- Classification des eaux par la méthode du S.A.R.....	60
IV – 3- Types de pollutions menaçant le bassin d'ElMalabiod.....	62
IV – 3- a-Pollution urbaine.....	62
IV – 3- b-Pollution industrielle.....	63
IV – 3- c-Pollution agricole .....	63
Conclusion.....	64

#### **CHAPITRE IV**

#### **PROGRAMME DE FORAGE (OU DE CALCUL)**

I- Introduction.....	65
II- Choix d'implantation du forage .....	65
II-1-Du point de vue géologique .....	65
II-2-Du point de vue hydrogéologique .....	65

II-3-Du point du vie économique .....	65
III-Choix du diamètre final .....	66
IV-Choix de la phase .....	67
IV-1- Choix de la construction du trou .....	67
IV-1-1-diamètre de la colonne de production .....	67
IV – 1 – 2– Le type d’ouvrage et sa destination .....	68
IV – 1 – 3– La caractéristique de la coupe géologique .....	68
V – Harmonisation des diamètres.....	69
IV – Programme de fluide de forage.....	70
IV – 1 – Principales fonctions du fluide de forage ...	70
IV – 2 – La densité .....	71
IV – 3 – La viscosité.....	72
IV – 4 – Le Filtrat .....	72
IV – 5 – Le cake .....	73
IV – 6 – Calcul du volume de boue .....	73
IV – 6 –1 – calcul du volume de boue pour le trou .....	73
IV – 6 – 2 – Pour le trou foré 17'' <sup>1</sup> / <sub>2</sub> .....	73
VI – Choix des outils .....	74
VII – Choix de la garniture .....	75
1 – Masses – tiges .....	76
1 – a – Choix des diamètres des Masses – tiges .....	76
1 – b – Calcul des longueurs des Masses – tiges .....	76
2 – Les Tiges de forage .....	76
2 – a – La longueur des tiges de forage .....	77
2 – b – Calcul de vérification .....	77
2 – b – Calcul de vérification .....	77
2 – b – 2- La contrainte à la torsion .....	77
3 - Conclusion .....	78
VIII – Choix de la tige d’entraînement .....	78
1–Vérifions avec les calculs précédemment effectués .....	79
IX – Choix des paramètres de forage .....	80
X – Calcul des pertes de charge et choix de la pompe à boue .....	81
1 – Dans les équipements de surface .....	81
2 – Dans les tiges (DP) .....	82
3 – Dans les masses –tiges (DC) .....	82
4 – Dans le .....	82
5 – Pertes de charges annulaire / DC .....	82
6– Pertes de charges annulaire / DC .....	82
XI – Choix du tubage et calcul de cimentation .....	83
1 – Calcul du volume nécessaire de laitier de ciment .....	84
2– Quantité de ciment utile .....	84
XII – Choix de l’appareil de forage.....	85
1 – Calcul du poids des DC .....	86
2 – Calcul du poids des DP .....	86
3 – Poids de la Kelly .....	86
4 – Poids du train de sonde.....	86
5 – Poids de la colonne de tubage .....	86
6 – Capacité au Crochet .....	87
XIII – La sécurité sur chantier .....	87

1 – le matériel de sécurité pour le sondeur .....	87
2 – équipements, de sécurité, électrique .....	87
3 –la propreté .....	88
XIV – L’organisation Sur Le Chantier.....	88
1 – La rapidité .....	89
2 – L’économie .....	89
3 – La qualité .....	89
4 – Le planning d’avancement des travaux .....	89
5 – Le programme général .....	90
6 – Installation .....	90
7 – Etude du plan d’aménagement .....	90
8 – Installation en parc de stockage.....	90
8 – Inventaire .....	90
9 – Equipe de forage.....	91
XV – Complétion du puit .....	91
XVI – Granulométrie .....	92
XVII – Mode opératoire .....	92
XVIII – Crépine .....	93
XI – Le massif du gravier additionnel .....	93
XX – Calcul du volume du mga .....	94
XXI – Programme de développement .....	95
1 –Equipements utiles .....	95
2 – Principe de pompage .....	96
Conclusion .....	96



N°	Liste des tableaux	page
01	Répartition du secteur de l'artisanat/Bassin d'El Malabiod. ....	07
02	Évolution et organisation administratives/Bassin d'El Malabiod.....	09
03	Permis DJEBEL DOUKKANE : FORAGE PÉTROLIER BOUDJELLAL-2 [BDJ-2].....	17
04	Moyenne annuelle des précipitations (1 974/75 ÷ 2 014/2 015) du Bassin d'El Malabiod.....	30
05	Mois humide et mois sec dans chaque station pluviométrique du Bassin d'El Malabiod.....	31
06	Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières aux stations d'observation du Bassin d'El Malabiod.....	32
07	Moyennes mensuelles des températures (°C), 1 974/75 ÷ 2 014/15/Bassin d'El Malabiod.....	33
08	ETR selon la méthode de <i>L. Turc</i> annuelle du Bassin d'El Malabiod.....	37
09	Applicabilité de la formule de <i>Coutagn</i> du Bassin d'El Malabiod.....	37
10	Résultats de calcul de l'ETP selon la formule de <i>C. W. Thornthwaite</i> du Station d'El Malabiod.....	38
11	Résultats de calcul de l'ETP selon la formule de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station de Ain Khanga.....	39
12	Résultats de calcul de l'ETP par la méthode de <i>L. Turc</i> du Station d'El Malabiod.....	39
13	Valeurs de l'ETP et de l'ETR et méthodes d'estimation du Bassin d'El Malabiod.....	40
14	d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station de Ain Khanga (1 974/75 ÷ 2 014/15).....	41
15	Bilan d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station d'El Malabiod (1974/75 ÷ 2014/15).....	41
16	Bilan d'eau selon la méthode de <i>C. W. Thornthwaite</i> /Station d'E'Zouaïria (1 974/75 ÷ 2 014/15).....	42
17	selon la méthode de <i>C.W. Thornthwaite</i> /Station de Ouled M'hamed (1 974/75 ÷ 2014/15).....	43
18	Estimation du ruissellement selon la méthode de <i>Tixeront-Berkaloff</i> /Bassin d'El Malabiod	44
19	Estimation de l'infiltration/Bassin d'El Malabiod.....	44
20	Corrélation des valeurs de résistivité aux logs de forages/Bassin d'El Malabiod.....	46
21	Épaisseur des diverses formats dans différents ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.....	48
22	Normes et classification des eaux selon leurs conductivités ( <i>OMS 1994</i> )/Bassin d'ELMalabiod.....	58
23	Classification des eaux par la méthode du <i>SAR</i> et leur état d'utilisation.....	60
24	Classification des eaux par la méthode du <i>SAR</i> et leur état d'utilisation/Bassin d'El Malabiod.....	62

## LISTE DES FIGURES

N°		Page
1	Situation géographique et vue satellitaire du bassin d'El Malabiod.....	03
2	Répartition de la population et densité par commune (Bassin d'El Malabiod) .....	05
3	Superficies agricoles et types d'irrigation/Bassin d'El Malabiod.....	06
4	Superficies agricoles et types d'irrigation/Bassin d'El Malabiod.....	08
5	Distribution des cultures dans la commune d'El Malabiod.....	09
6	Essai de représentation en 3D du bassin d'El Malabiod.....	10
7	Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Malabiod.....	11
8	Coupes géologiques à travers le bassin d'El Malabiod.....	19
9	Carte géologique de la région d'El Malabiod d'après <i>G. Durozoy. 1 948</i> .....	22
10	Stations pluviométriques et leurs codes.....	24
11	Variations des températures moyennes mensuelles (1 974/74 ÷ 2 008/09).....	27
12	Diagrammes pluviothermiques aux stations d'observation (1 974/75 ÷ 2 008/09).....	29
13	Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère (d'El Malabiod).....	30
14	Profil hydrogéologique passant par les forages <i>M<sub>3</sub>, M<sub>5</sub>, FC<sub>1bis</sub>, M<sub>10</sub> et M<sub>1</sub></i> .....	40
15	Carte d'implantation des points d'eau.....	42
16	Carte piézométrique <i>Avril 2 009</i> .....	42
17	Carte piézométrique <i>Septembre 2 009</i> .....	43
18	Carte piézométrique. <i>Mars 2 017</i> .....	43
19	Carte piézométrique. <i>Septembre 2 017</i> .....	44
20	Carte des conditions aux limites du système aquifère du bassin d'El Malabiod.....	44
21	Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de <i>Schoeller- Berkaloff</i> .....	45
22	Représentation des analyses chimiques des eaux de surfaces selon le diagramme <i>wilcox</i> .....	48
23	Exemple de rejets domestiques dans les principaux oueds/Bassin d'El Malabiod.....	51
24	Exemple de rejets industriels atmosphériques et liquides/Bassin d'El Malabiod.....	52

## ***INTRODUCTION GÉNÉRALE***

### ***Introduction générale***

L'eau a tout le temps, et sans nul doute, conditionné le passé, le présent voire même le devenir des peuples. D'ailleurs les grandes civilisations sont toujours associées à un grand fleuve, tel que le *Nil* pour l'*Egypte* ou le *Tigre* et l'*Euphrate* pour la mésopotamie.

La rareté des eaux de surface, depuis très long temps, époque où la vie était dure, et la vigilance quant à sa pureté étaient un constant souci. Cet état a poussé les divers acteurs à trouver d'autres alternatives et ce, pour répondre à la hausse de la demande ; conséquence du développement et de la démographie. Ajouter à cela, la mise à disposition d'une eau abondante et pure, dans les pays industrialisés, a autant changé la vie des citoyens et leurs règles d'hygiène.

La menace peut donc être palliée par les techniques de traitement de l'eau, mais il faudra dépenser plus ! Le dessalement de l'océan n'est pas difficile mais c'est trop cher ! La question doit alors être prise au sérieux par l'intensification des recherches surtout de ressources moins complexes, privilégiant les volets reconnaissance, exploitation, gestion, économie, consommation...etc.

La ressource en eau souterraine est vue comme alternative ; Son obtention nécessite des prospections géophysiques et des études de reconnaissance géologiques et hydrogéologiques, entre autres. Son extraction fait appel à une chaîne chronologique d'opérations bien ordonnées comme le processus de forage, qui est l'action de réaliser un trou pour relier le réservoir au jour, autrement dit, joindre l'installation de surface au complexe productif, dans les meilleures conditions techniques et de sécurité, tout en réduisant le coût.

Parmi les techniques de captage, employées pour apporter cette eau des grandes profondeurs à la surface, on cite celle au Rotary qui est largement utilisée, que ce soit dans le domaine pétrolier ou hydraulique et ce, vu les divers avantages qu'elle offre.

Dans le présent travail, on essaie de proposer un programme de forage dans le but de réaliser un ouvrage de captage pour l'alimentation en eau potable (AEP).

Ce projet rentre dans le cadre de l'exécution de l'opération, Réalisation, Équipement et Électrification de 3 000m linéaires de forages, à travers la wilaya de Tébessa. Il est destiné à l'alimentation en eau potable de la caserne de Dj. Doukkane.

On commencera par donner quelques aperçus socio – économique, géologique, hydrogéologique et hydroclimatologique sur la région et établir le programme de calcul proprement dit de l'ouvrage en question.

L'opération se fait sur plusieurs étapes, en commençant, tout d'abord par l'identification des objectifs du forage, le choix du point d'impact, le nombre de phases, la descente des colonnes de tubage et leur cimentation, la mise en place de la crépine et du massif filtrant, l'introduction de la pompe immergée... etc.

Chaque phase forcée doit être tubée (si nécessaire) tout le long du découvert et cimentée, avant d'entamer la suivante, pour des raisons sécuritaires et techniques.

On finira par donner une conclusion à ce travail et retenir les remarques pertinentes.

*Eau, tu n'as ni goût, ni couleur, ni arôme,  
on ne peut te définir, on te goûte sans te connaître.  
Tu n'es pas nécessaire à la vie, tu es la vie.*

*Antoine de Saint EXUPERY*

## ***CHAPITRE 01***

### ***CADRE GÉNÉRAL ET MILIEU PHISIQUE***

## I – Introduction

La région, objet de ce travail, appartient au bassin versant de Oued K'soub, qui à son tour, est inclus dans le grand bassin de Chott Melhrir.

L'une des particularités de ce sous – bassin, c'est que que naturellement, il comporte trois entités distinctes et en similitude, aussi bien sur le plan topographique que géologique.

Ces dernières apparaissent comme des dépressions cernées entre des chaînes de montagnes d'orientation Est-Ouest et Nord-est – Sud-ouest, dont l'altitude oscille de  $1\ 200 \div 1\ 600m$ .

Dans la présente étude, on s'est intéressé à la seule première zone qui est le sous – bassin versant d'El Malabiod.

## II – Situation géographique

El Malabiod est l'une des Daïrates que compte la wilaya de Tébessa. C'est donc une circonscription administrative qui est distante de  $28,7km$  du chef lieu de wilaya et qui se situe, par conséquent, à l'extrême Nord-est algérien.

Selon le découpage administratif, elle est limitée par :

- ✓ La ville de Tébessa, au Nord ;
- ✓ La Daïra d'Oum Ali, au Sud ;
- ✓ La frontière algéro- tunisienne, à l'Est ;
- ✓ La Daïra de Chéria, à l'Ouest.

Le sous – bassin d'El Malabiod appartient aux hautes plaines orientales de l'Atlas saharien. Il est par conséquent, l'un des constituants du grand bassin du Chott Melhrir.

Ses limites naturelles sont :

- ✓ Au Sud, Dj. Boudjellal, Dj. Guelia et Dj. Ed'Dalâa ;
- ✓ Au Nord, une ligne de crête regroupant Dj. Doukkane, Dj. El Khenga, Dj. Bouroumane... ;
- ✓ Á l'Est, Dj. El Kechrid et Koudiet sidi Salah qui matérialise les confins du coté tunisien ;
- ✓ Á l'Ouest, Guebel Er'Rouiss et Draâ Douamiss.

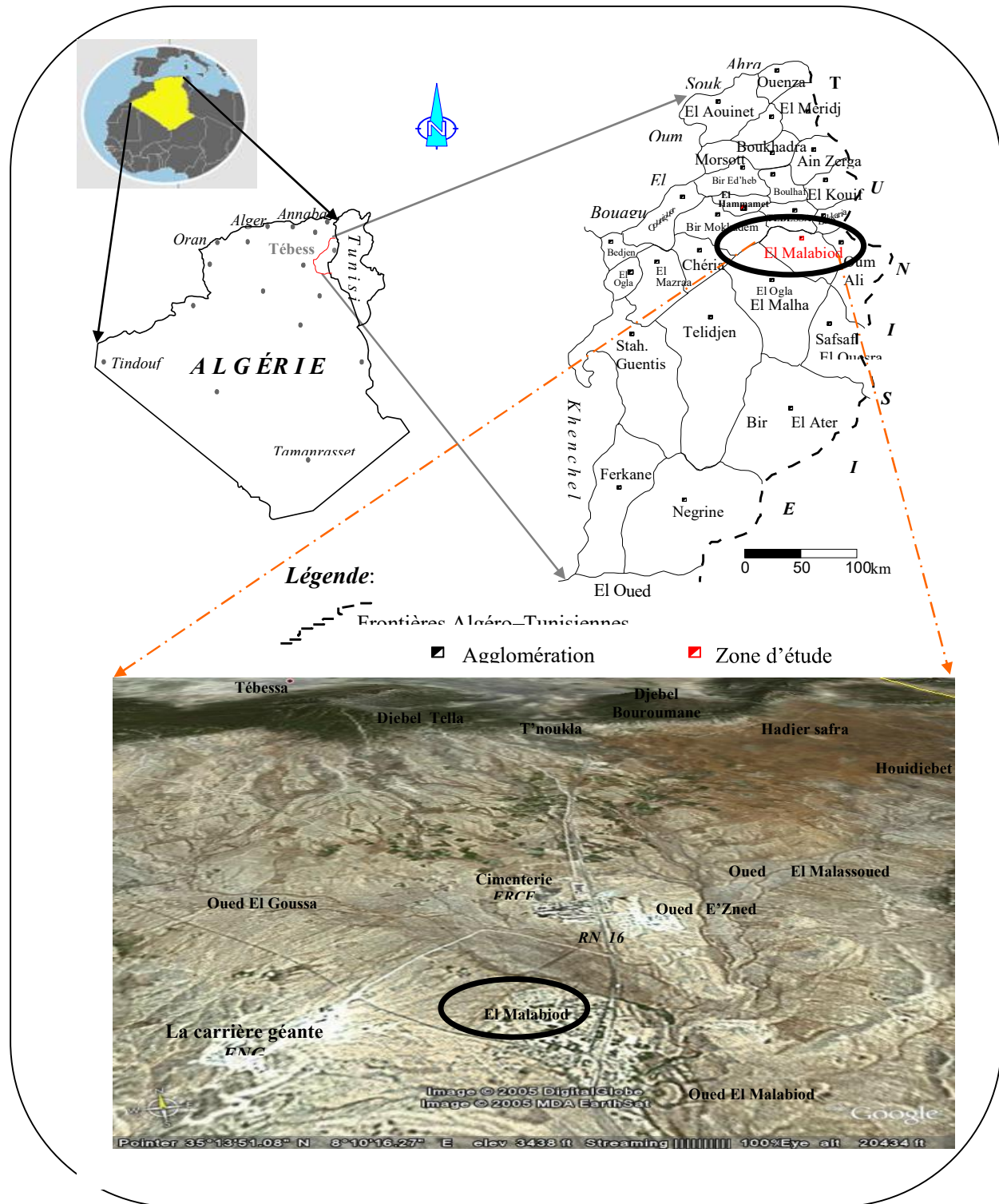


Fig n°01 : Situation géographique et vue satellitaire du bassin d'El Malabiod.



### III – Aperçu socio-économique de la région

#### III – 1- Population et démographie

Selon les opérations de recensement effectuées par les services de l'office national de statistique et arrêtées au 31-12-2008, seize mille cent soixante huit (16 168) habitants se répartissent sur les deux principaux pôles urbains (El Malabiod et Houdjbet) sinon sur quelques hameaux et regroupements irréguliers (zone éparsé).

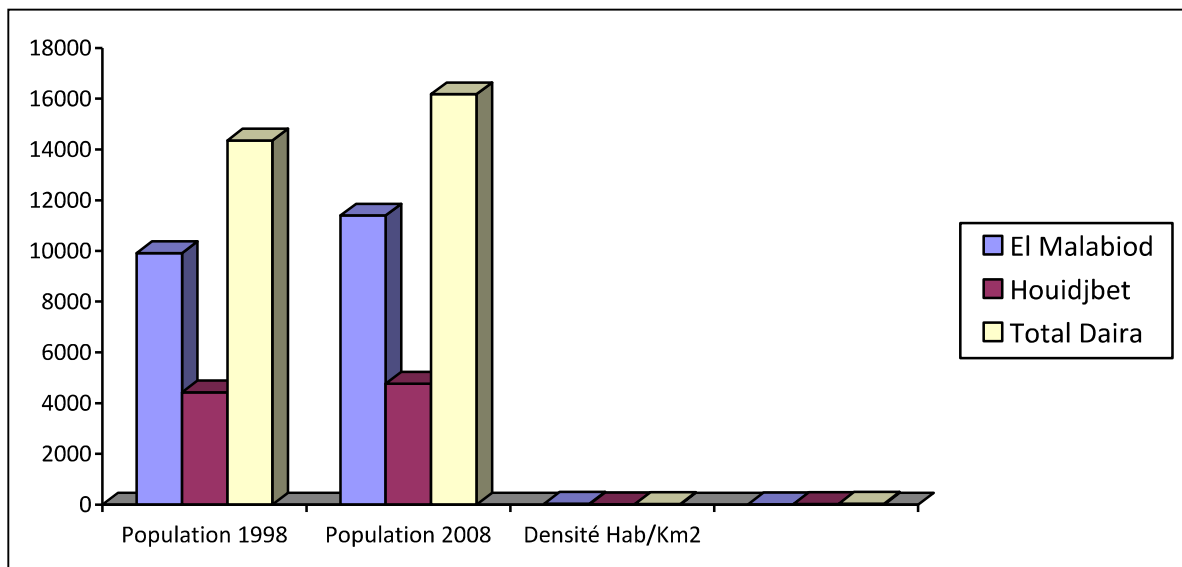


fig n ° 02 : Répartition de la population et densité par commune (Bassin d'El Malabiod) .

Conformément à un taux d'accroissement démographique de 2,64%, fixé par les services de la direction de la planification et de l'aménagement du territoire (*DPAT*), ce nombre sera d'environ 21 000ha.

#### III – 2- Tissu agricole

La région était, depuis l'antiquité, d'une grande importance pour les populations autochtones et un point d'attrait pour celles allochtones voire même aux conquérantes.

En effet, les vestiges archéologiques qui y ont été rencontrés sont le meilleur témoin des diverses conditions biogéographiques du milieu.

Ainsi, les sites néolithiques qui portaient le nom d'escargotières (des tests d'escargots d'eau douce des lacs de l'époque capsienne) qui témoignent une prétention à paraître plus qu'il n'est, incitaient au développement de ces sites aux bordures de ces derniers.

Des sites romains d'envergure plus importante et plus récentes d'ailleurs, sont aussi à signalées, entre autres les vestiges d'anciennes huileries (*Berzguene*) qui laissent deviner la floraison de l'olivaie.

Ce ne sont pas les seuls indices révélateurs de la richesse de la région, puisqu' à un moment donné les romains, eux même, l'appelaient la région du blé.

À l'époque contemporaine l'activité des citoyens se limite aux seuls disciplines d'agriculture traditionnelle (grandes cultures), et de pastoralisme. Elle a alors constitué jusqu'à ces dernières années une zone de parcours et de transhumance des troupeaux de bétail.

L'adoption du programme du fond national du développement agricole (*FNDRA*) a permis de réintroduire d'autres pratiques culturelles, ce qui a permis la multiplication de la surface agricole, tels que l'arboriculture (surtout fruitière), la culture maraîchère, et d'élevage (aviculture, l'apiculture, la cuniculture...etc.).

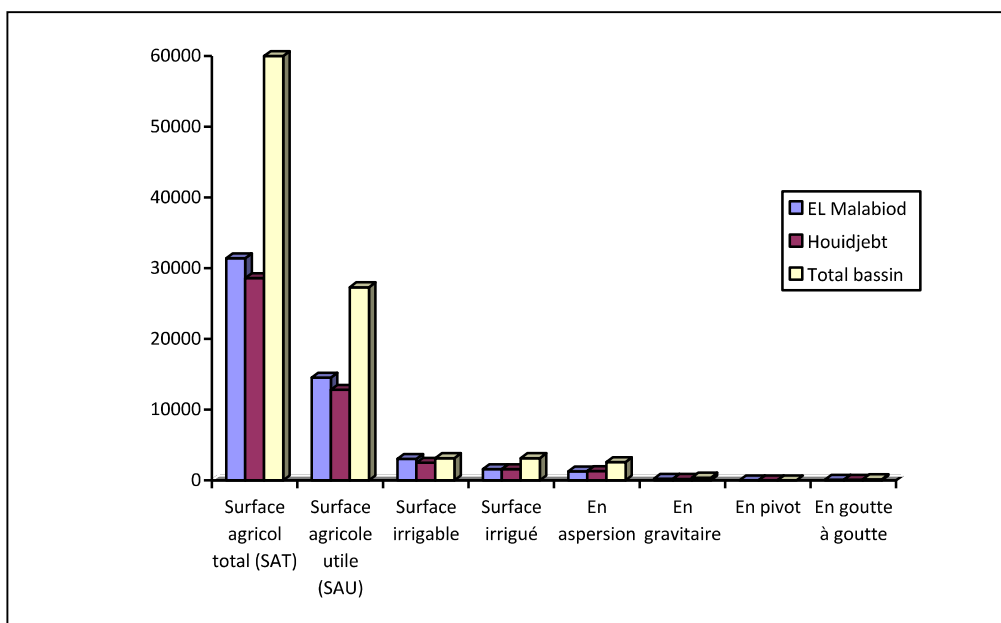


Fig n ° 03 : Superficies agricoles et types d'irrigation/Bassin d'El Malabiod.

### III – 3- Contexte industriel

La région accuse un retard énorme en matière d'activité industrielle. Ce n'est qu'au début des années 90 que la région voit s'édifier sa première usine ; filiale société de ciment et dérivés de Tébessa (ciment *Portland*), suivie de la fabrique du verre (*ENAVA*) et ensuite l'entreprise nationale des tubes roulés et transformation des produits métalliques (*ANABIB*).

Les amas d'Hématite, résultant de l'oxydation des carbonates (sidérose), au sommet de Djebissa et la mine de Plomb de Khanguet El Mouhad devraient être d'un apport irréfutable sur le même plan. **(Voir le tableau dans l'annexe )**

Tab.01. Répartition du secteur de l'artisanat/Bassin d'El Malabiod.

Activité Commune	Artisanat d'art traditionnel	Artisanat de production de biens	Artisanat de services	Total
El Malabiod	04	06	14	24
Houidjbet	01	01	05	07
Total. Daïra	05	07	19	31

En outre, et pour conserver le style traditionnel de la région, l'activité artisanal est présente par sa diversité et sa distinction, qu'elle soit de biens ou de service, comme le montre le tableau précédent (*Tab. 3*). Ajouter à cela la petite et moyenne entreprise qui contribuent au développement économique et participent d'avantage à créer de l'emploi et faire face au problème du chômage.

**(Voir le tableau dans l'annexe)**

### III – 4- Habitat et urbanisme

Les contrastes physiques, les stratégies socio-économiques héritées ont concouru et influencé le mode d'occupation actuel du territoire ainsi que son aménagement. En effet, zone frontalière et de transit entre le Nord et le Sud, elle présente une différence dans son tissu. Peu peuplée, et économiquement moins développée, conséquence de nombreux facteurs ; la concentration des activités au chef lieu de la wilaya, ainsi que des atouts et potentialités dont elle réjouit.

Seules les chefs lieu de communes (Houidjbet et El Malabiod) sont les points d'attrait des populations. Pour ce qui est de la répartition, le moindre qu'on puisse dire c'est qu'elle est anarchique et est surtout fonction des activités et occupations des citoyens.

Le système urbain de la région se distingue par la double spécificité du territoire qu'il domine. La première, liée au caractère steppique (plus de 75% de son extension), la seconde, quant à elle, aux attributs frontaliers. Le phénomène d'urbanisation dans les couloirs de la wilaya, principalement le long de l'axe Ouenza- El Aouinet- Tébessa- Bir El Ater n'est pas nouveau. Il a commencé avec l'implantation des premiers centres de colonisation (ancien centre colonial, carrefour de control frontalier).

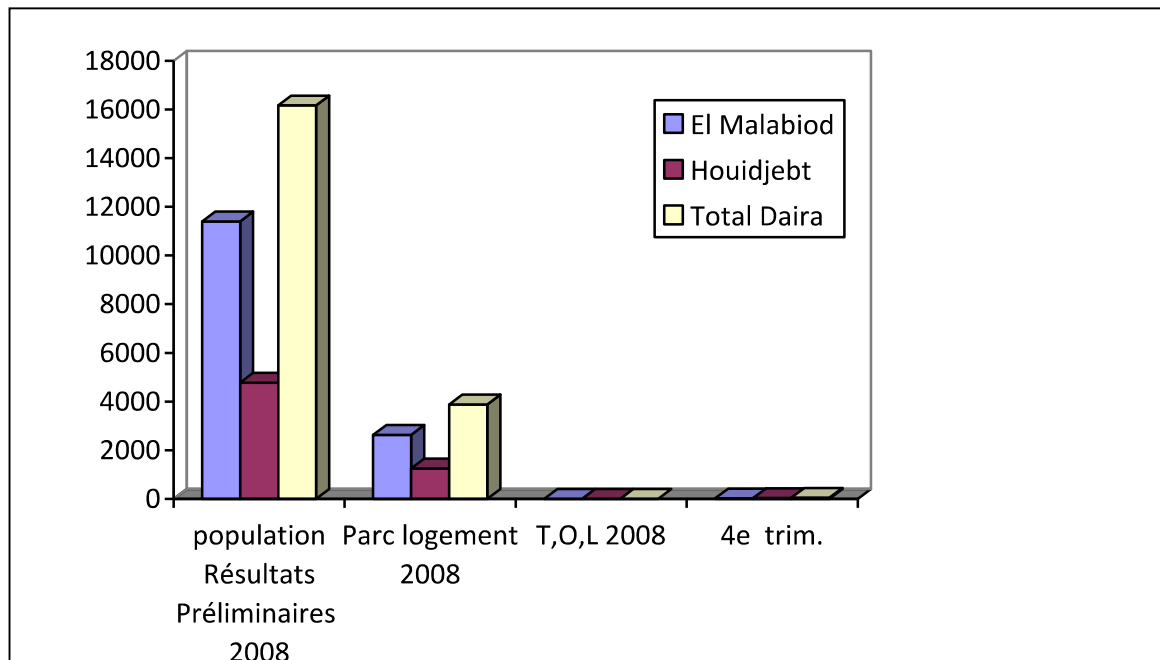


Fig n °4 : Parc logement et taux d'occupation (31-12-2 008)/Bassin d'El Malabiod.

Depuis déjà les dernières décades, une expansion non négligeable est à signaler ; notamment avec l'adoption de nouvelles orientations et la traçabilité de programmes quinquennaux. La région a connu par conséquent une certaine affluence et s'est vue répandre son parc logement qui, malheureusement n'obéit pas totalement aux règles modernes de l'urbanisme ni au devenir de ce qu'on appelle villes futures. **(Voir l'annexe).**

La prolifération urbaine se pose en termes de mitage dans la principale plaine irrigable marquant ainsi la pression exercée sur les espaces agricoles. La *SAU* irrigable par habitant est passée de 0,13 à 0,1ha/hab. Ce constat permet d'appréhender, sans risque de se tromper, l'acuité du problème.

### III – 5- Organisation administrative

La wilaya de Tébessa compte vingt huit (28) municipalités regroupées dans douze (12) Daïrates dont El Malabiod qui elle, n'a de tutelle que sur le chef lieu et la commune de Houdjbet.

En similitude avec d'autres circonscriptions, El Malabiod est vue en tant que district pouvant être considéré comme ville régionale (mais de niveau II), et par conséquent un centre à promouvoir ; du fait qu'elle est prédisposée à assumer des fonctions de haute importance. En effet, elle se caractérise par un niveau hiérarchique plus conséquent que sa taille.

Tab. 02. Évolution et organisation administratives/Bassin d'El Malabiod.

Commune	Commune	Daïras 1 985	Commune	Daïras 1 991	Commune	Aire km <sup>2</sup>
El Malabiod	El Malabiod	/	El Malabiod	El Malabiod	El Malabiod	316
	Houdjbet		Houdjbet		Houdjbet	286
Daïra El Malabiod						602

Cette situation est, en fait, déterminée par l'importance des conditions économiques qui l'entourent (industrie, RN, rail, proximité de chef lieu de wilaya...etc.).

### III – 6 - Le domaine agricole

Les terres agricoles dans le bassin d'El Malabiod se caractérisent par une répartition anarchique et ce, selon le caractère de leur appartenance, la culture de la population et la nature du climat ; On distingue

- ✓ La céréaliculture
- ✓ La culture maraîchère
- ✓ La culture fourragère

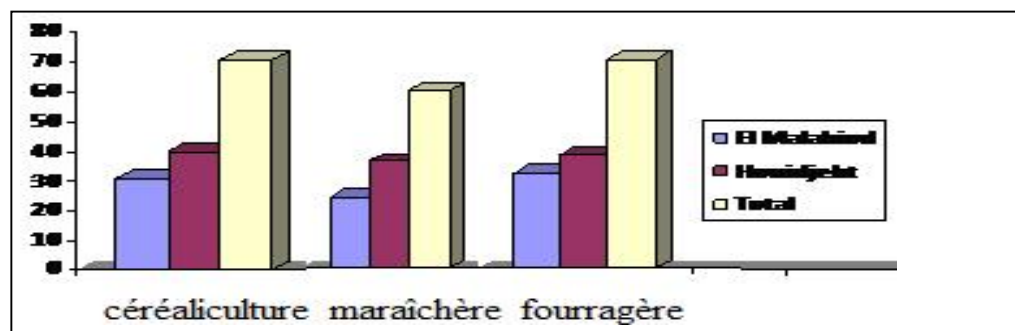


Fig n °5 : Distribution des cultures dans la commune d'El Malabiod.

D'autres spéculations commencent à se répandre, mais restent en deçà des moyennes souhaitées. On cite entre autres ; la culture de l'olivaie (olive de conserve, huile de table), arbres à noyaux et à pépins, le figuier...etc.

**Voir l'annexe** (Tab.8. Répartition des terres agricoles par spéculation/Bassin d'El Malabiod.)

L'ensemble de ces activités se répartit sur une surface agricole utile (SAU) d'environ 27 400ha, dont 12 900 à Houidjbet et le reste sur le sol du chef lieu de Daïra.

#### IV – La topographie

La région se distingue par une topographie variée ; en effet, une série de monts escarpés, dont l'altitude oscille de 1 432m (Djebel El Gautra) à 1 556m (Djebel Anoual).

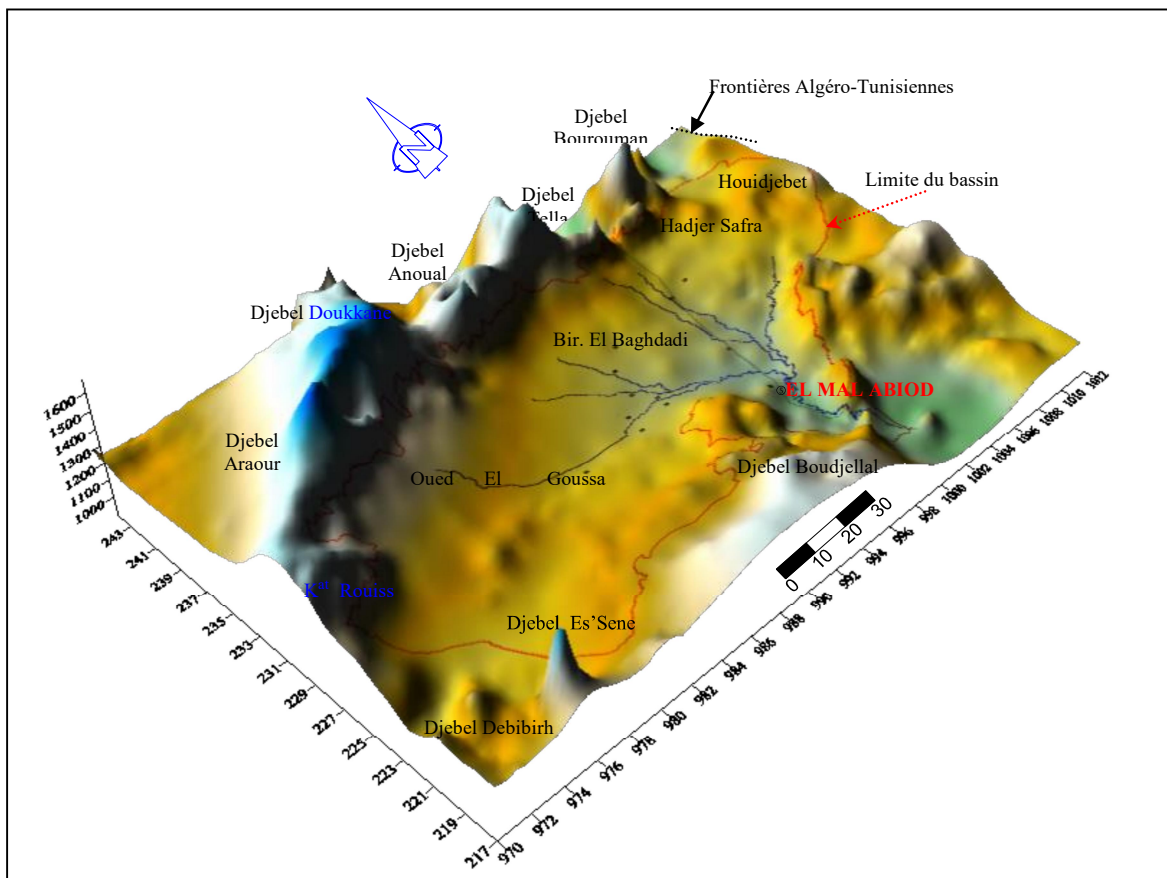


Fig n °.06. : Essai de représentation en 3D du bassin d'El Malabiod.

Le point culminant est de 1 712m à Djebel Doukkane. Ce cadre montagneux cerne une plaine ayant une altitude moyenne de 1 020 à 1 200m (Fig. ....), et occupant la partie centrale de la zone.

Elle présente l'allure d'une dépression épousant la forme d'une cuvette. Il a été signalé l'apparition de quelques coteaux remarquables, d'une hauteur relative de l'ordre de 10 à 20m par rapport à celle de la plaine. Leur présence est imputée à une ascension probable des couches imperméables, et ce vers l'amont d'oued El Goussa, du côté sud, sur l'axe parallèle à la RN 16.

## V – La surface

Dans une fin de déterminer ses caractéristiques, il a été d'abord question de délimiter le bassin versant et de lui choisir un exutoire (Oued El Malabiod).

Sur une carte topographique, 1/ 200 000, il a été procédé à la détermination de la surface ; qui peut être mesurée, soit par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, soit par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation. Le périmètre, quant à lui, est déterminé à l'aide d'un curvimètre.

Alors, sur un périmètre de l'ordre de 111,8km, ce bassin couvre une superficie de 648 km<sup>2</sup>.

## VI – Hydrographie

### VI – 1- Réseau hydrographique

C'est un ensemble de cours d'eau, naturels (ou artificiels), pérennes (ou temporaires), qui drainent les eaux de ruissellement ou de restitution des nappes ; sous formes de sources ou tout au long des lits d'oueds.

Il est différencié selon quatre facteurs principaux ; la géologie (sensibilité à l'érosion, présence de structures conditionnant le sens du courant...), le climat (réseau dense en région montagneuses et humides...), la pente du terrain (réseau en phase érosive ou sédimentaire...) et la présence humaine (modification du tracé originel du réseau par le drainage, l'endiguement, construction de barrages...).

Il est souvent caractérisé par sa hiérarchisation, son profil en long et son développement (nombre de cours d'eau et leurs longueurs).

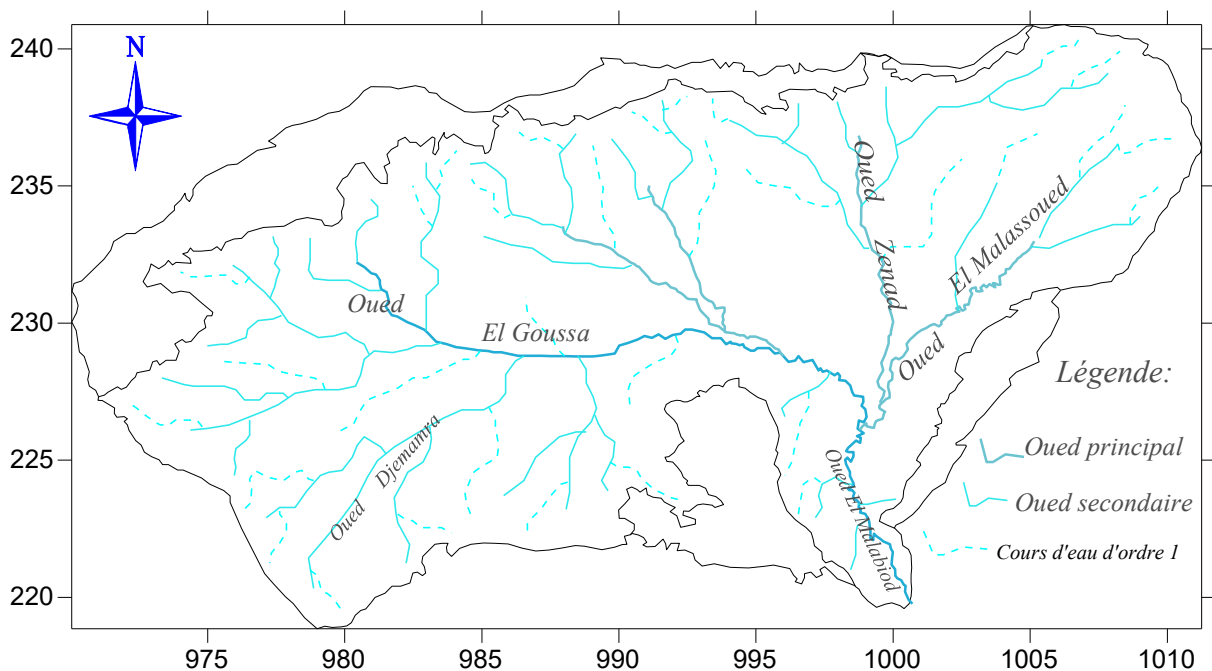


Fig n°07 : Carte du réseaux hydrographique du Bassin d El' Malabiod

De par sa situation (région semi-aride), le nombre de cours d'eau y est limité, cela n'empêche que le réseau est quand même dense, marqué de nombreux ravins formants des affluents secondaires, sinueux, intermittents et à pentes raides. Les quelques Oueds importants qui collectent les eaux d'orages et les drainent à l'exutoire sont :

- ✓ **Oued El Goussa** : qui prend son origine à l'Ouest et tend sa vallée selon une direction Ouest-Est sur une longueur d'environ 28,2Km. C'est le thalweg principal. Il draine cette partie avec comme affluent, Oued Es-Sagui et celui du Koriz, qui commence à couler après fonte des neiges sur Djebel Doukkane, néanmoins, il finira par se perdre un peu en aval, dans les alluvions quaternaires.
- ✓ **Oued El Malassoued** : qui lui, trouve sa source au Nord-Est (Djebel Taga) et reçoit, après un parcours de 12Km, Oued Ez'Zenad et longe ensuite la plaine. Il est considéré comme le collecteur des eaux de ruissellement du Nord et du Nord-Est du secteur.
- ✓ **Oued Ez'Zned** : prend naissance au Nord, il reçoit l'Oued de T'noukla (issu de Kef T'noukla) et s'écoule, comme ses prédécesseurs, vers le Sud.
- ✓ **Oued El Malabiod** : la confluence de ces cours, donne naissance au conduit principal du bassin, un peu en amont de la ville d'où il tire l'appellation, Oued El Malabiod.

L'écoulement de l'entrelacement (du système) se fait du Nord au Sud, caractéristique typique des cours d'eau de l'Atlas saharien, néanmoins il n'est pas toujours continu.

Les crues ne font jamais référence à une saison quelconque (humide), mais sont fonction particulièrement des orages qui se manifestent à la fin du printemps et au début de l'automne.

## Conclusion

Le bassin objet de cette étude fait partie du grand bassin versant du Melhrir et donc des hautes plaines orientales de l'Atlas saharien.

Comptant une Daïra et deux communes, il s'étend sur une aire de 648km<sup>2</sup>, non surpeuplé (27hab/km<sup>2</sup>). Connu par sa vocation agricole avec une SAU d'environ 27 400ha, mais l'épanouissement des autres activités commence à se faire sentir.

Le domaine forestier y occupe les 23,7%, l'Alfa et l'association végétale (Pin d'Alep, chêne vert, genévrier) occupent les 23,59% et les parcours les 7,86%.

La topographie du bassin est variée, où une plaine, d'altitude moyenne oscillant entre 1 020 et 1 200m, est cernée par une série de monts qui atteignent les 1 400 voire les 1 600m d'altitude.



---

Selon l'indice de compacité ( $k_c = 1,23$ ) et les dimensions du rectangle équivalent, le bassin d'El Malabiod a une forme allongée, le relief y est qualifié de fort ( $D_S = 239,31m$ ).

Les montagnes se répartissent sur 26% de la superficie et la plaine sur 69,33%.

Toutes ces caractéristiques morphométriques influencent l'écoulement des eaux que l'impluvium est susceptible de recevoir, qui doivent mettre alors un temps de 11h et 36mn (temps de concentration) pour arriver à l'exutoire, avec une densité de drainage de 2,27km/km<sup>2</sup>.

Tout cela conjugué à la nature lithologique du terrain, rendent difficile le phénomène d'infiltration ; principale source d'alimentation des systèmes aquifères, et initient en contre partie une action érosive, ainsi qu'ils favorisent la perte d'énormes masses d'eau qui s'écoulent vers les entités naturelles limitrophes.

## ***CHAPITRE 02***

### ***LES CARACTÉRISTIQUE GÉOLOGIQUE DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD***

**I – Introduction :**

La région d'étude est située au Nord – Est de L'Algérie, aux confins algéro – tunisiens. Elle fait partie de l'Atlas saharien et connue par son relief contrasté dont des plis, orientés selon un axe Sud-ouest – Nord-est, limitant, du Nord comme du Sud, une plaine à pente douce.

Les massifs calcaires constituent, en majeure partie, les monts de la région, tandis que la couverture sédimentaire se compose comme suit :

- ✓ Un Trias du type germanique en diapirs ;
- ✓ Des Grés et Argiles bariolés de la base miocène ;
- ✓ Des dépôts, du type épicontinental avec variations de faciès et d'épaisseur, orientés Sud-ouest – Nord-est (allant de l'Aptien au Mæstrichtien).

Les assises crétacées, ont été affectées à leur tour, par des plissements de direction similaire. Les jeux des deux phases tectoniques qui ont touché la région ont fait qu'elle épouse sa forme actuelle.

**II – Stratigraphie :**

Malgré qu'il n'a pas fait l'objet de beaucoup d'étude mais la région a été incorporée dans un ensemble géologique mieux connu.

Dans une perspective structurale, certaines études ont montré qu'elle se manifeste comme un bassin subsident, encadré au Nord par des massifs calcaires (Dj. Anoual, Dj. T'noukla, Dj. El Khorza...), à relief important, allongés selon une direction générale Ouest – Est.

La lithostratigraphie et la répartition de la série se décrivent comme suit :

- ✓ *Trias* ; plastique et diapirique ;
- ✓ *Crétacé* et *Éocène* néritique ; calcaireux et marneux ;
- ✓ *Miocène* littoral, deltaïque et continental d'un faciès sableux argileux ;
- ✓ *Pli – Quaternaire* continental.

L'établissement de la série en question s'est fait de façon que, allant de l'ancien au récent, on rencontre :

**II – 1- Le secondaire :****II – 1- 1- Le Trias :**

Le trias est considéré comme la formation la plus ancienne dans la région. Il est composé de calcaires dolomitiques et de dolomies rouges et noires, d'argiles rouges et vertes, des gypses gris et roses à quartz bipyramidés.

Il affleure en de nombreux endroits, en épointements diapiriques, tel qu'à Dj. Draâ M'taa El Malabiod (Dj. Dalaâ Er-Rouaïl) ainsi qu'au Nord-est ; sur la majeure partie de Dj. Djebissa, où il a été d'ailleurs signalé l'existence de gisements métallifères (Limonite, Hématite...).

## **II – 1- 2 - Le Crétacé :**

### **A- Le Crétacé inférieur :**

#### ✓ **L'Aptien :**

Sa présence a été notée au Nord de la région où affleure, au flanc Est de Dj. Bouroumane, un ensemble de calcaires dolomitiques durs et massifs, avec la présence locale d'Oolites ferrugineuses, d'Ammonites et de Foraminifères.

La série s'étend de 7 à 175m, au Nord et au Sud de cet anticlinal, sur une épaisseur de 400m en moyenne. La partie inférieure est presque entièrement dolomitique.

Il a été aussi signalé une abondance d'Orbitolines ainsi que la présence de quelques Rudistes dans les intercalations des calcaires rogneux. Des Echinides et quelques Lamellibranches se trouvent au sommet, dans des calcaires en petits bancs massifs.

Plus au Sud, à une profondeur de 2 040m, cette série a une puissance de 850m (BDJ-2), tandis qu'au Sud-est, elle est relativement faible ; 116m.

#### ✓ **L'Aptien inférieur :**

Sa présence est témoignée par les travaux du forage pétrolier (BDJ-2), à Koudiet Adeïla, à la cote de 2 786m. Il est caractérisé par des alternances de calcaires gris foncés, compacts, cryptocristallins, parfois argileux et des marnes gris foncées, compactes silteuses, finement pyriteuses, argiles grises à gris foncées, feuilletées, carbonatées.

#### ✓ **L'Aptien moyen :**

L'existence de l'Aptien moyen est confirmée par le rapport du même forage (BDJ-2), à 2531m, sous forme de calcaires gris clairs à brunâtres, durs, compacts, bioclastiques, pseudo Oolitiques légèrement dolomitiques avec fines passes d'argiles vertes et grises légèrement carbonatées, souvent feuilletées.

#### ✓ **L'Aptien supérieur :**

Il s'agit de calcaires massifs gris ou roux, bien au Nord (à Dj. Bouroumane), avec quelques mètres, d'intercalations de marnes et de marno-calcaires. Il est marqué par une

présence très fréquente d'Orbitolines. Lors de la réalisation du forage (*BDJ-2*), au Sud, on a signalé qu'il se présente sous forme de calcaires gris clairs, gris foncés, Oolitiques, bioclastiques parfois cryptocristallins, rarement argileux avec intercalations d'argiles grises, noirâtres, indurées, feuilletées, rarement silteuses et pyriteuses.

✓ **Le Clansaysien C<sup>1</sup> :**

Localisé au versant Ouest de Dj. Bouroumane sous forme d'une série de bancs de calcaires massifs, gris à débris d'Huîtres ou d'Oolites avec des zones tendres, renfermant une faune du groupe Parahoplites sp, avec des cardiums inditerminés.

Les assises calcaires contiennent des Rudistes mais au sommet, les bancs deviennent Lumachelliques avec des intercalations gréseuses.

✓ **L'Albien inférieur C<sup>2</sup> :**

Au Nord de la région, à Dj. Doukkane et Dj. Bouroumane, on parle d'une alternance de bancs calcaires bruns, épais à Ostréa Latissima, avec un banc de calcaires à Rudistes. Au sommet, c'est plutôt des marnes jaunes à Ammonites pyriteuses.

Tandis qu'au Sud et ce, selon les données du forage pétrolier (*BDJ-2*), on rencontre la dite série à une profondeur de 1750m. Il s'agit de la succession suivante :

- Des calcaires Oolitiques gris clairs, blanchâtres, compacts, souvent crayeux bioclastiques ou graveleux, avec traces de Foraminifères et intercalation d'argiles grises.
- Une alternance de calcaires gris clairs, blanchâtres, brunâtres souvent bioclastiques et rarement graveleux, argileux et d'argiles grises à gris foncées, noirâtres feuilletées.
- Des dolomies blanches à grises brunâtres, microcristallins compacts.

✓ **Le Vraconien – Albien supérieur C<sup>3</sup> :**

Au Nord, à Dj. Bouroumane, on parle d'un ensemble de calcaires et de marno-calcaires gris en plaquettes et en petits bancs, dont l'homogénéité est interrompue par de rares couches de marnes brunes. Il apparaît en petits affleurements, au contact du Trias de Draâ M'taa El Malabiod (Dj. Dalaâ Er'Rouaïl). La présence de la faune est expliquée par les empreintes d'Ammonites et de Bléménites.

Tab.03 Permis DJEBEL DOUKKANE : FORAGE PÉTROLIER BOUDJELLAL-2 [BDJ-2]  
Coordonnées

Cote	Coupe	Description lithologique	Étage
138		Calcaire blanc, compact	Maestrichtien, Campanien supérieur
		Biomicrorite argileuse à faune pélagique	
576		Marne gris verdâtre et argile brun rougeâtre	Campanien inférieur Emschérien
		Argile gris foncé, calcareuse avec de rares bancs calcaires gris clair	
		Argile grise avec quelques bancs de calcaire gris clair fossilifères	
		Calcaire gris compact, marneux à foraminifères	
		Marne grise indurée, légèrement dolomitique, intercalation de calcaire brun-rouge, souvent marneux	
917		Calcaire gris clair, argileux, graveleux, partiellement lumachellique, compact avec fractures remplies de calcite, intercalation d'argile marneuse, gris foncé, trace de calcite et de pyrite	Turonien
		Calcaire brun, multicolore, moyen dur, crayeux légèrement dolomitique, partiellement lumachellique bitumeux, trace de calcite blanche, translucide, avec bande d'argile verte, à gris verdâtre, glauconieuse	
1010		Argile gris verdâtre, calcareuse, pyriteuse, fossilifère devenant marneuse à partir de 873m avec fines passées de calcaire gris blanchâtre, lumachellique	Cénomanién
		Calcaire blanc à crème parfois gris cryptocristallin à crayeux, pyriteux	
2050		Alternance de calcaire blanc lithographique, cryptocristallin, crayeux moucheté, lumachellique d'argile gris à gris verdâtre, feuilletée marneuse	
		Argile grise, gris verdâtre, feuilletée, calcareuse, finement pyriteuse, parfois légèrement glauconieuse et lumachellique avec intercalation de calcaire blanc, grisâtre lithographique, cryptocristallin, crayeux avec traces de calcite	
2093		Alternance d'argile gris foncé, feuilletée, marneuse légèrement silteuse et de calcaire gris à gris claire, microcristallin, lumachellique	
2058		Calcaire gris à gris clair induré cryptocristallin, parfois blanchâtre crayeux avec débris de fossiles, avec intercalation d'argile grise	
3560			

Géographiques  
X = 8°07'35" ELambert (km)  
X = 993.533,5 Y = 35°13'12" N

Y = 227.121,2

Z/sol = 1 120m

	Alternance de calcaires gris, gris foncés parfois noirâtres, argileux. Alternance de calcaire gris clair, beige, crayeux cristallin.	Albien supérieur
	Dolomie blanche à gris brunâtre, microcristallin bitumineuse, compacte. Alternance de calcaire, gris claire blanchâtre souvent bioclastique. Calcaire gris claire blanchâtre, brunâtre, compacte, souvent crayeux, rarement bioclastique ou graveleux, oolithique, traces de foraminifères. Calcaire gris clair, gris foncé, oolithique, bioclastique, parfois cryptocristallin. Calcaire gris claire, légèrement dolomitique avec fines passées d'argiles vertes. Alternance de marnes gris foncée compactes, argiles grises à gris foncé, feuilleté, carbonaté.	Albo-Aptien
	Grès blanc à gris, fins à très fin, bien consolidé, quartzitique, ciment silico-dolomitique glauconieux avec passées d'argiles grise à gris noirâtre, compact, silteuse, carbonaté. Intercalations de grès quartzitique, de siltes, d'argiles dolomitiques et de dolomies.	Barrémien
	Dolomies, grises, brunes et beiges, cryptocristallin à microcristalline, fines passées d'argiles grises et grises noirâtres. Dolomies moyennes à fantôme de débris. Alternance de dolomies oolithiques, de calcaires dolomitiques de grés quartzitiques et d'argiles dolomitiques silteuses à 3760m. dolomies fines à huitres.	Néocomien

À Adeila au Sud, on note, de bas en haut en alternance (*BDJ-2*) :

- ✓ Des calcaires gris-clairs, beiges, argileux avec des argiles grises à gris foncées, feuilletées, plus au moins dolomitiques, sur une épaisseur de *116m*.
- ✓ Des calcaires gris, gris foncés, argileux avec des marnes grises noirâtres, compactes, dures, silteuses, sur une puissance de *129m*.

#### **B- Le Crétacé supérieur :**

##### ✓ **Le Cénoomanien :**

Il apparaît en affleurement assez large, en contact tectonique avec le Trias, à la partie Sud-est et à l'Est de Dj. Djebissa.

À Adeila, où la série du Cénoomanien est la plus complète selon le forage Boudjellal-2, on observe de haut en bas :

- Des argiles gris-verdâtres calcareuses, fossilifères qui deviennent marneuses, les tout deniers mètres (*16m* environ), avec fines passes de calcaires gris blanchâtres, lumachelliques, sur une épaisseur de *72m* ;
- Des calcaires blancs à crèmes parfois gris cryptocristallins à crayeux d'une puissance de *39m* ;

- Des calcaires blancs lithographiques s'alternant, à environ 204,5m, avec des argiles grises à gris-verdâtres, feuilletées ;
- Des argiles grises, gris-verdâtres avec des intercalations de calcaires blancs, crayeux, d'environ 209,5m ;
- Des alternances avoisinant les 73m de calcaires gris à gris clairs lumachelliques et d'argiles gris-foncées ;
- Des calcaires gris à gris-clairs cryptocristallins, d'une épaisseur de 76m, avec intercalations d'argiles grises à gris-verdâtres feuilletées ;
- Une alternance de 130m de calcaires gris-clairs et d'argiles grises à gris-verdâtres feuilletées ;
- Des argiles grises à gris-foncées carbonatées, ayant une puissance de 238m.

À Dj. Draâ M'taa El Malabiod, la série comprend des marnes et des Lumachelles d'Huîtres (*G. Durozoy 1 949*).

✓ **Le Cénomanién inférieur (C<sup>4a</sup>) :**

Décrit de haut en bas comme une série de marnes jaunes à gypses avec quelques minces bancs de calcaires lumachelliques et de marnes noires épaisses.

✓ **Le Cénomanién moyen (C<sup>5a</sup>) :**

Il s'agit là aussi d'une série très épaisse de marnes grises azoïques avec quelques bancs lumachelliques à la base.

✓ **Le Cénomanién supérieur (C<sup>5b</sup>) :**

Il est question, ici, surtout de marnes jaunes avec quatre ou cinq bancs de calcaires durs intercalés. Une abondance de faune, a été aussi notée, telle que l'Ostrea, l'Exogyra et de Cardita.

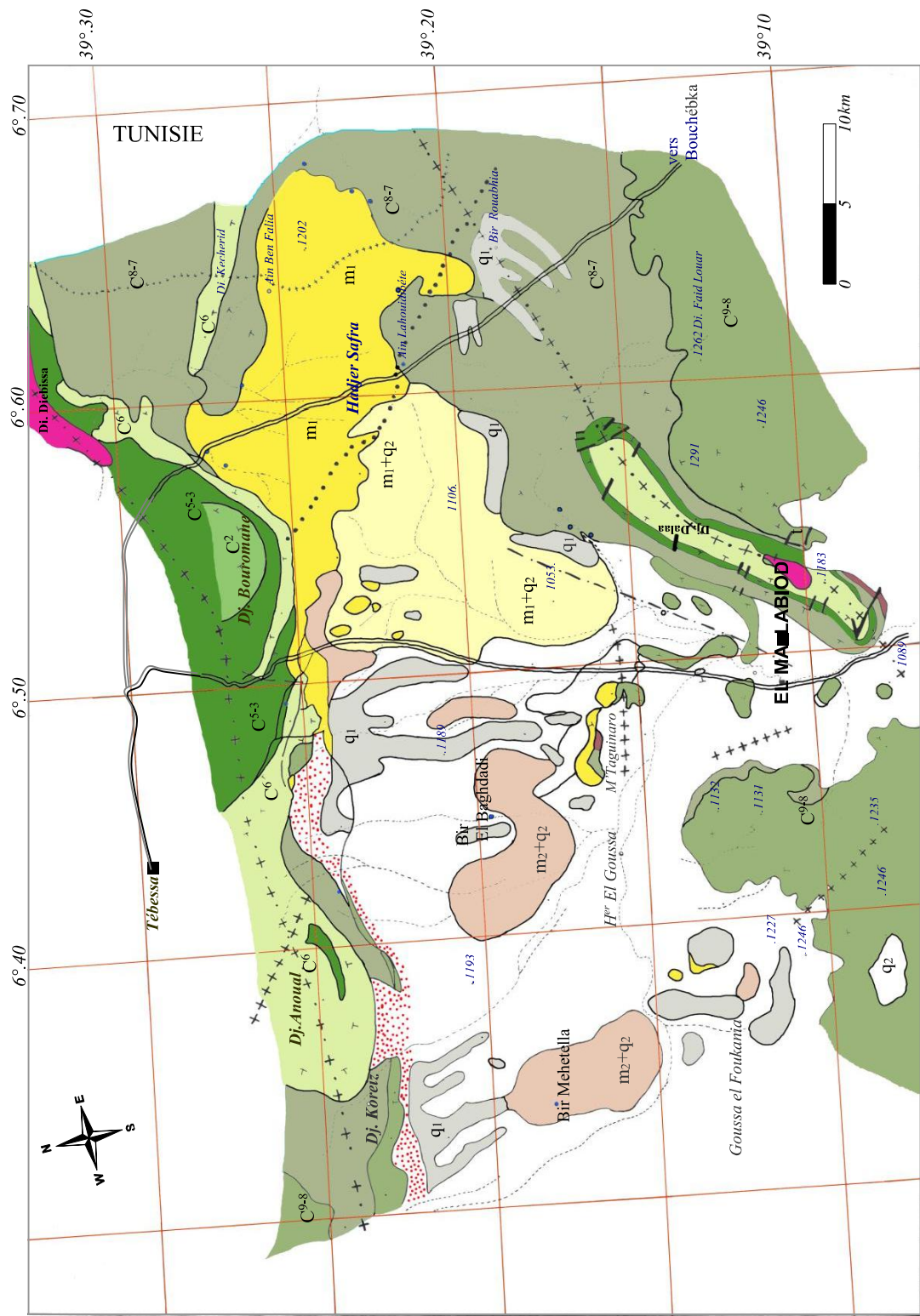
✓ **Le Turonien (C<sup>6a</sup>, C<sup>6b</sup>, C<sup>6c</sup>) :**

Son épaisseur atteint 200m environ, à Dj. Boudjellal, à une profondeur de 550m. Il est décrit, selon le sens ascendant comme, des marnes brunes, des calcaires noirs, des marnes grises, argiles blanchâtres, calcaires marneux roux, des calcaires gris et des calcaires crayeux blancs.

La puissance de cette série sera réduite jusqu'à 16m, au Sud-est et sa présence est notée, à Dj. Dalaâ, à une profondeur de 116m. Il s'agit de calcaires gris d'une épaisseur de 30m.



Carte géologique de la région d'El Malabiod d'après G. Durozoy. 1 948.



**Légende**

- a** : QUATERNAIRE [a - alluvions b-éboulis].  **q1** : Quaternaire ancien (surface structurale et croûte calcaire).  **m<sub>2</sub>+q<sub>2</sub>** : YONDOBONIEN (Argile sous faible couverture alluviale, argiles rouges, argiles bariolées).
- m<sub>1</sub>** : BURDIGALIEN (Grès sous faible couverture alluviale, poudings siliceux, grès blancs, brun ferrugineux).  **C<sup>9-8</sup>** : MAESTRICHTIEN et CAMPANIEN SUP. (Calcaire blanc et marmo-calcaire).
- C<sup>8-7</sup>** : CAMPANIEN INF. EMSCHERIEN (Marnes et intercalation de bancs calcaires)  **C<sup>6</sup>** : au Nord **TURONIEN** et **CÉNOMANIEN**, au Sud **TURONIEN** (calcaires et marnes).
- C<sup>5-3</sup>** : CÉNOMANIEN (marnes et bancs calcaires)  **C<sup>2</sup>** : ALBIEN SUP. (calcaires schisteux, au contact du trias du Draa M'ta El Malabiod).  **t** : TRIAS (argiles à gypse, calcaires et cargneules).

✓ **Le Turonien inférieur (C<sup>6a</sup>) :**

Il s'agit d'importantes assises de marno-calcaires grises en petits bancs, de marnes et de marno-calcaires en plaquettes. De petits Inocérames à test noirs, ont été fréquemment rencontrés à la base.

✓ **Le Turonien moyen (C<sup>6b</sup>) :**

Il s'agit d'une base importante de calcaires beiges ou roses et de dolomies ou de calcaires dolomitiques. À la base, il est question de calcaires marneux, tandis qu'au sommet, on parle notamment de rognons de silex.

Les fossiles qu'on a recueillis, telles que les radiolaires, témoignent que ces calcaires massifs ont un caractère récifal.

✓ **Le Turonien supérieur (C<sup>6c</sup>) :**

Il comprend, de haut en bas, des marnes noires gypsifères, des marno-calcaires, vers la base, un banc de calcaire à Lumachelles fossilifères, et ce, à proximité du col de Tnoukla. On note aussi la présence des calcaires, des marnes et des bancs calcaires au Sud, à Dj. Ed'Dalaâ.

✓ **L'Emscherien (C<sup>7</sup>) (Coniacien et Santonien) :**

C'est une série épaisse (120 ÷ 500m) et monotone dont l'affleurement était largement signalé au Nord-ouest de Dj. Doukkane et à Dj. Ed'Dalaâ. Elle est composée de marnes noires ou vertes admettant à la partie supérieure des niveaux plus calcaires, alors que la base est riche en fossiles.

On note quelques affleurements, mais de dimensions plus réduites, au Sud (à Tnoukla), au centre de la plaine (à M'taguinaro) et au Sud-ouest (à Adeïla). L'épaisseur de cette série est d'environ 69m, au Sud-est et atteint 116m à Boudjellal.

✓ **Le Campanien (C<sup>8</sup>) :**

Il s'agit de calcaires marneux blancs, crayeux. La microfaune est bien campanienne. Les marno-calcaires sont au fait très feuilletées et contiennent des empreintes de poissons.

✓ **Le Maestrichtien :**

Il affleure au centre de la plaine (M'taguinaro), aux confins de la ville ainsi qu'à Dj. Koreiz au Nord-ouest.

✓ **Le Maestrichtien moyen (C<sup>9b</sup>) :**

Il est composé d'assises très importantes et homogènes dans toute la région. Elles comprennent environ 80m de calcaires blancs, massifs, bien lités, à nombreuses empreintes d'Inocérames. Les masses calcaires sont détachées des grands reliefs..

**II -2- Le Tertiaire :**

**II -2- 1- Le Paléocène :**

**A- L'Éocène inférieur et le Crétacé supérieur :**

C'est une série ayant une épaisseur de 300m, composée de marnes noires à jaunâtres, quelques fois gypseuses ou pyriteuses, à rares petits bancs marno-calcaires.

✓ **Le Paléocène supérieur :**

Il s'agit de marnes et de calcaires marneux à silex renfermant plusieurs couches phosphatées. On note la présence de dents de Squalé.

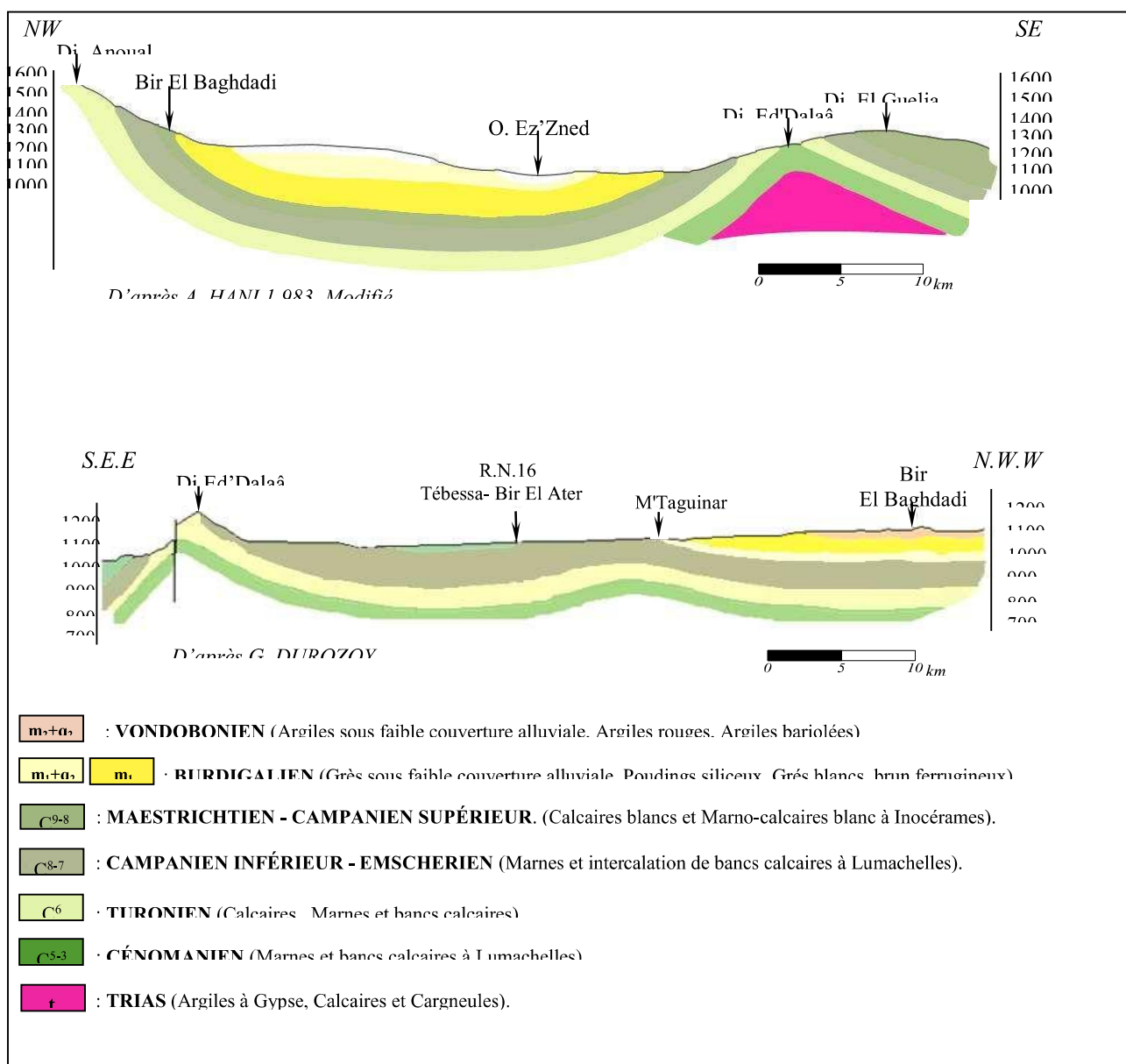


Fig. n ° : 08. Coupes géologiques à travers le bassin d'El Malabiod.

Explication du figure : Les formations qui couvrent la plaine (plus de 50m de grés et de 40 à 250m de sable) se comportent comme réservoir principal, et ce grâce à leurs propriétés hydrodynamiques et leur potentiel hydraulique intéressant. Alors que celles des bordures (environ 100m de calcaire), constituent une source d'alimentation du système aquifère.

✓ **L'Éocène inférieur et moyen :**

Ce sont des calcaires massifs à silex en bancs épais (50 à 60m) renfermant de la micro-faune.

**II –2- 2- Le Miocène :**

Le bassin d'El Malabiod est dominé, dans sa quasi-totalité, par les formations d'âge Miocène (G. Durozoy).

À l'Est de la route nationale (RN16), on note un large affleurement de formations du Miocène moyen et inférieur, tandis qu'à l'Ouest, c'est le Miocène supérieur qui occupe le reste du terrain, sous faible couverture alluviale.

✓ **Le Miocène inférieur et moyen (Vindobonien et Burdigalien) :**

Selon le rapport de J. L. Bles et J. J. Fleury (1970), on parle d'une série qui débute par des conglomérats de l'Aquitano-Burdigalien (à l'Est d'El Kouif et à Houidjbet). Ces derniers sont siliceux, extrêmement durs, à gros rognons de silex plus ou moins arrondis. Outre les conglomérats, on note l'existence de petits cailloux très arrondis, siliceux, blancs en générale.

G. Durozoy (1949) confirme, lui aussi, le large affleurement des dits conglomérats qui, selon son rapport, deviennent masqués, au centre de la plaine, par le Quaternaire.

À Oglat Châachaâ, au centre, les éléments siliceux de la roche ont une taille plus réduite. À l'Est et au Sud de M'taguinaro, ces conglomérats renferment des silex de taille plus importante.

✓ **Le Miocène supérieur (Pontien) :**

Présent du côté de Tnoukla sous forme de sables fins à grossiers et de grès directement en transgression sur les calcaires Maestrichtiens ou les marnes Emschériennes ainsi que des marnes rouges continentales, quelquefois bariolées. Leur épaisseur peut atteindre 120m.

**II –2- 3– Le Pliocène :**

On note l'existence d'argiles rouges conglomératiques compactes et du sable quartzueux dans la partie orientale de la plaine (Bekkaria). Elles contiennent du bois fossile, peu silicifié, dans la région de Dj. Senoubra.

**III – Le Quaternaire :**

La plaine d'El Malabiod est recouverte, presque dans sa quasi-totalité, de formations quaternaires, dont l'épaisseur est inférieure à 30m.

Le quaternaire ancien (conglomérats, croûte calcaire) matérialisé par de longues terrasses alluvionnaires subhorizontales, qui se raccordent le plus souvent aux éboulis de piémonts des massifs calcaires et sont recouverts d'une épaisse couche calcaire.

Le récent, quant à lui, est représenté par les sédiments de surface (alluvions, limons, cailloutis, éboulis, sables et silts). Il est présent dans les vallées des Oueds (prés de Henchir El Goussa), ainsi qu'au Sud de Bordj El Malabiod.

Il n'est pas aisé de faire la distinction entre les alluvions récentes et les marnes abondent ou les grès burdigaliens recouverts d'une mince couche alluviale, ou simplement remaniés en surface par l'action de l'érosion.

Les plaines sont recouvertes essentiellement de formations caillouteuses, dans l'ensemble, des matériaux épais de dimensions éphémères de nature surtout calcaire. Les sables se répandent à l'Est tandis qu'à l'Ouest, on rencontre un matériel marneux.

**III –1- Les Conglomérats :**

On parle surtout des conglomérats issus de la cimentation d'anciens éboulis ou matériaux d'épandages divers. Une série, dont l'épaisseur est variable mais relativement faible, s'est faite révélée, via le forage  $M_6$  ( $X= 999,100 - Y= 228,175$ ), au Nord d'El Malabiod.

C'est une alternance de graviers calcaires, de gros galets à la base ou de sables grossiers et de galets calcaires, dont la disparition se fait sentir tout à fait vers l'Est.

**III –2- La croûte calcaire :**

Elle se développe plus particulièrement au Nord du bassin, ayant une épaisseur variable et une couleur blanchâtre. Elle est composée d'éléments fins.

À l'Ouest de Oglat Chaâchaa, au niveau du ravin, elle repose directement sur les sables miocènes. Elle a une épaisseur d'environ 30m, et contient des rognons de silex et des coquilles d'escargots bien conservées.

À l'Ouest de la RN 16, elle est développée surtout sur les alluvions caillouteuses. Cette croûte calcaire n'est en fait qu'un dépôt superficiel du à l'évaporation d'eau chargée de calcaire.

**III –3- Les dépôts de sources :**

Des tufs et des travertins ont été rencontrés au niveau de la source de T'noukla (qui s'est taris). Ils sont probablement le fait de dépôts de carbonates de chaux.

Les tufs ont été signalés aussi lors de la réalisation du sondage  $S_1$  ( $X= 988.350 - Y= 230.750$ ), mais seulement à une épaisseur de  $4,5m$ .

### **III – 4 - La nappe des cailloux :**

Ce sont des matériaux de faibles dimensions, du côté du relief et des coteaux. Ils deviennent remarquablement épais, surtout à l'Ouest de la *RN 16*, là où la nappe couvre un vaste domaine, mais ne constituent aucune accumulation notable.

### **III – 5 - Les dépôts actuels :**

Les couches limoneuses sont considérées comme le dépôt le plus actuel. Elles recouvrent la majeure partie du bas fond de la cuvette et se chargent ainsi de plus en plus en sel. Ce dernier devient perceptible au niveau des petits marais temporaires du côté de Oglat Chaâchaâ, ou encore en saison estivale et atteint la surface en formant des cristaux.

## **IV – Tectonique de la région :**

### **IV - 1– Style tectonique :**

Deux directions structurales dominantes, Sud-ouest – Nord-est et Est-ouest, sont reconnues dans la région. Elles se manifestent dans les accidents tectoniques, tels que les plissements, les flexures, l'allongement des bassins et les cassures. Elles sont perceptibles dans la morphologie topographique et partiellement dans l'hydrographie.

Les plis sont du type isopaques ; leur provenance est alors du niveau structural moyen. Ils sont souvent serrés, dressés en plans verticaux. Ils sont typiques des structures reconnues généralement dans l'Atlas saharien.

Ce genre de plissements traduit un fort raccourcissement de la couverture sédimentaire, épargnant, par contre, le socle qui, d'autant plus, était plus rigide. Ce qui est avancé précédemment, laisse supposer plutôt une tectonique de couverture.

### **IV – 2- Phases tectoniques :**

Une succession de mouvements compressifs et distensifs et bien d'autres, représente la structure tectonique de la région, qui a due être édifiée suite à la manifestation de deux phases orogéniques.

L'impulsion distensive du Crétacé – Éocène a favorisé la formation d'un milieu subsident, où les dépôts néritiques ont pris place. Alors que celui compressif, de l'Éocène terminal (phase fini-lutétienne et priabonienne), d'une contrainte maximale orientée Nord-

ouest – Sud-est, est responsable des plissements de couverture de direction Sud-ouest – Nord-est, et appartenant à la phase atlasique.

La faille de T'noukla et celles d'orientation Sud-est – Nord-ouest ; orthogonales à ces plissements, remontent à cette époque.

La distension miocène a eu lieu après la dénudation oligocène, elle est à l'origine de la formation du bassin subsident d'El Malabiod. La phase croissante de la subsidence miocène a généré une ingression marine au Langhien-Serravalien suivie d'une sédimentation deltaïque. Celle décroissante, quant à elle, s'est manifestée par un ralentissement de la subsidence, jusqu'à son arrêt total, et l'apparition de la croûte ferrugineuse à la fin du Langhien-Serravalien.

La réactivation de la phase distensive a provoqué l'apparition de nouveaux bassins subsidents, à l'Ouest de Hadjer Sefra, comblés par une sédimentation tortonienne présumable.

#### **IV – 3- Les mouvements récents :**

L'organisation des plissements plus anciens n'a, en aucun cas, été perturbée par la tectonique récente ; responsable de la genèse du fossé d'El Malabiod et qui est qualifiée de typique des formations autochtones de la Tunisie et de l'Algérie orientale (*G. Castany. 1954, Dubourdieu. 1965*).

On distingue l'intensité de la tectonique, plicatrice affectant le Miocène (plissement des grès miocènes du col de T'noukla) de celle cassante, affectant les formations du Crétacé (dislocation de l'anticlinal cénomanién-turonien de Draâ M'taa El Malabiod, fractures brisant la falaise turonienne de T'noukla). Comme signalé plus haut, c'est sans doute la phase atlasique qui en est responsable, suite à un phénomène compressif à contrainte principale d'orientation Nord-Ouest Sud-est.

Ces structures résultent d'importants coulissements ayant touché le socle au Plio-Quaternaire. La distension dans la couverture a généré des déchirures qui sont à l'origine des fossés, en partie entraînés par les déplacements méditerranéens dans la région d'El Malabiod.

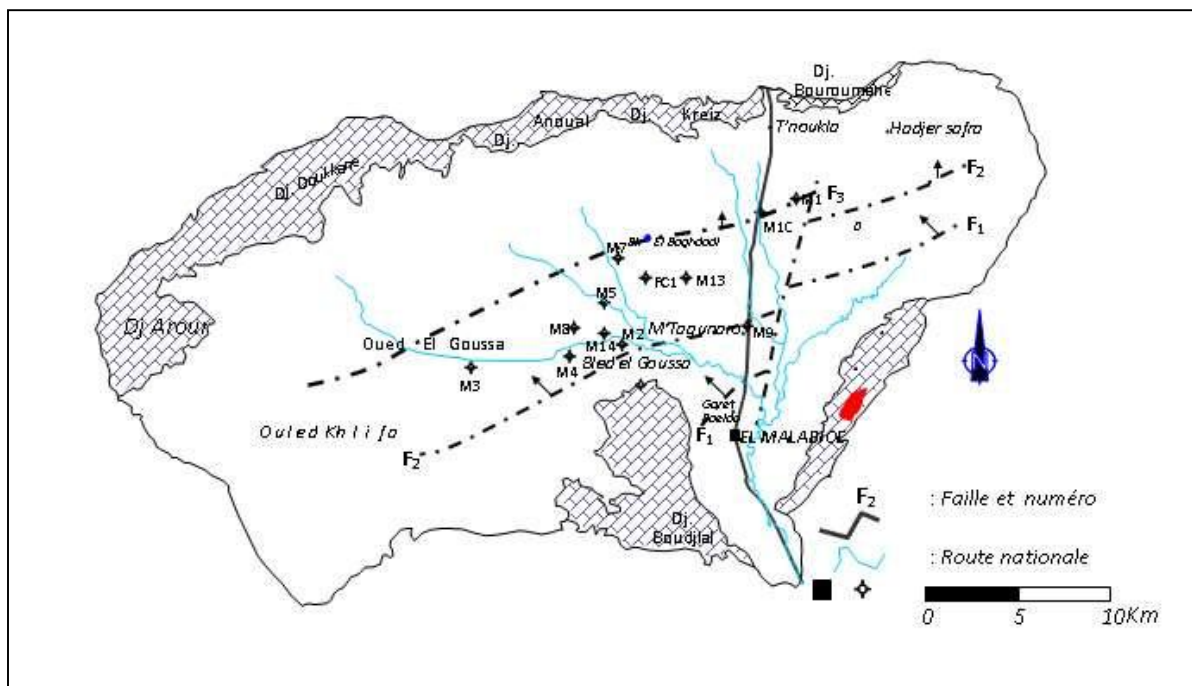


Fig 09 n° : Carte de système de failles (UGF-BRNO 1 971)

De nombreuses déchirures de direction dominante Nord-est – Sud-ouest, dont des failles d'une longueur d'environ 30Km, illustrent bien ce mouvement, on cite :

- ✓ La faille  $F_1$  ; localisée à l'Est du chef lieu d'El Malabiod, elle s'étend sur 6Km de long ;
- ✓ La faille  $F_2$  ; ayant un rejet autour des 30Km et un décrochement très important, elle longe le milieu de la plaine. Sa direction initiale s'est modifiée du Nord-est –Sud-ouest vers l'Ouest-Est, du coté de Houdjbet (à l'Est).
- ✓ La faille  $F_3$  ; repérée un peu au Nord de la plaine, son rejet est de l'ordre de 22Km. Elle est orientée du Nord-est vers le Sud- ouest.

### Conclusion :

La structure de la région a du être édifié suite à de multiples phénomènes, et lors de deux phases orogéniques. Il s'agit d'un haut plateau appartenant à l'Atlas saharien, où des plis, d'orientation Nord-Est Sud-Ouest, cernent un bassin subsident.

Le bassin étudié présente deux grands ensembles, les affleurements d'âge créacé sur les bordures, les formations du Miocène et du Quaternaire disséminent la quasi-totalité de la plaine.



La plaine a l'air d'une dépression ayant épousé la forme d'une cuvette avec un substratum calcaireux et marneux. Ce dernier remonte au Crétacé, et il est séparé du Miocène par des éboulis très perméables.

Les formations de bordures (*100m* de calcaire), constituent une source d'alimentation du système aquifère. Celles de la plaine (plus de *50m* de grés et de *40* à *250m* de sable) se comportent comme réservoir principal, grâce à leurs propriétés hydrodynamiques et leur potentiel hydraulique intéressant.

Le matériau alluvial qui leur vient au dessus, constitue un aquifère, lui aussi, mais de moindre importance, vue sa puissance relativement réduite et son extension limitée.

***CHAPITRE 03***

***LES CARCTÉRISTIQUE  
HYDROCLIMATIQUE ET  
HYDROLOGIQUE DU BASSIN D'EL  
MALABIOD***

### I – Introduction :

Il est important de connaître l'évolution spatio – temporelle du climat ainsi que des paramètres hydroclimatologiques, relatives au milieu naturel, pour réussir une étude hydrogéologique fiable.

Pour ce faire, il est souhaitable de faire le suivi de certains paramètres (température, précipitation, vent etc...) qui jouent un rôle capital dans le régime des cours d'eau. Ils régissent aussi l'écoulement superficiel et souterrain, et par conséquent, la variation des réserves en eau souterraine et révèlent de ce fait la qualité chimique du potentiel ainsi recueilli en eau.

En outre, ces facteurs permettent l'estimation d'autres paramètres (évapotranspiration, ruissellement, infiltration...etc) nécessaires à l'établissement du bilan d'eau et son impact sur le comportement et le fonctionnement hydrologique des systèmes aquifères.

### II – Réseau d'observation :

Le réseau qui contrôle le bassin d'El Malabiod est composé de quatre stations pluviométriques qui sont implantées à différentes altitudes, comme le montre la figure suivante (fig N°.10.). et (voir l'annexe)

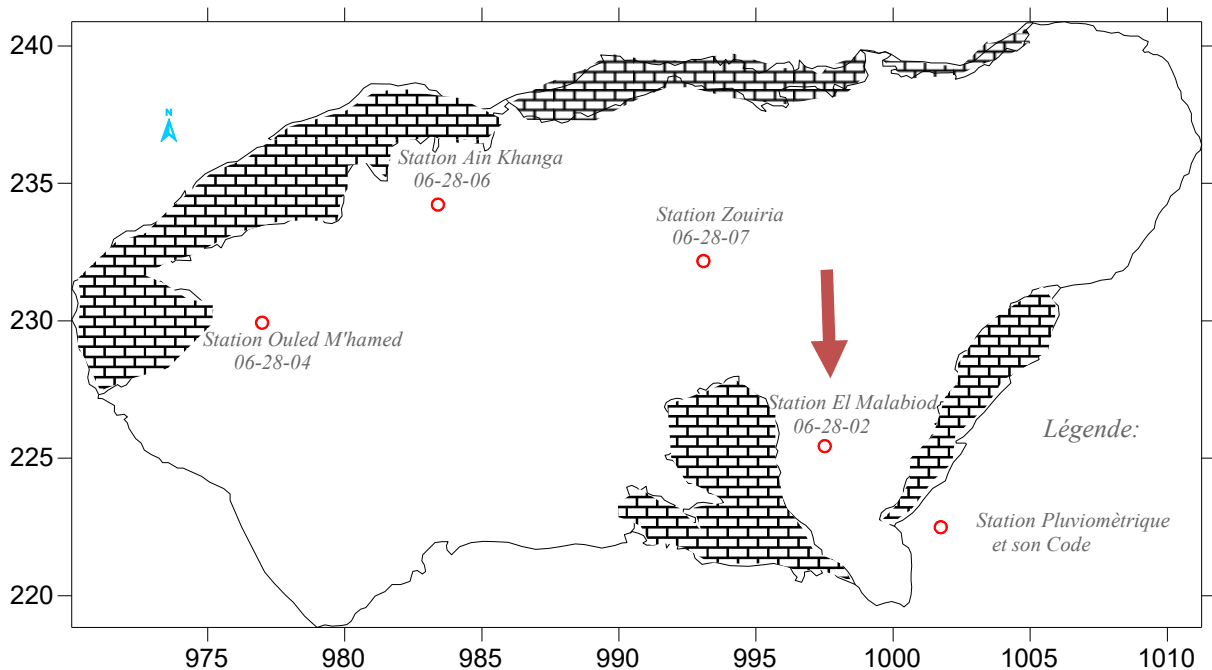


Fig n° 10 : Stations pluviométriques et leurs codes du Bassin d'El Malabiod.

### III – Facteurs météorologiques déterminants :

L'ensemble des données a été récolté au sein des services de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (*ANRH* de Constantine, de Tébessa) et de ceux de la station aéroportuaire de Tébessa.

Nous nous sommes référés aussi aux travaux de *C. Paquin, M. Chaumont. 1 913-1 963* (carte pluviométrique d'Algérie) et de *P. Seltzer. 1 913-1 938* (climat d'Algérie).

#### III – 1- Le régime des vents :

D'après les services météorologiques de la station de Tébessa, les directions dominantes du vent sont *NW* et *SW*, avec une vitesse qui varie entre un minimum de *34km/h* et un max de *70km/h*.

Les effets du sirocco sont possibles en toute saison, mais c'est en périodes estivales qu'ils sont plus fréquents, où ils peuvent provoquer des hausses brusques de températures ; ce qui initie une accentuation des assèchements (pouvoir évaporant et érosion éolienne, avec *40km/h* de vitesse).

Un passage régulier de vents de sables (de quelques kilomètres d'envergures) de direction prépondérante *WNW-ESE* peut toucher la région notamment au Sud où ils peuvent durer environ une vingtaine de jours durant l'année.

#### III – 2- L'humidité relative de l'air :

C'est la tension de vapeur réelle observée, rapportée à la tension de vapeur saturante, à la même température.

Faute d'absence d'équipement de mesure, on s'est servi des données de la station de Tébessa qui donnent une moyenne mensuelle de *62%*. Toutefois, cette valeur va être revue à la baisse (à l'échelle du bassin d'El Malabiod) suite à l'écran que forme la chaîne montagneuse séparant le bassin versant de Mellègue et celui de Melhrir, et ce tout en allant vers le Sud.

#### III – 3- La neige :

Selon *P. Seltzer*, notre région appartient à la zone d'enneigement moyen au sol ; de cinq à dix jours par an. En effet tous les massifs cernant et surplombant le bassin, en particulier le versant nord des reliefs et notamment Dj. Doukkane, connaissent des quantités considérables de neige.

Des relevés fragmentaires témoignent qu'il a neigé pendant sept jours (saison *83/84*), ce qui a représenté un apport d'environ *60mm*. En *2 001*, début Février, les bordures nord du bassin étaient recouvertes de neige presque une semaine entière.

#### III – 4- La pluviométrie :

À l'échelle du bassin d'El Malabiod la pluviométrie est caractérisée par une irrégularité et une variabilité saisonnières et annuelles, typiques des régions semi arides.

C'est un paramètre qui a un impact sur les mécanismes et le comportement de tout système naturel (le bassin hydrographique) et dont le contrôle et le suivi est indispensable pour l'estimation de lames d'eau encaissées (à l'échelle de l'impluvium) pour déduire par la suite les diverses franges (écoulement superficiel et souterrain, infiltrations...etc).

### III – 4- 1- Les précipitations annuelles et leur variabilité :

L'examen des valeurs des précipitations, enregistrées au niveau des quatre stations, en une période de quarante (40) ans d'observation (de 1 974/75 à 2 014/15, a révélé que leur variation en fonction du temps est marquée par un écart considérable entre l'année la plus arrosée (411.9mm/an pour la station d'El Malabiod, en 1 975/76, 472.63mm/an à Ouled M'hamed en 1 989/90, 483.71mm/an à E'Zouaïria en 1 981/82 et 582.60mm/an à Ain Khanga en 2 003/04) et celle la plus sèche (68.0mm/an à El Malabiod durant 1 996/97, 79.71mm/an à Ouled M'hamed durant 1 987/88 et 60.1mm/an en 2 000/01 à E'Zouaïria et Ain Khanga).

Tab n°04 : Moyenne annuelle des précipitations (1 974/75 ÷ 2 014/2 015) du Bassin d'El Malabiod.

Station	Code	Moyenne annuelle des précipitations (mm)
Ain Khanga	06-28-06	245,73
El Malabiod	06-28-02	237,87
E'Zouaïria	06-28-07	227,07
Ouled M'hamed	06-28-04	216,92

### III – 4- 2- Estimation de la lame d'eau précipitée :

La hauteur pluviométrique moyenne ne reflète pas la réalité climatique, cependant, sa détermination est indispensable pour l'étude de l'intensité fluviale et aide à voir la variabilité des précipitations, sur des séries d'observation aussi étendues que possible.

Pour ce faire, plusieurs méthodes sont utilisables (Méthode de la moyenne arithmétique, Méthode de la moyenne de Thiessen, Méthode des isohyètes...). On donne pour exemple de calcul :

#### - Méthode de la moyenne arithmétique :

C'est une méthode qui a donnée preuve d'efficacité pour les petits bassins hydrographiques ; où l'impact de l'exposition, de l'altitude et de la latitude, sur les précipitations est identique, à l'échelle de cette entité naturelle.

Qualifiée de plus rapide, elle accorde, en outre, un intérêt particulier aux valeurs extrêmes, et consiste à déterminer la moyenne arithmétique des valeurs de précipitations constatées au niveau de chaque station, par le biais de l'expression :

$$\bar{H} = \frac{\sum P_i}{n} \equiv mm \quad \text{Ou bien} \quad \bar{P} = \frac{\sum P_i}{n} \equiv mm \quad \text{Où :}$$

$\bar{P}$  ou  $\bar{H}$  : Lamé d'eau moyenne précipitée sur l'ensemble du bassin versant (mm) ;

$P_i$  : Précipitation annuelle moyenne de chaque poste pluviométrique (mm) ;

$n$  : Nombre de postes pluviométriques.

À l'échelle du bassin d'El Malabiod, et pour une période d'observation de quarante (40) ans, la lame d'eau tombée est de l'ordre de :

$$\bar{P} = \bar{H} = 231,89 \text{ mm/an}$$

Si on veut vérifier l'adéquation de la méthode, on fait intervenir l'expression suivante :

$$Er = \frac{Cv}{\sqrt{N}} \equiv \% \quad \text{Où :}$$

$Cv$  : Coefficient de variation,  $Cv = 100 \cdot \frac{\sigma}{\bar{x}}$ ,  $\sigma$  : Écart type :  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n}}$ .

$\bar{x}$  : Moyenne des valeurs,  $N$  : Nombre de station,  $Er$  : Incertitude en %.

### III – 4- 3- Les précipitations mensuelles :

La répartition des précipitations (annuelles) a son impact direct sur les régimes hydrologiques (écoulements, infiltrations...etc.) et surtout les réserves et leur suivi devient par conséquent indispensable.

Tab.05. Mois humide et mois sec dans chaque station pluviométrique du Bassin d'El Malabiod.

Station	Code	Mois humide	Mois sec
Ain Khanga	06-28-06	Mars : 26,45mm	Juillet : 10,38mm
El Malabiod	06-28-02	Septembre : 31,01mm	Juillet : 8,39mm
E'Zouaïria	06-28-07	Septembre : 28,98mm	Juillet : 7,36mm
Ouled M'hamed	06-28-04	Mai : 20,09mm	Juillet : 9,48mm

Le dépouillement des données de quarante an d'observation (1 974/75 ÷ 2 014/15) permet de retenir les valeurs extrêmes, récapitulées au tableau précédent (Tab. 10), au niveau de chacune des stations couvrant le bassin.

Leur variation est traduite par la représentation en histogramme, ci-dessous (Fig 11).

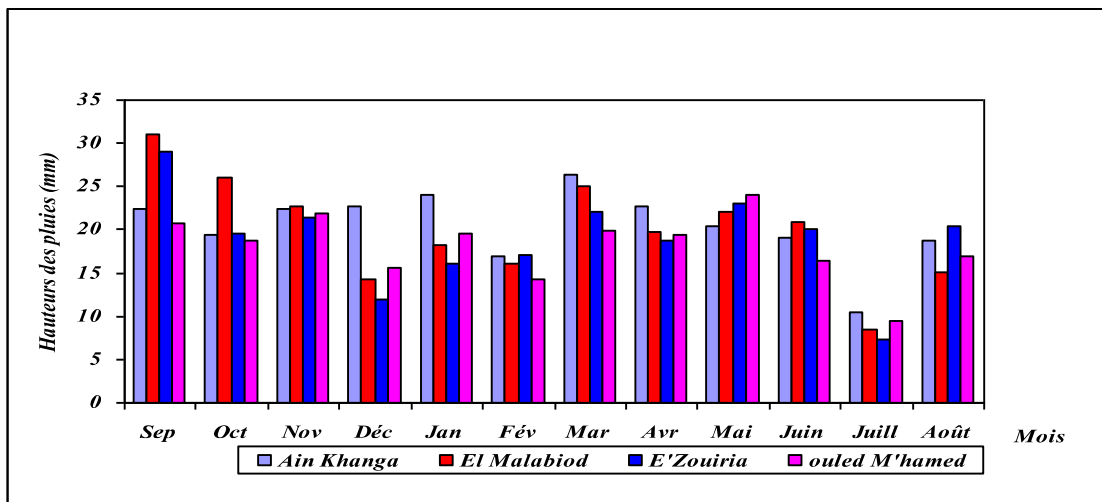


Fig n° 11 :Moyennes des précipitations mensuelles (1 974/75 ÷2 014/15)

Dans le tableau ci-après (Tab.11.) sont reportées les valeurs des moyennes mensuelles et saisonnières, des hauteurs de précipitations observées, dans les quatre stations .

Tab.06. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières aux stations d'observation du Bassin d'El Malabiod.

Mois Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
Ain Khanga	22,34	19,42	22,37	22,67	24,01	16,99	26,45	22,70	20,46	19,10	10,38	18,78
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	64,13			63,67			69,61			48,26		
El Malabiod	31,01	25,96	22,79	14,30	18,25	16,05	25,08	17,94	22,08	20,94	8,39	15,03
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	79,76			48,60			65,10			44,36		
E'Zouaïria	28,98	19,60	21,47	11,92	16,09	17,16	22,05	18,73	23,04	20,14	7,36	20,48
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	70,05			45,17			63,82			47,98		
Ouled M'hamed	20,66	18,74	21,84	15,59	19,53	14,29	19,87	19,43	24,09	16,34	9,48	16,99
	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Été</i>		
	61,24			49,41			63,39			42,81		

### III – 5- Les températures :

La température reste le paramètre le plus déterminant dans la caractérisation du climat. Elle trouve son importance dans les essais d'évaluation du taux d'évaporation, d'évapotranspiration, de déficit d'écoulement...etc, nécessaires pour l'estimation du bilan hydrologique.

L'absence de réseau d'observation et d'archive, relatifs au bassin d'El Malabiod, nous a contraint d'utiliser les données enregistrées à la station de Tébessa (la plus proche), afin de pouvoir définir les variations de la température sur la région d'El Malabiod.

Pour une fiabilité souhaitée, il est judicieux de faire apparaître une adéquation meilleure, entre la station de référence et celle projetée. Pour ce faire, on a eu recours aux modèles de *Laplace* et de *BNEDER* (bureau national d'étude pour le développement rural).

Après traitement des données et examen visuel des représentations graphiques, on a constaté que les valeurs de température des différentes stations s'ajustent à une loi de *Gauss*, avec un intervalle de confiance de 80%. Elles peuvent alors être utilisées ultérieurement sans risque.

#### III – 5- 1- Variation des températures et régime thermique :

L'examen des séries de valeurs de température (d'après les méthodes citées) montre que Janvier est le mois le plus froid avec respectivement 4.42, 5.72, 5.53 et 4.49°C pour Ain Khanga, El Malabiod, E'Zouaïria et Ouled M'hamed. Et Juillet est le mois le plus chaud, avec (Ain Khanga : 24.39°C, El Malabiod : 25.69°C, E'Zouaïria : 25.50°C et Ouled M'hamed : 24.36°C).

Il y a lieu de signaler qu'effectivement en hiver il fait plus frais du côté d'El Malabiod qu'à Tébessa, et ce puisque cette dernière se localise à une altitude inférieure (810m).

En été c'est pratiquement la même ambiance qui règne, toutefois le thermomètre se voit à la hausse à l'échelle de notre région d'étude, lors du passage du vent du Sud.

Tab.07. Moyennes mensuelles des températures (°C), 1 974/75 ÷ 2 014 /15/Bassin d'El Malabiod.

Station Mois	Tébessa	Ain Khanga	El Malabiod	E'Zouaïria	Ouled M'hamed
SEP	21,69	19,68	20,89	20,79	19,75
OCT	17,22	15,21	16,50	16,32	15,28
NOV	11,06	9,32	10,35	10,16	9,15
DÉC	7,67	5,66	6,95	6,77	5,73
JAN	6,43	4,42	5,72	5,53	4,49
FÉV	7,70	5,69	6,98	6,80	5,76
MAR	10,25	8,24	9,54	9,35	8,31
AVR	13,34	11,33	12,63	12,44	11,40



<i>MAI</i>	18,37	16,36	17,66	17,47	16,43
<i>JUIN</i>	23,35	21,34	22,63	22,45	21,41
<i>JUIL</i>	26,40	24,39	25,69	25,50	24,36
<i>AOUT</i>	25,63	23,62	24,92	24,73	23,69

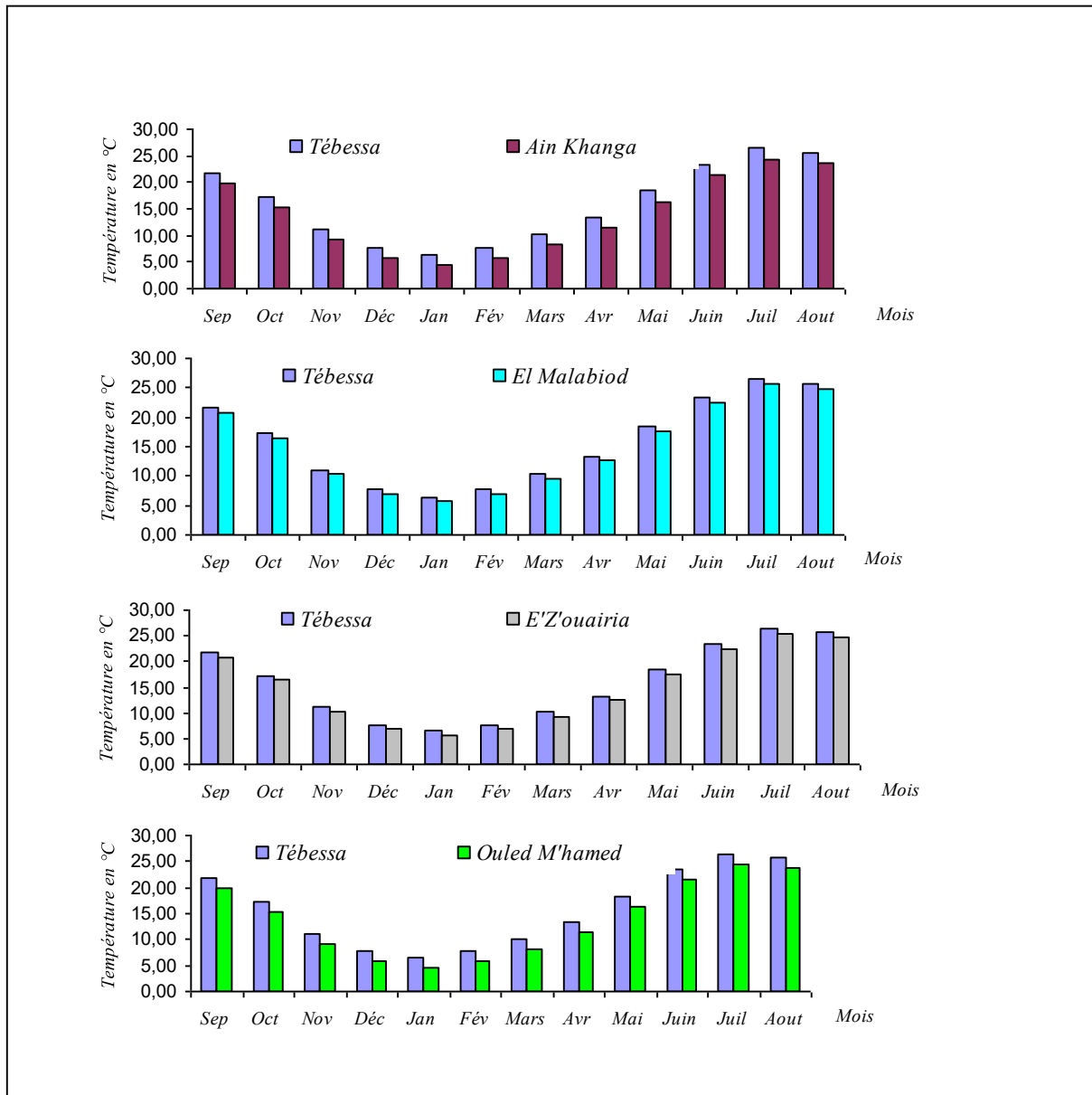


Fig. n° 12. Variations des températures moyennes mensuelles (74/75÷ 2014/15)/Bassin d'El Malabiod

**III – 6- 3- Diagramme pluviothermique :**

Selon *F. Bagnouls* et *Goussen*, un mois sec est celui dont le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne ( $P \leq 2T$ ).

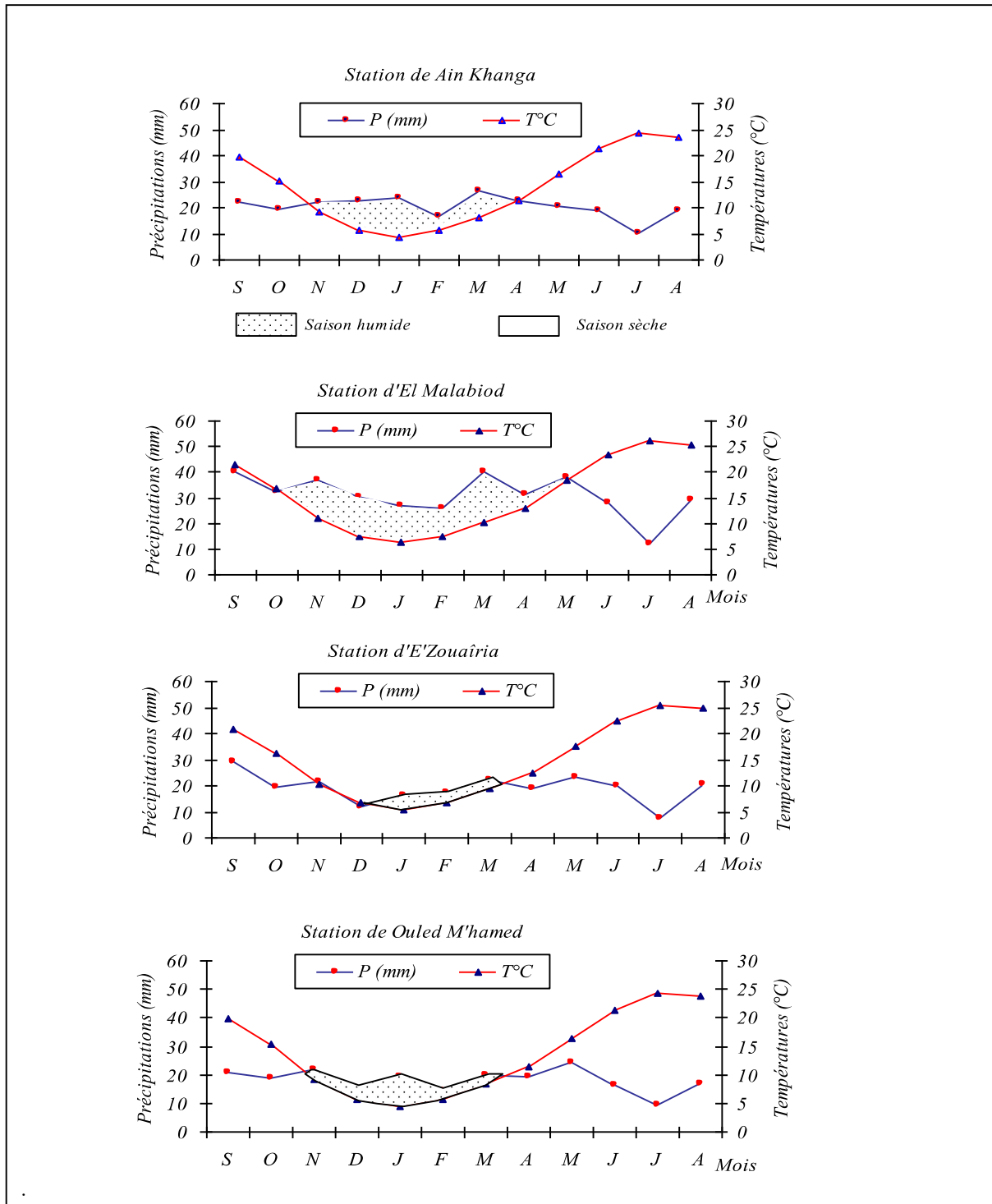


Fig. n° 13 :. Diagrammes pluviothermiques aux stations d'observation (1 974/75 ÷ 2 014/15)/Bassin d'El Malabiod

L'établissement du diagramme se fait en portant en ordonnées, les températures à une échelle double de celles des précipitations, et en abscisse les mois de l'année agricole.

Si sur la représentation graphique ainsi obtenue, la courbe des précipitations passe au dessus de celles des températures, la saison est dite humide. Elle est sèche dans le cas contraire.

Les dits diagrammes (*Fig.10.*), relatifs aux stations d'observation du bassin d'El Malabiod, laissent dire que la saison de sécheresse débute au mois d'Avril et continue jusqu'au mois d'Octobre.

#### **IV – Le bilan hydrique :**

Il traduit la suite des différentes phases du phénomène météorique aqueux (pluie, neige, grêle) atteignant le sol, avant de rebrousser chemin vers l'atmosphère.

L'estimation du bilan hydrologique naturel peut se faire par l'application de la formule suivante (*G. Castany 1982*) :

$$P = ETR + R + I \equiv mm \quad \text{Où :}$$

*P* : Précipitations annuelles (*mm*) ;

*ETR* : Évapotranspiration réelle annuelle (*mm*) ;

*R* : Ruissellement (*mm*) ;

*I* : Infiltration (*mm*).

#### **IV – 1- Étude de l'Évapotranspiration :**

C'est l'un des paramètres déterminant du cycle hydrique. Il est défini comme étant la somme de quantités d'eau (*mm*) reprises de la surface du sol suite à la conjugaison de deux phénomènes, l'un biologique (l'évaporation) et l'autre physique (la transpiration).

Son évaluation est difficile vu l'interdépendance des facteurs dont elle est fonction (l'humidité, la température, l'insolation et le couvert végétale).

#### **IV – 1- 1- Estimation de l'évapotranspiration réelle (*ETR*) :**

C'est une fraction de l'*ETP* qui dépend de l'état du stock en eau du sol. Les pertes d'eau d'un sol atteignent l'évapotranspiration potentielle, si elles sont supérieures ou égales au stock d'eau de la réserve facilement utilisable.

En cas d'insuffisance, elles sont limitées à une quantité plus faible, cette limite est appelée l'évapotranspiration réelle (*G. Castany*). Son évaluation se fera par l'application des formules, soit de *L. Turc* ou celle de *Coutagne*.

**A - Formule de L. Turc :**

Cette expression permet de déterminer directement l'ETR annuelle d'un bassin versant à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \equiv mm \quad \text{Avec :}$$

$P$  : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

$T$  : Température moyenne annuelle (°C) ;

$L$  : Facteur qui tient compte des échanges de chaleur ( $L = 0,05T^3 + 25T + 300$ ).

Tab n° 08 : ETR selon la méthode de L. Turc annuelle du Bassin d'El Malabiod.

Paramètre Station	Précipitation (mm)	Température (°C)	$L$	ETR
Ain Khanga	245,73	13,77	774,8	245,65
El Malabiod	237,87	15,04	846,1	240,40
E'Zouaïria	227,07	14,86	835,57	230,09
Ouled M'hamed	216,92	13,81	776,94	219,35

**B - Formule de Coutagne :**

Le déficit d'écoulement calculé à partir de cette expression, qui fait aussi intervenir température et précipitation, peut être rapproché de l'ETR.

$$D = P - \lambda P^2 \Leftrightarrow ETR = P - \lambda P^2 .$$

Cette expression n'est applicable que lorsque  $0,125\lambda < P < 0,5\lambda$  et  $\lambda = \frac{1}{0,4T + 0,8}$  Où :

$D$  : Déficit d'écoulement (m/an) ;

$P$  : Précipitation annuelle (mm) ;

$T$  : Température moyenne annuelle (°C).

Tab n°09 : Applicabilité de la formule de Coutagne du Bassin d'El Malabiod.

Station	$\lambda$	$\lambda/8$	$\lambda/2$	$P$	$\lambda/8 < P < \lambda/2$	Observation
Ain Khanga	0,158	0,0197	0,079	245,73	Non comprise	Méthode non applicable
El Malabiod	0,146	0,0182	0,073	237,87	Non comprise	Méthode non applicable
E'Zouaïria	0,148	0,0185	0,074	227,07	Non comprise	Méthode non applicable
Ouled M'hamed	0,158	0,0197	0,079	216,92	Non comprise	Méthode non applicable

Cette formule n'est donc pas applicable car la condition  $0,125\lambda < P < 0,5\lambda$  n'est pas satisfaite.

#### IV – 1- 2- Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

##### A - Formule de C.W. Thornthwaite :

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle non corrigée, est rendu possible par l'application de la formule dite de *Thornthwaite* qui a pour expression :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a \equiv mm \text{ Où } I = \sum_{i=1}^{12} i \text{ et } i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1,514}.$$

L'exposant (a) est donné par l'expression de *Serra*, après simplification de la longue formule de *Thornthwaite* :

$$a = \frac{1,6}{100} \cdot I + 0,5.$$

*ETP* : Évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm) ;

*i* : Indice thermique mensuel ;

*T* : Température moyenne mensuelle du mois considéré (°C) ;

*I* : Indice thermique annuel.

Elle tient compte des températures moyennes mensuelles et de l'indice thermique. L'évapotranspiration potentielle corrigée peut être déterminée en faisant intervenir un coefficient correctif (*k*) qui dépend de la latitude, selon l'expression :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a \cdot k \equiv mm \text{ Avec :}$$

*K* : Coefficient de correction (ou d'ajustement mensuel).

Les résultats de calcul pour deux stations (choisies comme exemple) ; El Malabiod et Ain Khanga, sont récapitulés dans les tableaux suivants (*Tab 15* et *Tab 16*).

Tab. 10. Résultats de calcul de l'ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite du Station d'El Malabiod.

Mois Paramètre	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
<i>i</i>	8,71	6,09	3,00	1,64	1,22	1,65	2,66	4,06	6,75	9,83	11,91	11,38
<i>ETP.nc</i>	94,37	64,7	30,68	16,22	11,87	16,33	26,93	42,2	72,13	107,3	131,4	125,15
<i>k</i>	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16
<i>ETP.c</i>	97,2	62,8	26,4	13,13	10,32	13,9	27,73	46,42	87,3	130,9	162,9	145,17

On obtient une valeur totale de l'*ETP* de l'ordre de  $824.17\text{mm/an}$ , pour El Malabiod, et

Tab.11. Résultats de calcul de l'*ETP* selon la formule de *C. W. Thornthwaite*/Station de Ain Khanga.

Mois Paramètre	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août
<i>I</i>	7,96	5,39	2,56	1,2	0,83	1,21	2,13	3,45	6,02	8,99	11,01	10,5
<i>ETP.nc</i>	72,36	61,48	29,78	14,23	9,87	14,34	24,82	39,76	68,48	101,5	123,7	117,9
<i>k</i>	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16
<i>ETP.c</i>	74,53	59,63	25,61	11,52	8,59	12,19	25,56	43,73	82,86	123,83	170,74	136,76

Un total d'environ  $775.55\text{mm/an}$ , pour la station de Ain Khanga.

### B - Formule de *L. Turc*

Cette expression permet l'estimation du paramètre évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle, considérant la durée réelle d'insolation ainsi que l'humidité relative de l'air.

Elle est donnée par :

$$ETP_{mois} = 0,40 \frac{T}{T + 15} (I_g + 50) \equiv mm \text{ Avec :}$$

*T* : Température moyenne mensuelle du mois considéré ( $^{\circ}\text{C}$ ) à l'abri ;

*I<sub>g</sub>* : Radiation globale moyenne du mois considéré ( $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{j}$ ) ;

Si l'humidité de l'air durant le mois considéré est inférieure à 50%, on fait appel à un terme correctif (*k*) qui sera ensuite multiplié par l'*ETP* du mois.

$$\text{Ce terme est défini par : } K = 1 \frac{(50 - h_r)}{70}.$$

Où *h<sub>r</sub>* est l'humidité relative de l'air.

Tab.12 . Résultats de calcul de l'*ETP* par la méthode de *L. Turc* du Station d'El Malabiod.

Mois Paramètre	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
<i>T</i>	20,89	16,5	10,35	6,95	5,72	6,98	9,54	12,63	17,66	22,63	25,69	24,92
<i>I<sub>g</sub></i>	437,5	333,1	243,6	192,3	209,1	285	372,6	459,2	537,1	593,3	625,3	554,7
<i>h<sub>r</sub>%</i>	57,04	62,98	69,72	72,62	72,33	68,36	66,38	61,93	56,20	49,17	41,52	45,12
<i>ETP</i>	113,50	79,85	47,95	30,69	28,61	42,55	65,72	93,1	126,98	154,74	170,54	160
<i>ETP totale</i>	1 114,23											

**C - Discussion des résultats :**

Les valeurs de températures étaient déduites à partir de celles enregistrées à la station météorologique de Tébessa. Comme cette dernière appartient au grand bassin versant du Mélègue, alors que notre région fait partie d'un autre bassin qu'est celui du Chott Melhrir, il est probable que la surestimation de ce paramètre a fait que les valeurs, obtenues lors du calcul de l'*ETP* et de l'*ETR*, paraissent un peu exagérées et ce, puisqu'il est un paramètre déterminant dans les diverses formules utilisées.

Tab n°13 : Valeurs de l'*ETP* et de l'*ETR* et méthodes d'estimation du Bassin d'El Malabiod.

Paramètre	Méthode de détermination	El Malabiod	Ain Khanga
<i>ETP</i>	<i>L. Turc</i>	1 114,23	/
	<i>C. W. Thornthwaite</i>	824.17	775.55
<i>ETR</i>	<i>L. Turc</i>	240,40	245,65
	<i>Coutagne</i>	Non applicable	Non applicable

En outre, il y'a l'impact de l'altitude (une marge de 240 à 400m entre les deux régions), conjugué à l'effet d'écran-barrière (*effet de Foehn*), que constitue la série des monts qui les sépare.

**IV – 2- Estimation de la réserve facilement utilisable :**

C'est la quantité d'eau emmagasinée dans le sol dont le degré de saturation est fonction de plus d'un facteur :

- ✓ La nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle ;
- ✓ La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère ;
- ✓ Le couvert végétal ;
- ✓ Le climat de la région.

Lors d'une étude sur la plaine de Tébessa et tenant compte de tous ces paramètres, *J. Richard* a estimé la *RFU* entre 25 et 26mm.

Le cabinet le *Petit*, quand à lui, suite à une étude agropédologique en 1966/67, sur la région, considère que  $23mm < RFU < 35mm$ .

**IV- 3- Bilan d'eau par la méthode de G. W. Thornthwaite :**

L'établissement du bilan d'eau (mensuel) par la méthode de *C.W. Thornthwaite* fait intervenir l'évapotranspiration moyenne (réelle et potentielle) tout en respectant cette l'hypothèse :

- ✓ La satisfaction de l'*ETR* est prioritaire sur l'écoulement ;
- ✓ Le calcul de l'*ETR* peut se faire selon deux cas :
  - Si  $P > ETP$ , alors  $ETR = ETP$ , il y a donc un excédent.
  - Si  $P < ETP$ , alors  $ETR = P + RFU$ .

Tab.n°14: Bilan d'eau selon la méthode de *C. W. Thornthwaite*/Station de Ain Khanga (1 974/75 ÷ 2 014/15).

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	$i$	$K$	$ETP_C$	$Pr$	$BE$	$CH$	$VR$	$RFU$	$ETR$	$Def$	$Exc$
SEP	19,68	8,0	1,03	92,7	22,34	-70,4	-0,8	0,0	0,0	22,3	70,4	0,0
OCT	15,21	5,4	0,97	59,6	19,42	-40,2	-0,7	0,0	0,0	19,4	40,2	0,0
NOV	9,32	2,6	0,86	25,6	22,37	-3,2	-0,1	0,0	0,0	22,4	3,2	0,0
DÉC	5,66	1,2	0,81	11,5	22,67	11,1	1,0	11,1	11,1	11,5	0,0	0,0
JAN	4,42	0,8	0,87	8,6	24,01	15,4	1,8	15,4	26,6	8,6	0,0	0,0
FÉV	5,69	1,2	0,85	12,2	16,99	4,8	0,4	2,4	29,0	12,2	0,0	2,4
MAR	8,24	2,1	1,03	25,6	26,45	0,9	0,0	0,0	29,0	25,6	0,0	0,9
AVR	11,33	3,5	1,10	43,7	22,7	-21,0	-0,5	-21,0	8,0	43,7	0,0	0,0
MAI	16,36	6,0	1,21	82,9	20,46	-62,4	-0,8	-8,0	0,0	28,4	54,4	0,0
JUIN	21,34	9,0	1,22	123,8	19,1	-104,7	-0,8	0,0	0,0	19,1	104,7	0,0
JUIL	24,39	11,0	1,24	153,3	10,38	-143,0	-0,9	0,0	0,0	10,4	143,0	0,0
AOUT	23,62	10,5	1,16	136,8	18,78	-118,0	-0,9	0,0	0,0	18,8	118,0	0,0
Annuel	13,8	61,3		776,3	245,7	-530,6				242,4	533,9	3,3

Tab.n ° 15 : Bilan d'eau selon la méthode de *C. W. Thornthwaite*/Station d'El Malabiod (1 974/75 ÷ 2 014/15).

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	$i$	$K$	$ETP_C$	$Pr$	$BE$	$CH$	$VR$	$RFU$	$ETR$	$Def$	$Exc$
SEP	20,89	8,7	1,03	97,4	31,01	-66,4	-0,7	0,0	0,0	31,0	66,4	0,0
OCT	16,5	6,1	0,97	62,9	25,96	-36,9	-0,6	0,0	0,0	26,0	36,9	0,0
NOV	10,35	3,0	0,86	26,4	22,79	-3,6	-0,1	0,0	0,0	22,8	3,6	0,0
DÉC	6,95	1,6	0,81	13,1	14,3	1,2	0,1	1,2	1,2	13,1	0,0	0,0
JAN	5,72	1,2	0,87	10,3	18,25	7,9	0,8	7,9	9,1	10,3	0,0	0,0



<i>FÉV</i>	6,98	1,7	0,85	13,9	16,05	2,2	0,2	2,2	11,3	13,9	0,0	0,0
<i>MAR</i>	9,54	2,7	1,03	27,7	25,08	-2,7	-0,1	-2,7	8,6	27,7	0,0	0,0
<i>AVR</i>	12,63	4,1	1,10	46,4	19,74	-26,7	-0,6	-8,6	0,0	28,4	18,1	0,0
<i>MAI</i>	17,66	6,8	1,21	87,4	22,08	-65,4	-0,7	0,0	0,0	22,1	65,4	0,0
<i>JUIN</i>	22,63	9,8	1,22	131,2	20,94	-110,3	-0,8	0,0	0,0	20,9	110,3	0,0
<i>JUIL</i>	25,69	11,9	1,24	163,4	8,39	-155,0	-0,9	0,0	0,0	8,4	155,0	0,0
<i>AOUT</i>	24,92	11,4	1,16	145,6	15,03	-130,6	-0,9	0,0	0,0	15,0	130,6	0,0
<i>Annuel</i>	15,0	69,0		825,8	239,6	-586,2				239,6	586,2	0,0

- ✓  $T^{\circ}$  : Température mensuelle ( $^{\circ}C$ ),  $Pr$  : Précipitation mensuelle ( $mm$ ),  $i$  : Indice thermique.
- ✓  $RFU$  : Réserve facilement utilisable ( $mm$ ),  $ETR$  : Évapotranspiration réelle ( $mm$ ).
- ✓  $K$ : Coefficient de latitude,  $ETP$  : Évapotranspiration potentielle ( $mm$ ),  $Def$  : Déficit agricole ( $mm$ )
- ✓  $BE$ : Bilan d'eau,  $EXC$  : Excédent ( $mm$ ).

Formules de vérification:  $P = \sum ETR + \sum Exc \equiv mm$  A.N :  $P = 239,6 + 0 = 239,6mm$ .

$ETP = \sum ETR + \sum Def \equiv mm$  A.N :  $ETP = 239,6 + 586,2 = 825,8mm$ .

Tab.n°16: Bilan d'eau selon la méthode de C. W. Thornthwaite/Station d'E'Zouaïria (1 974/75 ÷ 2 014/15).

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	$i$	$K$	$ETP_c$	$Pr$	$BE$	$CH$	$VR$	$RFU$	$ETR$	$Def$	$Exc$
<i>SEP</i>	20,79	8,6	1,03	97,3	28,98	-68,3	-0,7	0,0	0,0	29,0	68,3	0,0
<i>OCT</i>	16,32	6,0	0,97	62,4	19,6	-42,8	-0,7	0,0	0,0	19,6	42,8	0,0
<i>NOV</i>	10,16	2,9	0,86	26,1	21,47	-4,6	-0,2	0,0	0,0	21,5	4,6	0,0
<i>DÉC</i>	6,77	1,6	0,81	12,9	11,92	-1,0	-0,1	0,0	0,0	11,9	1,0	0,0
<i>JAN</i>	5,53	1,2	0,87	10,1	16,09	6,0	0,6	6,0	6,0	10,1	0,0	0,0
<i>FÉV</i>	6,8	1,6	0,85	13,6	17,16	3,5	0,3	3,5	9,5	13,6	0,0	0,0
<i>MAR</i>	9,35	2,6	1,03	27,4	22,05	-5,3	-0,2	-5,3	4,2	27,4	0,0	0,0
<i>AVR</i>	12,44	4,0	1,10	46,0	18,73	-27,3	-0,6	-4,2	0,0	22,9	23,1	0,0
<i>MAI</i>	17,47	6,6	1,21	86,7	23,04	-63,7	-0,7	0,0	0,0	23,0	63,7	0,0
<i>JUIN</i>	22,45	9,7	1,22	130,2	20,14	-110,0	-0,8	0,0	0,0	20,1	110,0	0,0
<i>JUIL</i>	25,5	11,8	1,24	161,9	7,36	-154,5	-1,0	0,0	0,0	7,4	154,5	0,0
<i>AOUT</i>	24,73	11,2	1,16	144,3	20,48	-123,8	-0,9	0,0	0,0	20,5	123,8	0,0
<i>Annuel</i>	14,9	67,9		818,8	227,0	-591,8				227,0	591,8	0,0

Tab n° 17 : Bilan d'eau selon la méthode de *C. W. Thornthwaite*/Station de Ouled M'hamed (1 974/75 ÷ 2 014/15).

Paramètre Mois	$T^{\circ}C$	$i$	$K$	$ETP_C$	$Pr$	$BE$	$CH$	$VR$	$RFU$	$ETR$	$Def$	$Exc$
SEP	19,75	8,0	1,03	93,1	20,66	-72,4	-0,8	0,0	0,0	20,7	72,4	0,0
OCT	15,28	5,4	0,97	59,9	18,74	-41,2	-0,7	0,0	0,0	18,7	41,2	0,0
NOV	9,15	2,5	0,86	24,8	21,84	-3,0	-0,1	0,0	0,0	21,8	3,0	0,0
DÉC	5,73	1,2	0,81	11,7	15,59	3,9	0,3	3,9	3,9	11,7	0,0	0,0
JAN	4,49	0,8	0,87	8,7	19,53	10,8	1,2	10,8	14,7	8,7	0,0	0,0
FÉV	5,76	1,2	0,85	12,3	14,29	2,0	0,2	2,0	16,7	12,3	0,0	0,0
MAR	8,31	2,2	1,03	25,8	19,87	-5,9	-0,2	-5,9	10,8	25,8	0,0	0,0
AVR	11,4	3,5	1,10	44,0	19,43	-24,5	-0,6	-10,8	0,0	30,2	13,7	0,0
MAI	16,43	6,1	1,21	83,2	24,09	-59,1	-0,7	0,0	0,0	24,1	59,1	0,0
JUIN	21,41	9,0	1,22	124,3	16,34	-107,9	-0,9	0,0	0,0	16,3	107,9	0,0
JUIL	24,36	11,0	1,24	153,0	9,48	-143,5	-0,9	0,0	0,0	9,5	143,5	0,0
AOÛT	23,69	10,5	1,16	137,3	16,99	-120,3	-0,9	0,0	0,0	17,0	120,3	0,0
Annuel	13,8	61,5		778,0	216,9	-561,1				216,9	561,1	0,0

#### IV – 4- Répartition des précipitations :

##### IV – 4- 1- Le ruissellement :

La formule empirique de *Tixeront-Berkaloff*, ci-après, qui s'appliquerait le plus souvent aux bassins hydrologiques en climat semi-aride à aride, s'appuyant sur la théorie suivante :

- ✓ Si les précipitations sont vues à la hausse, le ruissellement lui, tend à une grandeur qui leur soit analogue (déduction faite de l' $ETR$  plafonnée à la valeur de l' $ETP$ ) ;
- ✓ Si les précipitations tendent à la baisse, le ruissellement se réduit à néant et le rapport ruissellement/pluviométrie tend par conséquent vers zéro.

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2} \equiv m \quad \text{Si } P < 600\text{mm}.$$

Cette expression est modifiée par *Romantchok* (1 974).

$$R = \frac{P^3}{3} \equiv m \quad \text{Si } P > 600\text{mm} \quad \text{Avec :}$$

$R$  : Ruissellement ( $m$ ),  $P$  : Précipitation moyenne mensuelle ( $m$ ),  $ETP$  : Évaporation potentielle ( $m$ ).

Tab n °18 : Estimation du ruissellement selon la méthode de *Tixeront-Berkaloff*/Bassin d'El Malabiod.

Paramètre Station	Précipitation (mm)	ETP (mm)	R (mm)	R moyen (mm)
Ain Khanga	245,73	776,3	8,2	6,55
El Malabiod	237,87	825,8	6,57	
E'Zouaïria	227,07	818,8	5,82	
Ouled M'hamed	216,92	778,0	5,62	

Il est à noter qu'on reproche à la formule de ne pas avoir considéré ni la nature lithologique des formations traversées ni celle du sol.

#### IV – 4- 2- L'infiltration :

On doit faire appel à l'équation générale du bilan qui permettrait d'avoir d'admissibles approches du paramètre (infiltration), puisque tous les composants de l'équation sont connus.

$$P = ETR + R + I \quad \text{D'où} \quad I = P - ETR - R \quad \text{Avec :}$$

$I$  : Infiltration efficace moyenne annuelle (mm),  $P$  : Précipitation moyenne annuelle (mm).

$ETR$  : Évapotranspiration réelle annuelle (mm),  $R$  : Ruissellement annuel (mm).

Tab n°19 : Estimation de l'infiltration/Bassin d'El Malabiod

Paramètre Station	Précipitation (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Ain Khanga	245,73	242,4	8,2	Négative
El Malabiod	237,87	239,6	6,57	
E'Zouaïria	227,07	227,0	5,82	
Ouled M'hamed	216,92	216,9	5,62	

Si on se réfère aux résultats, on doit dire que l'infiltration est quasi – nulle dans la région, et donc les quantités d'eau précipitées sont reprises (ou presque) par le phénomène d'évapotranspiration, ce qui ne reflète guère la réalité.

Les chiffres restent donc constamment conservatifs et ne doivent pas toujours être pris pour témoins ou références, mais doivent être traités en tant que des ordres de grandeurs.

Il est préférable de procéder à des prises de mesures in situ, tenant compte des divers faciès répartis à l'échelle du bassin versant, cependant et à défaut de moyens (tel un Lysimètre), toute tentative d'estimation de ce paramètre s'avère difficile.

Toutefois, une étude menée sur le territoire du bassin, dans le but d'y déceler l'aptitude à l'infiltration, en vue d'une assistance relative à des programmes d'irrigation et de drainage, en utilisant le système infiltromètre, dans 12 sites jugés représentatifs.

Il a été conclu que l'infiltrabilité varie de 0,4 à 6cm/h. Elle est maximale au nord, où les sables et les grès viennent en contact des bancs calcaires qui les alimentent, surtout lors des fontes de neiges.

Elle se voit à la baisse, en allant au centre où, elle devient faible à cause de la croûte calcaire constituant la surface du sol, qui est connu par une nudité préoccupante et une pente raide.

On a adopté une valeur moyenne, pour l'ensemble du bassin, égale à 10,4mm.

### **Conclusion :**

La latitude méridionale, ou l'écran montagneux du Tell, font de la région un domaine semi-aride par excellence ; caractérisé par une saison bioclimatique sèche, d'une durée de plus de cinq (05) mois, d'Avril à Octobre.

L'amplitude thermique annuelle dépasse largement les (25°C). Les hautes plaines sont, en général, le fief des étés chauds et des hivers très froids. Les effets du sirocco sont possibles en toute saison, mais très fréquents en périodes estivales, où ils peuvent être à l'origine d'une montée de (10°C) en (24h), ce qui initie une accentuation des assèchements.

L'impact du gel est plus grave encore. Les valeurs de la moyenne des minima du mois le plus froids oscillent de zéro (0°C) à (03°C). Cette ambiance provoque ainsi un état de dormance de la végétation.

La pluviométrie, d'une répartition spatio-temporelle non uniforme, est très souvent marquée par sa violence, causant une hydromorphie accentuée des sols. Les moyennes annuelles des précipitations oscillent de 216 à 245mm/an et celles des températures sont d'environ 15°C.

Le bilan d'eau dans son ensemble est déficitaire ; avec une lame d'eau moyenne de l'ordre de 234,83mm/an, une ETR moyenne de 231,5mm/an ce qui équivaut presque la totalité des précipitations, un ruissellement faible et une infiltration insignifiante.

La semi aridité marque durement la végétation et les écoulements et c'est le contexte qui caractérise la région, avec toutes les variabilités, les risques et les aléas dont elle est marquée.

## ***CHAPITRE 04***

### ***LES CARACTÉRISTIQUE HYDROGÉOLOGIQUE DU SYSTÈME D'AQUIFÈRE DANS LE BASSIN D'EL MALABIOD***

## I – Introduction

Les informations concernant le système aquifère étaient rares telles que les variations du matériau du remplissage Miocène, son extension, les zones à intérêt hydrogéologique et à meilleures caractéristiques hydrodynamiques, la profondeur du substratum...etc.

Pour mieux connaître cette entité, les services de la direction de l'hydraulique ont lancé (en 1970) une mission d'étude géophysique, par prospection électrique, en partenariat avec les services de la société *Transakta-Géometal*.

### II – 1 - Comportement géométrique du système aquifère :

Les travaux ont couvert une superficie de  $420\text{Km}^2$  où on a entrepris 315 mesures de sondage électrique en  $AB = 2\ 000\text{m}$ , pour un rayon d'investigation de  $700\text{m}$ , et 120 mesures de sondage électrique en  $AB = 6\ 000\text{m}$ , pour un autre allant jusqu'à  $2\ 000\text{m}$ .

Les données de mesures paramétriques ainsi recueillies, ont été comparées avec les coupes stratigraphiques des forages déjà implantés dans le périmètre en question, ce qui a permis de retenir les constatations récapitulées dans le tableau suivant (*Tab n° 25*) :

Tab n°20 : Corrélation des valeurs de résistivité aux logs de forages/Bassin d'El Malabiod.

Plage de résistivité ( $\Omega. m$ )	Formation correspondante
02 ÷ 15	Argile
20 ÷ 60	Argiles sableuses
20 ÷ 150	Alluvions et formations quaternaires
50 ÷ 250	Sables et graviers
> 220	Calcaires ou grès

Les calcaires fissurés reflètent des valeurs semblables à celles des grès, item pour les sables et les graviers qui ont des valeurs de résistivité similaires.

L'étude corrélatrice de la géologie, des mesures de diagraphie avec les données de prospection géophysique, montre une analogie des données ainsi obtenues.

Une interprétation globale de l'étude géophysique comparée à la géologie montre l'existence de trois horizons aquifères superposés, d'âge Miocène :

- Le premier constitué d'une nappe de Sables à grains fins et moyens.
- Le second à nappe de Grès.
- Le troisième formé d'Argiles sableuses.

Ces trois formations représentent un intérêt hydrogéologique non négligeable. Leur importance (en tant que zones favorables) se voit atteindre son maximum (épaisseur et envergure) particulièrement à l'Est et surtout à l'Ouest.

L'ensemble des forages qui y sont implantés (*dix à l'Ouest et huit à l'Est*) le prouve, puisque leur productivité est satisfaisante ( $20 \div 60l/s$ ).

## II –2- Les différents systèmes aquifères :

La plaine d'El Malabiod épouse l'allure d'un bassin subsident (Mio-Pliocène) où le matériel qui constitue le système aquifère est venu prendre place, selon une extension lithologique, horizontale et verticale, peu variée. Suivant un ordre ascendant, on rencontre des Marnes, des Calcaires localisés, sur lesquels viennent se superposer les Grès et les Sables. Au Nord-Est on repère l'affleurement des Sables, celui des Argiles limoneuses au centre.

Pr contre, aux bordures nord et sud il s'agit de galets et Gravier calcaires. Ces derniers plongent vers le centre et deviennent masqués par le remplissage Quaternaire.

## III– Structure du système :

L'étude de la structure géologique et hydrogéologique du bassin d'El Malabiod permet de mettre en évidence l'existence de deux aquifères qui méritent d'être décrits :

- ✓ L'un, peu profond, contenu dans des formations alluviales récentes (Sables, Cailloutis et Argiles remaniées), sur une importante étendue, mais de faible puissance ;
- ✓ L'autre, dans des formations miocènes (Gravier, Sable et Grès), se rencontre à des profondeurs plus importantes que la précédente.

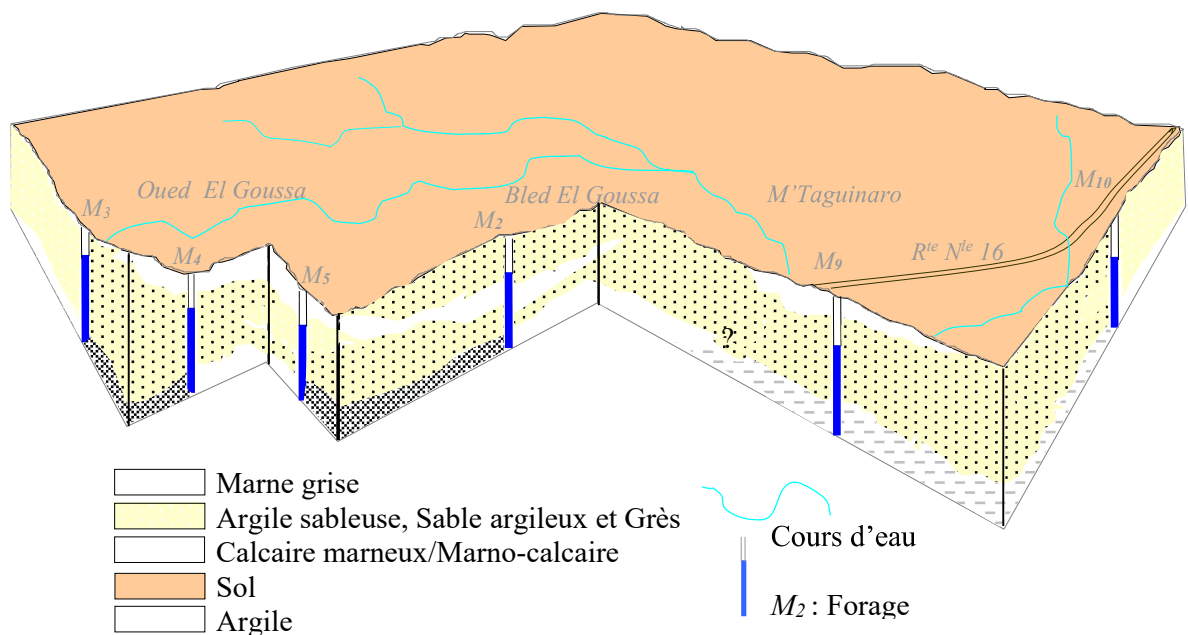


Fig n°14 : Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère du bassin d'El Malabiod.

**II – 1- Le système aquifère à nappe alluviale et son exploitation :**

Il est localisé aux bordures de la plaine, sur une extension importante. Il est constitué de matériel récent et actuel, dont des alluvions qui ont une faible épaisseur au Nord par rapport au Sud où elle atteint un maximum de *15m* (*forage M<sub>6</sub>*).

Il disparaît face aux formations constituant la nappe Miocène, mais de par sa situation, il contribue à l'alimentation de celle-ci par infiltration en profondeur ; surtout que, la nature du substratum et la lithologie de son matériel favorisent ce phénomène.

**II - 1 –1- Extension et alimentation du système aquifère :**

Qualifié de système à nappe libre, sa sollicitation remonte à plusieurs décennies, où on remarque l'implantation de nombreux ouvrages de captage, dont la productivité atteint un débit de *2l/s*. Plusieurs d'entre eux sont stériles à l'heure actuelle. Les autres restants, s'alimentent des fontes de neige où la nappe affleure, mais il leur arrive de se tarir souvent, en été, suite aux fortes fluctuations du niveau piézométrique.

**II – 2 – La nappe du Miocène :**

Ce système est généré par l'ensemble des cassures qu'a subi l'écorce, au Mio-Quaternaire, et qui sont à l'origine de sa structure actuelle. Ces accidents ont facilité le remplissage continental du fossé d'effondrement de la plaine d'El Malabiod, qui vient en transgression sur les formations antérieures de l'âge secondaire.

C'est un système à nappe libre, dans son ensemble, quoi qu'il devienne légèrement captif tout à fait à l'Est (*forage AT<sub>1</sub>*).

Son existence n'a été prouvée qu'en (*1 971*), suite à une campagne de mesures géophysiques. Il a été localisé dans le périmètre cerné par l'ensemble des failles qui a touché la région.

Selon le nombre de forages, qui y puisent, et leurs logs, on peut dire qu'elle a de l'épaisseur et sur une bonne envergure (*Fig. 28, 29*) et (*Tab. 49*).

Tab n°21 : Épaisseur des diverses formations dans différents ouvrages de captage/Bassin d'El Malabiod.

Formation \ Ouvrage	<i>M<sub>1</sub></i>	<i>M<sub>2</sub></i>	<i>M<sub>3</sub></i>	<i>M<sub>4</sub></i>	<i>M<sub>5</sub></i>	<i>M<sub>6</sub></i>	<i>M<sub>7</sub></i>	<i>M<sub>8</sub></i>	<i>M<sub>9</sub></i>	<i>M<sub>10</sub></i>	<i>M<sub>12</sub></i>	<i>AT<sub>1</sub></i>
	Épaisseur des formations quaternaires ( <i>m</i> )	/	2,5	11	09	13	30	/	12	05	/	7,3



Épaisseur des formations miocènes (m)	125	86	122	155	143	/	212	203	40	152	36	100
Épaisseur des formations calcaires (m)	/	21	67	06	40	06	/	3	/	/	/	/
Hauteur saturée (m)	91	75	111	136	135	14	172	166	31	37	38	100
Profondeur de l'ouvrage (m)	125	110	200	179	213	100	212	218	150	152	45,7	164

On a suspecté l'existence de l'eau à cause de la présence d'horizons sableux, de part et d'autre de ces failles, mais en vain, puisque la série de sondages qu'on y a réalisée s'est avérée non fructueuse. Ils étaient tous négatifs.

### II - 2 -1- Extension et alimentation de la nappe :

Selon les logs de forages, on peut dire que la répartition spatiale de l'épaisseur n'est pas homogène. Elle est plus importante à l'Ouest qu'à l'Est et au Nord qu'au Sud. En effet, du côté occidental de la plaine, elle atteint une moyenne de  $180m$  ( $M_3, M_8, M_4...M_7$ ), alors que du côté oriental, elle est moins puissante ; autour des  $100m$  ( $AT_1$ ), et commence à se réduire ( $36m, M_{12}$ ) pour s'annuler en face de la faille  $F_1$ , qui met fin à son extension.

Cette diminution est remarquable aussi, en allant progressivement, vers le Sud, puisqu'elle décroît jusqu'aux trentaines de mètres, au centre ( $M_9$ ) ; suite au soulèvement des Marnes Emscheriennes et finit par disparaître à partir du forage  $M_6$ , là où on rencontre plutôt les formations Quaternaires, qui viennent directement en discordance sur les Calcaires ou les Marnes.

Le système est alimenté par la bordure nord, mais pas d'une manière franche, sauf du côté Nord-Est, où le front Sables-Calcaires Aptiens favorise le phénomène. Ce qui renforce cette théorie, c'est la présence de fissures et de diaclases dans ces Calcaires ; prouvée par la colonne stratigraphique du sondage  $509-09$ , ainsi que le débit extrait (environ  $20l/s$ ).

La nappe affleure aux environs de Houdjbet, où elle alimente les sources le long du talus gréseux.

### II - 2 -2- Structure et intérêt des formations calcaires et gréseuses :

Les Calcaires se trouvent éparpillés, d'une manière irrégulière, dans le bassin d'El Malabiod. Mis à part quelques points au Nord, leur intérêt (hydraulique et hydrogéologique) est négligeable voire nul, malgré qu'ils se trouvent alimentés, par exemple au Nord immédiat du chef

lieu de la ville (par la nappe alluviale), où ils sont fissurés (cassures conchoïdales colmatées par la calcite), d'ailleurs l'ensemble des ouvrages était rebouché au niveau supérieur de ces calcaires.

Ils marquent leur disparition à l'Est et affleurent au Sud ; à Oglet Chaâchaâ (alimentés par les Grès Miocènes), mais leur degré de perméabilité reste insignifiant.

Pour ce qui est des horizons gréseux, il s'avère (selon quelques logs de forages) qu'ils se trouvent séparés des sables par des niveaux argileux (sous forme de lentilles) qui se font remarqués au centre et au centre-sud, avec des épaisseurs relativement faibles, et disparaissent vers l'Ouest.

De par cette répartition variable et discontinue, cette séquence sédimentaire argileuse ne perturbe en aucun cas, la continuité hydraulique de la nappe Miocène, qui forme, elle seule, un aquifère à part entière.

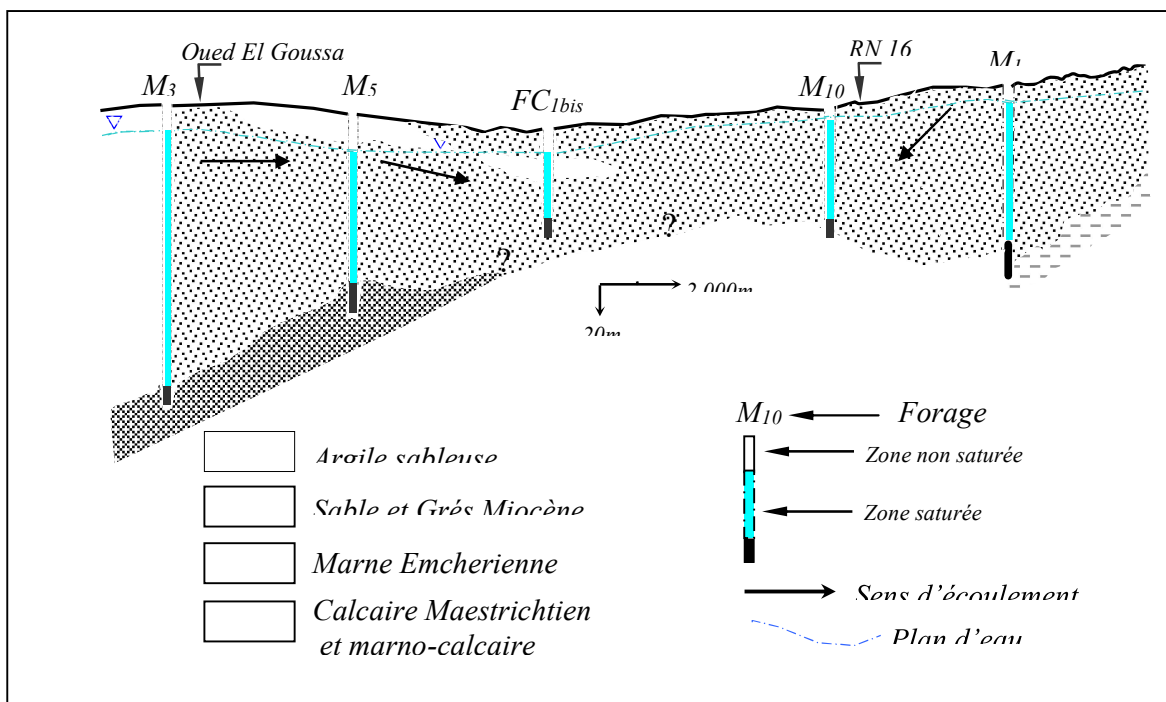


Fig n°15 : Profil hydrogéologique passant par les forages M<sub>3</sub>, M<sub>5</sub>, FC<sub>1bis</sub>, M<sub>10</sub> et M<sub>1</sub>.  
Bassin d'El Malabiod

### III – Inventaire des points d'eau :

Le bassin d'El Malabiod compte une centaine d'ouvrages (puits et forages), étatiques et à usage lucratif.

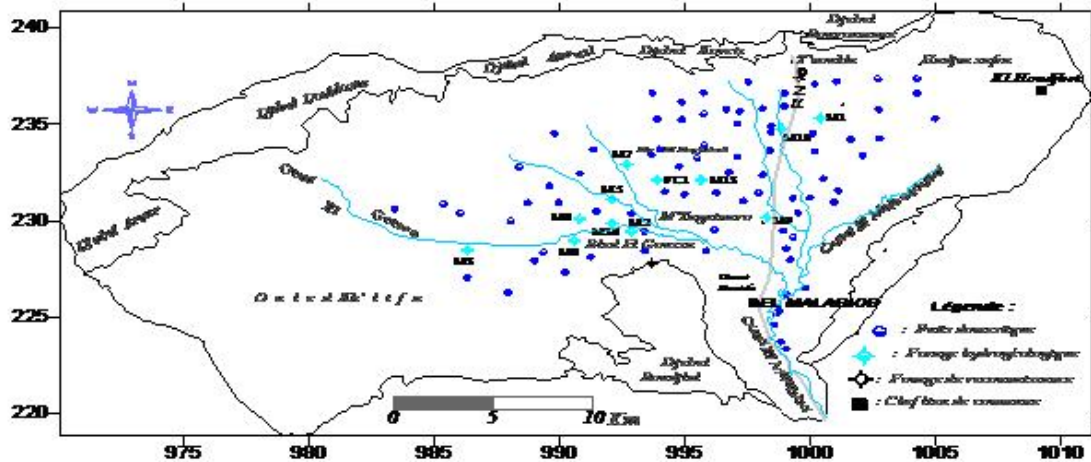


Fig n° 16. Carte d'implantation des points d'eau/Bassin d'El Malabiod.

Les anciens d'entre eux sont réalisés d'une façon traditionnelle et anarchique, tandis que les plus récents, sont complets, plus profonds et captent donc la nappe du Miocène. Les eaux de certains forages se distinguent par une teneur en sel inquiétante, deux sont d'ailleurs mis hors service. L'ensemble de ces ouvrages sert à l'alimentation en eau pour la potabilité, l'irrigation ainsi que pour l'industrie.

### IV – Essai de suivi de la piézométrie :

À travers ce court suivi, on essaiera de voir le comportement du système selon la fluctuation du plan d'eau (en fonction des divers apports), et de vérifier si ces derniers sont en mesure de rééquilibrer la situation et de faire face au phénomène de surexploitation, qui reste loin d'être maîtrisé.

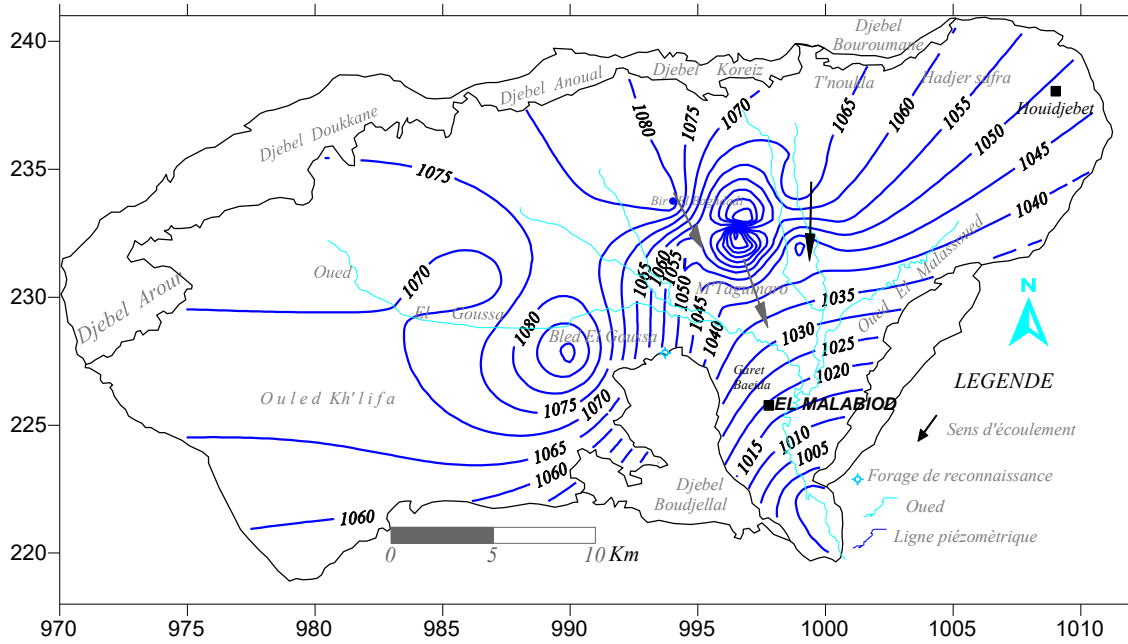


Fig. n° 17 . Carte piézométrique avril 2009 du Bassin d'El Malabiod

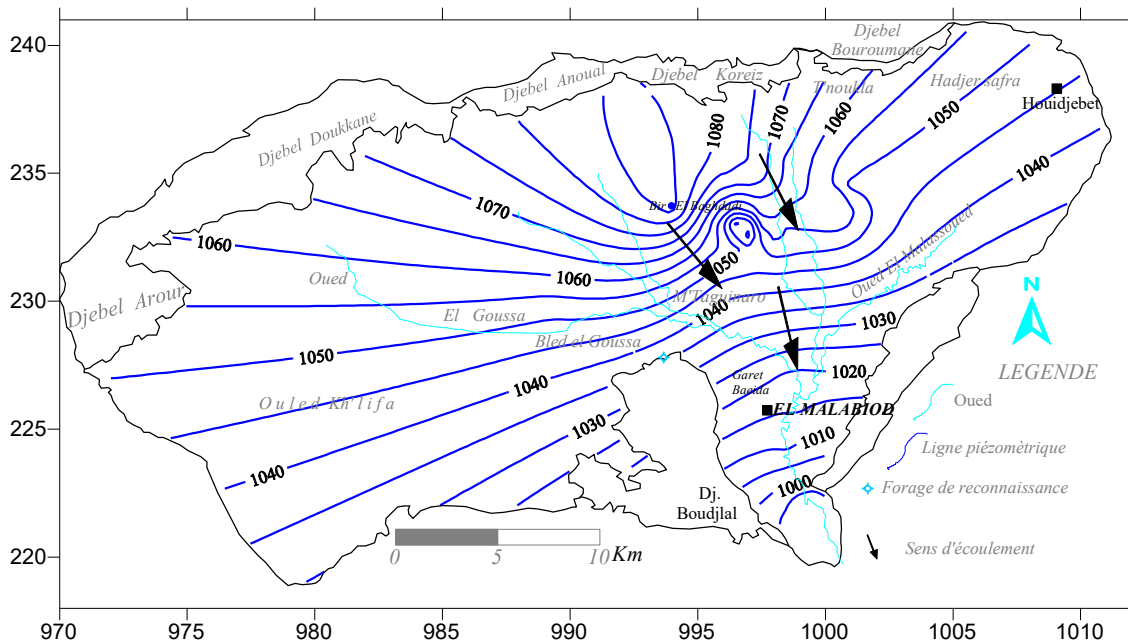


Fig n° . 18: Carte piézométrique septembre 2009 du Bassin d'El Malabiod

La représentation cartographique des valeurs prises lors des campagnes effectuées le long de la période d'observation (hautes et basses eaux), donne une idée sur le sens d'écoulement, l'allure des courbes hydroisohypses....etc.

En effet, du coté Nord et Ouest, les courbes isopièzes sont relativement espacées, l'écoulement est alors lent. À l'Est, par contre, elles deviennent de plus en plus serrées, et par conséquent le débit est plus important par rapport à l'Ouest.

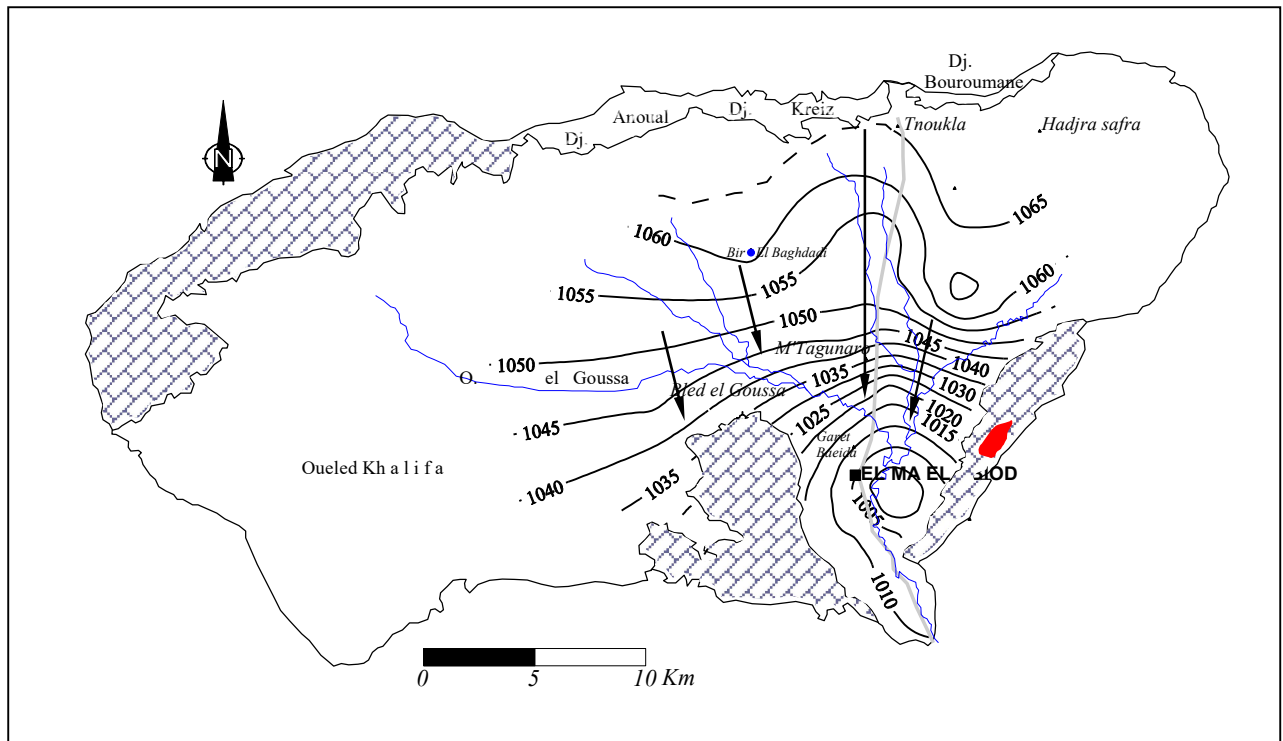


Fig n°19 : Carte piézométrique. Mars 2017.

Le centre, se démarque par un rapprochement remarquable de ces courbes et donc un débit considérable.

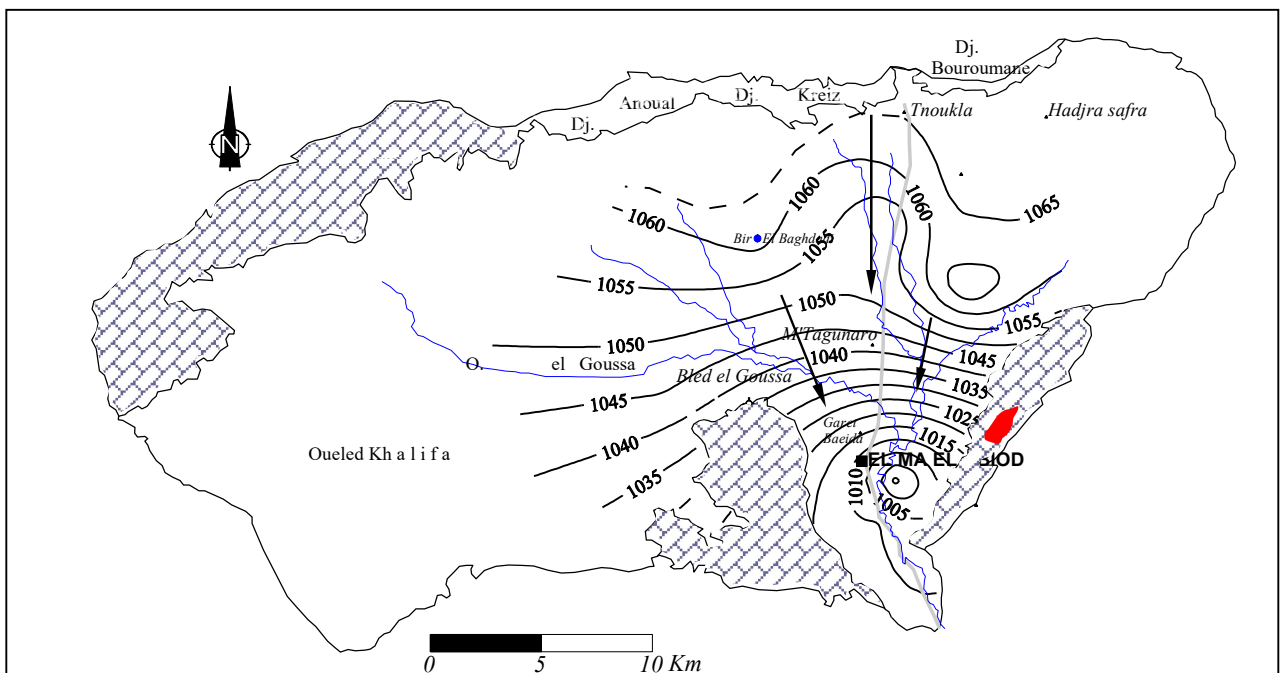


Fig n°20: Carte piézométrique. Septembre 2017.

Le gradient hydraulique se caractérise par sa variabilité dans l'espace. Il est de l'ordre de  $(0,0014 \div 0,017)$  à l'Est, où la productivité des forages atteint les  $30l/s$  (*cas du M<sub>I</sub>*). Il se voit à la hausse au Nord et surtout au centre, où il est proche de  $0,026$ , avec des débits de forages de  $25l/s$ , (*forage M<sub>10</sub>*), pour diminuer encore tout en allant vers l'Ouest, avec des valeurs d'environ  $0,022$ .

Excepté le Nord- Est du bassin où il augmente légèrement, ce paramètre reste pratiquement constant à l'Ouest (*bled El Goussa*) ainsi qu'au centre (*M'Tagui Naro*).

Les lignes de courant convergent vers le centre du bassin, où on remarque des dépressions locales, pour suivre un sens dominant (*Nord/Sud*) vers l'aval et par conséquent vers l'oued (exutoire) qui draine le système. La faiblesse du plan d'eau est imputée à la sécheresse ainsi qu'à la surexploitation.

L'influence du phénomène physico- naturel (l'évapotranspiration) pèse plus sur la nappe alluviale que sur celle des sables, puisqu'elle connaît des fluctuations remarquables, mais dans l'ensemble, on peut dire que l'allure générale des isopièzes reste presque identique durant ce temps.

#### **V – Apports du système et conditions aux limites :**

De par sa situation, ses caractéristiques hydrauliques et hydrodynamiques ainsi que du contexte hydrogéologique régional, en combinaison avec les campagnes de suivi, l'étude du comportement du système aquifère de la région d'El Malabiod montre :

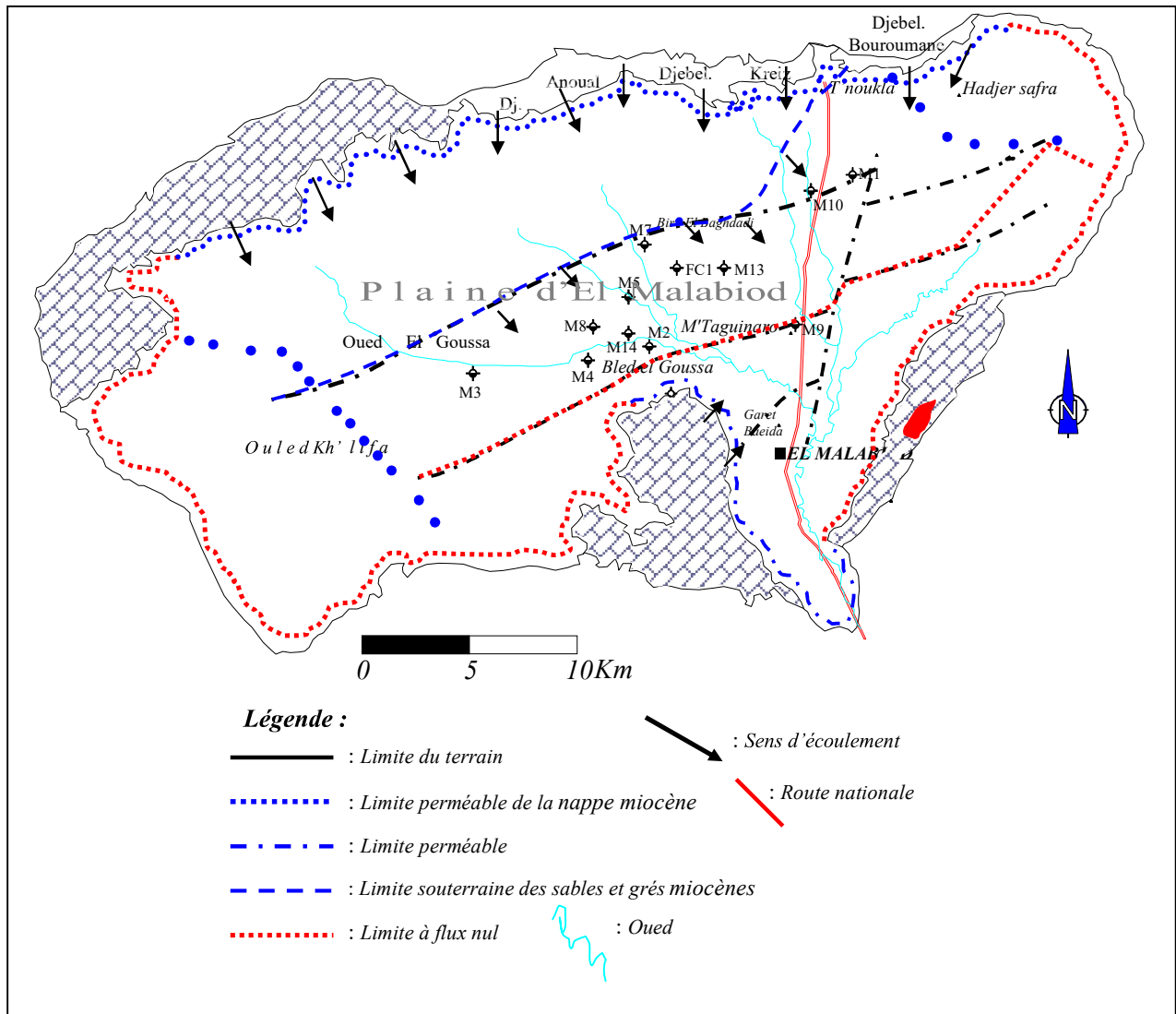


Fig. n °21 : Carte des conditions aux limites du système aquifère du bassin d'El Malabiod.  
- In Rouabhia 2 001 Modifiée -

Une limite d'apport :

- ✓ Au Nord, matérialisée par les formations calcaires qui alimentent la nappe alluviale, suite à leur pendage orienté vers la plaine, et celle du Miocène, du côté de Hadjer Safra surtout ; où ils constituent une zone perméable.
- ✓ Au Sud-Sud-Ouest, dominée par une série de calcaires et de marno-calcaires, du Maestrichtien.
- Une zone de transition, au contact des deux nappes, que le système de failles favorise vers celle du Miocène ;

- Une alimentation de la nappe Miocène par une sorte de drainage (favorisé par le substratum) des eaux d'infiltration en aval de la nappe alluviale, sachant aussi que l'écoulement se fait du Nord au Sud ;
- Une limite imperméable, à la bordure sud-ouest, formée de marnes du Campanien inférieur, mais favorisant un ruissellement vers l'intérieur.

En outre, les précipitations efficaces constituent la première source d'alimentation du système aquifère qui admet une limite de fuite (vers l'Oued El Malabiod) en aval de la plaine.

### **Conclusion**

Le système aquifère du bassin d'El Malabiod est composé essentiellement de deux nappes. Une alluviale, constituée de matériau graveleux et d'argile sableuse, dont l'épaisseur est relativement faible ; environ  $15m$  (cf forage  $M_6$ ).

La seconde, composée de matériau sableux et gréseux du Miocène, est plus importante tant en envergure qu'en épaisseur. Elle représente l'écrasante étendue du système. Sa puissance varie de  $30m$  (cf. forage  $M_9$ ), jusqu'à un maximum d'environ  $200m$  (cf. forage  $M_8$ ).

Les écoulements dominants convergent du Nord vers le Sud, et l'alimentation du système est directement tributaire des précipitations ; du côté nord et même du sud par les calcaires, soit par infiltration, quoiqu'elle demeure à notre avis insignifiante.

La perméabilité est qualifiée de bonne à l'Ouest ( $0,27$  à  $3,42.10^{-4}m/s$ ), à l'Est ( $1,03$  à  $1,46.10^{-4}m/s$ ), et elle est moyenne au centre et relativement faible au Nord. La transmissivité est faible surtout au Nord-Ouest, mais elle est bonne ( $1,33.10^{-2}m^2/s$ ) surtout à l'Est ainsi qu'à l'Ouest ( $2,88.10^{-2}m^2/s$ ).



## ***CHAPITRE 05***

### ***QUALITÉ DES EAUX DANS LE BASSIN D'ELMALABIOD***

**I – Introduction :**

Cette étude permet de détecter d'éventuels liens et interdépendances pouvant avoir lieu entre la matrice et le vecteur eau, pour pouvoir caractériser et classifier les ressources hydriques, suivre la variation spatio-temporelle de leurs qualités et finir par identifier les systèmes aquifères selon leurs faciès.

Une quelconque pollution sera donc facile à remarquer et à localiser, et prendre par conséquent les mesures préventives adéquates. Dans le cas contraire, et en l'absence de programmes de lutte planifiée, les risques (santé, menace des écosystèmes, dégradation des sols...) seront difficiles à contourner, avec ce qu'ils engendrent comme charges supplémentaires en vue de les anéantir.

**II – Paramètres physico-chimiques et Identification des faciès :****II – 1- Paramètres physiques :****II – 1- 1- La température :**

La température des eaux est fonction, soit du climat ( $T^\circ$  de l'air/eau de surface) ou de la profondeur (gradient géothermique, réactions chimiques/eau profonde). C'est un paramètre qui permet de distinguer les eaux de surfaces de celles souterraines, ainsi qu'il régit la solubilité des sels et des gaz.

Dans notre cas, les valeurs, qu'on a pu enregistrer in situ à l'aide d'une sonde multiparamètres, oscillent de 14 à 19°C et ce, sur l'ensemble du bassin.

**II – 1- 2- Le potentiel d'hydrogène pH:**

Il caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau (ou d'une solution) et par conséquent sa concentration en ions ( $H^+$ ), et permet donc de dire si celle-ci est agressive, corrosive ou entartre.

Ce caractère lui est conféré en fonction de sa teneur en ions issus du milieu naturel, des rejets urbains et industriels ou du lessivage des terres agricoles.

Les valeurs de ce paramètre, mesurées in situ lors des campagnes effectuées, varient à l'échelle du bassin, mais sans écarts notables. Elles oscillent entre 6,8 et 8,3 en moyenne.

**II – 1- 3- La conductivité :**

C'est l'aptitude d'une eau (ou d'un matériau) à se laisser traverser, plus ou moins vite, par un courant électrique. La connaissance de ce paramètre, (ou de son inverse la résistivité), est précieuse ; dans la mesure où elle permet de suspecter une quelconque modification au sein des divers horizons aquifères et de possible minéralisation.

Elle est directement proportionnelle à la teneur en sels dissous d'une eau et ses valeurs représentatives sont prises à des températures voisines à 20°C et exprimées en  $\mu s/cm$ .

L'organisation mondiale de la santé (*OMS*) a recommandé une certaine classification des eaux, selon les plages de valeurs de conductivité, en fonction de laquelle on a dressé le tableau suivant, (*Tab 27.*), qui récapitule l'ensemble de données relatives à la région.

Il en ressort que la majorité des points échantillonnés (à profondeur plus ou moins variable), ont une eau d'une excellente qualité. Elle devient bonne en quelques ouvrages.

Il est à signaler que certaines valeurs reflètent une pollution excessive ( $P_6, P_7, P_8, P_{27}$ ), à cause de leur proximité des cours d'eau (pollution atmosphérique, lessivage...), surtout à l'exutoire.

Tab n°22 : Normes et classification des eaux selon leurs conductivités (*OMS 1 994*)/Bassin d'EL Malabiod.

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	2 500	3 000	3 500	4 000	> 4 000
Septembre 2 008 Puits	$P_1, P_3, P_4, P_6, P_8, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{15}, P_{17}, P_{18}, P_{19}, P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{25}, P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{36}, P_{39}, P_{40}, P_{41}, P_{42}, P_{44}, P_{48}$	/	$P_6$	/	$P_7$
Forages	$M_3, M_4, M_5, M_8, M_9, M_{13}, M_{14}$	/	/	/	/
Septembre 2 009 Puits	$P_1, P_{10}, P_{12}, P_{17}, P_{21}, P_{22}, P_{32}, P_{41}, P_{42}, P_{48}, P_{51}, P_{51}$	$P_3, P_4, P_{11}, P_{16}, P_{40}, P_{46}$	/	$P_{28}$	$P_6, P_8, P_{27}$
Forages	/	/	/	/	/

## II – 2- Paramètres et Faciès chimiques :

Les différentes méthodes d'analyse utilisées pour connaître les éléments chimiques majeurs dont :

- ✓  $\text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}, \text{Na}^+, \text{K}^+$  comme cations.
- ✓  $\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{SO}_4^-, \text{NO}_3^-$  comme anions.

L'objectif est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux de notre bassin.

### II- 2- 1- Identification des faciès des eaux souterraines :

Elles constituent la source d'alimentation privilégiée des divers usagers. Un grand intérêt leur a été alors accordé lors des campagnes de prélèvement et d'analyse afin de mieux les identifier et les caractériser.

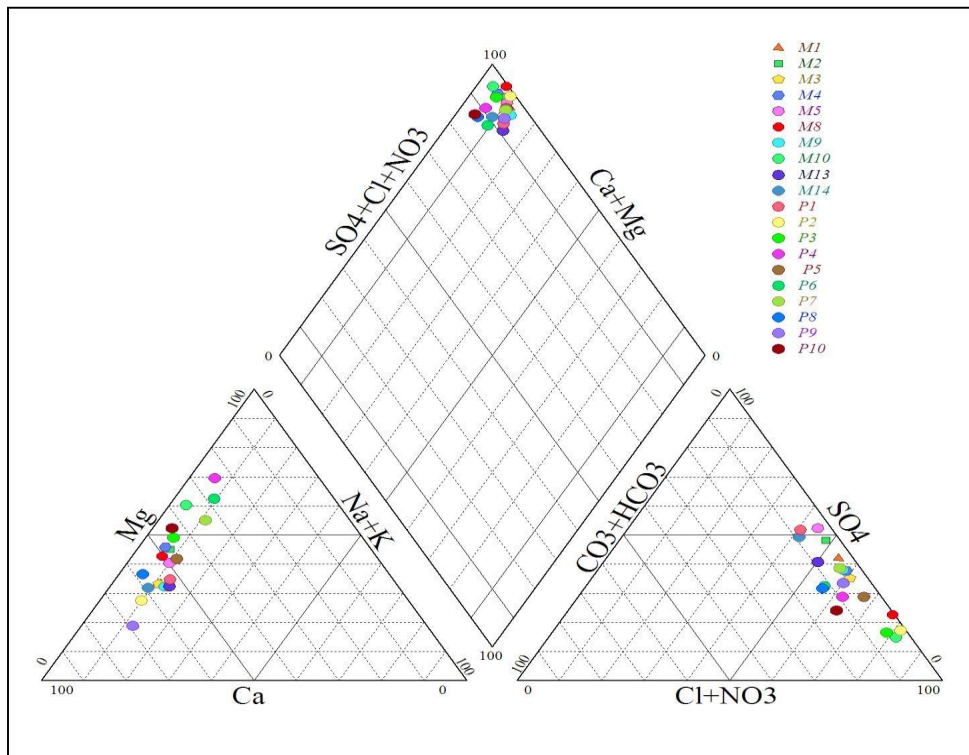


Fig n°22 : Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de Piper du Bassin d'El Malabiod.

Les échantillons récoltés ont été étudiés aux services du labo de toxicologie de l'hôpital Durban (Annaba), ceux de l'ANRH (Constantine) et de l'ADE (Tébessa).

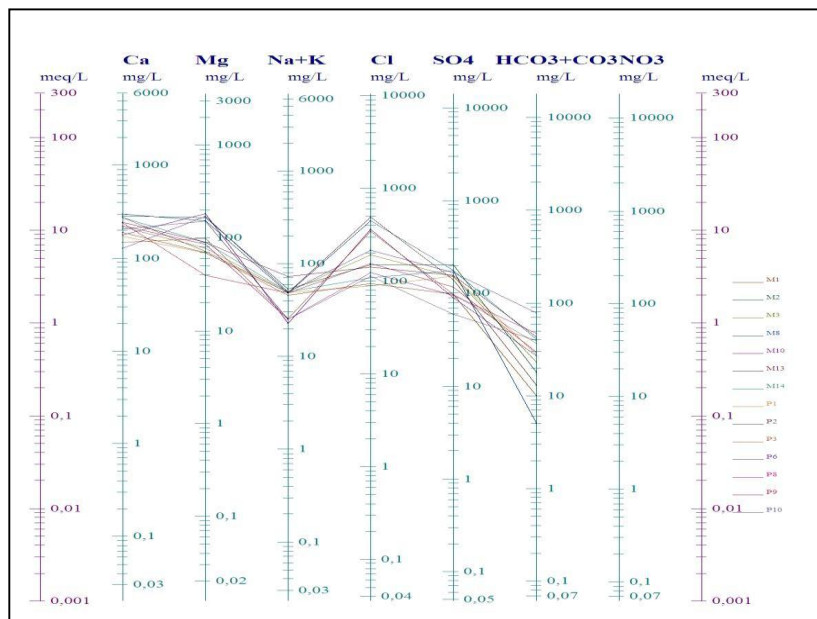


Fig n°22 : Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff Bassin d'El Malabiod.

Suite aux diverses formules caractéristiques et représentations graphiques, les faciès dominants des eaux souterraines de la région sont le chloruré-calcique, qui se répand sur tout le bassin, le chloruré-magnésien et à un degré moindre, le sulfaté-calcique et magnésien.

Nous avons essayé par les représentations suivantes (*Fig. 22 et 23*) pour mieux identifier ces eaux, leurs divers faciès chimiques, leurs qualités et éventuellement leurs futurs usages.

Le faciès chloruré calcique provient des formations alluvionnaires et gypsifères par échange de base entre Sodium et Calcium, et les ions  $Cl^-$  et  $Ca^{++}$  provoquent en conséquence une minéralisation des eaux. Le sulfaté-calcique et magnésien est localisé au Sud et à l'Est, suite à la mise en solution du gypse issu des formations triasiques.

### III – 3- Aptitude des eaux à l'irrigation :

#### III – 3- a- Classification des eaux par la méthode du *S.A.R* :

Le **sodium adsorption ratio** (*SAR*) est défini par l'expression :

$$\frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}}, \quad (Na^+, Ca^{++}, Mg^{++} \text{ étant exprimés en } meq/l).$$

C'est une échelle composée de cinq classes, identifiant les eaux selon leurs qualités et leurs caractéristiques, et leur affectant en conséquence leur catégorie d'usage.

Cette grandeur peut renseigner sur un éventuel rapport avec le Calcium récalcitrant après irrigation, et sur la teneur en Na qui, en excès, nuit à la perméabilité et perturbe les cultures.

Tab n°23 : Classification des eaux par la méthode du *SAR* et leur état d'utilisation.

Degré	Qualité	Classe	État d'utilisation
1 <sup>er</sup>	Excellente	$C_1S_1$	Eau à utilisation sans danger pour l'irrigation de la plus part des sols
2 <sup>eme</sup>	Bonne	$C_2S_1$ $C_2S_2$	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes en sels
3 <sup>eme</sup>	Admissible	$C_2S_3$ $C_3S_1$ $C_3S_2$	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes en sels, sur des sols bien drainés cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée
4 <sup>eme</sup>	Médiocre	$C_3S_3$ $C_4S_1$ $C_4S_2$	Eau fortement minéralisée, pouvant convenir en général, à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes en sels sur des sols bien drainés et lessivés

5 <sup>eme</sup>	Mauvaise	$C_3S_4$	Eau ne convenant pas à l'irrigation, mais peuvent être utilisée sous certaines conditions ; sols très perméables, bon lessivage
		$C_4S_3$	
		$C_4S_4$	

- **Diagramme de Wilcox :**

Après calcul des facteurs leurs valeurs sont reportées sur des diagrammes, en combinaison avec la conductivité électrique, pour aboutir à une classification, quant à l'usage agricole de l'eau en question dans les diverses pratiques culturales.

L'observation de ce diagramme (Fig. 43), fait ressortir pour notre région, les classes suivantes :

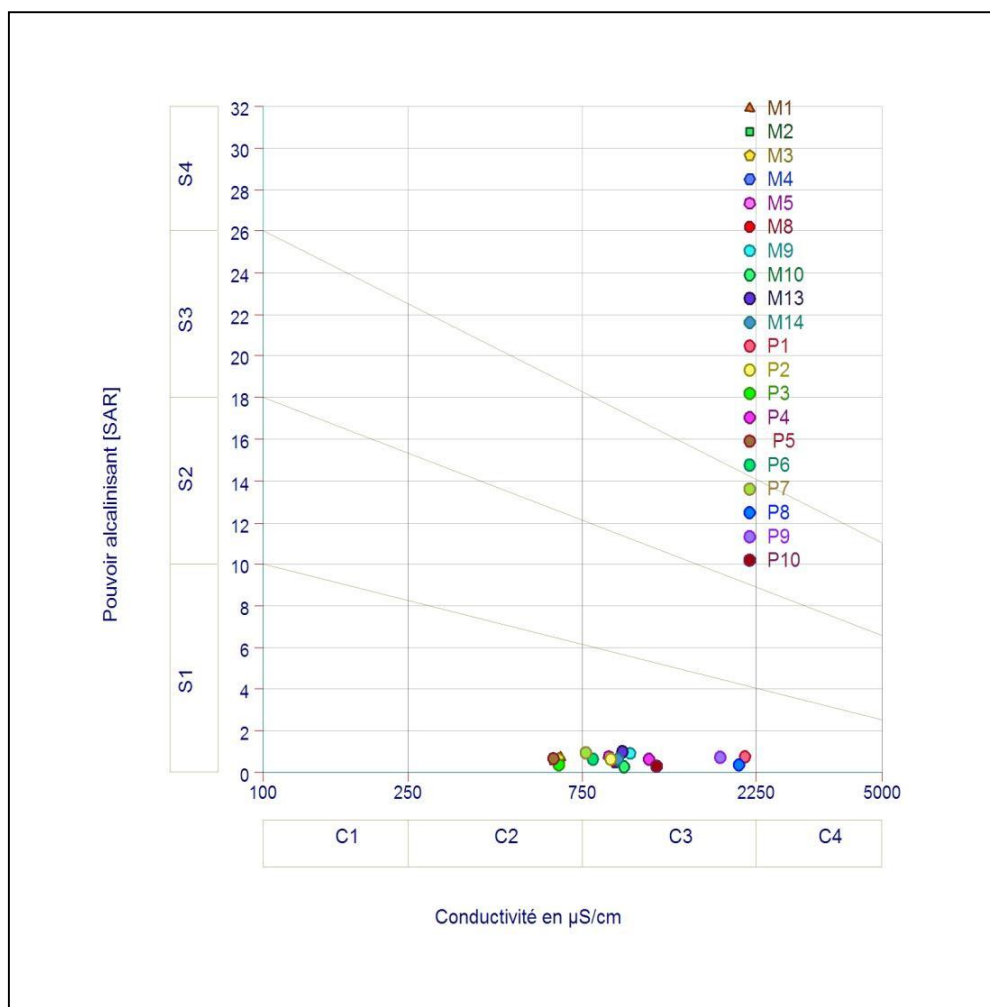


Fig n°24 : Représentation selon le diagramme de *Wilcox* des analyses des eaux souterraines. Bassin d'El Malabiod.

Tab n° 24 :Classification des eaux par la méthode du *SAR* et leur état d'utilisation/Bassin d'El Malabiod.

Classe	Qualité	Puits correspondant
$C_2S_1$	Bonne	$M_3, P_3, P_5$
$C_3S_1$	admissible	$M_1, M_2, M_4, M_5, M_8, M_9, M_{10}, M_{13}, M_{14}, P_1, P_2, P_4, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}$

Conformément à cette classification, les eaux du bassin d'El Malabiod sont bonnes à admissibles, et doivent par conséquent être utilisées en irrigation avec un contrôle de l'évolution de leur salinité et effectuer un drainage continu des sols.

#### IV – 3- Types de pollutions menaçant le bassin d'El Malabiod :

La région connaît un certain développement mais il n'est pas accompagné de plans écologiques et de protection de l'environnement. La négligence en matière de traitement et de contrôle des rejets a généré des cas de pollution multiformes menaçant particulièrement la ressource en eau.

Il est question de pollution ponctuelle accidentelle (erreurs de manipulation) ou chronique (stockage de produits), ou de pollution diffuse (entraînement de produits d'épandage par l'eau, décantation de poussières émises par l'industrie et le trafic routier).

Toutes ces formes peuvent être à l'origine de graves problèmes de santé et environnementaux.

##### IV – 3- 1- Pollution urbaine :

On compte plus de 17 000ha dans le du bassin d'El Malabiod. Le taux de raccordement au réseau d'assainissement atteint les 84% néanmoins, les rejets d'eau usée domestique constituent la source principale de pollution organique, qui peut dégrader la qualité des eaux de surface et surtout celles souterraines.

On cite aussi la présence de deux décharges sauvages, l'une à El Malabiod et l'autre à Houdjebet, collectant respectivement 912 et 310 tonnes/an. En matière d'eau usée, les rejets sont estimés à 6 millions de  $M^3/an$ , dont une grande partie est déversée dans la nature.



Fig n°25 : Exemple de rejets domestiques dans les principaux oueds/Bassin d'El Malabiod.

Tous ces produits constituent un souci perpétuel et une source de dégradation de la qualité du sol, des ressources en eau et des écosystèmes.

#### **IV – 3- b- Pollution industrielle :**

Le secteur industriel n'est pas aussi développé pour qu'il puisse devenir une source d'inquiétude toutefois, l'absence de station de traitement des eaux usées issues des entreprises et des poussières émises constitue un danger certain. En effet, les rejets atmosphériques (cimenterie) ou liquides, ne font l'objet d'aucun traitement ni contrôle, et peuvent par conséquent être à l'origine de maladies (inhalation de poussière), modification de la qualité des réserves en eau et des terres productives (durcissement).

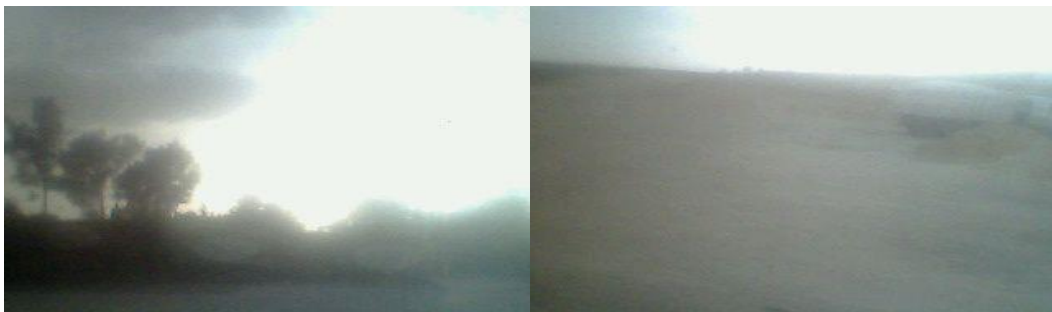


Fig n°26 : Exemple de rejets industriels atmosphériques et liquides/Bassin d'El Malabiod.



Le trafic routier provoque une pollution métallique particulière qui se dépose sur les sols et les voiries, et sera reprise par le lessivage. Parmi les métaux lourds on cite le Plomb (peu mobile et très peu soluble) et le Zinc, qui ont un effet cumulatif, et génèrent avec le temps une action nuisible.

#### **IV – 3- 2- Pollution agricole :**

L'agriculture a commencé à renaître depuis le lancement du plan national de développement agricole (*PNDA*), et l'octroi de dons et de crédits au profit des exploitants. Ainsi, la libération du secteur agricole a permis l'emploi de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques, lors de campagnes de fertilisation.

L'usage insensé de ces composés engendre une dégradation de la qualité des eaux, qui seront touchées après lessivage et infiltration, et la rende à terme, impropre à la consommation.



**Conclusion :**

Les eaux du bassin d'El Malabiod ont des caractéristiques physico-chimiques relativement variables ; une température allant de 14 à 19°C, un *pH* de 6,8 à 8,3 et une conductivité électrique oscillant de 626 à 1 956  $\mu\text{s/cm}$ .

Leur faciès dominant est chloruré calcique ou chloruré magnésien et peut parfois être sulfaté calcique à magnésien et ce, suite au lien étroit aux roches encaissantes. Sauf qu'à l'exutoire, c'est l'action anthropique qui les influence.

Dans l'ensemble, ces eaux sont bonnes à admissibles et peuvent alors être utilisées en irrigation avec un contrôle de l'évolution de leur salinité et effectuer un drainage continu des sols.

Il est à noter qu'elles sont exposées à diverses formes de pollutions, qu'il convient de déployer les moyens nécessaires pour les anéantir, qu'elles soient ponctuelles ou diffuses, urbaines, agricoles ou industrielles.

## ***CHAPITRE 06***

### ***PROGRAMME DE FORAGE (OU DE CALCUL)***

## **I - Introduction**

La réalisation d'un ouvrage de captage d'eau doit commencer par le choix de la zone où l'on doit l'implanter et notamment par la précision du point d'impact. Cette opération doit se faire par l'examen des divers rapports relatifs aux études effectuées à travers la région objet d'intérêt. Parmi ces travaux on parle des études géophysiques (prospection électrique), les études géologiques et hydrogéologiques (sous forme de rapports, cartes, coupes et profils...).

## **II - Choix de l'implantation du forage**

L'existence de forages et puits dans la région désignée est d'une extrême importance, surtout quand il s'agit de confirmer l'envergure des zones favorables (ayant de bons coefficients de perméabilité et de transmissivité) et opter pour celles de bonne production et d'une eau de qualité.

Pour notre cas, nous nous sommes référés, entre autres, aux documents suivants :

### **II – 1 – Du point de vue géologie :**

Dans l'aperçu sur la géologie de la région et selon la carte topographique et géologique, il a été signalé que la plaine épouse la forme d'une cuvette cernée par un ensemble de monts qui alimentent cette dernière. L'ensemble des formations géologiques de cette plaine ont les propriétés qui leur confèrent le caractère réservoir et se comportent par conséquent comme aquifères.

Il a été noté aussi que le relief n'est pas vraiment accidenté et le terrain est modéré et accessible ce qui permet une circulation aisée que ce soit pour le personnel ou pour la pose de l'appareil choisi pour les travaux de forage.

### **II– 2 – Du point de vue hydrogéologie :**

Les divers rapports et documents que nous avons l'occasion de consulter (analyse des données d'anciens ouvrages, de la cartographie et des différents profils, cartes et coupes), montrent que la zone Ouest et celle Est sont qualifiées de bonnes perméabilité et transmissivité et donc les plus favorables. Notre ouvrage devrait alors être implanté dans la zone Ouest.

### **II– 3 –Du point de vue économique :**

Plusieurs raisons conditionnent le choix de l'implantation d'un ouvrage de captage d'eau, notamment celles économiques.

Le point désigné doit être accessible, le plus près possible du réseau d'utilisation et de stockage et le plus convenable, pour réduire le coût et la durée des travaux nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage, ce qui n'est pas toujours le cas.

Nous pouvons dire que la région d'El Malabiod est riche en ressource hydrique (selon les débits d'exploitation de la batterie de forage en service) et donc un ouvrage supplémentaire ne va jamais nuire au programme de pompage.

Cet ouvrage, qui devrait servir à l'alimentation en eau potable de la caserne de Dj. Doukkane, pourra être implanté au Nord de bled El Goussa, puisque, non seulement il va être tout près du destinataire mais aussi ce secteur est connu par ses bonnes qualités hydrodynamiques.

Selon la carte topographique de la région d'El Malabiod, feuille N° 235, échelle 1/50 000, notre ouvrage aura pour coordonnées :

X = 988.973km ;

Y = 229.909km ;

Z = 1 090m.

### III – Choix du diamètre final :

Le choix du diamètre final de l'ouvrage est l'une des tache affectée au service hydrogéologie, puisque c'est une étude technique néanmoins, certains facteurs tels que le débit potentiel de l'eau, la lithologie et la structure géologique du système aquifère, sa puissance ainsi que l'encombrement de la chambre de pompage (la pompe immergée) conditionnent largement ce choix et nous imposent les critères de sélection de cet élément d'importance capitale.

**Remarque :** On entend par :

- ✓ Lithologie et structure géologique de l'aquifère à solliciter : la nature de sa granulométrie et les dimensions de ses particules ;
- ✓ Puissance : son épaisseur, est- il libre ou captif et donc son débit ;
- ✓ Encombrement : la chambre de pompage.

Donc pour une exploitation rationnelle et une grande longévité de l'ouvrage, plusieurs expériences ont montré que le diamètre final pourra être déduit comme suit :

$$\boxed{\varnothing_{cr} = \frac{\alpha \cdot Q}{L_{cr}} = (mm).}$$

Avec :

$\varnothing_{cr}$  : diamètre final de la crépine ou de la colonne de captage (en mm) ;

$\alpha$  : coefficient de perméabilité dépendant du terrain ;

Q : débit d'exploitation (en m<sup>3</sup>/h) ;

L<sub>cr</sub> : longueur a crépine (en m).

Pour le choix du diamètre final :

$$\varnothing_{cr} = \frac{\alpha \cdot Q}{L_{cr}} = (mm).$$

Il s'agit d'une nappe libre qui a une épaisseur importante. Pour des raisons technico – économiques on a préféré crépiner le 65% de sa puissance.

Donc la longueur à crépiner (L<sub>cr</sub>) sera :

$$L_{cr} = (190 \times 64) / 100 = 121,60m. \text{ On a pris } 120 \text{ m.}$$

Le débit varie de 15 à 20 l/s. on prendra Q = 15 l/s.

Comme il s'agit de graviers et de grès grossiers à fins on prend  $\alpha = 45$ .

Alors :

Le diamètre de la crépine sera de :

$$\varnothing_{cr} = \frac{\alpha \cdot Q}{L_{cr}} \leftrightarrow \frac{45 \cdot 15 \cdot 3600}{120 \cdot 1000} = 20,25 \text{ mm.}$$

$\varnothing_{cr} = 20,25mm = 0.797''$ , c'est un diamètre trop petit.

Nous sommes obligés de prendre un diamètre plus grand, pour avoir moins d'encombrement dans la chambre de pompage et pouvoir introduire la pompe avec facilité.

Pour ce faire, nous devons faire intervenir d'autres facteurs, tels que le débit (Q) et la vitesse d'écoulement de l'eau (V) et ce, pour ne pas créer de pertes de charges supplémentaires et éviter les obstacles au passage des particules d'eau.

$$Q = v \times s.$$

Selon le fabricant, le diamètre de la crépine le plus proche sera de :  $\varnothing_{cr} = 5''$  ; C'est une crépine Johnson avec un diamètre nominal de ( $\varnothing_{nom} = \varnothing_{int} = 5''$ ) et un diamètre extérieur ( $\varnothing_{ext} = 5''^{5/8}$ ).

$\varnothing_{int} = 5'' = 127 \text{ mm}$ ,  $\varnothing_{ext} = 5''^{5/8} = 142,87mm$ , avec un poids linéaire de 12 kg/m.

#### IV– Choix des phases :

##### IV – 1 – Choix de la construction du trou :

Le choix de la construction du trou est conditionné par plusieurs facteurs :

##### IV – 1 – 1– Diamètre de la colonne de production :

Le diamètre de la colonne de production dépend du :

- ✓ Les dimensions de la chambre de pompage et le débit potentiel ;
- ✓ La structure géologique du système aquifère et la puissance de la nappe ;

**IV – 1 – 2– Le type d’ouvrage et sa destination :**

S’il s’agit d’un forage d’exploitation, d’exploration....

**IV – 1 – 3– La caractéristique de la coupe géologique :**

Cette dernière donne la répartition, en profondeur, des différents dépôts, et peut nous renseigner sur les incidents de forage possibles tels que les éboulements, les venues, les pertes de circulation (totales ou partielle), les fluages....etc.

En se référant à tout ce qui a été avancé plus haut :

Pour notre cas, après quelques mètres de terre arable qui constitue, en quelque sorte, le toit du système aquifère, nous avons rencontré une formation meuble, composée essentiellement de graviers, sur environ 25 m de profondeur. Dans ce cas, si on n’accorde pas une attention particulière au fluide de forage, on risque de provoquer une perte (en cas de densité exagérée).

À partir de 25 m, on a aussi affaire à des formations meubles mais moyennement consolidées (grès fins, moyens à grossiers). Nous pouvons courir un double risque ; en cas de densité sous – estimée, on risque une venue alors que si cette dernière est un peu exagérée elle peut être à l’origine d’une perte encore.

Donc :

- ✓ De 0 à 10 m, nous avons un tube guide, foré en 22", tubé en 18"<sup>5/8</sup> et cimenté ;
- ✓ De 10 à 200 m, une phase forée par un outil d’un diamètre 17<sup>1/2</sup>", tubée en 13"<sup>3/8</sup> jusqu’à 50 m ensuite mise en place d’une crépine 5"<sup>5/8</sup>, au bout de ce tube plein à l’aide d’une réduction 13"<sup>3/8</sup>/ 5"<sup>5/8</sup>, en alternance avec tube plein, jusqu’à 190 m ;
- ✓ De 190 à 200 m, mise en place d’un tube de décantation, qui sert aussi d’assise pour la colonne.

**Remarque :** une phase est un ensemble de formation qu’on peut traverser avec le même type de fluide de forage (ayant les caractéristiques).

**V – Harmonisation des diamètres**

La détermination du diamètre de l’outil nécessaire pour amorcer l’opération de forage et sa poursuite jusqu’à obtention de la profondeur désirée. Il est de même pour les dimensions-tubage.

Cette détermination est dite l’harmonisation des diamètres, elle se fait de bas en haut pour surtout des raisons technico-économique. Après avoir établi le nombre de tubage nécessaire, on aborde l’établissement de leurs diamètres, les outils assurant l’avancement des colonnes jusqu’à la profondeur requise.

Le diamètre du trépan qui doit forer la colonne de captage :

$$\boxed{\varnothing_{RB} = \varnothing_{Ex Cr} + 2\delta.} \quad \text{Avec :}$$

$\delta$  : jeu entre le diamètre extérieur de la crépine et les parois du puits (Jeu axial) ;

$\varnothing_{\text{Ex Cr}}$  : diamètre extérieur de la crépine ;

$$\varnothing_{\text{RB}} : 5''^{5/8} + 2(3'') = 11''^{5/8} \cong 295,27 \text{ mm.}$$

Ce dernier doit être normalisé (voire le formulaire).

$$\varnothing_{\text{RB}}^n = 12''^{1/4}.$$

Mais on a préféré augmenter le diamètre pour des raisons techniques, puisque on ne va pas procéder à une opération de cimentation, on a alors opté pour un diamètre plus important, pour un bon maintien de la colonne de tubage (colonne de captage), qui est un outil  $17^{1/2}''$ .

Comme il s'agit de formations géologiques (graviers, grès grossiers, moyens à fins) qui ont pratiquement les mêmes caractéristiques et qui nécessitent l'emploi du même type de fluide de forage (même densité, même viscosité...etc.) et donc nous pouvons construire le trou en une seule phase.

Pour la colonne de captage :

$$\varnothing_{\text{in csg}} = \varnothing_{\text{RB}}^n + 2\Delta. \quad \text{Où } \Delta \geq 5/32''.$$

$\varnothing_{\text{RB}}^n$  : Diamètre normalisé du rock bit ;

$\Delta$  : jeu entre le trépan et le diamètre intérieur du casing suivant.

$$\varnothing_{\text{in csg}} = 12''^{1/4} + 2(\Delta)$$

$\varnothing_{\text{in csg}} = 311,15 + 6,7 = 317,86 \text{ mm} \approx 317,89 \text{ mm}$  Alors

$$\varnothing_{\text{ex csg}} = 13''^{3/8} = 339,725 \text{ mm.}$$

Et donc une épaisseur de :

$$E_{\text{csg}} = \varnothing_{\text{ex csg}} - \varnothing_{\text{in csg}}$$

$$E_{\text{csg}} = 13''^{3/8} - 12''^{1/4} . \quad E_{\text{csg}} = 1''^{1/8} = 21,835 \text{ mm.}$$

Pour le tube guide :

$$\varnothing_{\text{TG}} = \varnothing_{\text{ex csg}} + 2\delta.$$

$\varnothing_{\text{TG}} = 13''^{3/8} + 2(3'') = 19''^{3/8}$  qui de son côté doit être normalisé.

Alors  $\varnothing_{\text{TG}}^n = 22''$ .

**Remarque:** à la base de la crépine nous avons installé un tube plein de longueur pour assurer une étanchéité et donner au forage une assise solide. Ce tronçon de tube doit avoir une forme conique en bas pour faciliter sa descente dans le trou et peut jouer le rôle d'un tube sa décantation.

#### **IV – Programme de fluide de forage :**

Il existe plusieurs méthodes pour réaliser un forage, mais celle qui a vraiment un renom, c'est celle dite, forage au rotary. Cette dernière rend indispensable l'usage d'un fluide, dit de forage, pour le bon déroulement de l'opération.

Ce terme (boue ou fluide de forage) couvre donc aussi bien, les gaz que les liquides et les suspensions d'un liquide dans un liquide (boue émulsionnée par exemple), ou suspension de solides dans les liquides (boue bentonitique par exemple).

Considérant comme véhicule transport, le fluide de forage a une importance capitale, pour réussir l'achèvement de l'ouvrage, et duquel dépendent aussi, la vitesse d'avancement, le coût du forage, la sécurité, ainsi que le rendement global de l'opération.

Que ce soit au cours du forage ou à l'arrêt (manuvres, pannes...), ce fluide doit accomplir des fonctions hydrostatiques, physiques, hydrodynamiques ...etc.

#### **IV – 1 – Principales fonctions du fluide de forage :**

Tout fluide de forage peut avoir des fonctions principales et secondaires, nous citerons entre autres :

- ✓ Le nettoyage du trou des cuttings avec une vitesse de remontée (la vitesse ascensionnelle) comprise entre vingt cinq (25) et soixante (60) mètres à la minute. ;
- ✓ Vu que le trépan est en contact permanent avec la roche, et la garniture avec les formations traversées, ce qui engendre une grande quantité de chaleur que seul le fluide de forage est en mesure de la faire évacuer hors de trou (refroidissement), tout en assurant une lubrification, et de la garniture et de l'outil aussi ;
- ✓ Prévenir le phénomène de cavage et le rétrécissement du trou ;
- ✓ Contrebalancer les venues de fluides contenus dans les formations (eau, gaz ou pétrole) ;
- ✓ Allègement de la garniture et du casing, sous l'effet de la poussée d'Archimède, ce qui permet de gagner de 13 à 30% du poids, donc de la puissance nécessaire (au treuil).

On doit signaler que ce fluide doit avoir aussi certaines caractéristiques physiques telles que :

#### **IV – 2 – La densité :**

C'est le rapport de la masse volumique d'un corps donné (A) sur la masse volumique d'un corps de référence (B), autrement dit, c'est le rapport de la masse d'un corps à son volume.



La densité de la boue qu'on va utiliser sera tiré de :

$$p_h = \frac{\gamma_b * h}{10} \quad \text{avec } p_c < p_h < p_f \text{ en kgf/cm}^2.$$

$\delta_b$  : Densité du fluide de forage ;

$h$  : Profondeur du forage, y compris les quelques mètres du substratum (en mètre) ;

$p_f$  : Pression de fracturation (sinon il y aura perte) ;

$p_c$  : Pression du couche, avec

$$p_c = \frac{\gamma_e * h}{10} ;$$

$$h = H - Ns.$$

Alors :

$$p_h > p_c \text{ donc } \frac{\gamma_b * h}{10} > \frac{\gamma_e * h}{10} \quad \text{avec } \gamma_e = 1$$

D'où

$$\gamma_b = \frac{h}{H} = \frac{200-55}{200} = 0.725.$$

C'est une valeur trop petite, qui ne représente même pas la densité d'une mousse.

### Remarque :

La densité de la boue ( $\gamma_b = 0.725$ ) est faible. Ce type de fluide de forage ne peut être utilisé qu'en cas de forage combiné, alors que ce n'est pas notre cas. En outre, une boue avec de telles caractéristiques peut nous causer des problèmes surtout lors du pompage (bruit de cognement au niveau du corps de la pompe) et aussi les produits moussants sont un peu rares et chers, surtout sur le marché national.

On est donc contraint d'utiliser ce qui est disponible et moins coûteux, c à d, une boue bentonitique.

Il est toujours conseillé de tenir compte d'un coefficient de sécurité (a), qui doit être pris :

$$0.05 < a < 0.1. \quad \text{Alors : } \gamma_b = 0,725 + 0,05 = 0,730.$$

Et même avec ce coefficient, on n'a même pas atteint la valeur du démarrage qui est de l'ordre  $\gamma_b = 1,03$ .

$\gamma_b$  Sera :  $0,730 + 0.1 = 0,830$ , qui ne peut être admise.

On optera pour une boue de démarrage qui aura une densité de 1,03.

- La pression hydrostatique :

$$p_h = \frac{\gamma_b * H}{10} \quad p_h = \frac{1.03 * 200}{10} = 20,6 \text{ kgf/cm}^2 = 21,02 \text{ bar.}$$

- La pression de couche :

$$p_c = \frac{\gamma_e * h}{10} = \frac{1 * 145}{10} = 14,5 \text{ kgf/cm}^2 = 14,79 \text{ bar.}$$

**IV – 3 – La viscosité :**

La viscosité est une résistance à l'écoulement relatif des particules, c à d, due aux frottements des particules en suspension. Elle apparait aussi comme une caractéristique du pouvoir portant de la boue.

Comme nous avons affaire à des formations peu ou pas consolidées (grès, graviers) et un volume important de cuttings, on optera pour une viscosité allant de 60 à 80s, pour que notre fluide fasse un bon nettoyage du trou et ne pas risquer de pertes. Avec une telle viscosité le volume du filtrat sera réduit et une épaisseur suffisante de cake et par conséquent réduction de l'aire envahie.

**IV – 4 – Le Filtrat :**

C'est la phase liquide d'une boue qui pénètre une formation (bien évidemment poreuse), en quittant le fluide de forage. On parle donc de zone envahie et de zone vierge.

Le coefficient de filtration caractérise le pouvoir de la boue de laisser filtrer, à travers les parois (perméables) du puits, le liquide sous l'action de la différence de pression.

Dans notre cas, la pression de filtration ou de pénétration est :

$$p_h - p_c = \frac{\gamma_b * h}{10} - \frac{\gamma_e * h}{10} = \frac{1.03 * 200}{10} - \frac{1 * 145}{10} = 6,1 \text{ kgf/cm}^2 = 6.22 \text{ bar.}$$

Nous devons signaler qu'un pourcentage de cette pression sera épuisé au cours de la traversée des premières formations. Le pourcentage restant, à notre avis, n'aura pas d'effet remarquable, puisqu'on ne raisonne qu'à deux paramètres (filtrat, cake) qui vont en paire, ce qui veut dire, augmenter la viscosité signifie une réduction du filtrat qui à son tour, influe sur le cake.

**IV – 5 – Le cake :**

C'est la partie solide que déposée par une boue, sur les parois d'un puits, après fuite de sa phase liquide. Il est nécessaire que ce dépôt soit imperméable pour réduire la filtration ultérieure. Il doit alors être mince et résistant pour qu'il ne gêne pas lors des manœuvres (1 à 2mm).

**Remarque :** Les deux paramètres, filtrat ( $\text{cm}^3/30\text{mm}$ ) et cake (mm) peuvent être mesurés par un filtre – presse.

**IV – 6 – Calcul du volume de boue :**

Le volume qu'on va calculer nous sera utile durant toute l'opération jusqu'à l'achèvement.

**IV – 6 –1 – calcul du volume de boue pour le trou foré en 22" (tube guide) :**

$$V = s \times h. \text{ Avec :}$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ et } d = d_{tr} = 22" = 558,8\text{mm.}$$

Du formulaire du foreur page 195. D15 :  $V_u = 245,2 \text{ L/m}$ .

$$v_u = 245,2 \text{ l / m.}$$

$$v_t = 245,2 \times 10 = 2452 \text{ L} = 2,452 \text{ m}^3.$$

Tenant compte de l'état du trou (rugosité) :

$$v_t \times k = v_r = 245,2 \times 1,2 = 2,9424 \text{ m}^3.$$

#### IV – 6 – 2 – Pour le trou foré en $17''^{1/2}$ :

$V = S \times H$ . Avec toujours :

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ et on prend } H = 200 - (10+150) = 40 \text{ m.}$$

$$S = 3,14 \times 0,44^2 / 4 = 0,15 \text{ m}^2.$$

$$V = S \times H = 0,15 \times 40 = 6 \text{ m}^3.$$

De même, du formulaire du foreur :  $v_u$  : 195,04 L / m.

$$v_t = 195,04 \times 40 = 7801,8 \text{ L} = 7,801 \text{ m}^3.$$

$$v_t \times k = v_r = 7,801 \times 1,2 = 9,36 \text{ m}^3.$$

**Remarque :** Le 1,2 représente un coefficient k, tenant compte de l'état du terrain (cavage). Le volume de boue nécessaire pour le forage du tube guide est généralement négligé dans les calculs, vu que cette étape est réalisée avant même l'installation de l'appareil, et est toujours faible.

#### a – 1 – Le volume de boue :

$$v_b = v_{\text{puit}} + v_{\text{bassin}} + v_{\text{goulotte}} + v_{\text{reserve}}$$

$v_{\text{puit}}$  : est déjà calculé =  $9,36 + 2,94 = 12,3 \text{ m}^3$  ;

$v_{\text{goulotte}}$  : 2 à  $5 \text{ m}^3$ . On prendra  $3 \text{ m}^3$ .

$$v_{\text{reserve}} : v_r = \frac{v_p}{2} = 6,15 \text{ m}^3.$$

$v_{\text{bassin}}$  : 20 à  $30 \text{ m}^3$ . On prendra  $25 \text{ m}^3$ .

Alors  $v_b = 12,3 + 25 + 6,15 + 3 = 46,45 \text{ m}^3$ .

#### a – 2 – Les produits consommés :

#### a – 3 – La quantité d'argile (bentonite) nécessaire :

$$q_a = \frac{\gamma_a (\gamma_b - \gamma_e) * v_b}{\gamma_a - \gamma_e}$$

$\gamma_a$  : Densité de l'argile 2,5 ;

$\gamma_b$  : Densité de la boue 1,03 ;

$\gamma_e$  : Densité de l'eau 1 ;

$v_b$  : Volume de boue : 46,45m<sup>3</sup> ;

$$q_a = \frac{2.5(1.03-1)}{2.5-1} * 46,45 = 2.32 \text{tonnes} = 2320 \text{kg.}$$

Ce qui équivaut à 47sac d'argile, c à d :

$$N = \frac{q_a}{50} = 46,4 \text{sacs.}$$

#### a – 4 – La quantité d'eau de mixage :

C'est avec la formule suivante qu'on peut la déterminer :

$$q_e = \frac{\gamma_a - \gamma_b * v_b}{\gamma_a - \gamma_e} \leftrightarrow q_e = \frac{2.5 - 1.03 * 46,45}{2.5 - 1} = 45,521 \text{m}^3.$$

#### VI – Choix des outils :

L'importance d'un code commun entre constructeurs, pour s'entendre dans l'usage d'organes d'importance tels que les rock bits est grande, surtout que le problème de commercialisation se pose et s'impose. L'enregistrement de manière conventionnelle et rapide, de l'état d'outils déjà utilisés (si le Tools – pusher pourra le redescendre ou non), son examen (pour voir ses performance en face de différentes formations), soit pour s'assurer ou apporter encore des corrections et des améliorations sur cet outils.

Ceci a encouragé une commission de spécialistes, de l'International Association of Drilling Contractors (IADC), de faire réunir les constructeurs en leur proposant une standardisation de la désignation des outils au moyen de trois chiffres (pour bien entendu un gain multi dimensionnel).

Alors, vu que les formations auxquelles nous avons affaire sont meubles (grès et gravier), ce qui permet une grande forabilité, du moment que leurs résistance à la compression est faible.

Nous opterons donc pour

✓ Un outil 22", à dents bien sur :

I A D C : **1.1.4**, Hughes : **X3A**, Reed : **S11**, Security : **S33S**, Smith : **SDS**, SMF : **ES2**.

✓ Un outil 12"<sup>1/4</sup>, à dents aussi :

I A D C : **1.2.4**, Hughes : **X3**, Reed : **S12**, Security : **S33**, Smith : **SDT**, SMF : **ES3**.

Alors les deux outils sont de la première séries, quatrième configuration mais le première du type un (1) et le second du type deux (2).

### VII – Choix de la garniture :

L'ensemble des masse – tiges, tiges de forage ainsi que la tige d'entraînement, qu'on peut faire descendre à l'intérieur du trou (pendant le forage) constitue ce qu'on appelle la garniture de forage. À ces dernières peuvent s'ajouter d'autre accessoires, dont l'usage est nécessaire en général, tels que les aléseurs, les stabilisateurs, les réductions, les raccords et racleurs.

Cette garniture aura pour rôles :

- ✓ Assurer la circulation du fluide de forage ;
- ✓ Transmettre le mouvement de rotation de la table de rotation (TR) à l'outil ;
- ✓ Appliquer un poids sur l'outil, par (DC) seulement ;
- ✓ Assurer la liaison entre le fond de l'ouvrage et la surface ;
- ✓ Permettre le repérage de la profondeur.

Alors nous avons de bas en haut :

- ✓ L'outil (rock bit) ;
- ✓ Les Masse- tiges (drill – collars) ;
- ✓ Les Tiges de forage (drill – pipes) ;
- ✓ La Tige d'entraînement (Kelly).

Il faut opter au bon choix de la garniture, en tenant compte des conditions géologiques et des paramètres préalablement déterminés, pour éviter et minimiser les incidents de forage, qui ont pour conséquences, les pertes de temps et augmentation du coût du forage (coincements, ruptures ou abandon du trou parfois). Il est aussi conseillé de prendre en considération (en effectuant ce choix) les caractéristiques mécaniques de cette garniture.

### 1 – Masses – tiges :

Outres les fonctions déjà citées, elles doivent assurer le guidage de l'outil, pour éviter la déviation, et amortissent la contrainte de compression aux tiges, pour éviter leur flambage. Alors pour accomplir tout cela, les masses tiges (Drill – Collars) doivent être lourdes, larges et rigides.

#### 1 – a – Choix des diamètres des Masses – tiges :

Pour le choix de leurs diamètres :

$$S_1/S_2 = \frac{\phi_{tr}^2 - \phi_{ex}^2}{\phi_{in}^2} = 3 \text{ à } 5.$$

Nous avons choisi des masses – tiges avec un  $\phi_{ex} = 10''$  et un  $\phi_{in} = 3''$ .



$$S_e/S_2 = \frac{(0,311)^2 - (0,254)^2}{(0,0762)^2} = 5,5.$$

Nous pensons que c'est acceptable.

Alors :

$$\Phi_{ex\ dc} : 10'' \text{ et } \Phi_{in\ dc} = 3''.$$

Masse – tiges : NC 70 – 100. Type : 7<sup>5/8</sup> h90 ( 7<sup>5/8</sup> reg ).

$$Q_{dc} : 361,6 \text{ kg/m.}$$

### 1 – b – Calcul des longueurs des Masses – tiges :

Pour le calcul de la longueur des DC :

avec

$$L_{DC} = \frac{P_{ax} * S}{q_{dc} * ff}.$$

S = Coefficient de sécurité tenant compte de la compression ;

$P_{ax}$ : Charge axiale : prise égale à 18 tonnes ;

$q_{DC}$  : Poids spécifique des DC.

Le facteur de flotabilité  $FF = 1 - \left( \frac{\gamma_b}{\gamma_a} \right) = 1 - (1,03 / 7,85) = 0,868.$

$$L_{DC} = \frac{16 * 10^3 * 1,25}{361,6 * 0,868} = 63,72 \text{ m.}$$

### 2 – Les Tiges de forage :

D'après les recommandations proposées (instruction méthodique) nous pouvons faire un choix comme suit :

Ø trepan	17 <sup>1/2</sup>
Ø tiges	6 <sup>5/8</sup> , 5 <sup>1/2</sup> , 5"

Nous avons alors pris un diamètre commun, puisque nous avons utilisé le diamètre 17<sup>1/2</sup>. Il nous est aussi conseillé de suivre la recommandation suivante :

$$\Phi_{DP} = (0,47 \text{ à } 0,68) \Phi_{RB}.$$

$\Phi_{Nominal} = 5'' \equiv 127 \text{ mm.}$

Masse nominale : 19,50 lb/ft .

Masse avec tool – joint = 31,24Kg/m.

Nuance : E. Tiges à refoulement intérieur et extérieur (IEU).

Section :

$$34,03 \text{ cm}^2.$$

Module polaire

$$W_0 = 187\,075 \text{ mm}^2.$$

**2 – a – La longueur des tiges de forage :**

La longueur de DP = ?

$$L_{DP} = H - (L_{DC} + L_{TE}).$$

$$L_{DP} = 150 - (63.72 + 12.19) = 74,09 \text{ m.}$$

**2 – b – Calcul de vérification :****2 – b – 1- La contrainte à la traction :**

$$\delta_t = \frac{L_{DC} \cdot Q_{DC} + L_{DP} \cdot Q_{DP}}{S} * 0,868 = \frac{(63.72 * 361.6) + (74,09 * 31.24) * 0.868}{34.03} = 646,74 \text{ kgf/cm}^3.$$

**2 – b – 2- La contrainte à la torsion :**

$$\tau = 71620 * \frac{1,36(P_{dest} * P_{rot})}{W_0 * N}.$$

$W_0$  = Module polaire : 187 075 mm<sup>2</sup> ;

N : vitesse de rotation : 140 tr/min (d'après le constructeur) ;

$P_{dest}$  : Puissance de destruction de la roche ;

$P_{rot}$  : Puissance de rotation.

La puissance de destruction est égale au poids axial rapporté au diamètre du trépan.

$$P_{dest} = P_{ax} / D_{RB}.$$

$$P_{dest} = P_{ax} / D \quad \text{c à d } P_{axial} \text{ sur } \emptyset_{trcp}.$$

$$P_{dest} = \frac{16}{12.5} = 1.306 \text{ t/pouce.}$$

En se référant au tableau donnant la puissance consommée, en kw par pouce, pour des vitesses de rotation, nous avons :

1.10 à 1.35 t/pouce  $\longrightarrow$  5.8 kw/pouce pour N : 140 tr/min.

Alors : pour 12.25'' c à d 12''<sup>1/4</sup> on aura.

$$P_{rot} = 12.25 * 5.8 = 71.05 \text{ kw.}$$

$$\text{Et } P_{rot} = \left(\frac{125}{30} + 10\right) * \left(\frac{140}{100}\right) * \left(\frac{16}{12.25}\right) = \left(\frac{125}{30} + 10\right) * \left(\frac{140}{100}\right) * \left(\frac{16}{12.25}\right) = 25.9 \text{ cv.}$$

1kw  $\longrightarrow$  0,736cv.

X kw  $\rightarrow$  25,9cv.

$$X = 35,19\text{kw } P_{\text{rot}} = 35,19\text{kw.}$$

$$\tau = 71620 * \frac{1.36(71.05 * 35.19)}{187.075 * 140} = 395.109 \text{ kgf/cm}^2$$

Donc :

$$\delta_{\text{max}} = \sqrt{4\tau^2 + \delta t^2}.$$

$$\delta_{\text{max}} = \sqrt{4(395.109)^2 + (627.55)^2} = 1009.09 \text{ kgf/cm}^2.$$

Conversion des unités :

1bar  $\rightarrow$  1,02kgf/ cm<sup>2</sup>.

X bar  $\rightarrow$  1009.09 kgf/ cm<sup>2</sup>.

X= 989.3bar.

$$\delta_{\text{max}} = 9.893 \text{ h bar.}$$

Alors :

$$m = \frac{\delta e}{\delta_{\text{max}}} = \frac{51.7}{9.893} = 5.22.$$

### 3 - Conclusion :

Du moment que  $\delta_e \approx 5x \delta_{\text{max}}$ , nous pouvons dire que la garniture choisie pourra bien résister aux différents efforts, avec une grande sécurité. Donc le grade est vérifié.

### VIII – Choix de la tige d'entraînement :

La tige d'entraînement est un élément très important d'une garniture de forage, puisqu'elle transmet le mouvement de la table de rotation au rock bit surtout, par l'intermédiaire du carré ou hexagone d'entraînement en fonction de sa forme qui peut être carrée, cylindrique (circulaire) ou hexagonale.

Sa longueur est supérieure à n'importe quelle tige de forage. Le filetage de la partie supérieure est gauche, tandis que celui de l'extrémité inférieure est droite. Elle est robuste, surtout celle hexagonale, avec une bonne réparation de contrainte. C'est un organe très cher à cause de sa fabrication difficile, c'est pourquoi on doit toujours utiliser un raccord d'usure dit Kelly – saversub, pour protéger son filetage. Elle est fabriquée à partir d'acier SAE.

Sa longueur varie de 12, 16, 19 à 46m, selon la hauteur du mat. Son choix s'effectue selon la résistance aux contraintes dans le forage.

### 1–Vérifions avec les calculs précédemment effectués :

$$\delta_{\text{tr}} = 646,74\text{kgf/cm}^2 \text{ Et } S : 34.04\text{cm}^2.$$

Alors la traction sera :  $\delta' = \delta_{\text{tr}} * S = 646.74 * 34.03 = 22008,76\text{kgf.}$



1kgf → 0.981 daN.

$\delta'$  → x daN.

$$X = 22008,76 * 0.981 = 21,6 * 10^3 \text{ daN.}$$

La torsion:  $\tau = 395,109 \text{ kgf/cm}^2$  : c'est la contrainte.

Alors la torsion :  $\tau' = \tau * \frac{w}{100 * 1.02} = \tau' = \frac{395.109 * 187.075}{100 * 1.02} = 724.257 \text{ kgf*m.}$

On doit la convertir en m daN.

$$724.257 * 0.981 = 710.888 \text{ m.daN.}$$

D'après le formulaire du foreur (ff), B47.78 :

La tige d'entraînement choisie : une Tige d'entraînement à section carrée :

- ✓ Dimension nominale côté / plat de 12,19m ;
- ✓ Une longueur totale de 12,19m ;
- ✓ Une longueur utile de 11.28m ;
- ✓ Connexion supérieur filetage femelle à gauche : standard, c.à.d. 6<sup>5/8</sup> regular ;
- ✓ Le diamètre extérieur standard : 7<sup>3/4</sup> ;
- ✓ Connexions inférieur filetage mâle à droite : standard. NC26 : 2<sup>3/8</sup>, Diamètre extérieur D : standard : 3<sup>3/8</sup> ;
- ✓ Partie utile : dimensions : sur plat sur coins G : 2<sup>1/2</sup>.

### IX – Choix des paramètres de forage :

Le régime de forage est l'ensemble des facteurs avec lesquels on peut travailler. Pour que le régime préalablement estimé soit atteint, on doit faire différentes combinaisons de ces paramètres, pour aboutir aux meilleures performances souhaitées de l'outil.

Ces paramètres sont :

- ✓ Charge axiale ;
- ✓ Vitesse de rotation ;
- ✓ Le débit de circulation (qualité du fluide de forage : densité, viscosité, filtrat, cake, ph).

Ces derniers peuvent être changés, sans que le forage ne s'arrête, jusqu'à attendre les meilleures performances de l'outil, qui ne sont autres que le mètre foré (en mètre), le temps de rotation (en heures) et la vitesse d'avancement (en mètre par heure).

- **Outils choisis** : 17<sup>1/2</sup>.

D'après les constructeurs :

Outil 17<sup>1/2</sup> : **1.1.4** ;

Vitesse de rotation : 80 à 175 tr/min ;

Poids axial : 18 à 24 x 10<sup>3</sup> daN ;

17<sup>m/2</sup> : débit : 3000 à 4000 L/min ;

Vitesse de remontée : 21 à 28 m/min.

D'après le formulaire du foreur .89 E10.

$$Q_1 = v_1 * s_1. \text{ Avec } s_1 = s_{tr} - s_{DP}, D_1 = 17^{m/2}. d_1 = 5''.$$

$$S_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2).$$

$$S_1 = 0,1425 \text{ m}^2.$$

$$V_1 = 21 \text{ m/min} = 0.35 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = 0.35 * 0.1425 = 0.049875 \text{ m}^3/\text{s} = 49.875 \text{ L/s.}$$

$$Q_1 = 2992.5 \text{ L/min.}$$

Avec des valeurs de débit pareilles, et vu la nature du terrain en question ainsi que la profondeur réduite, nous pouvons causer une érosion des parois, voire même qu'on risque une perte, donc nous devons réduire ces ou ce débit. Comme la section est constante, c à d imposée, alors le seul facteur sur le quel on peut jouer, n'est autre que la vitesse ascensionnelle.

On a opté pour une valeur : de 16m/min = 0.26m/s.

Alors le débit utile sera dans ce cas :

$$Q_u = v' \times s = 0,21 \times 0,1425 = 0,00299 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Pennons

$$Q = 1\ 000 \text{ L/min.}$$

Comme les constructeurs nous ne donner pas l'optimum, alors on doit procéder comme suit :

Appliquer un certain poids sur l'outil et bloquer le frein après, tout en maintenant la vitesse de rotation, le débit et la qualité de boue. Comme l'outil est entrain de détruire la roche donc il avance, ce qui fait que la charge axiale diminue, on doit alors observer le temps nécessaire pour une diminution de poids de deux à trois tonnes, recommencer les essais jusqu'à obtention des meilleurs performances avec le poids choisi et la vitesse.

La charge axiale : 16tonnes ;

Le débit : 1000 L/min ;

La vitesse de remontée : 0.26 m/s.

Une boue bentonitique :  $\gamma_b = 1.036$  ;

La viscosité : 40 à 60s ;

La vitesse de rotation :

140 à 60 tr/min.

### X – Calcul des pertes de charge et choix de la pompe à boue :

Tout fluide animé d'une vitesse et circulant, soit dans une conduite ou librement, perd de son énergie (diminution de vitesse). Ce phénomène a pour causes les frottements de ses particules constitutives ainsi qu'avec les parois du milieu de circulation. Donc les frottements internes sont dus à la viscosité du fluide alors que celles externes ont pour cause la rugosité des parois.

Cette diminution d'énergie est dite perte de charge. Ces dernières peuvent avoir lieu dans les équipements de surface (flexible d'injection, tige d'entraînement, colonne montante, tête d'injection), dans les tiges, les masses – tiges, dans le trépan (évents), ainsi que dans l'espace annulaire – tiges ou espace annulaire – masses – tiges.

Pour le calcul on procède comme suit :

#### 1 – Dans les équipements de surface :

D'après le formulaire du foreur (édition 89) page 325, on est dans le premier cas :

- Colonne montante : 3".4' ;
- Flexible d'injection : 2".45' ;
- Tige d'entraînement : 2".4' ;
- Tête d'injection : 2".4'.

Pour une viscosité de 40cps, on a  $B = 2.14$ , qui est un coefficient correspondant à une boue en circulation (notre cas).

Alors

$N_1 = 221 \text{ kpa}$ . Avec  $Q : 1\ 000 \text{ L/min}$ .

#### 2 – Dans les tiges (DP) :

$\varnothing_{\text{exDp}} = 5''$ .  $\varnothing_{\text{inDp}} = 4,276''$ .  $\varnothing_{\text{in T-J}} = 3''^{3/4}$ .

$N_2 = 28 \text{ kpa/100m}$ .

Alors :

28 kpa  $\longrightarrow$  100m.

X kpa  $\longrightarrow$  50m.

X = 14 kpa.

#### 3 – Dans les masses –tiges (DC) :

X = 988.973 km ;

Prévision d'un forage Coordonnées : Y = 229.909 km ;  
 dans la région d'El Malabiod. Échelle : 1/10. Z = 1 090 m.

Prévisions géologiques					Programme de forage					
Age	Étage	profondeur	Stratigraphie	Lithologie	Ø du forage	IADC	Poids	Vitesse de rotation	Boue	Observation
TERTIAIRE	MIOCÈNE	20		GRAVIERS	R <sub>TG</sub> → TG	IADC 1.1.4 Hughes : SDS, SMF: ES2.	18 à 24 x 10 <sup>3</sup> daN	60 à 140 tr/min	46,45 m <sup>3</sup>	Risque de perte
		40		GRÈS À GROS GRAINS	R <sub>CS</sub> ← C <sub>CS</sub>					
	60		GRÈS TRÈS FINS	Réd	IADC 1.2.4 Hughes : SDT, SMF: ES3	16 tonnes	80 à 175 tr/min			
	80			13 <sup>n3/8</sup> TP						
	100		GRÈS TRÈS FINS	C <sub>rép</sub>	TP	C <sub>rép</sub>				
120		R <sub>CC</sub> ← TP								
140		GRÈS MOYENS ET FINS	C <sub>rép</sub>	TP	C <sub>rép</sub>					
160		GRÈS MOYENS ET FINS	C <sub>rép</sub>	TP	C <sub>rép</sub>					
180										
200		GRÈS À GROS GRAINS ET FINS		T <sub>Déc</sub>						

$$\boxed{\varnothing_{exDc} = 10''. \quad \varnothing_{in Dc} = 3''.}$$

Du formulaire du foreur (ff), (édition 89). G45. Page 337.

$$N_3 : 143 \text{ kpa} / 100 \text{ m} \quad 143 \text{ kpa} \longrightarrow 100 \text{ m}.$$

$$X \text{ kpa} \longrightarrow 63.62 \text{ m} \quad x = 91.12 \text{ kpa}.$$

#### 4 – Dans le trépan :

Configuration des dusses : **12 – 13 – 13**, du formulaire du foreur (FF), G48, page 340 :

$$N_3 = 2740 \text{ kpa. DITES } P_d.$$

#### 5 – Pertes de charges annulaire / DC :

$$\boxed{\varnothing_{tr} : 12''^{1/4} \quad \varnothing_{ex DC} : 10''.}$$

Soit du formulaire du foreur (FF édition 89), page 353.

$$N_4 = 12 \text{ Kpa} / 100 \text{ m} :$$

$$100 \text{ m} \longrightarrow 12 \text{ Kpa}.$$

$$63.72 \longrightarrow X \text{ Kpa}.$$

$$\text{Donc } X \text{ sera} = \quad \text{à}$$

$$\boxed{7.6464 \text{ Kpa.}}$$

#### 6 – Pertes de charges annulaire / DC :

$$\varnothing_{tr} : 12''^{1/4} \quad \varnothing_{ex Dp} : 5''.$$

Soit du (FF.78), à partir des abaques, ça ne figure pas aussi, ils sont alors négligeables.

$$B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = 2.14.$$

$$P_{\text{total}} : (221 + 14 + 91,12 + 7,6464 + 0)2,14 + 2740 = 3454,26 \text{ kpa}.$$

$$1 \text{ kpa} \longrightarrow 10^{-2} \text{ bars}.$$

$$3454,26 \text{ kpa} \longrightarrow X \text{ bar}.$$

Alors

$$\boxed{X = 34,54 \text{ bar.}}$$

Du formulaire du foreur (ff, édition 78), H41, page 311 :

La puissance hydraulique est de :

$$\boxed{P_h = 50 \text{ kw} \equiv 36,8 \text{ cv.}}$$

La puissance à l'entrée de la pompe est de :

$$\boxed{P_a = 58,82 \text{ kw} \equiv 43.3 \text{ cv.}}$$

**XI – Choix du tubage et calcul de cimentation :**

La construction du trou, pour notre cas, n'a pas nécessité la descente d'une colonne de tube, du fait de la nature du système aquifère (à nappe libre). Par contre, et pour des raisons techniques et de sécurité, la première tranche, appelée dans le jargon du forage le tube guide, doit être bien ancrée, tubée et cimentée et ce, pour assurer une meilleure étanchéité et une longévité de l'ouvrage. Ainsi que pour assurer une meilleure verticalité du trou aussi.

Cette colonne devra obligatoirement être cimentée, pour être ancrée et éviter qu'elle ne se dévisse, et ni ne s'écrase ou corrode.

Nous avons préféré faire descendre à l'intérieur de notre forage, non pas pour résoudre aux problèmes inverses rencontrés, mais pour surtout la longévité de notre ouvrage et bien sûr, même en cas de reprise, ça nous facilite la tâche (dégagement de la colonne vétuste). Comme pour assurer une étanchéité dans l'espace annulaire.

Du fait de sa petite profondeur ou hauteur nous avons choisies le même type de tube.

$$\boxed{\text{Ø}_{\text{Ex csg}}: 18''^{5/8} = 473,075\text{mm} \quad E_p = 21,835\text{mm} \quad \text{Ø}_{\text{in csg}} : 317,89\text{mm}}$$

Masse nominale :

61,00 lb/ft.

Masse linéique :

88,55kg/m.

Nuance d'acier : c75k1.

**1 – Calcul du volume nécessaire de laitier de ciment :**

$$\boxed{V_L = \pi/4 [(k_1 \text{Ø}_{\text{tr}}^2 - \text{Ø}_{\text{ex csg}}^2) * H + \text{Ø}_{\text{in csg}}^2 * h_0]}$$

$\text{Ø}_{\text{tr}}$  : Diamètre de trou où on cimente ;

$\text{Ø}_{\text{ex csg}}$  : Diamètre extérieur du tubage ;

$\text{Ø}_{\text{in csg}}$  : Diamètre intérieur du tubage ;

K : coefficient tenant compte l'état du terrain (présence de cavernes, fissures...).

$$\boxed{V_L = 4.407\text{cm}^3}$$

**2– Quantité de ciment utile :****a – Pour 1m<sup>3</sup> de laitier :**

$$q_c = \gamma_c * \gamma_e / \gamma_c * W_{\gamma c} = T/m^3.$$

$\gamma_c$  : densité du ciment : 3,15.

$\gamma_c$  : densité de l'eau c'est l'unité ;

w : rapport eau ciment : 0.46.

$$q_c = \frac{3.15 * 1}{1 + 0.46 * 3.15} = 1.286 \text{ T/m}^3$$

**b – Densité du laitier sec total :**

$$\gamma_L = q_c(1+W) = 1.87$$

**c – Quantité de ciment sec total :**

$$Q_c = q_c * V_L * K_2$$

$k_2$  : Coefficient prenant en considération les pertes de ciment lors de la fabrication : 1,05.

$$Q_c = 1.286 * 4.407 * 1.05 = 5.91 \text{ tonnes.}$$

**d – Volume d'eau de gâchage :**

$$V_e = Q_c * w / \gamma_c = 2.73 \text{ m}^3.$$

**e – Volume du fluide de chasse :**

$$V_{ch} = \pi/4 * k_3 [(H - h_0) * \varnothing \text{ in } \text{csg}^2] \quad k = 1 \text{ pas de rugosité.}$$

$$V_{ch} = 0,785 [(50 - 10) * 0,3179^2] = 3,175 \text{ m}^3.$$

**f – Pression de refoulement a la fin de la chasse :**

$$P_{\max} = P_1 + P_2.$$

$$P_1: 0.1 * \gamma_1 * H - [(H - h_0) * \gamma_b + h_0 * \gamma_l] * 0,1.$$

$$P_1 = 0,02H + 10.$$

$$P_2 = 11 \text{ kgf/cm}^3.$$

$$\text{Donc } P_{\max} = P_1 + P_2.$$

$$P_{\max} = 11 + 3,336 = 14,336 \text{ kgf/cm}^2.$$

**g – Habillage de la colonne :**

Pour des raisons techniques et des mesures de sécurité nous devons équiper ou habiller notre colonne de tubage par différent dispositif de la manière suivante :

**h – SABOT :**

Il est vissé à l'extrémité inférieure de la colonne, dans le but de guider cette dernière et éviter qu'elle ne s'accroche. Il doit être muni d'orifices latéraux pour permettre le passage de la boue et du ciment. Il est recommandé qu'il soit fait de matière reforable.

#### **i – Anneau de retenue :**

De même, il est fabriqué d'une matière reforable. Il est utilisé pendant la cimentation, placé à dix (10) ou vingt (20) mètres au dessus du sabot retenir les bouchons de ciment, tout en prévoyant le vissage des trois premiers tubes au bakerlok.

#### **j – Centreurs et racleurs :**

Le long de notre colonne, nous devons placer des organes pour :

- ✓ Les centreurs qui assurent un bon positionnement de la colonne et éviter le contact avec les parois ;
- ✓ Deux stop – collar pour chacun ;
- ✓ Les racleurs pour gratter le cake, qui est très mince dans notre cas, pour favoriser l'adhérence du ciment et l'armer.

**Remarque :** En principe, cet habillage ne se fait qu'après consultation des résultats de diagraphie pour choisir l'emplacement des différents organes sur cotes.

### **XII – Choix de l'appareil de forage :**

Dans le but de réaliser un forage, nous devons faire un bon choix de l'appareil qui doit exécuter ces travaux. Ce dernier se résume en un ensemble d'organes ayant chacun une tâche donnée, mais qui se complètent entre eux. Cette sélection doit se faire selon un programme préalablement établi, en tenant compte de la capacité au crochet, de la puissance au treuil ainsi que de la profondeur qu'on peut atteindre avec des DP de diamètre donné.

Donc, après calcul préalable du poids de la garniture et de celui du tubage (s'il existe), on optera à un choix en fonction de la plus grande charge.

Pour notre cas, et selon les calculs, nous opterons pour l'appareil (ADF) donné par ces opérations de calcul.

#### **1 – Calcul du poids des DC :**

$$P_{DC} = q_{DC} * L. \quad P_{DC} = 361.6 * 63,72 = 23041,152 \text{ kg.}$$

$P_{DC} = 23,04$  Tonnes. Avec :

$q_{DC}$  = poids unitaire des DC ;



$L_{DC}$  : longueur total des DC.

## 2 – Calcul du poids des DP :

$$P_{DP} = q_{DP} * L_{DP} \dots P_{DP} = 31,24 * 50 = 1562 \text{ kg.}$$

$P_{DP} = 1,562$  Tonnes.

$q_{DP}$  : poids unitaire des DP : 32,24 kg/m.

$L_{DP}$  : longueur des DP : 50 m.

## 3 – Poids de la Kelly :

$$P_{TE} : 404 \text{ kg} = 0.4040 \text{ Tonnes.}$$

## 4 – Poids du train de sonde :

$P_{TS} = P_{DC} + P_{DP} + P_{TE}$ .

$P_{TS} = 23,04 + 1,562 + 0,404 = 25$  Tonnes.

## 5 – Poids de la colonne de tubage :

$P_{CSG} = q_{CSG} * L_{CSG}$ .

$$P_{CSG} = 88,55 * 50 = 4427,5 \text{ kg} = 4,43 \text{ Tonnes.}$$

Pour calculer la capacité au crochet nous devons le prendre en fonction du poids de la garniture, puisque l'écart parait évident.

## 6 – Capacité au Crochet :

$$P_{aGR} = P_r * FF = 25 * 0.868 = 21.7 \text{ Tonnes.}$$

$C_{CR} = P_{aGR} + P_{MM}$ .

On prend le poids du moufle mobile et accessoires 7 Tonnes.

$$C = 21,7 + 7 = 28,7 \text{ Tonnes.}$$

On doit aussi tenir compte d'un coefficient K de sécurité (à cause des frottements),  $K = 1,25$ .

Alors :

$$C_{Cr} = 28,7 * 1,25 = 35,87 \text{ Tonnes.}$$

Après tous ces calculs, l'ADF que nous proposons pour finaliser et atteindre l'objectif, est un appareil intermédiaire, entre le léger et l'ultra léger (profondeur 750 m avec DP : 3<sup>1/2</sup>).

Capacité au crochet : 40 Tonnes.

Puissance au treuil : 171 HP.

### **VIII – La sécurité sur chantier :**

La sécurité est de premier ordre chaque jour, c'est quelque chose dont nous sommes conscient, Quoique nous faisons pendant toute notre vie, c'est donc la vigilance, la conscience, et la connaissance du matériel et sa bonne utilisation. Donc c'est le devoir de tout un chacun de connaître d'apprendre par cœur, de suivre et d'appliquer sur terrain les règles et les pratiques de sécurité dans le forage.

#### **1 – le matériel de sécurité pour le sondeur :**

L'ensemble des équipements de protection et de sécurité qui sont nécessaires sur un appareil. de forage est par la compagnie tel que les casques de sécurité, les gants, les lunettes de sécurité, les Chaussures et les ceintures.

#### **2 – équipements, de sécurité, électrique :**

Il faut toujours prévoir les coupures de courants ce qui peut nuire à la bonne marche des travaux, Ce qui nous oblige de réserver ou d'avoir des groupes électrogènes, pour l'éclairage nocturne ainsi Que d'autre exigences.

C'est aussi une nécessité que le personnel doit se familiariser avec les organes électriques. Les câbles électriques doivent avoir des agrafes de suspension, les câbles défectueux doivent être changer, la mise alaterne du mat est aussi nécessaire.

#### **3 –la propreté :**

Le nombre du matériel a nettoyer est incommensurable, le matériel de la sonde et du chantier

quand il est bien maintenu et propre, non seulement diminué les risque d'accidents mais aussi possède Un aspect et permet de détecter la moindre anomalie qui sera al 'origine d'accident.

#### **Voici en résumé les mesures apprendre pour l'usage de différents organes :**

- Le bon ancrage du brin mort au pea.
- Câbles électriques suspendus et bien protégés.
- Le rack tige ou rack de stockage sont en bon état.
- Câbles de manœuvres disponible et bien enrroules et stocké.

- L'état des clés et câbles de vissages.
- L'état des peignes et la présence de goupilles.
- Serpes câbles, colliers de sécurité, élingues et chaînes pour flexible d'injection, colonne montante.
- Marches d'escaliers bien nettoyées, larges ainsi que les échelles et passerelles, boulonnées.
- Présence de rambardes, main courantes aux escaliers et au pourtour de la blanche.
- Protection des moteurs et courroies et mettre des grilles ou tollés et carters.
  
- Protection de l'entraînement de la table de rotation.
- Le mat oriente de façon que le chef de poste n'ait pas les soleil les yeux, et voir la direction
- Des vents dominants, à cause des échappements de gaz moteurs et la poussière.
- Le mat doit être vertical, boulonner, et haubane, hisse ou rabattu le jour et en bonnes conditions Atmosphériques.
  
- L'aire du chantier doit être nivelée, sans obstacles, ayant des rigoles pour évacuer les eaux.
- Vérifier le bon fonctionnement des appareils des appareils de mesure sur le tableau de commande.
  
- Et avoir un registre de sécurité.

#### **XIV – L'organisation Sur Le Chantier :**

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des disposition envisagées l'exécutions dans les meilleurs conditions possibles d'un travail. Cette organisation consiste donc à définir et à coordonner les moyens nécessaires à la réalisation de l'ouvrage tout en restant fidele aux directives générales imposées par l'hydrogéologie.

Nous pouvons résumer ces directives en :

##### **1 – La rapidité :**

C'est l'objectif rechercher , exigée soit par le maitre d'œuvre ou par le rendement financier de l'opération , il faut y joindre la qualité lorsque le projet à été suffisamment étudié dans ce but précis .

##### **2 – L'économie :**

C'est le résultat d'une organisation rationnelle, elle est garantie par une étude approfondie du sujet, et la distribution rapide des plans détaillés aux responsables du chantier, la synchronisation des actions des diverses équipes de forage, de développement, de traitement chimique et d'essai de débit, appelées à collaborer diminue les temps morts et favorise la rapidité, le bon choix des installations, la propreté et l'ordre influent sur le côté économique.

### **3 – La qualité :**

Avoir une main d'œuvre avertie et qualifiée ainsi que des cadres comptants c'est assurer un déroulement rationnel des travaux et minimiser le risque de détériorer le matériel et avoir un travail fini et de qualité donc pour chaque chantier le problème de l'organisation repose sur plusieurs données qui ne sont nécessairement pas de simples résultats de cas semblables :

### **4 – Le planning d'avancement des travaux :**

Établi par le maître d'œuvre afin de coordonner dans le temps les actions des diverses entreprises participant à la réalisation du forage.

### **5 – Le programme général :**

Pour être valable, l'élaboration du programme doit tenir compte des exigences du maître d'œuvre et des conditions techniques qui découlent des marchés signés avec les diverses entreprises adjudicatrices. Il faut aussi prévoir des périodes d'arrêt à cause des intempéries ou imprévus.

### **6 – Installation :**

Quel que soit l'importance du chantier, il est nécessaire d'en prévoir l'installation et l'organisation y compris les installations et constructions auxiliaires comme :

Voies et chemins d'accès. Clôtures et signalisations ateliers et baraques ainsi que les parcs de stockage. Bassins pour fabriquer la boue et le laitier de ciment les raccordements aux services publics, Eau, eau usagée téléphone, électricité.

Un parc d'engin « dumper, pelles mécaniques ,grue..... »

### **7 – Etude du plan d'aménagement :**

Cette étude est confiée au personnel technique en se basant sur un croquis ou un plan de situation , en prévoyant des voies de circulation larges et praticables .

Un baraquement non attenant à l'ADF , suffisant au personnel , Y compris vestiaires , magasins , WC , bureau de chantier .

### **8 – Installation en parc de stockage .**

Le stockage de la bentonite et l'hexa méta phosphate se présente en une seule forme ,en sacs tandis Que le ciment est stoïque soit en vrac ou en sac.

### **9 – Inventaire :**

La liste préalablement établit par le chef de chantier en fonction des besoins est remise au siege De l'entreprise et qui peut comprendre un coffre a matériel « pelles ,pioches, masses ,fils, sceaux, Tuyaux ,boites pharmacies, casqués, extincteurs , roulements, chaines.....et tous ce qui peut être nécessaire » écrire l'**IADC** sur les outils, et avoir les calibres pour mesurer les pertes de diamètres, classer les tiges de forages.

Les pièces d'usure dans la partie hydrauliques des installations et des organes annexes tels que l'amortisseur de pulsation, soupapes de se curait... etc.

### **10 – Equipe de forage .**

Nous avons trois équipes assurant le travail par intermittence H24 et une quatrième équipe En récupération.

#### **a – Un chef de chantier :**

Doit assure et veiller au bon de roulement du travail, avant un comportement exemplaire est Le premier responsable

**b – Chef de post :**

En nombre de trois, el est responsable devant l'équipe manipule le treuil, et exécute les ordres du chef de chantier.

**c – Ouvriers de plancher :**

En nombre de deux ou trois participent à tous les travaux d'entretien , de nettoyage ou de manouvre.

Il peut en faire membre un mécanique et un électricien pour travaux nécessitant un spécialiste le personnel doit assurer une rotation selon un planning étudier sur des bases scientifiques tenant compte des efforts physique et des contraintes urées à l'isolement et l'éloignement .

**XV – Complétion du puit :**

Dans le but de mettre un aquifère en exploitation, nous avons à effectuer certaines opérations une Foix le toit de ce dernier est atteint ; telles que :

- le forage de la nappe avec le trapan approprié
- choisir l'horizon aquifère exploiter « 1/3 ou 80 % »
- la sélection de l'équipement en vue de exploitation .

**B U T :**

Ce procédés a pour fin d'améliorer la productivité de la nappe, en d'une exploitation optimale et Rationnelle, pendant la plus grande durée possible, pour aussi amortir le cout de cet ouvrage , sans bien sur nuire à laquier.

**XVI – Granulométrie :**

Durant le forage les déblais dits cuttings qui sont remontes au jour par le fluide de forage , sont prélevés , codes et numérotés plus envoyés au labo , en fonction desquels après étude l'équipement de captage sera choisi .

une fois au labo nous ou no aura besoin d'un échantillon ses de 500 GRS , une série de tamis supers , en un ordre de croissant en fonction du diamètre des mailles ,de haut en bas , à la base de cette série de tamis , il ya une cuvette ou no récupéré le tamisât ayant traverser la colonne des

tamis , un four pour le séchage et la déshydratation de l'échantillon prélevé , et un agitateur mécanique pour favoriser l'opération de tamisage .

### **XVII – Mode opératoire :**

L'échantillon prélevé est séché pour le débarrasser de son eau d'imbibition , puis mis dans le tamis supérieur de la colonne précédemment montée, l'ensemble doit être placé sur l'agitateur Mécanique, qui sera ensuite mis en marche jusqu'à la fin du tamisage. Le pesage de chaque refus correspondant à un diamètre de maille donné, s'effectue après le montage de la colonne, puis le poids cumulé de refus, pour chaque tamis, qu'il aurait pu retenir s'il était placé seul. Le pourcentage de chaque résultat est alors établi par rapport au poids total de l'échantillon. Les résultats ainsi obtenus seront portés sur un graphique où sur l'axe des abscisses figure les dimensions des mailles, alors qu'en ordonnées, les pourcentages cumulés retenus.

En joignant l'ensemble des points obtenus dans le repère nous obtenons une courbe dite granulométrie.

Maintenant découle de l'examen de cette courbe, en ce qui concerne les dimensions et la finesse de la granulométrie , l'allure de la courbe, par rapport auxquelles s'effectue le choix de l'équipement « slot de crépine » et enfin le calibrage du massif filtrant.

**NB :** puisqu'on ne dispose pas d'échantillon réel, nous allons faire une analogie aux courbes caractéristiques, des différents sols, existantes pour faire notre choix en ce qui concerne la complétion d'un forage.

### **XVIII – Crépine :**

C'est l'élément sur lequel tous les calculs et les prévisions sont basées , elle est d'une importance capitale de l'équipement de forage, elle fait bien entendu partie de la colonne de production, donc, doit être adaptée à la nature du terrain pour permettre l'extraction de l'eau exempt de particules nuisibles.

Elle est placée au niveau de la nappe. Servant de filtre empêchant le passage des particules solides dont le diamètre est supérieur à celui des ouvertures.

Nous avons préféré utiliser pour ce but une crépine Johnson de diamètre nominal cinq pouces. de diamètre extérieur cinq pouces cinq huitième, de poids linéique doués filigrammes par mètre. C'est vraie que ces crépines chères mais, elles ont fait preuve, d'être d'un renom international, vu leur dualité de résistance aux différentes contraintes physiques et chimiques de haut niveau. après analyse de la courbe « théorique », les ouvertures de cet élément seront :

L'abscisse du point « E » « qui correspond à 90 % Sur la droite et non pas la courbe : pour notre cas cette valeur est « 25 . 1"/1000 » slot 25, tout en souhaitant que la vitesse d'entrée de l'eau sera moins de 30 m/s assurant un écoulement non turbulent.

**NB** se référer au chapitre choix des phases pour plus d'informations et de détails.

#### **XI – Le massif du gravier additionnel :**

Le massif filtrant doit être non seulement calculé mais aussi bien choisi pour ne pas épuiser trop d'énergie surtout durant l'exploitation. pour répondre aux exigences des différents traitements en cours de développement ou ultérieurs du forage, cet élément doit bénéficier d'une attention durant le choix est surtout lors de sa mise en place.

Un gravier roulé, siliceux, évidemment lavé et criblé est le plus imposé et préféré, autrement les performances diminuent hors de ce choix, teneur en matériaux calcaire ne dépassant pas les 5 % , celui concassé non plus, de même pour les particules d'anhydride ou de gypse , tout cela peut nuire à la longévité et capacité du forage, vu l'inconvenance de ce matériaux avec les différents traitements chimiques qui peuvent être utilisés dans ce dernier. une épaisseur tendant vers les huit pouces pour assurer la filtration et le support. pour notre cas il s'agit du support c'est tout, nappe de gravier. ce massif est mis en place de deux méthodes différentes soit par circulation ou par gravitation.

Le choix est donc en fonction de la disponibilité des moyens sur les lieux.

#### **XX – Calcul du volume du magma :**

Nous avons : le  $\emptyset$  du trou : 12<sup>1/4</sup>

le  $\emptyset$  Extérieur de la crépine : 5<sup>5/8</sup>



Nous aurons pour sections A remplir :

$$S = S_{tr} - S_{Cr} = \frac{\pi * D_{tr}^2}{4} - \frac{\pi * \phi_{cr}}{4}$$

$$= \frac{\pi}{4} [(\phi^2_{tr} - \phi^2_{excr})] = \frac{\pi}{4} [(0.311^2) - (0.143^2)]$$

$$S = 0.0599 \text{ m}^2$$

Pour calculer le volume.

$$V_{MGA} = S * H \text{ avec } H :$$

H : longueur de la crépine avec une hauteur de se curète

$\alpha$  : 15% du volume .

$$V = S * L_{Cr} \quad V = 0.0599 * 56 = 3.354 \text{ m}^3$$

$\alpha$ .sera alors :

$$\alpha = 15\% \text{ de } V : \frac{3.354 * 15}{100} = 0.503 \text{ m}^3$$

le volume total :

$$V_{T.MGA} = 3.354 + 0.503 = 3.857 \text{ m}^3$$

d <sub>1</sub>	E [ 0 à 0.625 mm]	V <sub>1</sub> =0.385 m <sup>3</sup>	10%
d <sub>2</sub>	E [0.625 à 1.57 mm]	V <sub>2</sub> =1.928m <sup>3</sup>	50%
d <sub>3</sub>	E [1.57 à 2.33 mm]	V <sub>3</sub> =1.542m <sup>3</sup>	40%

### XXI – Programme de développement :

#### BUT :

Le développement d'un forage est effectuée pour deux raisons fondamentales :

**a** : stabiliser la formation et le forage en faisant mouvoir les particules susceptibles d'être

déplacées , et disloquant les ponts de sable en créant un réarrangement des grains , et en assurant le tassement de gravier.

**b** : améliorer la perméabilité de l'aquifère au voisinage du forage, d'one sa productivité .

pour cela plusieurs types de développement existent :

par sur pompage , par pitonnage , nettoyage à jet d'eau par traitement chimique par air lift.

nous proposons celle est la méthode a l'air lift .

nous proposons celle qui est plus répandre et plus utilisée en Algérie qui la méthode à l'air lift.

### 1 –Equipments utiles :

Un compresseur.

Une tuyauterie : tube d'eau et tube d'air .

Un robinet à boisseau et un presse étoupe.

- la condition pour avoir le pompage :

$$\gamma_e (L_{air} - ND) > \gamma_{em} * L_{air}$$

- Pour assurer le début de pompage, la pression minimale du compresseur soit :

$$\gamma_e (L_{air} - ND) < \frac{Pr \text{ nominale}}{10}$$

### 2 – Principe de pompage :

Faire descendre le tube d'eau a 0.60m du sabot delà crépin

Faire descendre le tube d'eau a l'intérieur de celui d'eau

A **0.30 m** de la base de ce dernier.

Actionner le compresseur , et laisser s'écouler l'eau jusqu'a quelle sorte sans sable .

fermer le robin et , ce que fait monter la pression au niveau du compresseur .tout en faisant descendre le sabot du tube d'air à **0.30 m** au dessous de celui du tube d'eau .

ouvrir brusquement le robinet , d'air , pendant un temps très court ,ce que fait projeter violement l'air au dehors par le tube d'eau et le casing faire remonter le tube d'air à sa position initiale , on à donc créer un flux et un reflux ,l'eau monter alors trouble par le tube d'eau une fois l'eau claire , remonter le dispositif de **0.60 m** à **1m** et refaire les opérations par cédates , pour un nouveau traitement de la formation , au niveau du tube ou du sabot du tube d'eau et ainsi de suite , sur toute

la longueur de la crépine . Il est nécessaire de faire redescendre à nouveau le tube d'eau à la position de **0.60 m** du fond , afin , afin de faire sortir par air lift le sable qui s'est posé tout au fond de la crépine . l'opération sera considérée comme faite une fois l'eau sortira claire .

### **Conclusion**

Dans le souci de mettre en place une procédure permettant de choisir un appareil de forage répondant aux exigences des besoins exprimés pour le forage des puits d'eau (et de pétrole) d'une part, et l'adaptation de l'appareil aux différentes gammes des profondeurs d'autre part, nous avons proposé un programme de calcul pour la réalisation d'un ouvrage et ce, selon la disponibilité du matériel. Au terme de ce travail nous avons pu retenir les points suivants :

- ✓ Elle connue pour son caractère industriel, puisque considérée comme zone pétrolière où plusieurs compagnies dans le domaine y sont installées, depuis des décennies.
- ✓ C'est, au fait, une région désertique connue par la rareté du couvert végétal (terre nue), suite à la conjugaison de plusieurs facteurs, dont le climat. En effet le climat qui y règne est du type aride à hyper – aride, avec des précipitations presque nulles, et ce durant tout le long de l'année. On enregistre une moyenne de **2.68** mm/an. Les températures sont, au contraire, élevées et peuvent atteindre une moyenne de 24.1°C.
- ✓ Le concours de ces deux facteurs, en combinaison avec tant d'autres, confère à la région son caractère de zone stressée ou en détresse, à cause du bilan déficitaire en eau.
- ✓ La demande en eau est en continuelle augmentation, suite à l'augmentation du nombre d'habitants et au développement des activités socio – économiques. Pour

satisfaire toutes ces sollicitations on est contraint de trouver une alternative.

Le recours, à court et moyen termes, aux eaux souterraines constitue, à première approximation, une solution, mais qui demeure précaire. L'exploitation de ces ressources implique l'emploi de techniques dites de forage. Ces dernières s'exécutent conformément à un programme, qui doit être mis en place avec soin. C'est cette question qui a constitué le thème de travail.

Pour ce faire, nous avons suivi la démarche suivante :

- ✓ L'ouvrage est réalisé sur une profondeur de 1 295m. Les travaux ont été faits sur trois phases. Mais avant ça, et pour l'ancrage de l'ouvrage, nous avons commencé par un tube guide, lui attribuant un diamètre de 26", tubé avec un casing de 24", sur dix (10) m de profondeur.

La première sur une profondeur de (60) m, avec :

- ✓ Un outil 22" : 1.1.1 : une vitesse de rotation de 60 à 100 tr/min ; un poids axial de : 1 à 25 \* 10<sup>3</sup> daN et un débit de : 1 000 l/min.

La seconde phase sur une profondeur de (490) m, avec :

- ✓ Un outil 17"<sup>1/2</sup> : 1.1.4 : une vitesse de rotation 180 tr/min, un poids axial de : 18 à 24 \* 10<sup>3</sup> daN et un débit de : 2 600 l/m.

Une troisième phase, sur une profondeur de (1 295) m, avec :

- ✓ Un outil 12"<sup>1/4</sup> : 1.2.4 : une vitesse de rotation : 140 tr/min, un poids axial de : 16 à 22 \* 10<sup>3</sup> daN et un débit de : 3 000 l/m.
- ✓ Le volume total de fluide de forage est de l'ordre de 359 m<sup>3</sup>, ce qui équivaut une quantité totale d'argile d'environ 78t, autrement dit 1 560 sacs de 50kg.
- ✓ Les outils utilisés : 22" : 1.1.1, à dents GTXCG1, 17"<sup>1/2</sup> : 1.2.4, à dents, 12"<sup>1/4</sup> : 1.3.8, (IADC) à dents.

La garniture que nous avons choisie se compose :

- ✓ Cent cinquante (150) tiges, assurant une longueur de 1 295 m ;
- ✓ Treize masses – tiges, dont cinq (5 DC de 14") et huit (8 DC de 10"), assurant
- ✓ une longueur de 40m pour première phase et 71.9m pour deuxième phase et 63.7m pour troisième phase.
- ✓ Cette garniture pourra bien résister aux différents efforts et sollicitations.
- ✓ Pour la pose des colonnes de casing, et assurer une meilleure étanchéité, nous avons utilisé quantité de ciment sec de 504 tonnes, pour cimenter les trois (3 colonnes).
- ✓ À la suite de tous ces calculs, nous proposons, un appareil léger, ayant une puissance de 750hp et une capacité au crochet de 160tonnes. (Par exemple un rig chinois de marque spetro).

- ✓ Le modèle que nous avons proposé fonctionne parfaitement, et était semblable à celui exécuté sur terrain, à quelques détails près.

Diamètre du crépine	$\varnothing_{cr} = \frac{\alpha \cdot Q}{L_{cr}} = (mm).$
Diamètre intérieur du dernière phase	$\varnothing_{int} = 5'' = 127 \text{ mm}$
Diamètre extérieur du tubage de dernière phase	$\varnothing_{ext} = 5''^{5/8} = 142,87 \text{ mm}$
Diamètre du rock bit	$\varnothing_{RB} = \varnothing_{Ex Cr} + 2\delta 11''^{5/8} \cong 295,27 \text{ mm}.$
Diamètre intérieur du tubage	$\varnothing_{in csg} = 311,15 + 6,7 = 317,86 \text{ mm}$
Diamètre extérieur du tubage	$\varnothing_{ex csg} = 13''^{3/8} = 339,725 \text{ mm}$
La densité du boue	$\gamma_b = \frac{h}{H} = \frac{200-55}{200} = 0.725$
La pression hydrostatique	$p_h = \frac{\gamma_b \cdot H}{10} \quad p_h = \frac{1,03 \cdot 200}{10} = 20,6 \text{ kgf/cm}^2 =$
La pression de couche	$p_c = \frac{\gamma_e \cdot h}{10} = \frac{1 \cdot 145}{10} = 14,5 \text{ kgf/cm}^2$
volumé de boue pour le trou foré en 22"	$v_t = 245.2 \times 10 = 2452 \text{ L}$
volumé de boue l'état du trou (rugosité)	$v_t \times k = v_r = 245,2 \times 1.2 = 2,9424 \text{ m}^3$
volumé de réservoir	$v_{reserve} : v_r = \frac{v_p}{2} = 6,15 \text{ m}^3.$
La quantité d'argile	$q_a = \frac{2.5(1.03-1)}{2.5-1} * 46,45 = 2.32 \text{ tonnes}$
Diamètre extérieur du masse tiges	$\varnothing_{ex dc} : 10'' \text{ et } \varnothing_{in dc} = 3''.$
La longeurs des Masses – tiges	$L_{DC} = \frac{16 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{361.6 \cdot 0.868} = 63,72 \text{ m}$
Le diamètre du tiges	$\varnothing_{DP} = (0,47 \text{ à } 0,68) \varnothing_{RB}$
La longueur du tiges	$L_{DP} = 150 - (63.72 + 12.19) = 74,09 \text{ m}$
La contrainte à la traction	$\delta_t = \frac{L_{DC} \cdot Q_{DC} + L_{DP} \cdot Q_{DP}}{S} = 646,74 \text{ kgf/cm}^2$
La contrainte à la torsion	$\tau = 71620 * \frac{1.36(P_{dest} \cdot Prot)}{W_0 \cdot N} = 395.109 \text{ kgf/cm}^2$
le débit utile	$Q_u = v' \times s = 0,21 \times 0,1425 = 0,00299 \text{ m}^3/\text{s}$
Le volumé nécessaire de laitier de ciment	$V_L = 4.407 \text{ cm}^3$
La Pression de refoulement	$P_{max} = 11 + 3,336 = 14,336 \text{ kgf/cm}^2$
poids des DC et poids des DP	$P_{DC} = q_{DC} \cdot L = 23041,152 \text{ kg}$ $P_{dp} = q_{DP} \cdot L_{DP} = 1562 \text{ kg}.$

## ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans un objectif premier, on se propose de dresser un programme de forage pour la réalisation d'un ouvrage d'alimentation en eau potable (*AEP*), dans le bassin d'El Malabiod. Ce dernier se trouve désormais dans une phase de transition environnementale concomitante à celle de sa transition économique. Les enjeux et défis qui se présentent à son territoire, de même que la nature et l'étendue des problèmes environnementaux rencontrés montrent clairement que la dégradation écologique, même si elle n'a pas atteint son paroxysme, risque de devenir irréversible, notamment en ce qui concerne le patrimoine naturel (dont une partie n'est pas renouvelable).

El Malabiod est une circonscription administrative localisée au Sud-est de Tébessa qui est située au Nord-est Algérien et faisant partie du grand bassin versant du Chott Melhrir. Il couvre une superficie de  $648\text{km}^2$  et se distingue par ce qui suit :

Il est d'un relief fort, cernant une plaine dont l'altitude est comprise entre  $1\ 020$  et  $1\ 200\text{m}$ . Le couvert végétal est varié, avec une dominance du domaine forestier et avec un degré moindre, des terres agricoles, le reste c'est des parcours, des terres incultes ou improductives.

Le suivi de l'évolution géologique de la région permet d'identifier un haut plateau où on peut distinguer deux grands ensembles ; les affleurements de bordure d'âge crétacé et les formations d'âge miocène et quaternaire occupant la totalité de la plaine, qui a la forme d'une cuvette.

Un climat steppique/semi-aride règne sur le bassin, marqué par les paramètres géographiques (l'altitude, l'éloignement de la mer, l'orientation des versants de montagnes...) et les facteurs atmosphériques, imposés essentiellement par le régime sub-saharien.

Les précipitations ne font jamais référence à une saison précise, résultat d'un contraste thermique dû à la présence de massifs élevés entourant le bassin, provoquant des mouvements convectifs qui sont à l'origine de pluies orageuses imprévues très fréquentes.

La moyenne observée des précipitations est de  $231.69\text{mm}$ , celle des températures est de  $14.37^\circ\text{C}$ . Le bilan hydrique est dans son ensemble déficitaire, avec une évapotranspiration réelle moyenne d'environ  $231.47\text{mm}$ , un ruissellement moyen de  $6.55\text{mm}$  et une infiltration estimée à  $10.4\text{mm}$ .

Sur le plan hydrogéologique, il a été démontré qu'il existe deux systèmes aquifères. Le premier contenu dans les formations quaternaires (formées d'alluvions et de graviers) malgré qu'il perd de son intérêt devant le deuxième (vue sa faible puissance) qui est localisé dans les sables miocènes, et qui a fait preuve de grande importance hydrogéologique.



L'alimentation du système se fait, soit par les bordures (par le massif calcaire) ou par infiltration (faible) le long de la plaine. L'écoulement dominant converge vers le Sud, suite à la pente et à la topographie du bassin.

Le secteur d'El Goussa, à l'Ouest et celui de Draâ el H'rakel à l'Est sont des zones favorables grâce à leurs bonnes perméabilité et transmissivité.

De point de vue hydrochimique, la représentation des valeurs des eaux échantillonnées et analysées (par différents diagrammes) montre qu'elles un faciès tantôt chloruré – calcique ou magnésien, tantôt sulfaté – calcique.

De point de vue hydrochimique, les résultats d'analyses effectuées et leurs représentations en formules et diagrammes, laissent dire que les eaux de sources avaient un faciès bicarbonaté-calcique, celles de surface sont plutôt chlorurées-calciques tandis que les eaux souterraines sont tantôt chlorurées-calciques ou magnésiennes, tantôt sulfatées-calciques.

Ces eaux, selon les valeurs des paramètres calculés (la *CE*, le *RS*, le *SAR...*), et conformément à la classification du *S.A.R* et le diagramme de *Wilcox*, sont bonnes à admissibles et peuvent par conséquent être utilisées sans danger notable en irrigation.

Il est à noter qu'un risque de pollution multiforme menace les eaux de la région (d'origine urbaine, agricole ou industrielle) pouvant dégrader leur qualité et compromettre leur futur usage.

L'ouvrage qui constitue le thème de ce travail est destiné à fournir de l'eau potable. Il est réalisé par un ADF intermédiaire, caractérisé par une capacité au crochet de 40 T, une puissance au treuil de 171 hp et une profondeur de 750 m avec DP :  $3^{1/2}$ ).

La construction du trou est faite en une seule phase où nous avons utilisé un outil de  $17^{1/2}$ " qu'on tubé en  $13^{3/8}$ " jusqu'à une profondeur de 50 m puis nous avons utilisé une crépine  $5^{5/8}$ " alternée avec tube plein, au bout du tube plein précédent, le tout précédé d'un tube guide de 10 m, foré en 22" et tubé en  $18^{5/8}$ " et cimenté. Le fluide de forage employé a une densité de 1,03 et une viscosité allant de 60 à 80s.

L'avenir ne se prévoit pas, il se prépare, et comme la ressource en eau à l'échelle de notre bassin devient de plus en plus rare, on est donc appelé à s'attaquer aux priorités d'abord, pour se prémunir d'éventuelles pénuries et économiser donc d'importantes quantités d'eau.

RECOMMANDATIONS :

Il nous est alors recommandé de mettre l'accent sur les points suivants :

- ✓ La réalisation d'infrastructures de stockage d'eau (barrages, retenues collinaires...), de nouveaux forages ou la reprise de ceux abandonnés si possible ;
- ✓ Élaboration de politiques d'ensemble à laquelle il faut associer tous les acteurs et partenaires, et encourager les initiatives individuelles en matière d'aménagement, à condition qu'elles répondent à l'intérêt général et obéissent à la législation en vigueur ;
- ✓ Amélioration des services collectifs (*AEP, AEA, AEI*, Assainissement...) par la rénovation du réseau vétuste, limiter les fuites, et assurer une prestation de qualité et en permanence des usagers, qu'il faut impliquer dans les nouvelles orientations et les modalités de gestion ;
- ✓ Parer à la désertification et à l'érosion et la réhabilitation de la vocation (agricole) de la région, pour préserver le patrimoine national et protéger la biodiversité ;
- ✓ Remise à l'état et l'amélioration du réseau d'observation météorologique et hydrométrique avec un personnel dûment formé et un matériel équipé de technologies modernes, celui piézométrique, pour suivre les fluctuations du niveau dans les divers horizons et l'intensification des campagnes de contrôle de la qualité des eaux du bassin ;
- ✓ Lutter contre toute forme de pollution ; par la mise en place de stations de traitement ou d'épuration et réduire les rejets dans la nature ou dans les affluents d'Oueds ;
- ✓ Des recommandations doivent être faites pour la généralisation de robinetterie plus sophistiquée, des aérateurs doivent permettre d'ajouter de l'air à l'eau durant la douche et diminuer ainsi la consommation d'eau. Des instructions doivent également être données pour réduire l'arrosage et l'irrigation privée, en particulier par des systèmes permettant d'arrêter automatiquement l'approvisionnement en eau quand la quantité nécessaire a été fournie.

## ***RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

## Références Bibliographiques :

**ADE** , Algérienne des eaux les analyse d'eau de région de Banaceur

**ALBERT MABILOT** , le forage d'eau Guide pratique .

**ALIAT hocin2016** , Etude hydrogéologique et hydauchimique de la région de taibet (SE Algérie) univ de Ouargla .

**ANAT**, Plan d'aménagement de la wilaya de Tébessa (PAW), Phase I, II

**ANNIE Erhard-Cassegrain, Jean Margat, (1 979)**, L'eau première matière ; ressources utilisations, besoins et demandes, coûts et prix, prélèvements et consommations. Édition BRGM, Orléans. Cedex.

**ANNIE Erhard-Cassegrain, Jean Margat, (1 983)**, Introduction à l'économie générale de l'eau. Edition Masson, Paris (361p).

**ANONYME, (1 973-1 975)**, Fiche technique des forages : M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>, M<sub>6</sub>, M<sub>8</sub>, M<sub>9</sub>, M<sub>10</sub>, AT<sub>1</sub>.

**ANRH** ,agence national des ressources hydrique ( taibet) rapport de fin sondage.

**ANSARI, M. L, (1 994)**, Islamic perspectives on sustainable development, American journal of islamic social sciencies 11 (3), p. 394-402.

**ASTIER J.L. (1 971)**, La géophysique appliquée à l'Hydrogéologie. Masson et Cie. Edition, Paris 277p.

**BAALI F. LATRECHE Dj. (1 994)**, Approche hydrogéologique de la région d'El Ma El Abiod. Mémoire d'Ingénieur. IST Université de Annaba 168p.

**BOUCHELIG AMOR ET MEKHALIA REDOUANE 2017**, ETUDE SURE LA MAINTENNCE DES SYSTEMES MECANIQUE D'UNE MACHINE DE FORAGE master Univ.de Msila .

**BOUSELSAL BOUALEM** ,FORAGE D'EAU procède et mesures .

**BRGM, (1 975-1 979)**, Cartes de vulnérabilité à la contamination des eaux souterraines (FF: 1/250 000). BRGM, Orléans.

**CASTANY G. (1 963)**, Traité pratique des eaux souterraines. Dunod Edit. Paris, 641p.

**CASTANY G. (1 968)**, Prospection et exploitation des eaux souterraines. Ed. Dunod Paris France 683p.

**CASTANY G. (1 982)**, Principes et méthodes de l'Hydrogéologie. Dunod Edit. Paris, 334p.

**CASTANY G. et MARGAT (1 977)**, Dictionnaire français d'Hydrogéologie. Bur. Rech. Géol. Minière, 249p.

**CHERII MAHOUDH 2012**,Etude et maintenance de treuil de forage OIL WELL 840<sup>E</sup> Master Univ.deChlef .

- COOTE D.R. GREGORICH (2 000)**, La santé de l'eau – Vers une agriculture durable au Canada. Direction de l'agriculture et de l'agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).
- CORPEN, (2 003)**, Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole : éléments méthodologiques. Applications aux produits phytosanitaires.
- Dausser. J. (1 998)**, L'eau, l'aménagement du territoire et le développement durable. La Houille blanche, n° 2.
- DEGAÏCHIA A., DEFAFLIA N. (1 998)**, Étude sédimentologique et pétrographique du Tortonien inférieur présumable de HadjerSafra- El Malabiod, mémoire d'ingénieur, C. U. de Tébessa.
- Direction de la Planification et de l'Aménagement du territoire**, Annuaire statistique (2 003/09).
- DUCHAUFOR P. (1 995)**, Pédologie, sol, végétation, environnement (4<sup>ième</sup> édition). Abrégés. Paris Masson 324p
- DUROZOY G. (1 956a)**, Carte géologique au 1/50 000 de Tébessa feuille 206. Tébessa I.G.N.
- DUROZOY G. (1 956b)**, Notice explicative de la carte géologique au 1/50 000.
- GUEFAIFIA O. (1 996)**, Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe. Aquifère d'El Malabiod. Mémoire de Magistère Université de Annaba, 143p.
- HANI A. (1 983)**, Étude hydrogéologique des nappes aquifères des formations miocènes dans la région d'El Ma El Abiod. Mémoire d'Ingénieur. Université de Annaba.
- Institut Géographique National**, Carte topographique d'El Malabiod, feuille 235 au 1/50 000.
- LA COMMUNE DE BENCEUR**, situation géographique .
- LABORDE. J. P., (2 006)**, Hydrologie de surface, Cours, Université de Nice-Sophia Antipolis, 191p.
- LES CARTES**
- LES SITES WEB**
- MAGAT J. VALLEE D, (2 000)**, Ressources en eau et utilisations dans les pays méditerranéens : Repères et statistiques.
- MARGAT J. ROUX J.C. (1 986)**, Interaction des impacts des managements et des exploitations sur les eaux de surface et souterraines. Paris : SHF rapport n°14.
- MARSILY DE G. (1 981)**, Hydrogéologie quantitative. Ecole Nationale Sup. des mines de Paris, Masson Edition, 219 pages
- MARSILY DE G. (2 004)**, Cours d'hydrogéologie. Université pierre & marie curie. 226p.
- MEZIANI A, BOULAZAZ S. (2 006)**, Étude hydrogéologique et évolution hydro-chimique de la nappe d'El Malabiod, mémoire d'ingénieur, Université de Constantine.
- MOULAY OMAR YOUNES ET SEDDIKI YUCEF .2017**, suivi d'un forage d'eau dans la région de bouhraoua (wilaya de Ghardaia ) Master Univ .D'Ouargla .

- NOGADI ALI 2014**, la maintenance des équipements de forage (cas TP127Hassimessaoade) Master Univ.de Telemcen.
- ONU, (1 993a)**, Action 21, Chapitre 18, Protection des ressources en eau douce et de leur qualité : application d'approches intégrées de la mise en valeur, de la gestion et de l'utilisation des ressources en eau, centre de recherches pour le développement international, Ottawa.
- ONU, (1 993b)**, Action 21, Chapitre 36, Promotion de l'éducation, de la sensibilisation du public et de la formation, Centre de recherches pour le développement international, Ottawa.
- PNUE (Programme des nations unies pour l'environnement). (1 994)**, Ethics and agenda 21 : moral implications of a global consensus, PNUE, Nairobi.
- REMENIERAS G., (1 980)**, L'hydrologie de l'ingénieur, Paris, Eyrolles, 456p.
- RODIER J. (1996)**, L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>e</sup> édition Dunod, Paris.
- ROUABHIA AEK. (2 001)**, Vulnérabilité à la pollution chimique d'un système aquifère en région semi-aride d'Algérie. Cas de la plaine d'El Malabiod. Mémoire de magister. Université de annaba. 120p.
- ROUABHIA AEK. (2 006)**, Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Malabiod, Nord-Est Algérien, Thèse de doctorat, Université de Annaba.170p.
- ROUBACHE O, FENNI N. (1 997)**, Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine d'El Malabiod-Oum Ali, mémoire d'ingénieur, Université de Constantine.
- SCHOELLER H. (1 962)**, Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources Masson et Cie. Editions, 642 pages.
- SELTZER P., (1 946)**, Le climat de l'Algérie, Alger, Institut de Météorologie et de physique du globe, Carbonnel, 219p.
- TARDAT-HENRY M. (1 984)**, Chimies des eaux. Editions le griffon d'argile inc. 338p.
- www. Abhs. org. dzwww. MRE. org. dzwww. Oieau. frwww. Riob. org

# *ANNEXE*

## Annexe

Tab n°01 : Unités industrielles publics/Bassin d'El Malabiod.SourceDMI/Tébessa

Dénomination Unité	REG	Lieu	Capacité de production	PROD 2008	EFF	Activités
Entreprise nationale de tubes et transfarm-ation de produits	Public	El Malabiod	9 310,9ML	6 265,1ML	219	Fabrication de tubesgalvanisés: rond, carrés, et rectangle
Entreprise nationale des Granulats	Public	El Malabiod	781 000 T/an	647 295 T/an	68	Production : sable, gravier,ballast
Filiale société des ciments de Tébessa Cimenterie d'El Malabiod	Public	El Malabiod	610 010 T/an	610023 T/an		Production de ciments gris CPG 45

Tab n°02 : Répartition de la PME par commue/Bassin d'El Malabiod.SourceDMI/Tébessa

Données statistiques		Nombre de PME	Effectif
01	El Malabiod	29	390
02	Houidjbet	06	24
Total		35	414

Tab n°03 : Répartition des ménages par commune et par taille au RGPH 2 008/Bassin d'ElMalabiod. Source ONS

Commune	Nom de l'agglomération	Type	Nombre de ménage	Taille
Houidjbet	Houidjbet	Agglomération chef lieu	319	5,9
	Bouchebka	Agglomération secondaire	123	5,9
	Zone éparsé	Zone éparsé	362	6,0
Total commune			804	5,9
El Malabiod	El Malabiod	Agglomération chef lieu	1 289	5,9
	Zone éparsé	Zone éparsé	614	6,1
Total commune			1 903	6,0
Total Daïra			2 707	6,0



Tab n°04 : Répartition des terres agricoles par spéculation/Bassin d'El Malabiod. Source DSA/Tébessa

Commune	Céréales		Maraîchages		Fourrages	
	Superficie Ha	Production Qx	Superficie Ha	Production Qx	Superficie Ha	Production Qx
El Malabiod	805	7 550	930	184 435	4 420	9 500
Houidjbet	1 080	10 250	996	250 230	5 120	9 200
Total. Daïra	1 885	17 800	1 926	434 665	9 540	18 700

Source DSA/Tébessa

## Résumé

D'évalue pour la réalisation d'un ouvrage d'eau pour l'AEP dans la région d'EL Malabiod qui se caractérise par la rareté de ses ressources en eau suite à la demande croissante d'aridité de la nature de climat (diminution des précipitations et l'augmentation et le gaspillage)

Nous avons eu recours aux eaux souterraines comme alternative pour satisfaire tous les besoins pour ce faire ma utilisé, la méthode de forage au rotary care elle est la plus efficace et la plus adaptée à la géologie de la région

## Mots clés

aridité, El Malabiod, évaporation, précipitation, forage rotary, ressource en eau .

## ملخص

في هذه المذكرة نحن بصدد اقتراح برنامج حساب من اجل انجاز بئر للتزويد بالمياه الشروب في منطقة تتميز بندرة الموارد المائية نظرا للطلب المتزايد وطبيعة المناخ ( قلة التساقط و ارتفاع نسبة التبخر والتبذير المفرط ) لذلك لجانا الى المياه الجوفية التي تعتبر كبديل من اجل تلبية مختلف الأغراض لبلوغ هذا الهدف استعملنا طريقة الحفر الدوراني لنجاعتها وفعاليتها وتناسبها مع الطبيعة الجيولوجية للمنطقة

## الكلمات المفتاحية

الموارد المائية , الماء الأبيض التبخر التساقط الحفر الدوراني,الجفاف

## Abstract

In this memoire we are going to propose an accounting program to achieve a well to provide drinking water in an area in which characterized by scarcity of water resource due to increasing demand and the nature of climate ( low rainfall , high water evaporation and excessive waste, ) that is why we took refuge to groundwater aquifer , which Is considered as an alternative in order to meet various purpose , to achieve this goal we used the rotary drilling for its effectiveness and efficiency and its compatibility with the geological nature of this area.

## Key words

scarcity, El Malabiod, evaporation, rainfall, rotary drilling, water resource