

République Algérienne Démocratique Et Publique



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.



Université D'Oran 02 Mohamed Ben Ahmed

Faculté Des Sciences de la Terre et D'Univers

Département des Sciences de la Terre

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER EN GEOLOGIE**

Option : Hydrogéologie

Spécialité : Eaux souterraines et environnement (ESE)

Thème :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION
DES PLATEAUX D'ACHAACHA-HADJADJ (Willaya De Mostaghanem N.W.
Algérie) Département des Sciences de la Terre**

Présenté par : **M^{elle}. BENSAAD SALIMA**

Soutenu le : 02/07/2018

Devant le jury :

- | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| • M ^r .MANSOUR H. | Professeur | Univ. Oran2 | Président. |
| • M ^{me} . ABLAOUI H. | Maitre assistante | Univ. Oran2 | Rapporteur. |
| • M ^r .BOURSALI T. | Maitre assistant | Univ. Oran2 | Examineur. |
| • M ^r . BAICHE A.E.K | Maitre assistant | Univ. Oran2 | Examineur. |
| • M ^r . DAHOU M. | Directeur | A.D.E | Invité. |

ORAN 2018

Remerciements :

En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude. Au terme de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur Mme. ABLAOUI H., notre enseignante généreuse pour ces efforts considérables et pour son énorme soutien qu'elle a continué à fournir tout au long du projet, sans oublier ses critiques franches qui m'ont beaucoup aidée à accomplir ce travail.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres de jury : Mr. MANSOUR H., professeur à l'université D'Oran 2, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury et accepter de bien vouloir juger ce travail; à Mr. BAICHE A.E.K. et Mr. BOURSALI T. Pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Nous offrons toute notre sympathie au personnel de la Direction Algérie des Eaux, et de la Direction des Ressources en Eaux de la Willaya de Mostaganem pour leur contribution et leur aide. Et en particulier à Mr. KEHILA ABD ELRAHMAN et Mr. DAHOU pour tous les efforts déployés, ce qui a entraîné un doublement de ce travail

Je tiens à remercier également tout le personnel du département des sciences de la terre de l'université d'Oran 2 pour leur aide et les conseils qu'ils m'ont prodigués avec une disponibilité jamais démentie tout au long de mes études.

Enfin, mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

DÉDICACE:

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers
Ce travail est dédié a mon père « Allah yarhameh », qui m'a toujours poussé et motivé
dans mes études, puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A ma chère maman : FATIMA

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour eternel et ma
considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien
être.

Je vous remercie pour tous leur soutien et l'amour que vous me portez depuis mon
enfance. Et j'espère que leur bénédiction m'accompagne toujours. Puisse Dieu, le très haut,
vous accordez santé, bonheur et longue vie.

A ma famille, mes frères: Mohammed, El-hadj et Ahmed.

Mes sœurs : Fatma, Yamina.

Et surtout ma chère sœur Kahla et son Mari Khaled

Merci beaucoup pour votre attention contante et votre enthousiasme pour mon confort.

A ma deuxième famille : mon oncle Kouider et ma tante Zohra.

Et mes seour : Namira, khadidja, la petite chaimaa et ma meilleure amie,

Ma jumelle ZINEB que j'aime beaucoup

Et sans elle je n'aurais jamais fait ce travail.

A mes amies qui m'ont encouragé, m'ont donné des conseils et qui se reconnaîtront.

Table De Matière

Table des Matières

Remerciement

Dédicaces

Table des Matières

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Acronymes

Introduction Générale

Chapitre I : Considération Générale

Introduction.....	2
I - Cadre Géographique et Géomorphologique	2
I - 1- 1- Situation Géographique Générale	2
I -1- 2- Situation Géographique Locale	4
I -2- Caractéristique du milieu physique du secteur d'étude.....	6
2-1- géomorphologie.....	6
2-2- topographie	6
2-3- pente	7
2-4- Hydrographie	8
II- La Géologie de la zone étudiée	9
II -1-formations allochtones	11
II – 2-nappe de charriages	11
II -3- formations autochtones	12
II - 3- 1 Le Miocène.....	12
II -3- 2- Pliocène.....	13
II - 4- Structure.....	17
II - 4-1 tectonique	17
II -4- 1-2 Bordures.....	19
Conclusion.	21

Table De Matière

III- Climatologie	22
Introduction	22
III -1- A -Etudes de Précipitations.....	23
A- 1.1. Précipitations moyennes annuelles de la station de Mostaganem (1989 – 2008).....	23
A-1.2. Précipitations moyennes mensuelles de la station de Mostaganem (1989 _ 2008).....	24
A-2. Station d'Oued Kramis.....	25
A-2.1. Précipitations moyennes mensuelles.....	25
A - 3- Variation saisonnière des précipitations	26
III-1-B - Etude des températures	27
III – 1- C- Étude de la relation températures, précipitations.....	28
C -1 – 1- rapports P/T	28
III -2- Les indices climatiques	30
2 -1 - Indice d'aridité de Martonne	30
2 -1- 2- indice d'aridité annuelle	30
2 - 2 -Indice de Stewart.....	32
2 - 3- Indice climatique d'Emberger.....	33
2 - 4- L'indice de Paul Moral	34
III – 3- Évaporation et l'Évapotranspiration.....	35
III - 3- 1- évapotranspiration potentielle (ETP)	35
III - 3- 2- évapotranspiration réelle (ETR).....	37
III – 3- 3- bilan hydrique.....	40
III -3 -3 -1 - Déficit d'écoulement	40
III -3 -3 -2 - L'excédent	40
III -3 -3 -3 - Les écoulement	40
III -3 -3 -4 - La réserve utile	40
III – 4- Bilan hydrologique (1989-2008).....	41
III – 4- 1- Calcul du ruissellement par la méthode de TIXERONT- BERKALOFF.....	42
III - 4- 2- . Estimation de l'infiltration.....	42

Table De Matière

- Conclusion
...42

Chapitre II : Géophysique

Introduction

.....	
.44	
I - Méthode de résistivité	44
I - 1 - Présentation théorique	44
I - 2. Mode opératoire	44
I - 3- tomographie électrique	46
I - 4 -Documents obtenus	47
II - application à la région d'étude	48
II – 1. Campagne exécutée.....	48
II – 2 - Présentation de quelques courbes de terrain de sondage électriques	48
a- Interprétation qualitative	48
b- Interprétation quantitative	53
c- Présentation des coupes géo électriques.....	55
II – 3-Interprétation des sondages électriques.....	58
Conclusion	59

Chapitre III : Hydrogéologie.

Introduction	61
I - Hydrogéologie	61
I – 1- Caractéristiques physiques de l'aquifère des monts de Dahra	62
➤ Epaisseur des formations aquifères	63
➤ Influence du substratum	64
➤ Aquifères potentiels	64
- niveaux à faible perméabilité	65
-niveaux à perméabilité moyenne	65
- niveau à bonne perméabilité	65
II – Etude de la piézométrie :.....	66
II - 1- Inventaire des points d'eau	66
II -2 - Carte Piézométrique (2015/2016) :.....	67
II – 2 -1 - Interprétation de la carte piézométrique :.....	70

Table De Matière

Conclusion :.....	70
Conclusion générale	71
Références bibliographiques	

Liste des figures

Liste des figures

Fig. - 01: Situation géographique de la Willaya de Mostaganem (in elmihwar.com).....	3
Fig. - 02 : géomorphologie générale du bassin du chélif	4
Fig. - 03 : Situation de la zone d'étude (in mostaganem.wordpress.com).....	5
Fig. - 04 : Altimétrie de la zone d'intérêt (in kouadri 2013)	7
Fig. - 05 : Carte des pentes (in kouadri 2013).....	8
Fig. - 06: Carte hydrographique de secteur étudié (in kouadri 2013).....	9
Fig. -07: Extrait de la Carte géologique de la zone d'étude (In Manquene J. 1985).....	10
Fig. - 08 : Log litho-stratigraphique et niveaux aquifères en général	14
Fig. - 09: Coupes géologiques du plateau. (In kouadri 2013).....	16
Fig. - 10 : Carte structurale du plateau de Mostaganem.....	18
Fig. - 11: Extrait de la carte pluviométrique de la région de Mostaganem (ANRH 2012).....	23
Fig. - 12 : variation interannuelle des précipitations de la station de Mostaganem (1989_2008)	24
Fig. - 13 : Répartition mensuelles des précipitations (station de Mostaganem 1989 – 2008).....	25
Fig. - 14 : Répartition mensuelles des précipitations de la station d'Oued kramis.....	26
Fig. - 15 : Précipitations saisonnières des deux stations (1989-2008).....	27
Fig. - 16 : Répartition graphique des variations des moyennes mensuelles des températures de la Station de Mostaganem (1989-2008).....	28
Fig. - 17: Courbe pluviothermique de la station de Mostaganem (1989-2008)	29
Fig. - 18: d'indice d'aridité annuel de De-Martonne	31
Fig. - 19 : Représentation de l'indice climatique d'Emberger	34
Fig. - 20: Abaque de Verdeil pour calculer l'ETR.....	38
Fig. - 21 : Abaque de Wundt pour calculer l'ETR. (Modifié par Coutagne)	39
Fig. -22: photos représentent des instruments de mesure	45
Fig. - 23: Principe de dispositif d'injection de courant dans le sol.....	46
Fig. - 24: Illustration de la technique tomographique.....	47
Fig. - 25 : Position de sondage (IFES, 2000).....	48
Fig. - 26 : Terrain à deux couches tC- tC.....	50
Fig. - 27 : Terrain à trois couches tC- ttC- tC	51
Fig. - 28 : Terrain à trois couches C- tC- C.....	51
Fig. - 29: Terrain à trois couches mR-R-C.....	52

Liste des figures

Fig. - 30 :Terrain à quatre couches C-R-C-tC-C.....	52
Fig. – 31 :Terrain à quatre couches C-R-C-tC-C.....	53
Fig. - 32 :Terrain à quatre couches tC-C-tC-C.....	53
Fig. -33a : coupes géo électriques.....	55
Fig. –33b : coupes géo électriques.....	55
Fig. - 33 c :coupes géo électriques	56
Fig. - 33 d :coupes géo électriques.....	56
Fig. -33 e :coupes géo électriques.....	56
Fig. -33 f :coupes géo électriques.....	57
Fig. -33 g :coupes géo électriques.....	57
Fig. -33 h : coupes géo électriques.....	57
Fig. - 33 i : coupes géo électriques.....	58
Fig. - 34 :Photo satellite landsat du plateau ainsi que de la ville de Mostaganem	62
Fig.-35 :coupeschématique représentant les formations de l'aquifère de la région d'étude.....	63
Fig. - 36 :Base de données des différents forages couvrant la zone d'étude.....	66
Fig. - 37 :Carte des points de mesure de la région d'étudiée en (2015/2016).....	68
Fig. 38 --Carte piézométrique de la région d'étudiée en (2015/2016).....	69

Liste des tableaux :

Tableau n°01 : Variations des précipitations annuelles de la station de Mostaganem (1989-2008).....	23
Tableau n° 02 : Variations des précipitations mensuelles (Mostaganem 1989-2008)	24
Tableau n° 03 : variations des précipitations mensuelles (kramis 1989-2008)	25
Tableau n°04 : variations saisonnières des pluies pour les deux stations étudiées.....	26
Tableau n°05 : Moyennes mensuelles des températures à la station de Mostaganem.....	27
Tableau n°06 : valeurs des précipitations ; des températures et le rapport P/T de la station de Mostaganem.....	29
Tableau n°07 : valeurs des précipitations et des températures de la station de Mostaganem	32
Tableaux n°08 : les indices climatique	35
Tableaux n°09 : calcul de l'évapotranspiration potentielle de la station de Mostaganem	36
Tableaux n°10 : Calcul de l'ETR par différentes méthodes	40
Tableau n°11 : Tableau récapitulatif du bilan hydrologique de Thornthwaite.....	41
Tableaux n°12 : Estimation des valeurs de l'infiltration par différentes méthodes.....	42
Tableau n°13 : échelle des résistivités.....	49
Tableau n°14 : Echelle des résistivités	58
Tableau n°15 : déferents sous bassins de notre région d'étude	67

Acronymes

Acronymes :

A.D.E : Direction Algérienne des eaux. Mostaganem

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydriques

D.R.E : Direction des Ressources en Eaux, willaya de Mostaganem.

D.H. W : Direction hydraulique de la Wilaya de Mostaganem.

O. N. M : Office national de la météorologie de Mostaganem.

C.G.G : compagnie générale de géophysique

D.E.M.R.H. : direction des études de milieu et de la recherche hydraulique .

B.I.R.H : Bureau Inventaire et Recherche Hydraulique.

I.F.E.S: Icosium Forage Engineering Services

AEP : alimentation en eau potable

Cm : centimètre

Da : déficit d'écoulement

Ec : les écoulements

ETP : évapotranspiration potentiel (mm)

ETR : évapotranspiration réelle (mm)

EX : l'excédent

Fig. : figure

g : gramme

g/l : gramme par litre

HR : l'humidité

m : mètre

m³ : mètre cube

mg /l : milligramme par litre

N : nord

P : précipitation (mm)

Acronymes

s : seconde

S : sud

T : température

W : ouest

°C : degré Celsius

°K : kelvin

Introduction Générale

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales du pays. L'eau reste une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. Sa protection et sa bonne gestion sont donc une nécessité. Les pénuries d'eau, par exagération, ont été plus souvent associées à certains phénomènes naturels (désertifications, changements climatiques) qu'à des erreurs humaines comme le souligne un expert: « il existe aujourd'hui une crise de l'eau mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes-et l'environnement-en souffrent grandement» (Burton. J, 2001) Face à l'augmentation vertigineuse des besoins par rapport à des ressources mobilisées relativement limitées, à la pollution grandissante de ces ressources, qu'elles soient superficielles ou souterraines, l'Algérie, comme tout les autres pays du monde, est sensée mener une politique de l'eau. Situé dans le Nord Ouest de l'Algérie la région de Mostaganem est située sur le littoral Ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 km. Le Chef lieu de la wilaya est située à 365 km à l'Ouest de la capitale, Alger, elle contient environ 10 Dairas et 32 Communes, parmi eux notre région d'étude « plateau de Achaacha-Hadjadj » qui s'étend du cap Ivi jusqu'à cap Kramis

Le travail se veut comme une modeste contribution dans ce sens et a pour but d'étudier la dualité hydrique, à savoir les formations géologique du plateau de Achaacha-Hadjadj, les aquifères les plus important, ainsi que la réalisation de la carte piézométrique sur la base des données de 2015/2016.

Alors, Mon travail s'articule autour de trois chapitres dont :

- Le premier chapitre : considérations générales : comprenant étude des caractéristiques climatiques, géologiques et hydrogéologiques de la région du plateau de Hadjadj - achaacha (les monts de Dahra), afin de connaître les différentes conditions environnantes, la structure tectonique de la région ; et par conséquence de parvenir à une meilleure connaissance sur la nature et la morphologie des aquifères pour localisée les zones favorable à une exploitation des eaux souterraines.
- le deuxième chapitre, consiste à faire une étude géophysique de synthèse, en se basant sur les études antérieure pour donner un aperçu générale sur les résistivités des couches pour déterminer les niveaux aquifères.
- Le troisième chapitre avec la réalisation de la carte piézométrique ainsi que son interprétation
- Et bien sur ce travail sera terminé par une conclusion générale montrant tout les résultats obtenus.

Chapitre I : considérations générales

CHAPITRE I : Considérations Générales

• INTRODUCTION :

La willaya de Mostaganem, de part sa situation géographique révèle de grandes possibilités touristiques, mais sa vocation actuelle est essentiellement l'agriculture.

La région des monts de Dahra est située dans l'atlas tellien de l'Algérie occidentale. Il est constitué par une succession de plaines, de plateaux et de collines orientés suivant une direction E-W à NE-SW. Au nord, les collines bordières élevées de 650m sont adossées aux monts de l'Atlas Tellien, le Dahra et le Boumaâd d'altitude moyenne de 800m à 1000m. Au sud, elles butent contre les monts de l'Ouarsenis (1985m). (Perrodon A, 1957).

I -Cadre géographique et géomorphologique

I-1- 1-Situation géographique générale :(figure n° 01)

La willaya de Mostaganem couvre une superficie de 2269 Km² au Nord - Ouest de l'Algérie, et compte une population estimée au 31/12/2000 à 662.581 habitants, soit une densité de 292 habitants an km². (Radjah, 2008).

Elle est limitée :

- ✓ Au Nord par la méditerranée.
- ✓ A l'Ouest parla wilaya d'Oran.
- ✓ A l'Est par la wilaya de Chleff.
- ✓ Au sud par les wilayas de Mascara et Relizane.

C'est une bande étroite, constituée par une formation dunaire qui est la frange littorale, et contient trois régions du Nord au Sud :

- ✓ Une zone de plateau, représentée par le plateau de Mostaganem
- ✓ Zone montagneuse (mont de Dahra) : A l'Est de l'Oued Cheliff, elle englobe les daïras de Sidi Ali, Sidi Lakhdar, et Achaacha (région d'étude).
- ✓ Zone de plaines : A vocation agricole, elle englobe la plaine des Bordjias.(Beghdadi M. & Tartar R. 2003)

CHAPITRE I : Considérations Générales

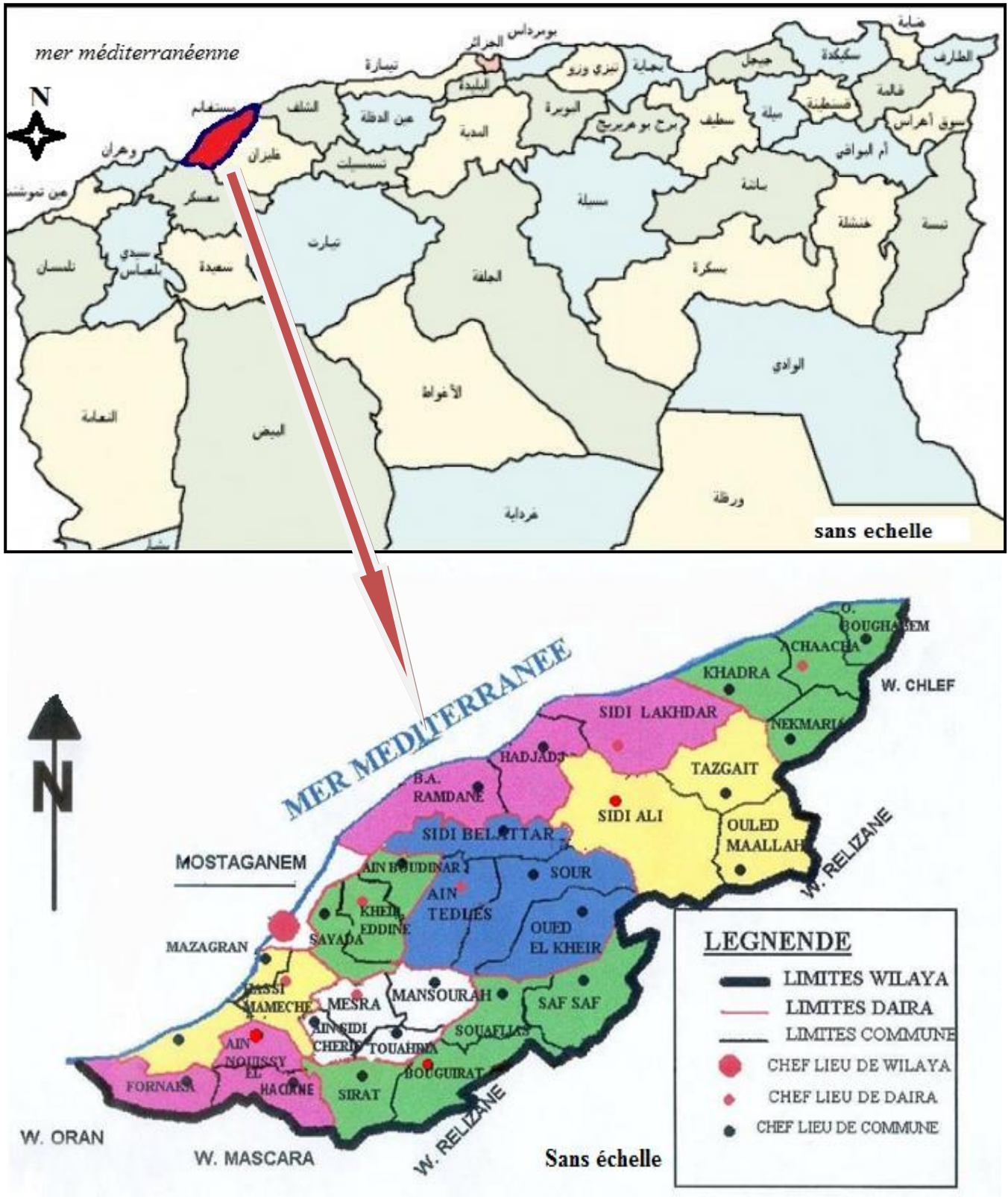


Fig. 1 -Situation géographique de la Wilaya de Mostaganem (in www.elmihwar.com)

CHAPITRE I : Considérations Générales

I-1-2- Situation géographique locale : (figure n°02 & 03)

Le plateau d'Achaacha-Hadjadj (zone d'étude) d'une altitude de l'ordre de 150 à 200m, se présente comme une aire tabulaire qui a pour limite :(fig.2)

- Au Nord : la mer méditerranée.
- D'Ouest en Est : de cap Ivi à cap kramis.
- au Sud : oued Chélif.

La longueur du plateau est de 50 km environ, avec un largeur moyenne de 7 km. Et une superficie de 350 km² environ.

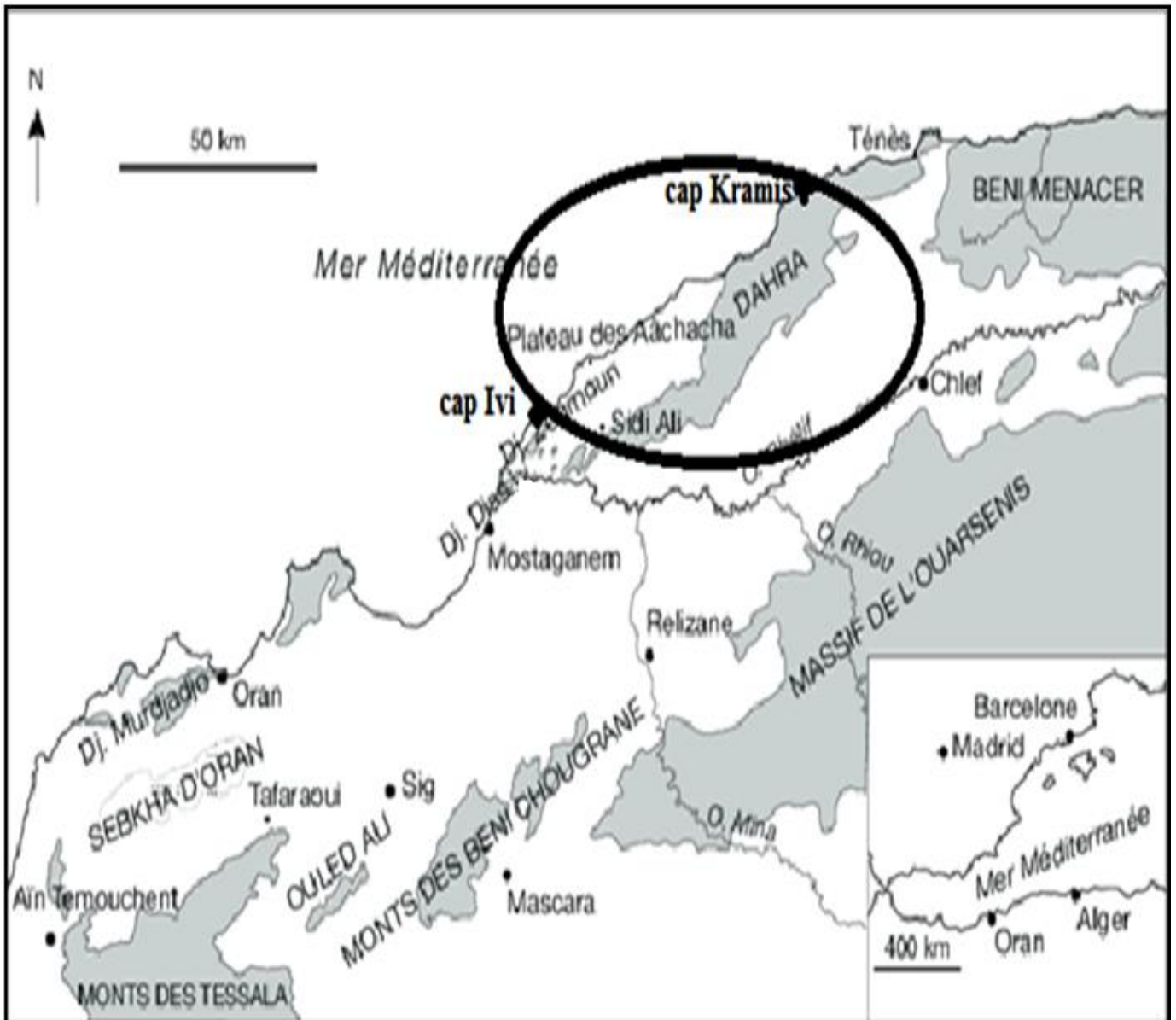


Fig. 2 - La géomorphologie générale du bassin de Cheliff (in kharoubi & boudia 2011).

CHAPITRE I : Considérations Générales

Le secteur d'étude est situé au Nord-est de la wilaya de Mostaganem, et comprend les communes de Hadjadj, Achaacha, Khadra, Ouled Boughalem, Sidi Lakhdar, Ben Abd Elmalek Ramdan, et la partie Nord de Sidi Ali, et est limité géographiquement par : (fig. 3)

- ✓ Au Nord par la mer méditerranéenne.
- ✓ Au sud par les communes de Nekmaria et Tazgait.
- ✓ A l'Est par la commune d'Ouled Boughalem.
- ✓ A l'Ouest par la commune de Sidi Belaatar, Ain Boudinar et le centre de Mostaganem.

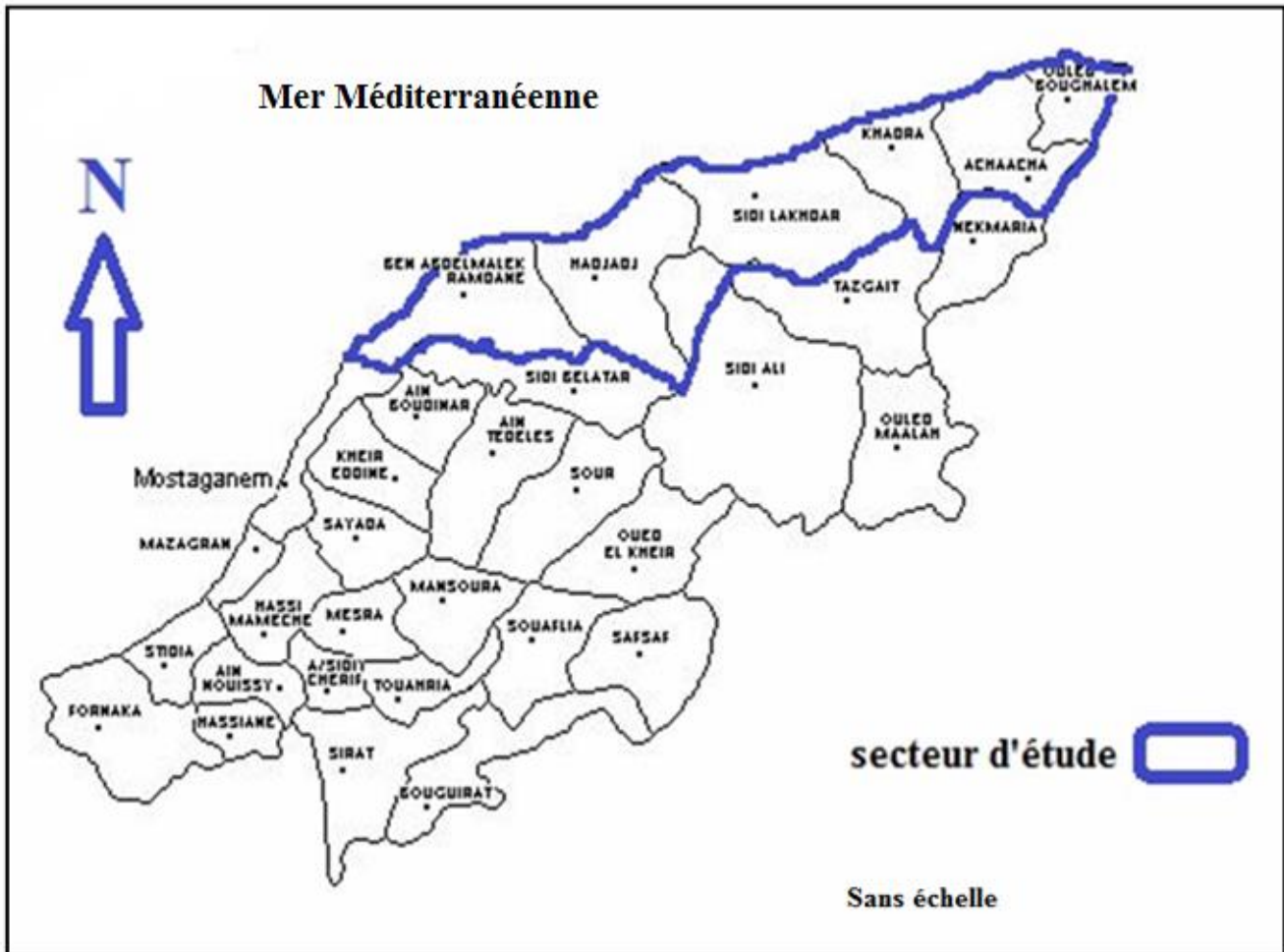


Fig. 3 - Situation de la zone d'étude (in mostaganem.wordpress.com)

Le secteur d'étude, fait partie « des monts de Dahra », et se situe dans la partie occidentale du Tell algérien, à une vingtaine de kilomètres au Nord-Est de la ville de Mostaganem et à l'Est de l'embouchure de l'oued Chélif. (Fig.2)

CHAPITRE I : Considérations Générales

2- Caractéristiques du milieu physique du secteur d'étude :

Le fonctionnement du milieu physique dépend des différents facteurs qui agissent directement ou indirectement sur l'évolution de l'espace, qui sont :

2-1- géomorphologie :

Le plateau Achaacha- Hadjadj comporte deux secteurs :

- ✓ Une frange littorale,
- ✓ Le plateau proprement dit.

La côte où domine les dunes littorales et les formations gréseuses du Quaternaire dessine un arc qui est peut être le résultat de l'action des vents dominants et de la houle sur les structures régionales (fig.2). (In kharoubi & boudia 2011)

Le plateau d'Achaacha-Hadjadj est affecté d'ondulations orientées NE- SW qui sont plus au moins marquées et marquent l'affleurement marneux. La partie orientale du plateau est caractérisée par des bombements (anticlinaux) orientés NE- SW, dans les régions de Sidi Ali, Chouachi et Achaacha. (In kouadri 2013) c'est la substratum du bassin du chelif.

La surface du plateau étudié est partiellement recouverte par les grés du « Calabrien » et par une croûte calcaréo-gréseuse qui forme la corniche que l'on peut observer tout au long de la zone littorale (Ouillis Hadjadj et Khadra)

2-2- Topographie :

Le plateau d'achaacha-Hadjadj est bien individualisé même si ses limites topographiques sont mal aisées à tracer. Il se relie à la côte de 150 à 200m de hauteur. Sa largeur est inégale ; elle est grande à Mostaganem ville. (fig.4)

CHAPITRE I : Considérations Générales

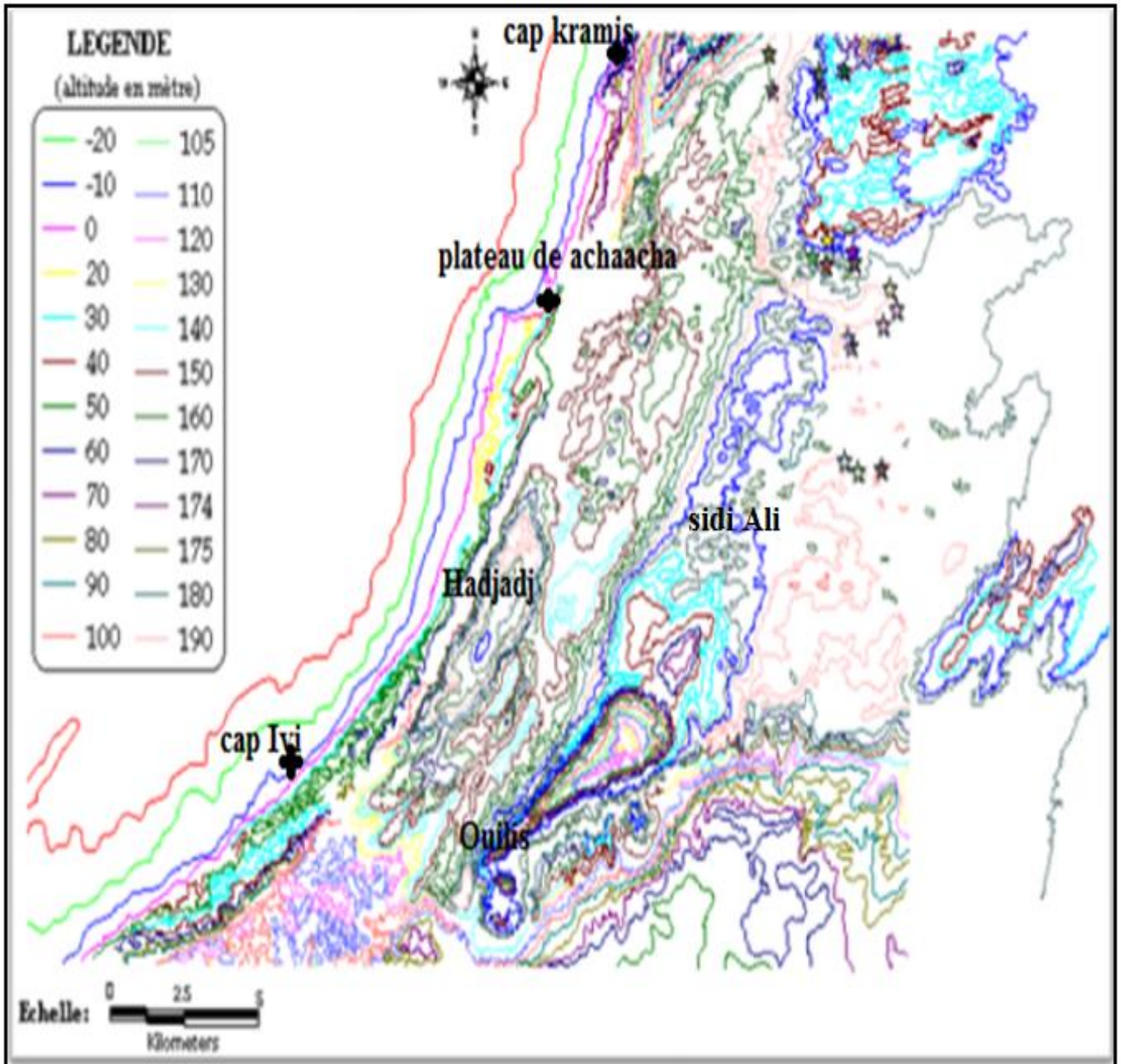


Fig. 4- Altimétrie de la zone d'intérêt (in kouadri 2013)

2-3- pente : (fig. 05)

La quasi-totalité de la zone d'étude est caractérisée par des pentes faibles à très faibles, inférieures à 3%. Plus de 90% des terrains sont dominés par des pentes ne dépassant guère les 1% de déclivité, à l'exception de quelques zones montagneuses où les pentes varient entre 12% et 18% de déclivité.

CHAPITRE I : Considérations Générales

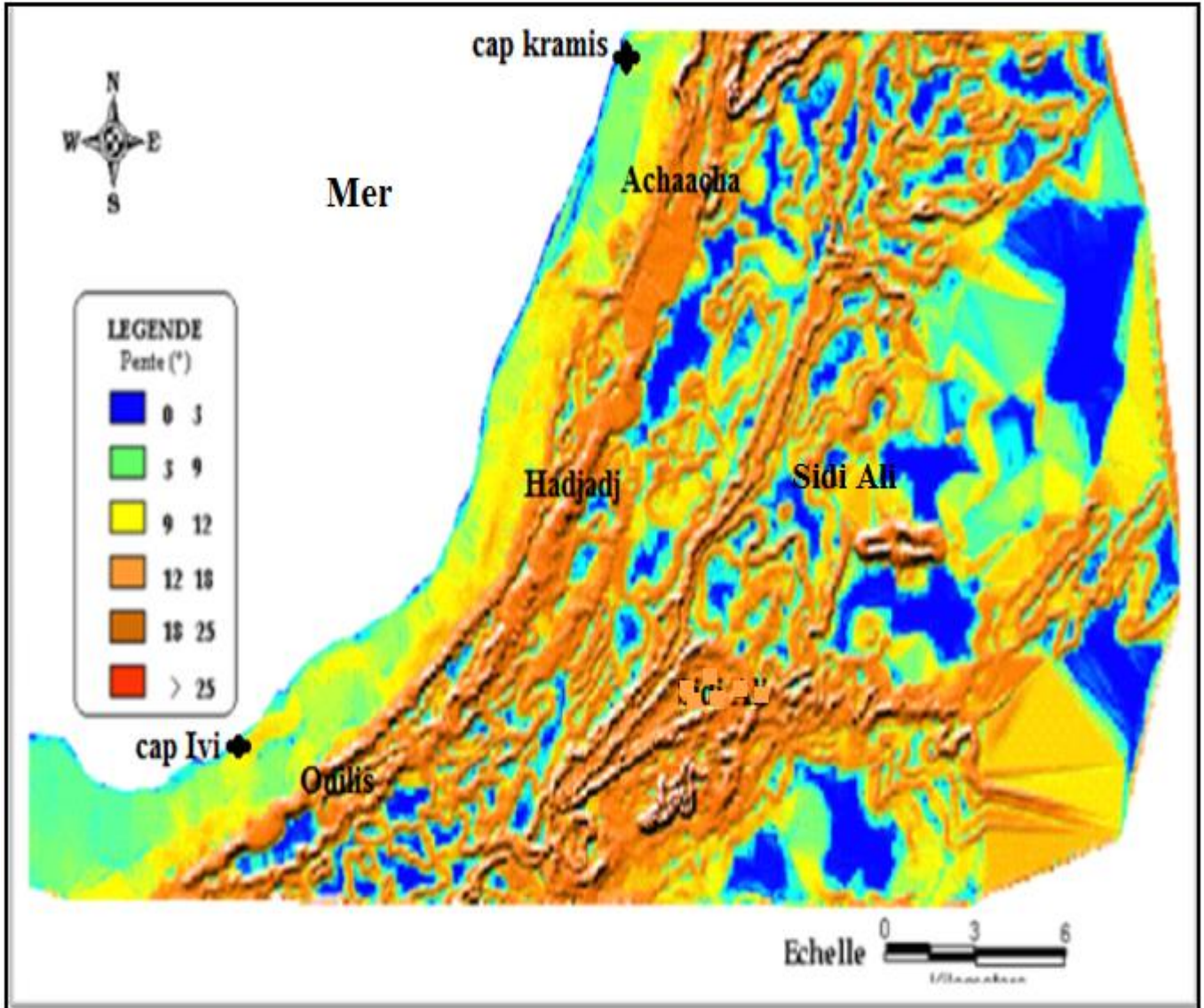


Fig. 5 -Carte des pentes de plateau d'Achaacha-Hadjadj (in kouadri 2013)

2-4- Hydrographie :(fig. 06)

Le système de drainage du plateau d'Achaacha-Hadjadj comporte plusieurs oueds dont les principaux sont (fig.6) :

Oued Oullis, Oued Ouled Boughalem, Oued sidi Moussa, Oued Seddaoua, Oued Titinguel, Oued kaddous, Oued El Abid, Oued Roumane, Oued Zerrifa et Oued kramis.

Ces oueds entaillent profondément les formations aquifères du quaternaire et coulent directement sur le substratum marneux (in kouadri 2013).

CHAPITRE I : Considérations Générales

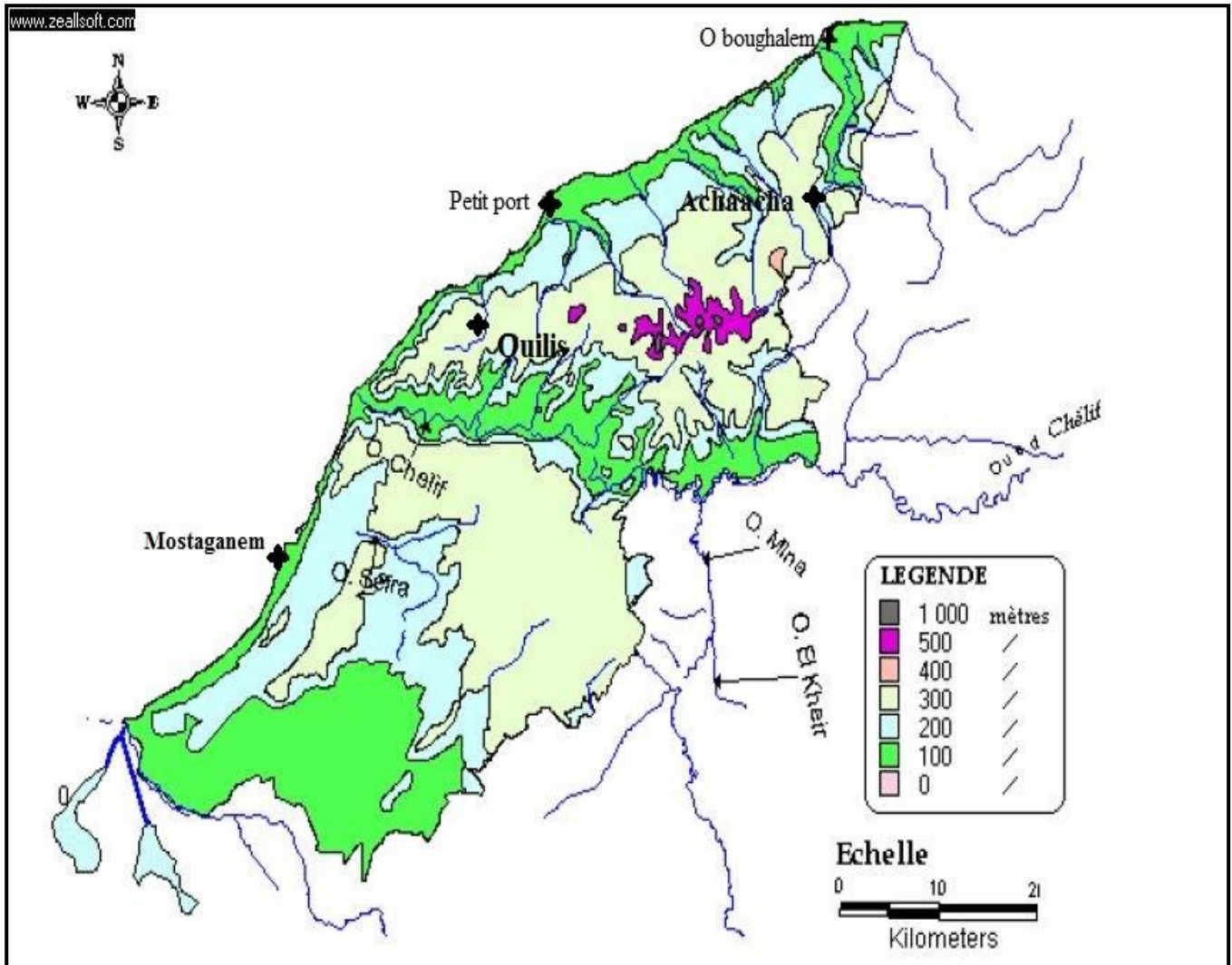


Fig. 6 -carte hydrographique du secteur étudié(in kouadri 2013).

II- La Géologie de la zone étudiée (achaacha-Hadjadj): (fig.7&8)

Plusieurs auteurs ont étudié la région de Mostaganem et les monts de Dahra ; plus particulièrement Dalloni.M, Delteil.T,Thomas.G, et Perrodon.A. Tous ont démontré que cette région présente une structure et une lithologie assez simple.

Le plateau de Hadjadj-Achaacha comporte une série imperméable constituée de marnes du Miocène ou du Pliocène inférieur. Cette formation constitue le mur de l'aquifère perméable, constitué par des formations gréseuses ou grésosableuses avec quelques passées argileuses du Pliocène supérieur et du Quaternaire (fig. 7).

CHAPITRE I : Considérations Générales

Fig. 7–Extrait de la Carte géologique de la zone d'étude (In Manquene J. 1985)

10

CHAPITRE I : Considérations Générales

D'après Perrodon (1957), Il existe trois types de formations :

- Des formations allochtones
- Nappes de charriage
- Des formations autochtones

II-1- Les formations allochtones :

Nappe du flysch Tectonique d'âge crétacé supérieur : Il s'agit d'une série se composant de pyélites, gypse, marnes, marno-calcaires et argiles en alternance avec des bancs de grés quartzeux à dragées. Cette unité forme le substratum sous la couverture quaternaire dans la partie occidentale du plateau à l'Ouest de l'oued Ouillis. En outre, elle affleure en montagne.

II- 2- Les nappe de charriages :

Au Nord de Mostaganem (Kharouba, Djebel Diss) apparaît un ensemble de terrains appartenant aux nappes qui se prolongent dans la vallée du Chélif jusqu'à l'oued Mina, nous rencontrons les formations suivantes :

➤ Gypse de Trias :

Il se trouve à l'Est d'Ain Nouissy où il est associé aux marnes vertes ou roses, a de la pyrite, a de la dolomie noire à odeur fétide et les sels (chlorure de sodium et du sulfate de magnésium).

➤ Le Flysch vert du Crétacé inférieur :

Il est constitué de calcaire ferrugineux avec pyélite d'une couleur vert sombre. Avec l'abondance des grés quartziques à patine rouille et à cassure en éclat de couleur gris vert très clair.

➤ Le Flysch violacé de l'Albien :

Il renferme des pyélites bleues-claires ainsi que des petits bancs calcaires ferrugineux (10 cm d'épaisseur). Au sommet, on note la présence des niveaux de phtanites et des lambeaux marno-calcaires à rostre de Bélemnites.

➤ Marnes et marno-calcaires

D'une couleur grise, ils renferment des niveaux calcaires clairs à passées riches en rostre de Bélemnites. Cette formation affleure en rive droite et rive gauche de l'oued Chélif.

CHAPITRE I : Considérations Générales

➤ **Argiles et grès numidiens**

Ce sont des bancs argilo-marneux de couleur gris noir qui sont intercalés de bancs de grès quartzeux. Ces niveaux sont rencontrés au Djebel Diss, Sidi Ali et rive gauche de l'oued Chélif.

Toute cette formation constitue le Djebel Diss (Ain Boudinar) qui se poursuit en bordure de mer jusqu'à Kharouba. En 1919 Dalloni.M signala des marnes et des grès quartzeux dans la partie occidentale du diapir d'Ain Nouissy.

Les terrains ante- miocènes de cette région sont allochtones et constituent des nappes de glissement (Delteil .J, 1975). L'unité marno- calcaire accompagnée de Trias gypseux repose sur les flysch verts et violacés qui sont en position stratigraphique inverse, formant eux aussi deux nouvelles unités entièrement allochtones.

II-3- Les formations autochtones

Perrodon .A (1957), distingua un ensemble de formations liées à deux cycles sédimentaires : le Miocène et le Pliocène, ainsi que le cycle Quaternaire.

II -3- 1 Le Miocène (fig. 8)

➤ **Miocène inférieur :**

Représenté par des marnes rouges (riche en galets), des grès et des conglomérats. La couleur rouge correspond à des formations continentales (des marnes brunes renfermant des gravelles, du gypse fibreux ou lamellaire).

➤ **Miocène moyen :**

Il est représenté par une série marno-gréseuse de couleur bleue à jaune, (Altération) surmontée par des marnes bleues à gypse en fer de lance.

➤ **Le Miocène supérieur :**

Cette formation est marquée par des marnes bleues, qui en altération présentent une couleur brune jaunâtre. Ces marnes comportent des cristaux de gypse en fer de lance et des filons de gypse fibreux ou saccharoïde, ainsi que quelques niveaux de grès argileux.

CHAPITRE I : Considérations Générales

Cet ensemble est recouvert par des alternances de tripolis (diatomites, de marnes bleues et de cinérites). Cette formation à une épaisseur très variable de quelques centimètres à une vingtaine de mètres, dans la région Nord-est, elle atteint une cinquantaine de mètres.

Surmontant localement le niveau précédent, à l'Ouest de Ain Boudinar les quelque banc de gypse ont une épaisseur variable de 0 à 100 mètres.

Ce niveau est constitué soit en saccharoïde soit en fer de lance. Cette formation de gypse correspond à d'anciens bras de mer qui sont formés et transformés en lagunes où l'évaporation était très intense. Cette formation est attribuée au Miocène supérieur qui constitue la limite approximative Miocène supérieur Pliocène inférieur.

II -3- 2- LePliocène (fig. 8)

Une série marine et continentale, sont individualisées.

3-2-1 le Pliocène marin :

➤ Le Plaisancien :

Il est représenté par une série de marnes bleues à coccolites, comparables à celles du Miocène, mais souvent plus claires ou même blanchâtres et également plus fossilifères avec la présence de fossiles telles que lamellibranche :(*Ostrea cardium dentalum*). Elles renferment localement quelques filons de gypse saccharoïde (Ouillis). Elles présentent aussi quelques niveaux sableux fossilifères.

➤ l'Astien :

Le passage du Plaisancien à l'Astien est matérialisé par les marnes bleues qui passent progressivement à des marnes sableuses et à des sables argileuse.

Les grès astiens sont représentés par une série marine sableuse de couleur jaune renfermant des grès peu argileux à ciment calcaire d'une puissance de vingtaine de mètres. Les grès affleurent sur les flancs de la vallée de l'Oued Kramis.

CHAPITRE I : Considérations Générales

	Nom des étages	Description lithologique	Hydrogéologie	Epaisseur	
Holocène	<i>Pléistocène à Holocène</i>	Dunes Bas-fonds salés à peu salés marécageux quelques fois encroûtement calcaire en général : alluvions récentes		50 à 70 m	
PLAISTOCENE	Continental	<i>Post - Villafranchien</i>	Carapace calcaire	5 à 10 m	
		<i>Villafranchien II</i>	Sables et argiles (couche rouges)	100 m	
	<i>Calabrien</i>	Grès à Grès calcaires, lum		20 à 30 m	
PLIOCENE	<i>Pliocène continental</i>	Grès et limons à hélix	Lacune stratigraphique	À 100 m	
	<i>Astien</i>	Grès marins			100 m
	<i>Plaisancien</i>	Marnes bleues avec grès de base			400 à 500 m
MIOCENE	<i>Miocène supérieur</i>	Gypses et argiles		50 à 300 m	
		Tripolis et marno-argiles à tripolis cinérites		50 à 200 m	
		Marnes bleues avec intercalation des niveaux lenticulaires des grès argileux		600 à 800 m	

Hydrogéologie :

- Bonne perméabilité
- Perméabilité faible
- Imperméables

Fig. 8 - log litho-stratigraphique et hydrogéologique

CHAPITRE I : Considérations Générales

3-2-2 Le Pliocène continental : (fig. 8)

Reposant sur les grés marins de l'Astien, il est caractérisé par des dépôts fluviatiles et lacustres renfermant des lentilles irrégulières de sable grossier et graviers avec des passées conglomératiques à différents niveaux. D'après Perrodon (1957), il est formé par des sables roux et grés à Hélix, souvent d'origine dunaire affleurant dans la partie Nord du plateau

3-2- 3 Le quaternaire :

Lapériode d'émersion du Pliocène continental est suivie par un épisode marin au Calabrien. Ce dernier est formé par des grés calcaires plus au moins perméables discordants sur toutes les formations précédentes qui sont peu ou pas perméables.

➤ Le Calabrien :

Les grés calabriens d'Achaacha forment le plateau. Ils sont discordants sur toutes les formations antérieures et ont été déposés lors d'une transgressionmarine.

Le reste du quaternaire est constitué de grés jaunes dunaires à stratifications entrecroisées et des limons où dominant les sables résultants de la désagrégation des formations marines du Calabrien, la puissance de cet ensemble sur le plateau, est de l'ordre de 20m par contre sur le littoral estde 3m vers l'extérieur. Cette formation est surmontée par une croûte calcareu-gréseuse de couleur blanchâtre avec quelques passées beiges noduleuses d'aspect parfois crayeux ou rubané, elle repose sur les grés du Pliocène supérieur. Cette croûte paraît résulter de la cimentation des sables par les sels minéraux et en particulier le carbonate de calcium déposé par les eaux au moment de leur évaporation. Cette crouteprotège les dunes contre l'érosion.

CHAPITRE I : Considérations Générales

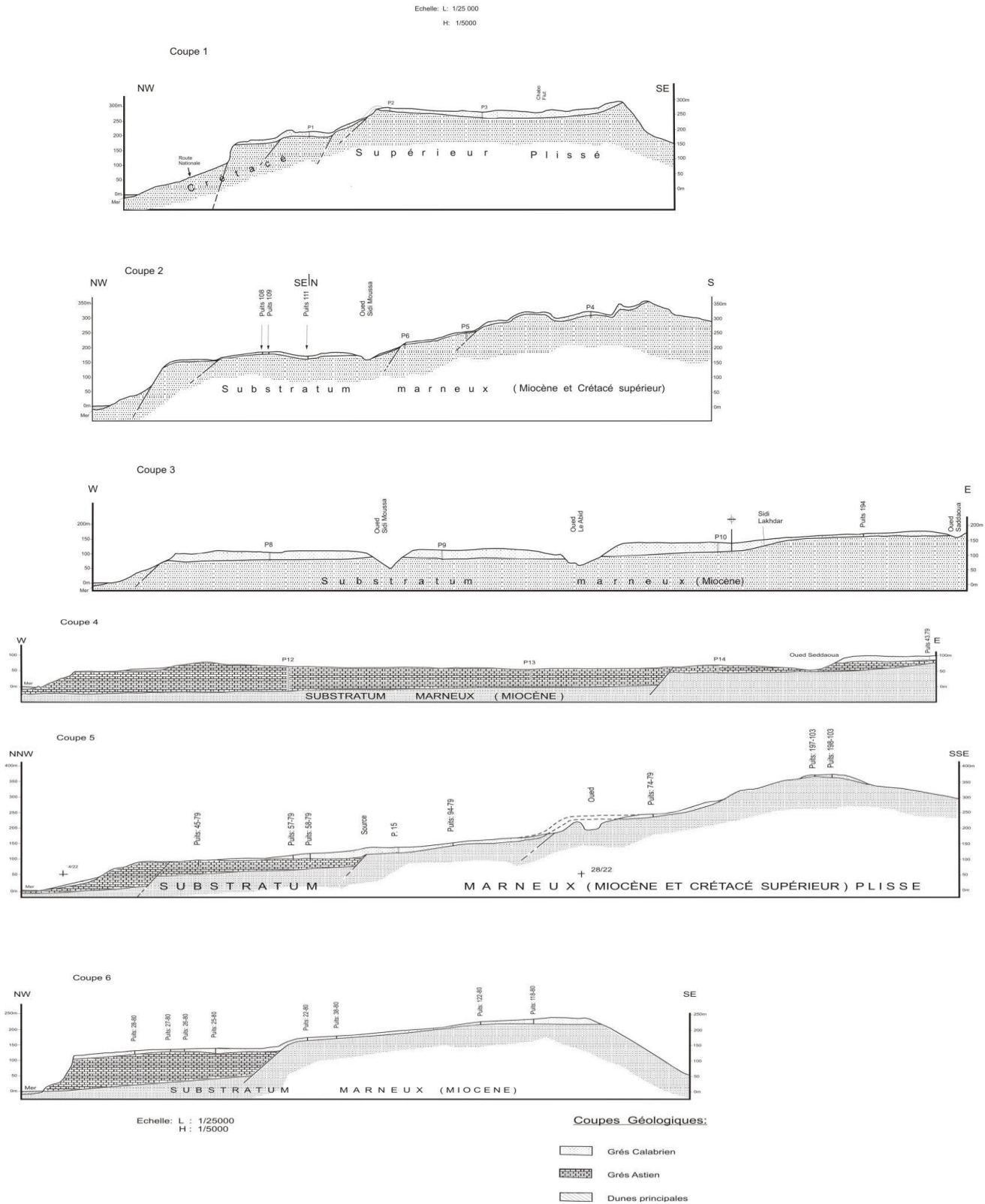


Fig. 9 -Des Coupes géologiques du plateau étudié.(In kouadri 2013)

CHAPITRE I : Considérations Générales

➤ **Interprétation des coupes Géologiques : (fig.9)**

L'étude des coupes géologiques établies à partir de l'examen des cuttings de forage prise du mémoire de Kouadri, 2013 montre que le substratum imperméable de la nappe suit le profil topographique. Les formations du Quaternaire sont discordantes et transgressives sur les formations du Tertiaire. (Fig. 9).

II -4-La Structure : (fig.10)

Le plateau d'Achaacha-Hadjadj appartient au domaine structural tello-rifain qui fait partie de la zone externe de l'orogène alpine. Il est assimilé au bassin du Bas Chélif dans la partie occidentale du Dahra. Le plateau a été recouvert par les transgressions messéniennes et Plio-quaternaire, d'où la présence d'une succession de plis et de failles parallèles entre eux d'orientation SSW- NNE.

II -4-1- La tectonique :(fig. 10)

La formation la plus ancienne (crétacé) se trouve dans la partie occidentale du plateau, la plus jeune (pliocène) se trouve au Nord Est .il en résulte que le plateau qui s'abaisse morphologiquement vers le Nord –Est est également incliné tectoniquement vers le Nord Est. L'axe tectonique principal plonge vers le Nord-est.

Des transgressions, régressions ou des plissements ont séparé les formations l'une de l'autre et se traduisent par des discontinuités. Ces mouvements tectoniques post calabriens ont donné au plateau sa forme fondamentale. (Baiche 1996). Ils ont découpé le plateau en compartiments du Sud au Nord et en segments de direction Sud-Ouest Nord Est. La nappe du calabrien se déformait pendant le soulèvement.

Les failles résultantes sont bien visibles dans la région d'Ouillis et Hadjadj, vers l'est, la zone des escarpements devient plus étroite et plus faible. Une preuve de tectonique récente dans une ancienne carrière située au Sud de Sidi Lakhdar en bordure d'un escarpement, où on peut observer d'anciens phénomènes karstiques.

La position des grès Astien n'est pas clarifiée complètement. Leur pendage est faible, il est de l'ordre de 5° à 10°.

La structure la plus orientale de cet ensemble correspond à :

- L'anticlinal d'El Djennanet qui est raccordé au bombement de Bosquet
- Le Synclinal de Roufirat El Bahari.

CHAPITRE I : Considérations Générales

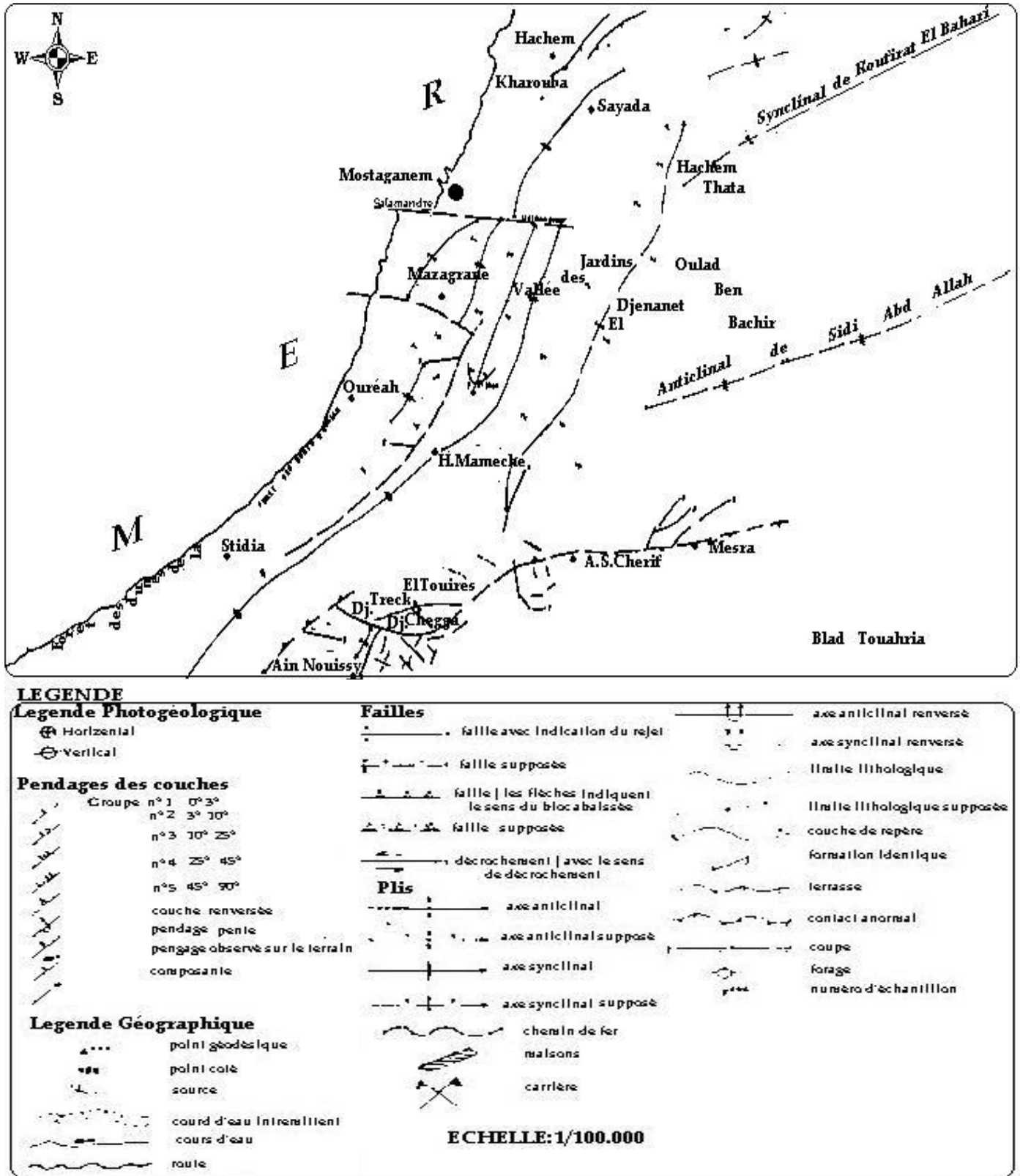


Fig. 10 -Carte structurale du plateau de Mostaganem (Baiche 1996).

CHAPITRE I : Considérations Générales

II -4- 2- Les Bordures :(fig. 10).

4 -2 -1 La bordure Méridionale :

Sur cette bordure, on a des déformations souples et des déformations cassantes :

➤ Les déformations souples :

Le trait le plus marquant apparaît comme un vaste bombement anticlinal dissymétrique faisant affleurer les marnes bleues du Miocène supérieur, surmontées par les déformations du Pliocène.

L'extrémité méridionale de cet anticlinal s'ennoie rapidement et elle est prolongée vers l'Est par une flexure qui s'infléchit progressivement selon une direction E-W.

➤ Les déformations cassantes :

La partie Ouest de cet anticlinal est limitée par une faille (N30° E) et il est affecté par une multitude de petites failles de différentes directions qui se croisent parfois. La direction SW-NE privilégiée est toujours conservée.

4-2- 2 La bordure orientale :

Les déformations souples accompagnées d'accidents séparent le plateau de Mostaganem et la plaine de Relizane .Elles sont orientées en moyennes SW- NE et où on distingue les plis qui touchent le Pliocène et en particulier le Pliocène supérieur qui en certains points sont redressés jusqu'à la verticale.

4-2-3 La bordure septentrionale :

Elle apparaît au niveau de la cluse du Chéelif. Au Sud de ce secteur le massif du Dahra plonge sous les formations du Miocène supérieur du plateau de Mostaganem. Le Dj. Diss constitue un éperon où réapparaissent les formations allochtones du Dahra du Numidien surmontées par le Miocène continental.

4-2-4 Le littoral (la bordure occidentale) :

La bordure occidentale est constituée par les falaises qui se développent depuis l'embouchure de la Mactaa, jusqu'au Dj. Diss.

Cette ligne de falaises présente une double structuration : La direction Sud-Ouest Nord-Est correspond au flanc oriental des synclinoriaux en échelon de Hassi Maméche, vallée des jardins, et la direction E-W mise en évidence par l'âge du substratum du Pliocène supérieur. Les marnes bleues du

CHAPITRE I : Considérations Générales

Plaisancien apparaissent dans la partie médiane entre Mostaganem et Ouréah de part et d'autre, aussi bien vers le Nord (jusqu'au Dj.Diss) que vers le Sud-ouest (jusqu'à l'embouchure de la Macta). Le substratum est formé par les marnes bleues du Miocène.

Après la mise en place des nappes telliennes, deux types de déformations caractérisent le tell occidental :

- Déformation du Miocène post- nappe.
- Déformation du Plio-quadernaire.

4-3 – La Paléogéographie :

Sur le plan tectonique on peut envisager deux phases :

Une phase responsable de la mise en place des nappes supérieures, des flysch créacés, qui s'est déroulé avant la fin de l'Eocène.

Une deuxième phase postérieure au dépôt Numidien provoquant le dépôt de ces matériaux, et en accentuant les structures créées par la première phase. Après la deuxième phase, la mer du Miocène s'est engagée dans l'étroit sillon chélifien, alors que simultanément, les chaînes côtières ont été érodées, formant ainsi d'épaisses formations de conglomérats fluviaux ou subcontinentaux sur les bords des bassins. (In koudri, 2013)

Au Miocène supérieur, suite à une nouvelle transgression, se dépose des marnes bleues affectées par un volcanisme intermittent (cheminée volcanique remplie de Biotite à Sidi Ali) d'où la formation des niveaux des cinérites (Tripolis). Après le dépôt des marnes à tripolis, ils se forment des lagunes sur-salées où se déposent des évaporites (gypse).

Au Pliocène inférieur, l'affaissement général a permis l'invasion de la mer. Le dépôt des marnes bleues est interrompu par un exhaussement d'ensemble. Une phase orogénique modifie le bassin néogène tel que nous le connaissons actuellement.

Un affaissement d'ensemble permet à la mer du Calabrien de transgresser (micro poudingue de base dans la région de Mostaganem) et de déposer des grès lumachéliques, la mer régresse et permettant la formation des dunes de sable qui alternent avec des sols rouges. Le Quaternaire est marqué par l'alluvionnement qui demeure jusqu'à lors très intense.

CHAPITRE I : Considérations Générales

- **Conclusion :**

L'étude de terrain relève l'existence de quatre types de formations qui sont du bas en haut :

- Les formations allochtones : Nappe du flysch Tectonique d'âge crétacé supérieur : Il s'agit d'une série se composant de pyélites, gypse, marnes et marneux calcaires, argiles en alternance avec des bancs de grés quartzeux à dragées
- Les nappes de charriages (Trias) : constitué d'argile ou marnes plus ou moins gypseuses et salées.
- Les formations autochtones le Miocène: (Miocène inférieure, Miocène supérieure) : caractérisé par une vaste transgression touchant tout le domaine Algérien il est représenté par des marnes bleues d'épaisseur de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, ces marnes passent latéralement et verticalement, à des grés marneux ; à des marnes bariolées ou à des conglomérats marins ou continentaux pour le Miocène inférieur.

La géologie nous renseigne sur la structure du plateau ainsi que sur la géométrie du réservoir et sur son épaisseur qui varie d'un endroit à un autre.

Ce cycle est précédé d'une phase d'érosion active accompagnée de l'accumulation de séries continentales puis la transgression messénienne se développe elle n'envahit que très progressivement les horsts littoraux.

III-Climatologie :

➤ Introduction :

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (les précipitations, les températures, les vents, l'humidité, etc.) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné ; il est déterminé par la situation géographique et par la circulation atmosphérique, le climat est un facteur du milieu naturel qui détermine le potentiel végétal d'une région. Il influe sur le développement des plantes, la formation et l'évolution des sols, son action est souvent défavorable dans la mesure où il peut être à l'origine de la dégradation du milieu.

L'objectif principal de toute étude climatologique est l'établissement, pour une période donnée, d'un bilan hydrique dont les paramètres principaux nécessaires à son établissement sont : les précipitations et les températures. Par ailleurs, les facteurs climatiques jouent un rôle très important dans le comportement hydrogéologique des aquifères. Donc nous accordons une grande importance à notre étude climatologique pour déterminer le type de climat et d'estimer la lame d'eau infiltrée.

Pour notre étude nous avons disposé de données de précipitation de la station de Mostaganem et la station de l'Oued kramis, pour les températures seul la station de Mostaganem est prise en considération.

Selon une étude établie par l'ANRH (2012), la région de Mostaganem se caractérise par une pluviométrie qui varie entre 390 à 450mm. (fig. 11)

CHAPITRE I : Considérations Générales

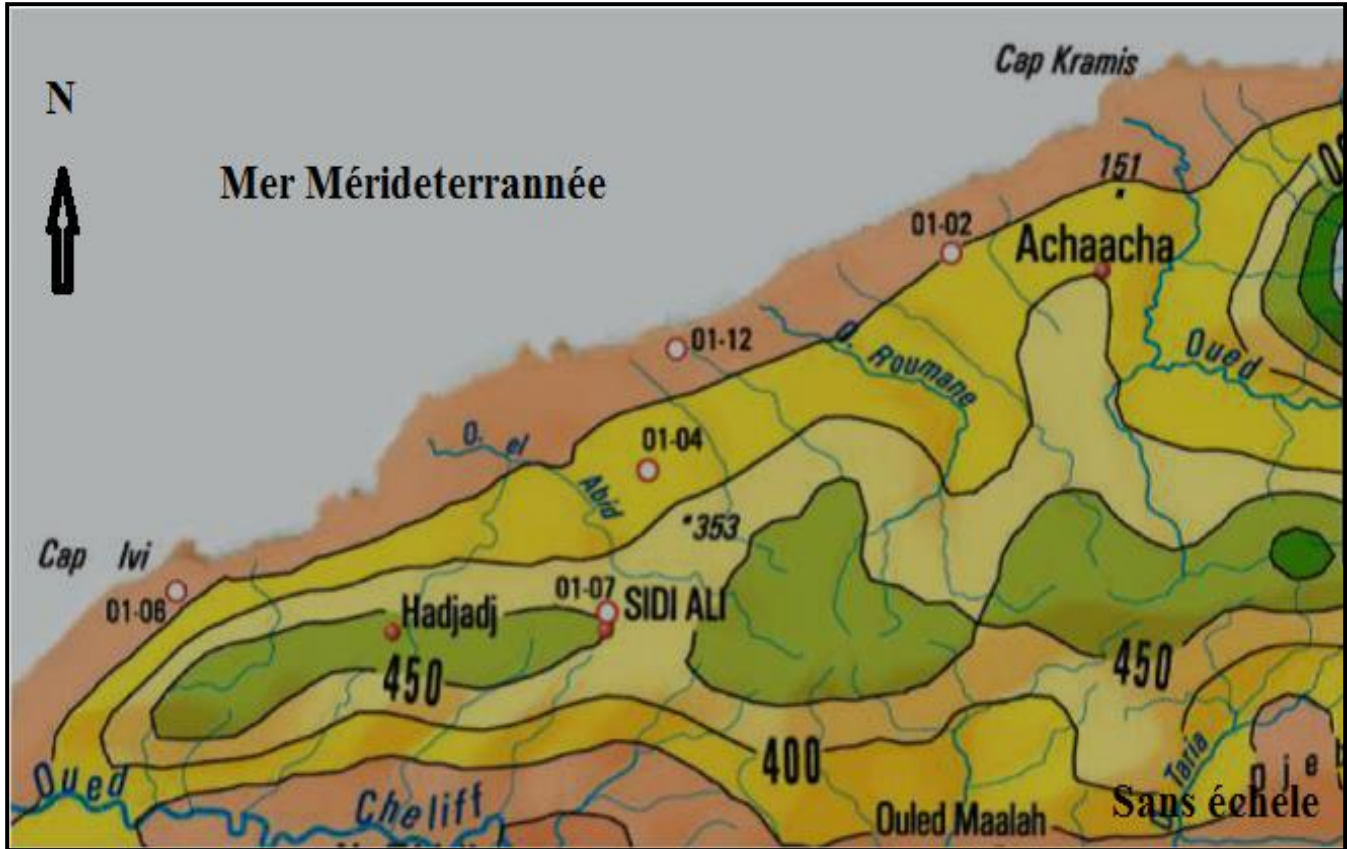


Fig. 11 - Extrait de la carte pluviométrique de la région de Mostaganem (ANRH 2012)

III -1- A -Etude des Précipitations :

A-1.1. Précipitations moyennes annuelles de la station de Mostaganem (1989 – 2008):

Les données du (Tableau n°01) et du diagramme de la (Fig.12). illustre la distribution des précipitations moyennes annuelles à la station de Mostaganem

Tableau n°01 : Les variations des précipitations annuelles de la station de Mostaganem (1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
P (mm)	137,2	347,7	398,4	284,2	324,2	219,8	353,7	487,6	423,3	298,5
Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
P (mm)	428	420,1	548,1	310,4	442,9	492,7	329,2	608,4	455,8	473,9

Source : DRE (Direction Des Ressources En Eaux).

CHAPITRE I : Considérations Générales

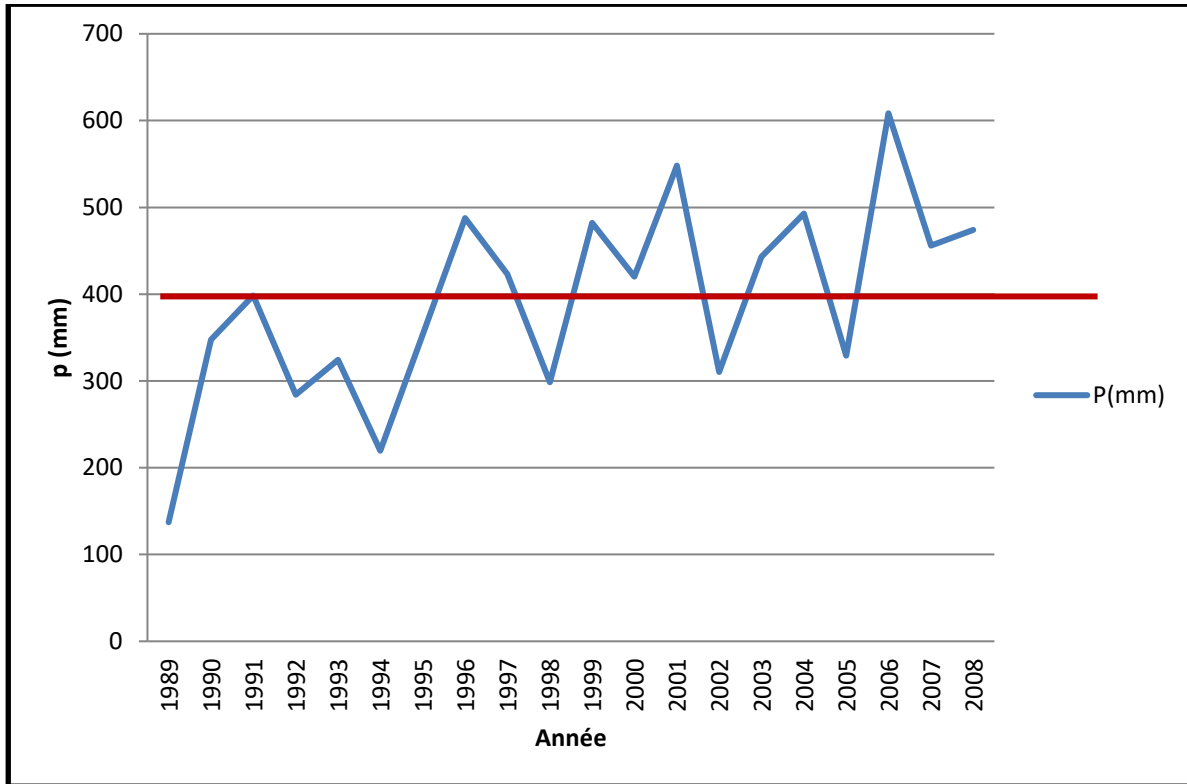


Fig. 12 - variation interannuelle des précipitations de la station de Mostaganem (1989_2008).

Selon la (figure 12) : les pluies varient d’une année à l’autre, nous remarquons que l’année 1989 et 1994 sont particulièrement sèche par rapport aux autres ; alors que les années 1997 et 2001, 2007 sont les plus pluvieuses, notant la moyenne de la période 1989_2008 de 389.2 mm.

A-1.2. Précipitations moyennes mensuelles de la station de Mostaganem(1989 _ 2008).

Pour mieux caractériser le régime climatique de la région, nous avons étudié la répartition des précipitations à l’échelle mensuelle sur une période allant de 1989 à 2008

Tableau n°02 : variations des précipitations mensuelles période (1989 – 2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy.
P (mm)	25.57	32.72	71.43	56.73	46.65	48.91	39.03	37.18	25.56	4.72	2.04	3.60	394.14

Source : DRE (Direction Des Ressources En Eaux).

CHAPITRE I : Considérations Générales

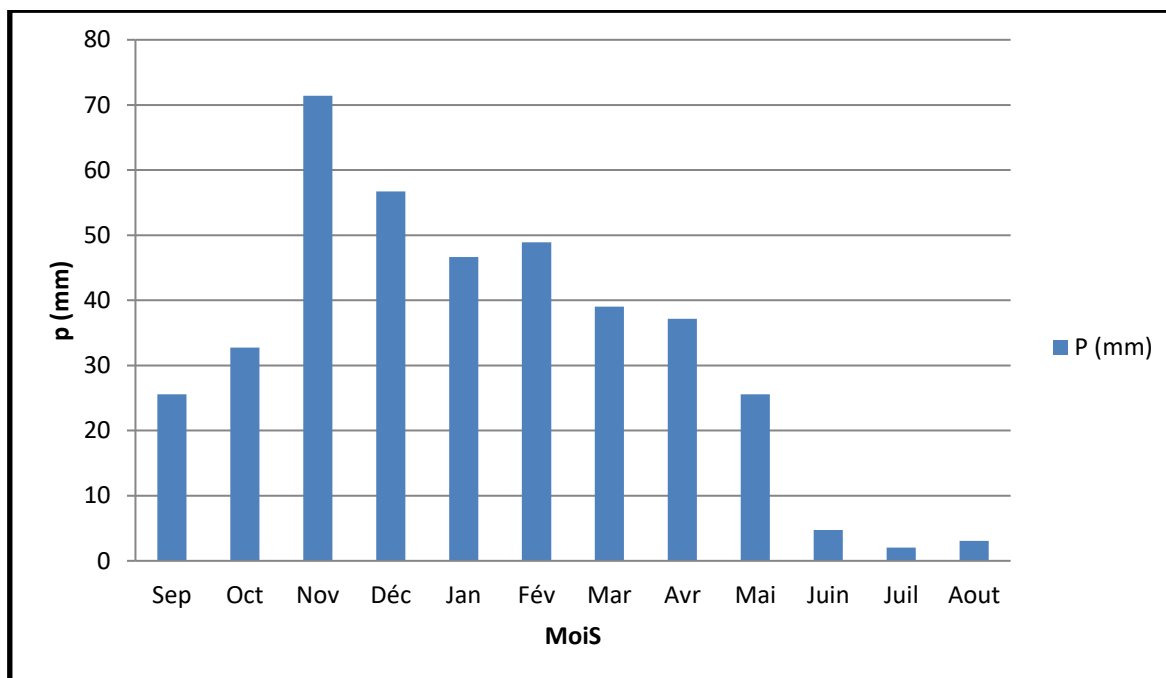


Fig. 13-*Répartitions mensuelles des précipitations de station de Mostaganem 1989 – 2008.*

D'après la figure 13 on constate que le mois de Novembre est le mois le plus pluvieux, et les mois de Juillet et Aout sont les plus secs.

A-2. Station d'Oued Kramis

Pour la station d'Oued Kramis nous n'avons disposé que des données des précipitations moyennes mensuelles pour la période 1989-2008

A-2.1. Précipitations moyennes mensuelles

Le tableau n°03 et l'histogramme de la figure n°14 montrent la distribution des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Oued Kramis

Tableau n° 03: Les variations des précipitations mensuelles de station d'oued kramis (1989-2008).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	Av	M	J	Ju	A	Année
P (mm)	14,13	28,25	50,00	35,89	36,15	35,36	28,01	30,51	21,68	1,22	0,15	1,76	283,11

Source : DRE (Direction Des Ressources En Eaux).

CHAPITRE I : Considérations Générales

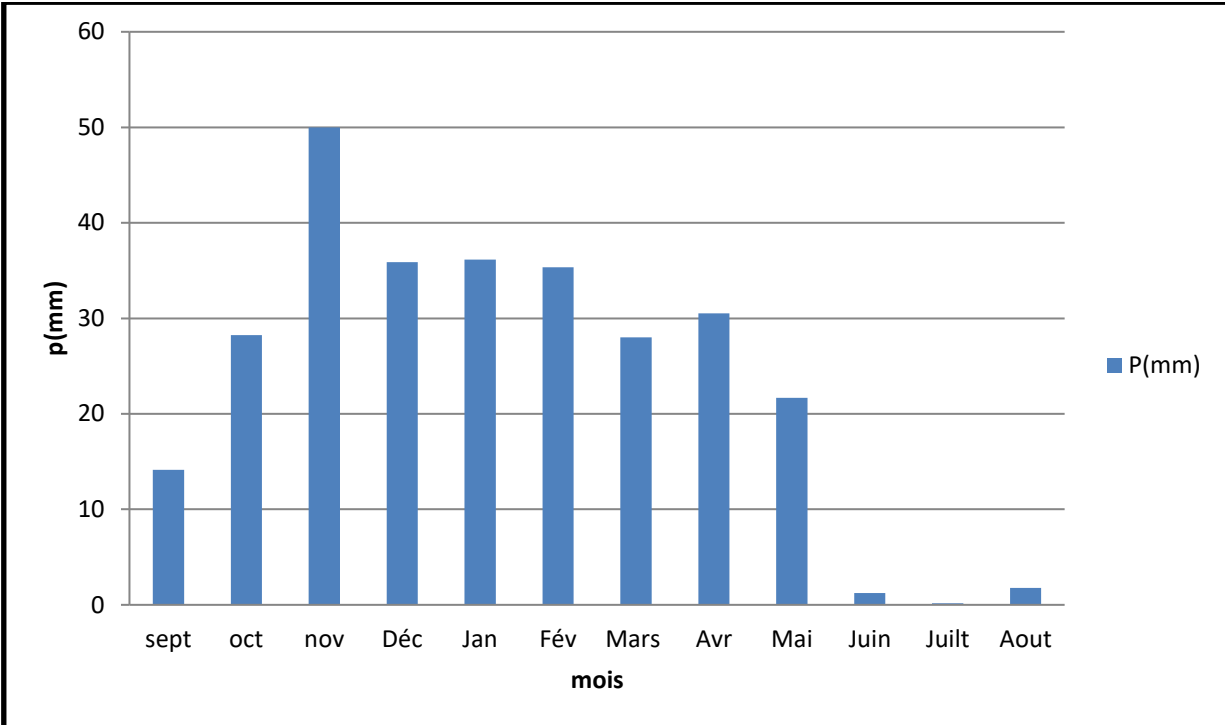


Fig. 14-Répartition mensuelles des précipitations de station d'Oued kramis 1989-2008.

D'après la figure 14 on remarque que le mois de Novembre et le mois le plus vieux avec 50 mm, et le mois de Juillet est le mois le plus sèche avec 0.15 mm.

A- 3. Variation saisonnière des précipitations :

Tableau n°04 : variation saisonnières des pluies pour les deux stations étudiées en %.

Station	AUT	HIV	PRI	ETE	Indices saisonniers
Mostaganem	32.91	38.63	25.82	2.62	H.A.P.E
Oued kramis	32.63	37.93	28.32	1.10	H.A.P.E

Nous avons utilisé les températures de la station de Mostaganem en l'absence d'autre station proche de notre secteur d'étude.

CHAPITRE I : Considérations Générales

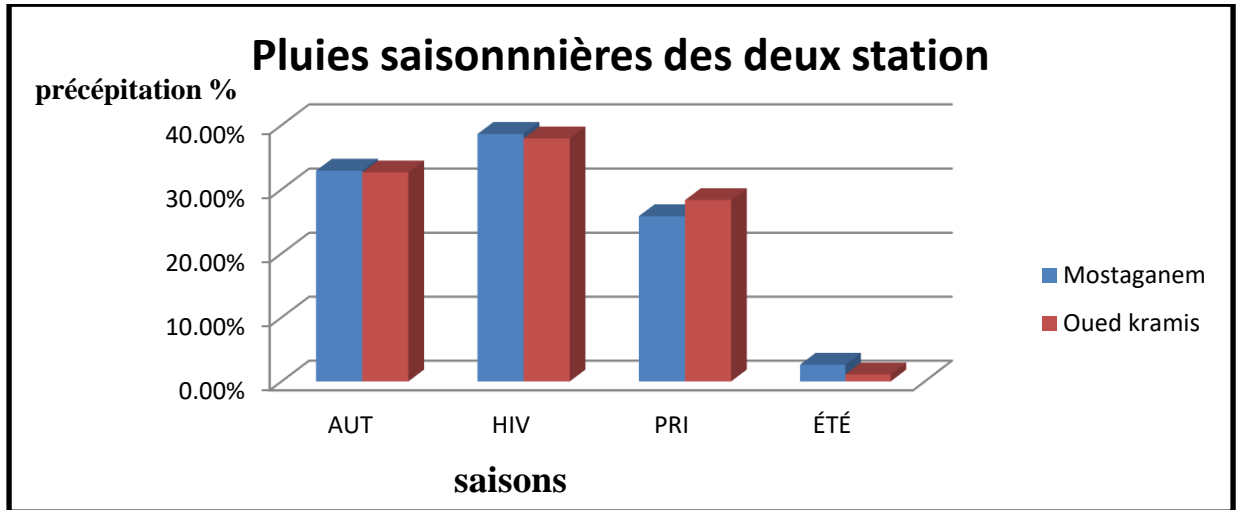


Fig. 15 -précipitations saisonnières des deux stations (1989-2008).

Pour les deux stations étudiées, l'indice saisonnier est de type: H.A.P.E (hiver, automne, printemps, été) avec quelque petites différences entre les valeurs des stations considérées.

III -1-B - Etude des températures :

Nous avons utilisé les températures de la station de Mostaganem en l'absence d'autre station proche de notre secteur d'étude.

Tableau n°05 : Moyennes mensuelles des températures à la station de Mostaganem.

MOIS	EP	CT	OV	EC	AN	EV	AR	VR	AI	UI	UIL	OU	OY
T min	7,68	4,37	,62	,48	,61	,34	,8	,56	3,24	6,73	9,43	0,32	2,34
T Max	8,47	4,85	9,66	7,05	6,16	7,04	9,14	0,85	3,78	8,09	1,34	2,12	3,21
(M+m)/2	3,07	9,61	4,64	2,26	0,88	1,69	3,47	5,2	8,51	2,41	5,38	6,22	7,77

Source : DRE (Direction Des Ressources En Eaux).

M : les moyennes des températures maximales (C°).

m : les moyennes des températures minimales (C°)

(M+m)/2 : Températures moyennes (C°).

CHAPITRE I : Considérations Générales

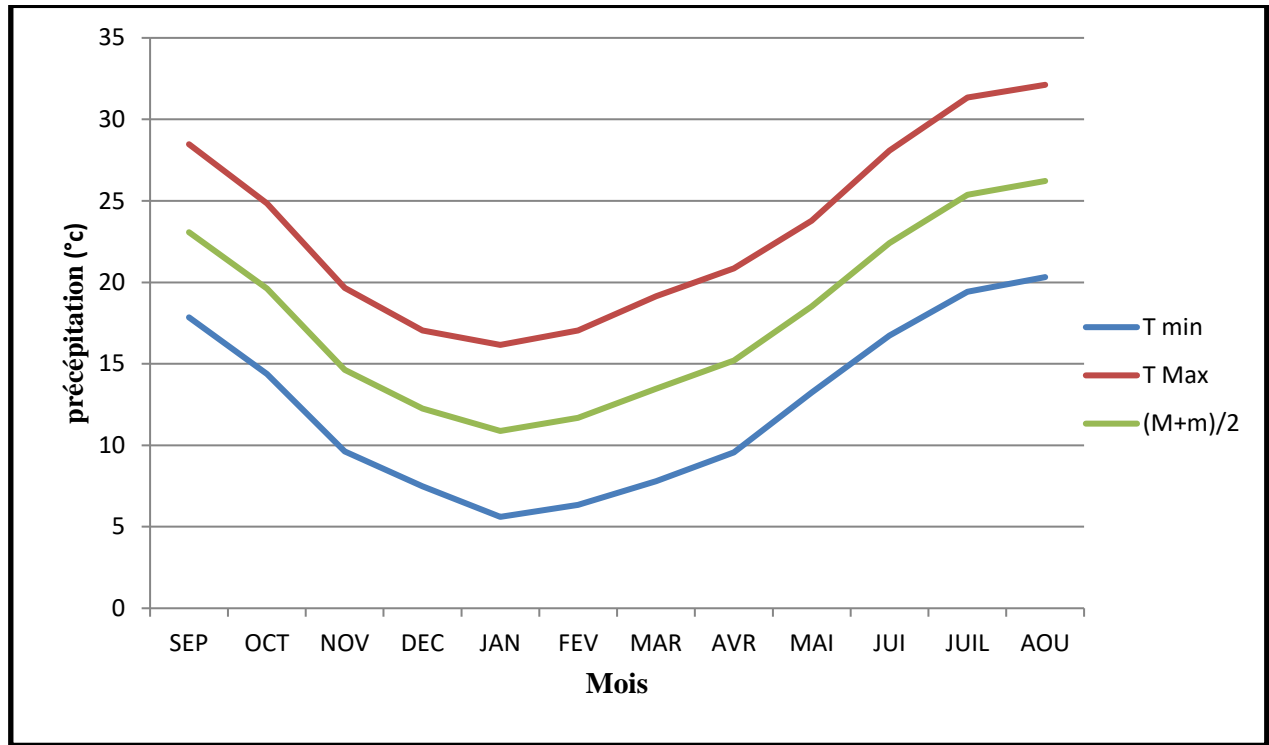


Fig. 16 - Répartition des variations des moyennes mensuelles des températures de la Station de Mostaganem (1989-2008).

D'une manière générale le minimum apparaît en Janvier 5.61°C alors que le maximum apparaît en Août 32.12°C .

III -1- C - Étude de la relation température, précipitation :

Un certain nombre de méthodes soit graphiques ou numériques permettent de déterminer le climat d'une région et ses différents régimes.

C – 1- 1- les rapports P/T :

Les rapports P/T permettent de définir le régime climatique :

Si : $P/T < 1$: régime très sec (RTS).

$1 < P/T < 2$: régime sec (RS).

$2 < P/T < 3$: régime sub humide (RSH).

$P/T > 3$: régime humide (RH).

CHAPITRE I : Considérations Générales

Tableau n°6 : valeurs des précipitations ; des températures et le rapport P/T de la station de Mostaganem.

mois	S	O	N	D	J	F	M	AV	MAI	J	JT	AUT	MOY
PP(mm)	25.57	32.72	71.43	56.73	46.65	48.91	39.09	37.18	25.56	4.76	1.94	3.60	32.84
T(c°)	23.07	19.61	14.64	12.26	10.88	11.69	13.47	15.2	18.51	22.41	25.38	26.22	17.77
P/T	1.10	1.66	4.87	4.62	4.28	4.18	2.90	2.44	1.38	0.21	0.07	0.13	2.32
Com	RS	RS	RH	RH	RH	RH	RSH	RSH	RS	RTS	RTS	RTS	/

D'après le calcul du rapport P/T, nous remarquons que :

- Les mois de Septembre, Octobre, et Mai présentent un régime sec.
- Les mois de Juin, Juillet et Aout présentent un régime très sec.
- Les mois de Novembre, Décembre, Janvier, et Février présentent un régime humide.
- Les mois de Mars et Avril présentent un régime subhumide.

Cela a été bien confirmé par la courbe pluviothermique :

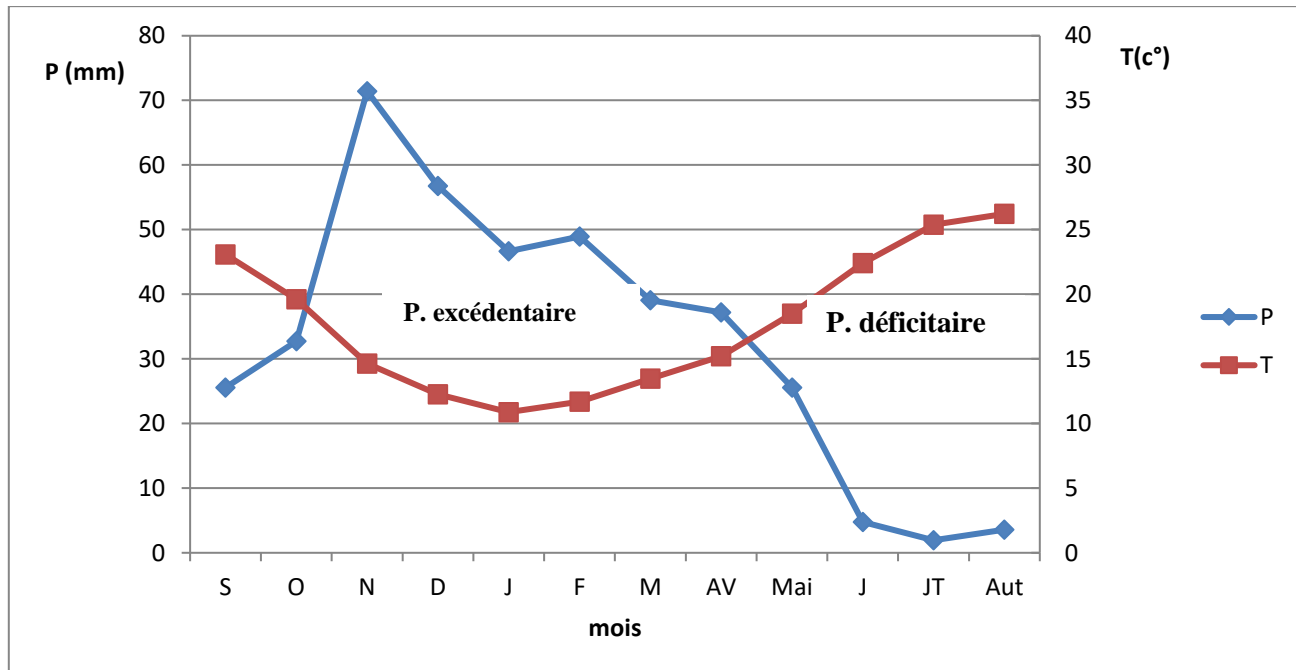


Fig.17 -Courbe pluviothermique de la station de Mostaganem (1989-2008)

CHAPITRE I : Considérations Générales

Cette courbe est dressée en portant sur l'abscisse les mois de l'année et sur les ordonnées les pluies et les températures avec une échelle : $P = 2T$.

La figure 17 montre que la courbe des précipitations passe au-dessus de celles des températures pendant les mois humides qui s'étendent du mois d'Octobre jusqu'à l'ami-avril la période est excédentaire.

La courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures pendant les mois secs de mai-avril jusqu'au mois d'Octobre, la période est déficitaire. Ce qui est bien confirmé par le rapport P/T .

3-2- Les indices climatiques :

Un certain nombre de méthodes prenant en compte des paramètres simples permettent de préciser les conditions climatiques des différentes stations. Pour déterminer le climat de notre région, nous utilisons les formules empiriques suivantes :

3-2 -1- Indice d'aridité de Martonne :

▪ **L'indice d'aridité annuelle** : (fig.18)

La formule de DE-MARTONNE, qui exprime l'indice d'aridité « I » en fonction de précipitation et de la température s'énonce comme suit :

$$I = P / (T + 10)$$

I : Indice d'aridité annuel

P : représente la moyenne des précipitations annuelles pour la période (1989-2008) en (mm).

T : la température moyenne pour cette même période en (C°).

Pour : $20 < I < 30$: Climat tempéré.

$10 < I < 20$: Climat semi-aride.

$7,5 < I < 10$: Climat steppique.

$5 < I < 7,5$: Climat désertique

$I < 5$: Climat hyperaride.

Dans notre cas et pour la station de Mostaganem, nous avons les paramètres suivants :

$$P = 394.14 \text{ mm.}$$

$$T = 17.77^\circ \text{C.}$$

Alors : **I** = 14.19.

CHAPITRE I : Considérations Générales

Pour la station de Mostaganem (période 1989-2008), l'indice d'aridité annuel « I » est compris entre 10 et 20, dénotant un climat semi-aride.

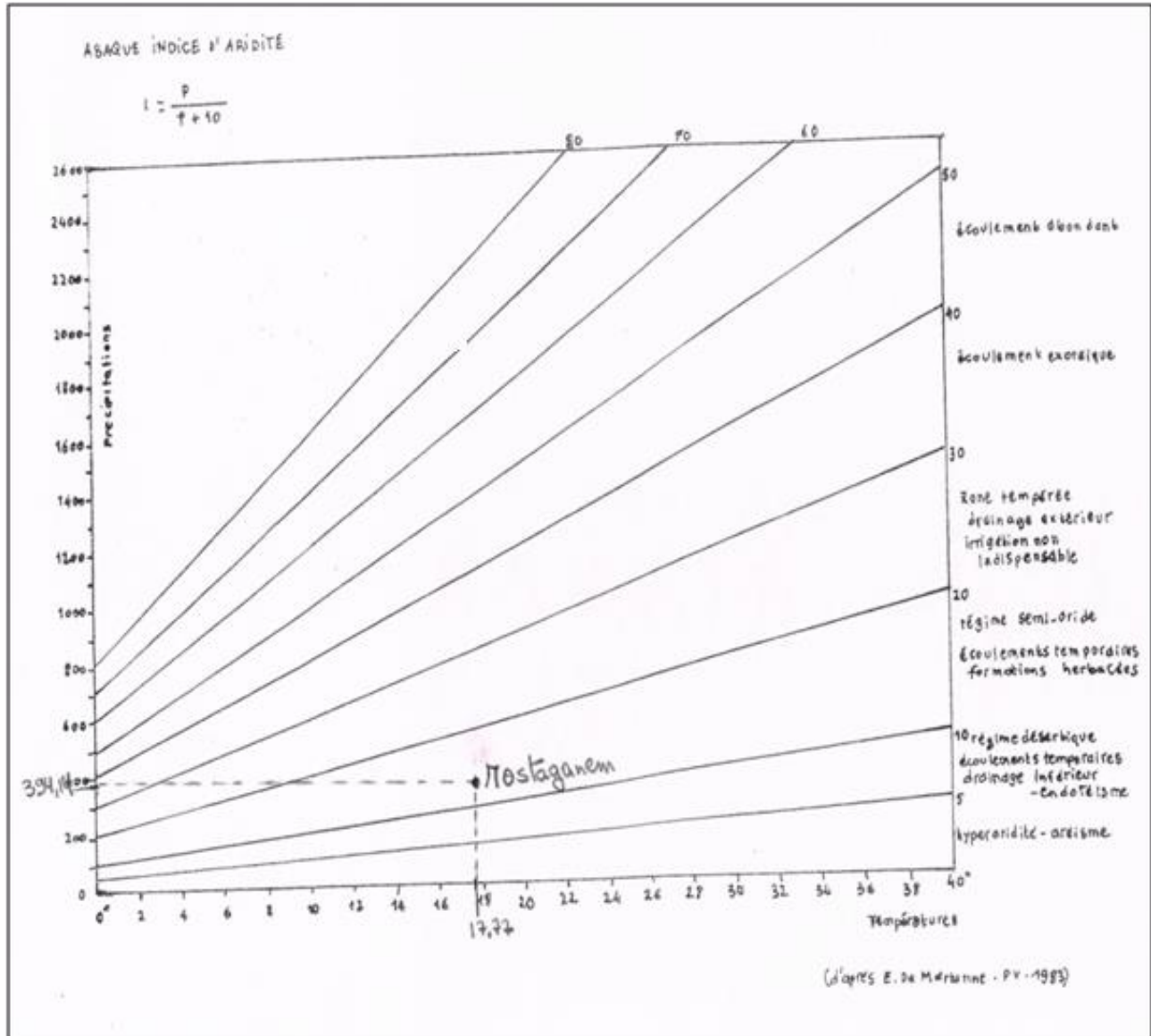


Fig. 18 - d'indice d'aridité annuel de De-Martonne pour la station de Mostaganem.

▪ Indice d'aridité mensuelle :

Pour préciser les conditions d'aridité mensuelle, les élèves de Martonne ont proposé l'utilisation d'un indice d'aridité mensuel établi à partir de la relation suivante :

$$i = 12 * P / T + 10.$$

CHAPITRE I : Considérations Générales

P : les précipitations du mois considéré multipliées par **12** pour rendre cet indice comparable à l'indice annuel.

T : température moyenne mensuelle en °C.

Tableau n° 07 : les valeurs de précipitation et de température de la station de Mostaganem

mois	S	O	N	D	J	F	M	AV	Mai	J	JT	Aut	Moy
P	25,57	32,72	71,43	56,73	46,65	48,91	39,09	37,18	25,56	4,76	1,94	3,6	394,14
T	23,07	19,61	14,64	12,26	10,88	11,69	13,47	15,2	18,51	22,41	25,38	26,22	17,77
i	23,32	30,04	68,56	65,56	61,48	60,16	44,8	39,4	26,56	12,52	10,96	11,68	455,04

Le calcul des indices d'aridité mensuels de Martonne montre :

- un régime plus humide où les petites rivières sont permanentes et abondantes (les mois d'Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars et Avril). ($I > 30$)
- un régime semi-aride (Juin, Juillet et Aout).
- un régime tempéré (Septembre, Mai).

III -2-2-Indice de Stewart :

Cet indice est basé sur l'écart entre la température la plus élevée et celle la plus faible, il est calculé par la relation :

$$Q_s = P * 3.43 / (M - m).$$

Avec :

Qs: Indice de Stewart.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°C). (T max 'Aout'=32.12)

m: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°C). (T min 'Jan'= 5.61)

$$Q_s = 394.14 * 3.43 / (32.12 - 5.61)$$

$$Q_s = 50.99.$$

On a d'après la classification du Stewart :

Si : $Q_s < 2$: climat insaturé.

$2 < Q_s < 10$: climat désertique.

$10 < Q_s < 50$: climat semi-aride.

CHAPITRE I : Considérations Générales

Donc la valeur de l'indice de Stewart est comprise entre 10 et 60 montre que la région est soumise à un climat semi-aride.

III -2-3 –Le Climagramme de Louis d'Emberger : (fig. 19)

Pour préciser le type du climat dominant sur la région, on utilise l'indice d'Emberger qui se base sur le quotient d'écoulement et les températures minima et maxima, nous appliquons la formule :

$$\mathbf{QZ = 2000 * P / M^2 - m^2}$$

Avec :

QZ : Quotient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

M : Moyenne des maxima des températures du mois le plus chaud (At=32.12) en (K)

$$M = T (^{\circ}\text{C}) + 273.15.$$

$$M = 305.27 \text{ K}$$

m : Moyenne des minima des températures du mois le plus froid (J=5.61) en (K)

$$m = T (^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

$$m = 278.76 \text{ K}$$

$$\mathbf{QZ = 2000 * 394.14 / (305.27)^2 - (278.76)^2}$$

$$\mathbf{QZ = 50.91.}$$

CHAPITRE I : Considérations Générales

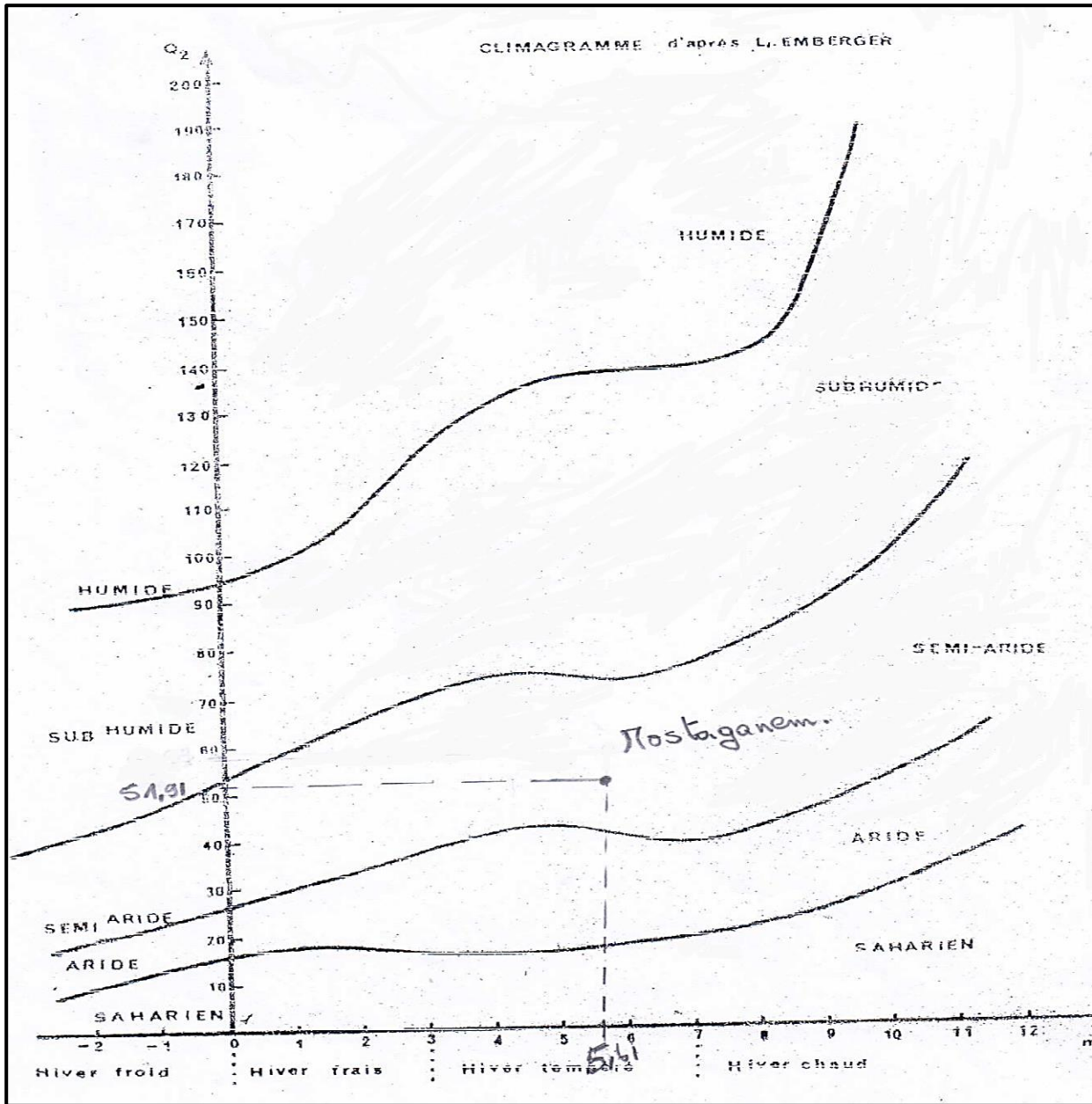


Fig.19 - Représentation de l'indice climatique d'Emberger.

A partir du diagramme d'Emberger, la région se caractérise par un climat semi- aride avec un Hiver tempéré.

III -2 - 4- L'indice de Paul Moral :

Cet indice est basé sur la moyenne de précipitation et la moyenne de la température, il est donné par la relation :

CHAPITRE I : Considérations Générales

$$I_m = P / (T^2 - 10T + 200).$$

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : la température moyenne pour cette même période en (C°).

Pour : $I_m < 1$: climat sec.

$I_m > 1$: climat humide.

$$I_m = 394.14 / (17.77)^2 - 10 * 17.77 + 200$$

$$I_m = 1.16$$

D'après le calcul l'indice de Moral montre que notre région est caractérisée par un climat humide et à semi-aride

Tableaux n°08: les indices climatiques

L'indice climatique	Les valeurs de I	Type de climat
I d'aridité de de Martonne	I = 14.19	Climat semi-aride
I de Stewart	I = 50.99	Climat semi-aride
I d'Emberger	I = 50.91	Climat semi-aride à Hiver tempéré
I de Moral	I = 1.16	Climat semi-aride à humide

Les indices climatiques calculés permettent de dire que notre secteur jouit d'un climat méditerranéen semi-aride, à un hiver tempéré.

III -3. Évaporation et l'Évapotranspiration :

L'évaporation et l'évapotranspiration sont les deux phénomènes qui désignent les pertes en eaux par retour directe à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, elles correspondent à un phénomène complexe regroupant à la fois, des processus d'évaporation physique de l'eau contenue dans le sol et des processus de transpiration (qui interviennent par les végétaux) correspondant à l'utilisation de l'eau atmosphérique et de l'eau du sol par les végétaux et au rejet de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

III -3- 1-L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

➤ **Méthode de THORNTHWAITE :**

$$ETP = 16 * (10T/I)^a * K.$$

CHAPITRE I : Considérations Générales

Avec :

ETP : évapotranspiration potentiel en (mm).

T : températures moyenne mensuelle.

I: indicethermique annuel, avec $I = \sum i$, $i = (t/5)^{1.514}$

a : coefficient en fonction de I, Avec $a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49$.

$$\{I = 84.69\}$$

a = 1.86

K : le facteur mensuel relatif au mois et fonction de la latitude (= 35°N).

Tableau n°09 : calcul de l'évapotranspiration potentielle de la station de Mostaganem (1989_2008).

Mois	T	i	ETPnc (mm)	K	ETP corrigée (mm)
Sep	23.08	10,13	103.56	1.03	106.32
Oct.	19,61	7,92	76,45	0.97	73.98
Nov.	14.64	5,09	44,35	0.86	38.08
Déc.	12,27	3,9	31,91	0.85	27.08
Janv.	10.89	3,24	25,55	0.87	22.20
Fév.	11,69	3,62	29,16	0.85	24.76
Mar	13.47	4,48	37.98	1.03	39.06
Avr.	15,21	5,38	47.62	1.09	51.79
Mai	18.51	7,25	68.66	1.21	83.89
Ju	22,41	9,69	98.03	1.21	118.29
Juil.	25.39	11,70	123.71	1.23	151.62
Aou	26,22	12,29	131.35	1.16	151.86
Année	17,77	(I)84,69	818.33	/	887.98

La détermination de l'évapotranspiration potentielle déduite à partir de la température ; selon la méthode de Thorntwaite à donner une valeur de 887.98 mm.

CHAPITRE I : Considérations Générales

III -3- 2-L'évapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement :

L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée, elle est toujours égale ou inférieure à l'évapotranspiration potentielle. Plusieurs méthodes de calcul peuvent être mise en œuvre :

❖ Méthode de Turc :

La formule de Turc est applicable à tous les climats, elle basée sur le calcul de l'évapotranspiration réelle et donnée par la relation :

$$ETR = P / [(0,9 + (P^2 / L^2)]^{1/2}.$$

Avec :

ETR : évapotranspiration réelle.

P : précipitations moyennes annuelles en mm

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

T : température moyenne annuelle.

Pour la station de Mostaganem (1989-2008) on a :

$$T = 17,77^\circ\text{C}.$$

$$P = 394,14 \text{ mm}.$$

$$L = 1024,81.$$

$$ETR = 386,41 \text{ mm}$$

❖ Méthode de Coutagne :

D'après Coutagne, l'évapotranspiration réelle est donnée par l'expression :

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

$$\text{Avec : } \lambda = 1 / (0,8 + 0,14 T).$$

La formule n'est applicable que pour « P » compris entre :

$$1/8 \lambda < P < 1/2 \lambda$$

Alors :

$$\lambda = 1 / [0,8 + (0,14 * 17,77)] \quad , \quad \lambda = 0,304$$

$$1/8 \lambda < P < 1/2 \lambda \quad (P \text{ en mètre}).$$

0,41 < 0,39414 < 1,66 (Méthode de Coutagne est non applicable).

CHAPITRE I : Considérations Générales

❖ Méthode de Verdeil

C'est une méthode graphique où on représente la valeur des précipitations sur les ordonnées logarithmiques du papier fonctionnel de Verdeil, ensuite on relie ce point avec la droite, la valeur de l'ETR est directement lue en projetant la valeur de précipitation.

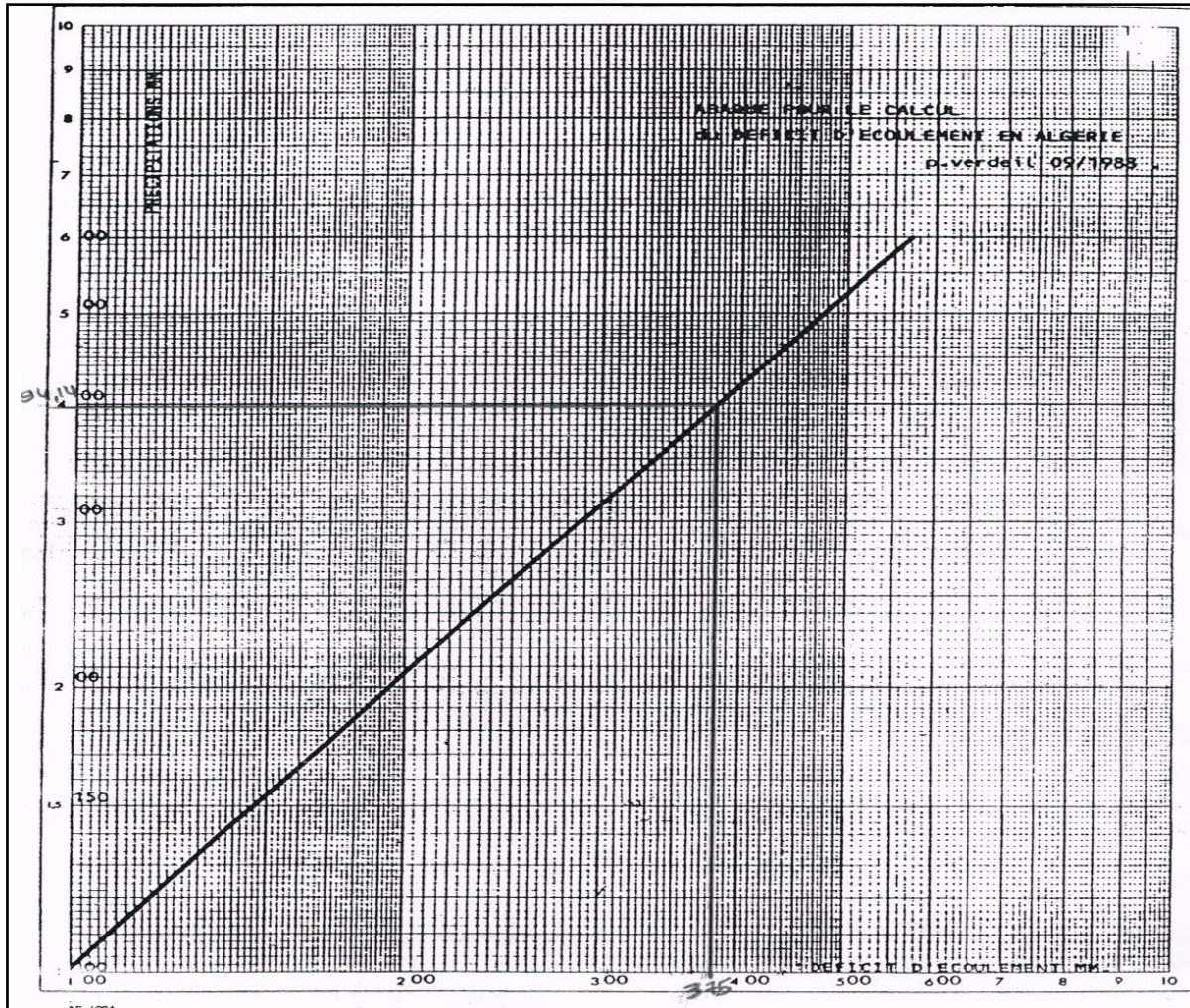


Fig. 20-Abaque pour calcul du déficit d'écoulement (Verdeil P. 1988).

Pour notre cas et à partir de l'abaque, **ETR** = 375 mm

❖ Méthode de Wundt :

Wundt a mis en œuvre une méthode purement graphique, le déficit et le quotient d'écoulement sont donnés par le report direct sur l'abaque des précipitations en fonction des températures.

CHAPITRE I : Considérations Générales

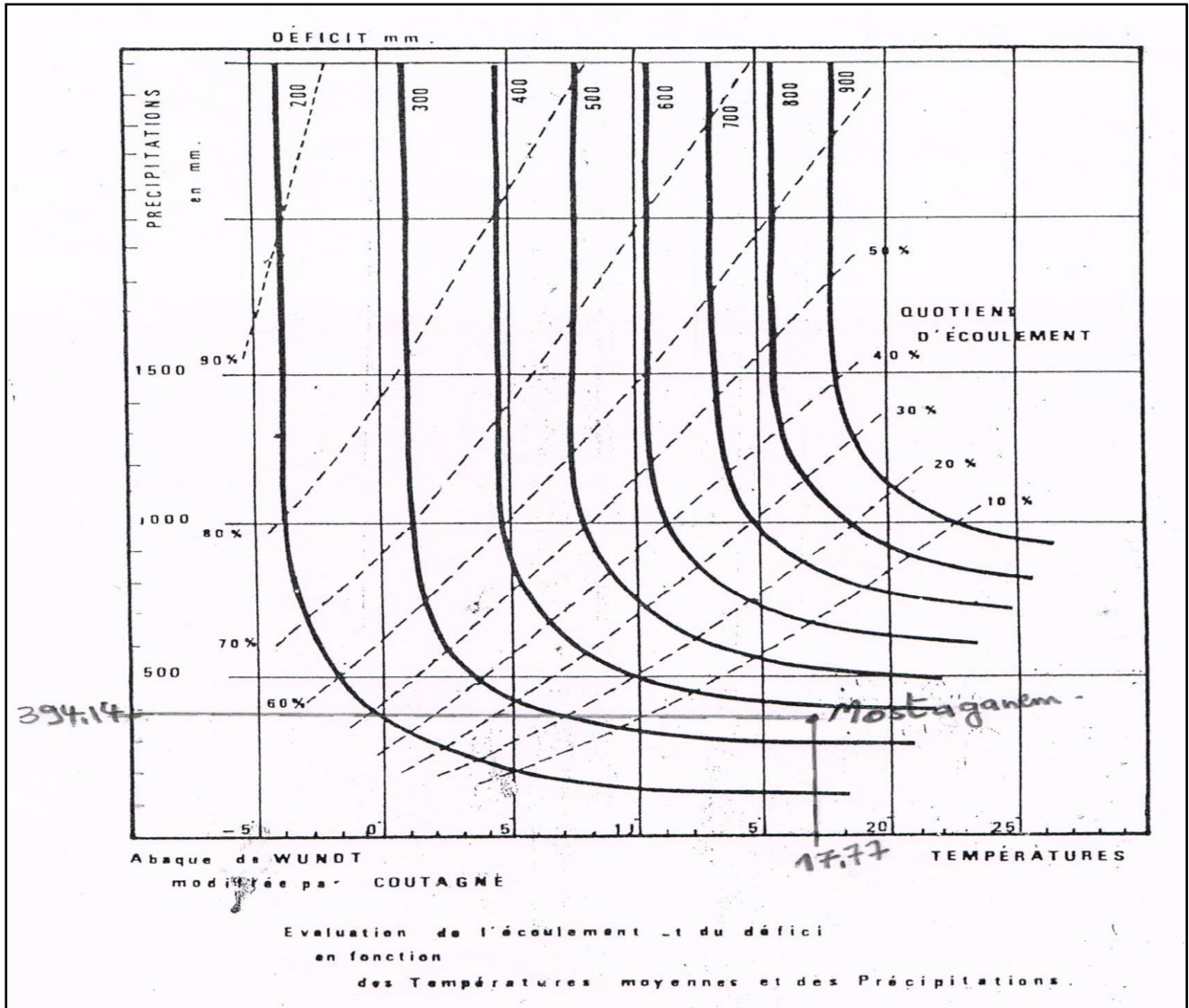


Fig. 21- Abaque de Wundt. (Modifié par Coutagne).

Pour notre étude et à partir de l'abaque **ETR** = 370 mm, et le quotient d'écoulement inférieur à 10%

❖ Méthode de Thornthwaite :

Deux cas sont à distinguer

-Si $P > ETP$: $ETR = ETP$.

-Si $P < ETP$: et dans la présence des réserves, $ETR = ETP$, lorsque ces réserves sont insuffisantes, donc nous avons un déficit et $ETR = P$.

Nous avons une évapotranspiration réelle : **ETR** = 360.52mm(tableau n°11).

CHAPITRE I : Considérations Générales

Tableaux n°10 :données récapitulatives de l'évapotranspiration réelle par différentes méthodes :

Les Méthodes	ETR (mm)	L'interprétation
Méthode de Thornthwaite	360.52	Applicable
Méthode de Turc	386.41	Applicable
Méthode de Coutagne	/	Non Applicable
Méthode de Verdeil	375	Applicable
Méthode de Wundt	370	Applicable

D'après le tableau n° 10 qui récapitule toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'ETR nous constatons que cette dernière est comprise entre 360.52 mm et 386.41 mm.

III – 3- 3- Le Bilan Hydrique :

III - 3- 3-1- Déficit d'écoulement (Da) :

Appelé aussi déficit agricole, Il représente la différence entre l'ETP et l'ETR, il s'agit de la quantité d'eau qui aurait pu être utilisée par les plantes, par un apport d'eau d'irrigation.

III- 3- 3- 2-L'excédent (Ex) :

Il s'agit d'un volume d'eau en excès qui ne peut être emmagasiné dans la réserve utile et qui va par conséquent alimenter soit l'écoulement soit l'infiltration.

III - 3- 3- 3- Les écoulements (Ec) :

Selon Thornthwaite, la moitié de l'excédent s'écoulent le mois même, le reste s'infiltrant et alimentant le réseau aérien par l'intermédiaire des sources durant les mois.

III - 3- 3-4- La réserve utile (RU):

Pour un mois donné, la réserve utile est la différence entre les précipitations et les ETP, si les précipitations sont plus importantes, si non, nous n'avons pas une réserve qui alimente la nappe. Pour Thornthwaite en prendre RU= 100 mm.

CHAPITRE I : Considérations Générales

Tableau n°11 : Tableau récapitulatif du bilan hydrologique de Thornthwaite.

MOI S	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Année
P (mm)	71,43	56,73	46,65	48,91	39,09	37,18	25,56	4,76	1,94	3,6	25,57	32,72	394.14
ETP (mm)	38,08	27,08	22,20	24,76	39,06	51,79	82,89	118,29	151,62	151,86	106,32	73,98	887.98
Var	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	/
Ru (mm)	33,34	62,98	87,42	100	100	85,39	28,06	0	0	0	0	0	
ETR (mm)	38,08	27,08	22,20	24,76	39,06	51,79	82,89	4,76	1,94	3,6	25,57	32,72	360,52
Da (mm)	0	0	0	0	0	0	0	113,53	149,68	148,26	80,75	41,26	533.48
Ex (mm)	0	0	0	11,56	0,022	0	0	0	0	0	0	0	5,89
Ec (mm)	0	0	0	5,78	2,9	1,45	0,72	0,36	0,18	0,09	0,045	0,022	11,547

III –4- Bilan hydrologique (1989-2008)

La formule du bilan hydrologique s'exprime de la manière suivante :

$$P = ETR + R + I + S.$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

ETR : évapotranspiration réelle (mm).

I : Infiltration moyenne annuelle (mm).

S : Variation de la réserve que nous supposons nulle (si nous établissons un bilan sur une période de 10 ans par exemple).

R : Ruissellement moyen annuel (mm).

La valeur de précipitations est connue. La détermination des autres paramètres permet la déduction du bilan hydrologique global.

CHAPITRE I : Considérations Générales

III – 4- 1- Calcul du ruissellement par la méthode de TIXERONT-BERKALOFF

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

Avec :

R : ruissellement en (mm).

P : précipitation en (mm).

ETP : évapotranspiration potentiel en (mm).

$$R = 394.14^3 / 3(885.9)^2$$

$$R = 25,88 \text{ mm.}$$

III – 4- 2 Estimation de l'infiltration

Tableaux n°12: l'estimation des valeurs de l'infiltration par différentes méthodes.

Méthodes	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)	L'interprétation
Méthode de thornthwaite	394,14	360,52	25.88	7,74	Applicable
Méthode deTurc	394,14	386,41	25.88	-18.15	N'est pas Applicable
Méthode de Verdeil	394,14	375	25.88	-6,74	N'est pas Applicable
Méthode de Wundt	394,14	370	25.88	-1,74	N'est pas Applicable

Conclusion :

D'après l'étude climatologique, on constate que la région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride de type Méditerranée,

Les précipitations moyennes annuelles 394,14 mm, avec la température moyenne 17.77°C.

Les indices climatiques calculés, ainsi que la visualisation des périodes de sécheresse et de réalimentation pluviale, nous ont permis de définir que notre secteur jouit d'un climat méditerranéen semi-aride, caractérisé par un hiver doux et humide, un été sec et chaud.

La région de Mostaganem se caractérise par un climat méditerranéen semi-aride, avec un hiver tempéré pour ce dernier. la méthode de thornthwaite est la seule retenue pour le calcul du bilan de la région de Mostaganem

Le bilan hydrique selon la méthode de thornthwaite donne une valeur d'ETR = 360.52mm, un ruissellement de 25.88mm (calculé par la méthode de TIXERONT BERKALOFF) et une infiltration de 7.74mm.

CHAPITRE II : Géophysique

CHAPITRE II : Géophysique

• INTRODUCTION :

Pour la détermination de la géométrie de l'aquifère et la clarification du problème de l'abaissement des résistivités constaté dans le secteur du plateau d'Achaacha-Hadjadj, une campagne géophysique par la méthode de résistivité a été faite par IFES (2000).

I - Méthode de résistivité :

I - 1 – Présentation théorique :

La mesure des résistivités des formations lithologiques constituant le sous-sol s'opère à la surface du sol, à l'aide d'un dispositif constitué d'électrodes d'envoi de courant électrique (*A* et *B*) et d'électrodes de mesure (*M* et *N*) de la différence de potentiel (ΔV). Le dispositif quadripôle de Schlumberger est un des dispositifs les plus répandus. C'est un dispositif symétrique dont la distance MN est petite par rapport à AB. En général $MN < AB/5$. (D. CHAPPELLIER, 2001)

Cette méthode vise à mesurer la résistivité apparente d'une tranche du terrain selon la formule

suivante: $\rho_a = \frac{K\Delta V}{I}$

I - 2 - Mode opératoire :

Le dispositif quadripôle Schlumberger se constitue de: (fig. 22)

- Une source de courant (piles sèches ou une batterie de voiture).
- Les électrodes d'émission A et B
- Les électrodes de mesure de potentiel M et N
- Un voltmètre
- Un ampèremètre
- Des câbles électriques

L'exploration du terrain horizontalement permet de cartographier les variations latérales des résistivités et verticalement pour investiguer la variation de la résistivité en profondeur. La profondeur d'investigation est de l'ordre de $AB/2$.

Les résistivités obtenues ne représentent pas les résistivités vraies des formations mais des résistivités apparentes. Mais pour la mesure de la variation verticale de la résistivité, une suite des mesures de résistivités apparentes ont été effectuées avec des lignes progressivement croissantes.

CHAPITRE II : Géophysique



Résistivimètre



Système d'acquisition



Des électrodes



Batterie



Câble Noir



Bobine du Câble

Fig. 22 – Des photos représentent des instruments de mesure

CHAPITRE II : Géophysique

I – 3 - la tomographie électrique :

1-3 - 1 Principe :

La tomographie électrique est une méthode d'imagerie non destructive qui permet de définir un milieu en termes de résistivité électrique à partir de mesures du potentiel

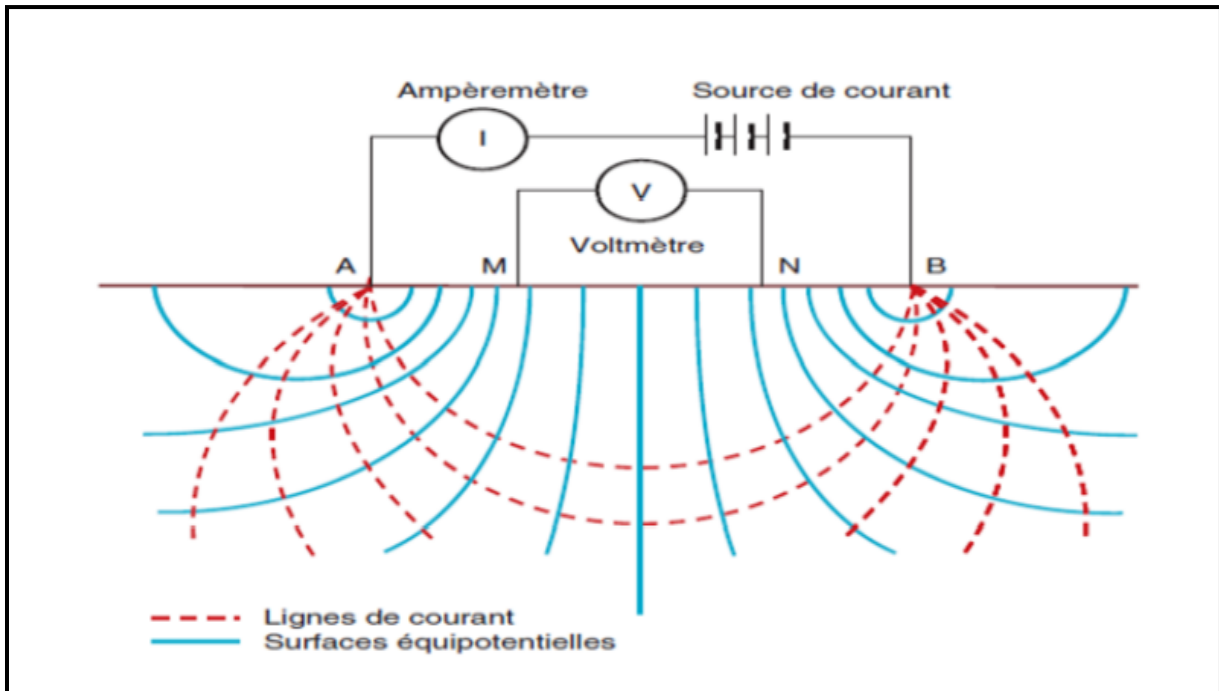


Fig. 23 - Principe de dispositif d'injection de courant dans le sol

I – 3 – 2- Protocole de mesure :

L'installation des câbles et des électrodes, le long d'un profil, se fait après l'observation du terrain et un temps de réflexion pour essayer de recouper au mieux les accidents géologiques. Il faut ensuite connecter tous les câbles à l'entrée du résistivimètre, lui-même relié à la centrale d'acquisition qui enregistre les résistivités apparentes mesurées. Cet appareil, grâce à une batterie de 12V injecte le courant électrique entre les électrodes A et B et mesure le potentiel électrique entre les électrodes M et N (fig. 24). La centrale d'acquisition nous permet de choisir un des dispositifs (Schlumberger, Wenner, Dipôledipôle...). Cet appareil contrôle la matrice de relais sur laquelle les câbles sont connectés et toutes les électrodes peuvent jouer, tour à tour, le rôle A, B, M ou N. (fig. 24)

CHAPITRE II : Géophysique

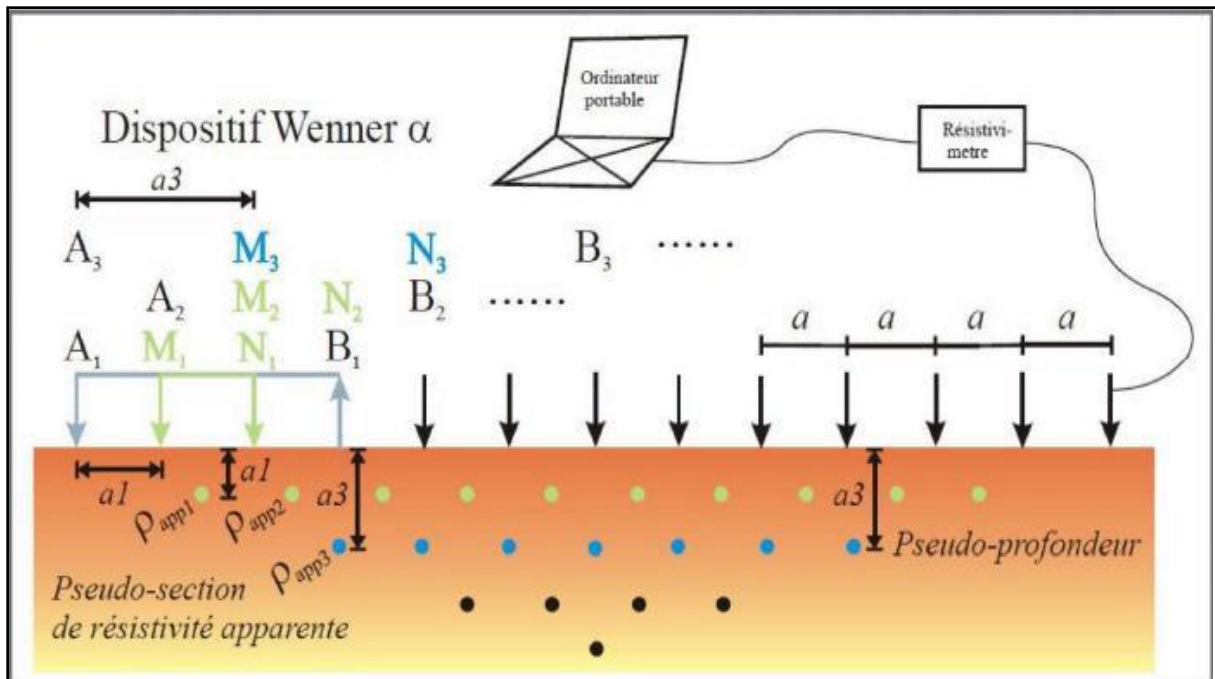


Fig. 24 - Illustration de la technique tomographique

I- 4- Documents obtenus :

Les résultats obtenus de la méthode de résistivité sont sous forme de cartes et de coupes :

a- La carte de résistivité :

L'ensemble des mesures de résistivité permet d'élaborer des cartes de résistivité qui permettent de mettre en évidence la localisation des zones soit résistantes ou conductrices. Ces cartes guident la localisation des zones aquifères. Généralement, des traînés électriques avec des longueurs AB différentes sont effectués pour explorer les différents horizons recherchés.

b- La coupe géoélectrique :

La mesure de la variation verticale de la résistivité en un point donné permet l'établissement de la courbe de sondage électrique. L'interprétation de cette courbe mène à la détermination des résistivités et des épaisseurs des formations du sous-sol. Cette interprétation n'est admise que lorsque les terrains sont constitués de couches horizontales uniformes latéralement. (D. CHAPPELLIER, 2000).

L'interprétation des résultats des investigations par la méthode de résistivité rencontre certaines difficultés inhérentes à la méthode (principe d'équivalence, principe de suppression, effet de l'anisotropie).

CHAPITRE II : Géophysique

II - application à la région d'étude (fig.25)

II – 1. Campagne exécutée :

La campagne de prospection géophysique s'inscrit dans le cadre du programme de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de recherche des eaux souterraines dans le plateau d'Achaacha dans la Wilaya de Mostaganem. Elle a été menée par le bureau d'études I.F.E.S (Icosium Forage Engineering Services) pendant l'année 2000. Cette campagne est constituée de 124 sondages électriques dont 87 à l'aide d'une ligne d'émission AB=2500m et le reste (37) en AB=1500m, répartis sur 15 profils orientés NNW-SSE espacés de 1500m. L'espacement utilisé entre les points de sondages électriques est de 500m et 1000m. Cette étude vise à compléter les informations obtenues par les prospections électriques effectuées par C.G.G (1973). La carte qui suit représente les sondages électriques effectués dans le périmètre d'étude. (Fig.25)

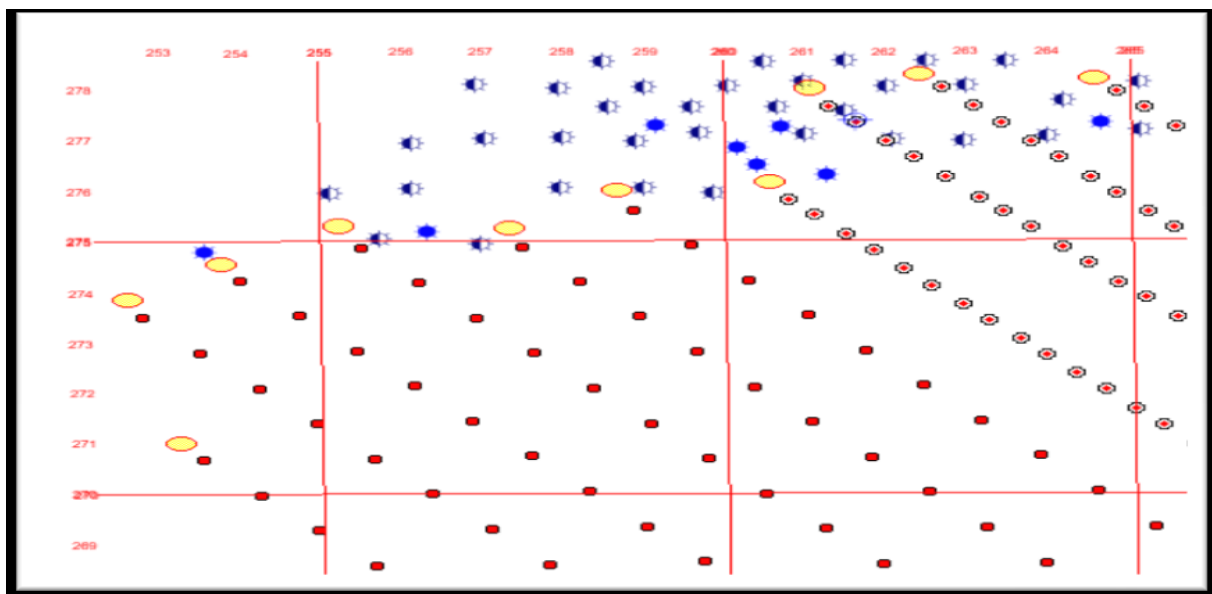


Fig. 25 - Position de sondage (IFES, 2000)

II – 2 - Présentation de quelques courbes de terrain de sondage électriques

A l'aide des données de la campagne géophysique, des courbes de terrain des sondages électriques ont été établis et ceci pour effectuer une interprétation qualitative et quantitative.

a- Interprétation qualitative :

L'interprétation qualitative consiste à identifier à travers la forme de la courbe le nombre de couches et leur nature (couche résistante ou conductrice).

CHAPITRE II : Géophysique

▪ Nombre de couches :

Selon l'allure des courbes des sondages, nous avons distingué des courbes qui révèlent l'existence de deux (2) couches jusqu'à quatre (4) couches géoélectriques. A ce propos, nous avons remarqué une prédominance relative de la courbe en forme de cloche qui indique la présence de trois (3) couches géoélectriques.

▪ Nature des couches :

Les couches géo électriques mises en évidence par les courbes des sondages électriques présentent dans leur majorité de faibles résistivités. Qui varient principalement entre 1 Ohm.m à 30 Ohm.m. Une seule petite partie des sondages électriques enregistrent des résistivités au voisinage de 100 Ohm.m. Pour déterminer la nature des couches géo électrique déterminées à une échelle des résistivités dans laquelle nous avons pris en compte la nature géologique des formations. Les terrains du site étudié y compris le substratum (marnes) sont des formations sédimentaires de couverture. Les couches ayant un intérêt hydrogéologique sont consignées dans le tableau 13.

Tableau 13 : échelle des résistivités

Nature de la couche géo électrique	Résistivité (Ohm.m)
très très Conductrice (ttC)	4
très Conductrice (tC)	4 à 10
Conductrice (C)	10 à 30
moyennement Résistante (mR)	30 à 100
Résistante (R)	//

Il est évident que les couches dont la résistivité est inférieure à 10 Ohm.m (ttC et tC) ne présentent aucun intérêt hydrogéologique. Les couches conductrices (C) de résistivité allant de 10 à 30 Ohm.m ne présentent pas à leur tour un intérêt dans la mesure que s'il y a présence d'eau elle sera certainement une eau saline. Dans cet ordre on s'intéressera, donc, aux couches géoélectriques (mR et R) dont la résistivité dépasse le seuil de la trentaine (30) d'ohm.m. Ainsi, les cas qui peuvent se présenter sont les suivants:

CHAPITRE II : Géophysique

- ✚ Terrain à deux couches géo électriques ttC- tC (fig.09 : carte géologique) comportant une couche très conductrice et une deuxième couche très conductrice. Ce cas de figure est représenté par les courbes des sondages électriques A2, G1, G7, H10.
- ✚ Terrain à deux couches géo électriques R-C comportant une couche résistante et une deuxième couche conductrice à l'exemple de J3, L9, M1.

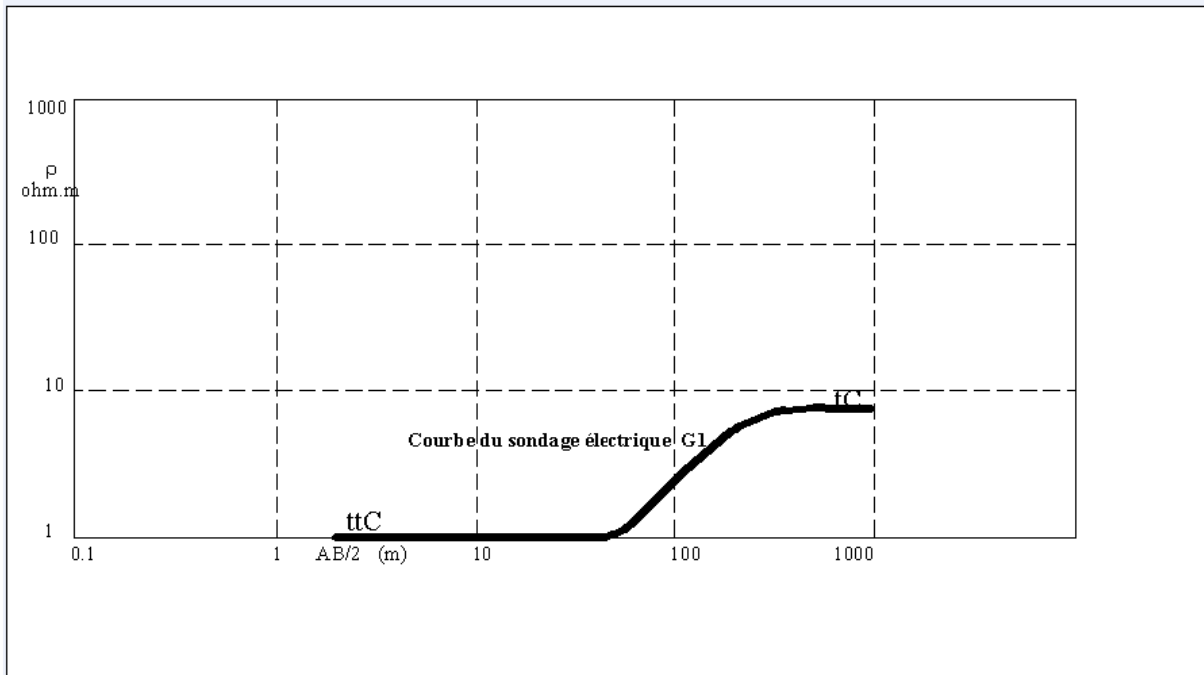


Fig. 26 - Terrain à deux couches ttC- tC

- ✚ Terrain à trois couches géo électriques tC- ttC- tC (fig. 27) comportant une couche superficielle très conductrice suivie par une couche très conductrice et une troisième couche profonde très conductrice. Les courbes des sondages électriques B5, B9, C5, D5, E4, I3, J23 sont prises comme exemple.

CHAPITRE II : Géophysique

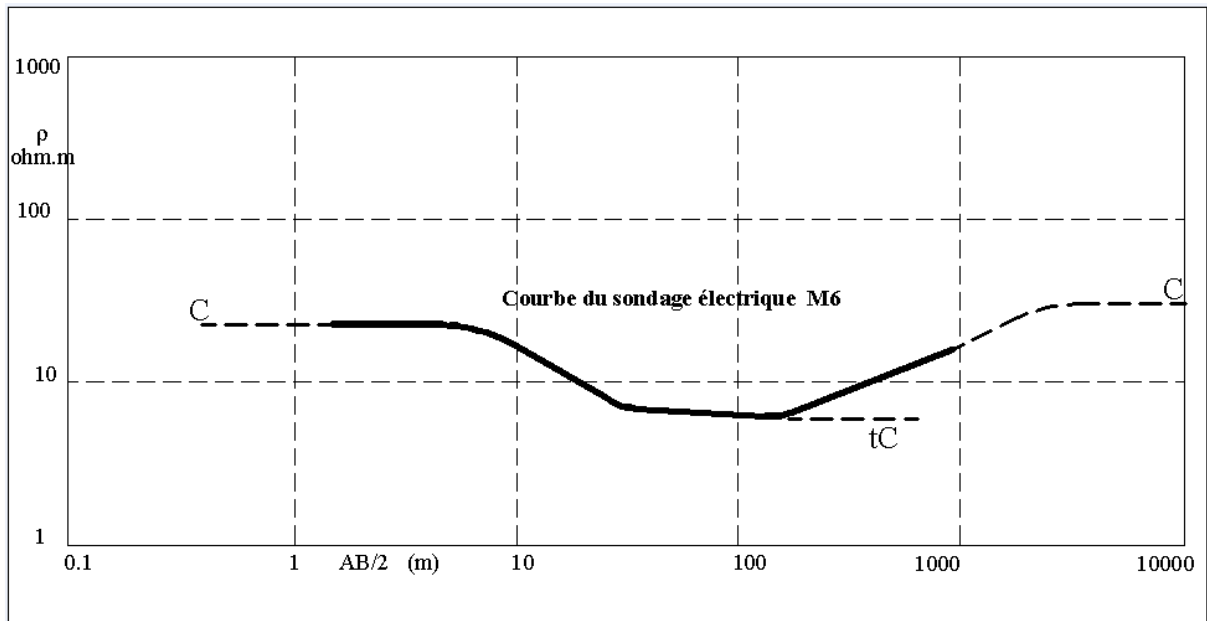


Fig. 27 - Terrain à trois couches tC- ttC- tC

- ✚ Terrain à trois couches géo électriques C- tC- C (fig.28) constitué d'une couche superficielle conductrice suivie par une couche très conductrice et une troisième couche profonde conductrice. Cette disposition est révélée par les courbes des sondages électriques A6, G21, J10.

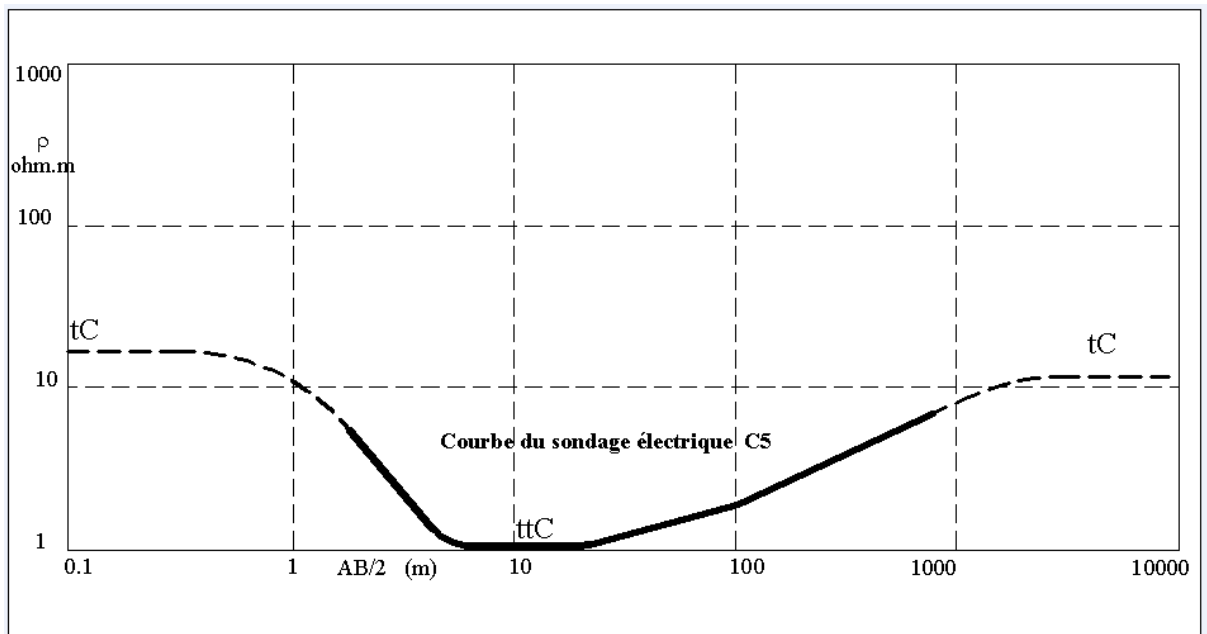


Fig. 28 - Terrain à trois couches C- tC- C

CHAPITRE II : Géophysique

- ✚ Terrain à Trois couches géo électriques mR-R-C (fig.29) comportant une première couche superficielle de résistance moyenne, une deuxième couche résistante suivie par une couche profonde conductrice (K5).

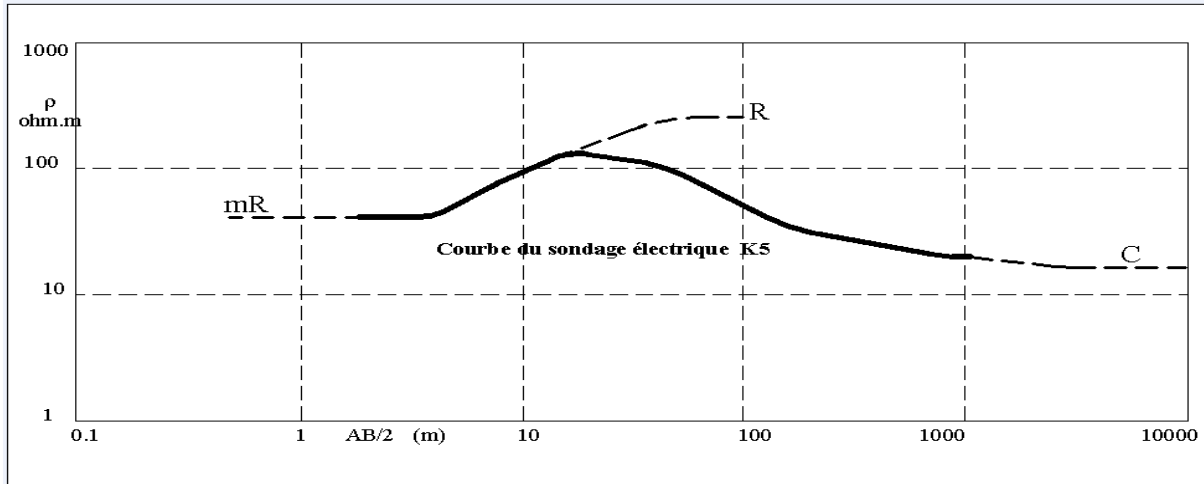


Fig. 29 - Terrain à trois couches mR-R-C

- ✚ Terrain à quatre couches géo électriques C-R-C-tC-C (fig. 30) constitué par une succession d'une couche moyennement conductrice, couche conductrice, une couche moyennement conductrice et enfin une couche conductrice. Ce cas de figure est représenté par les courbes des sondages électriques J6, K16.

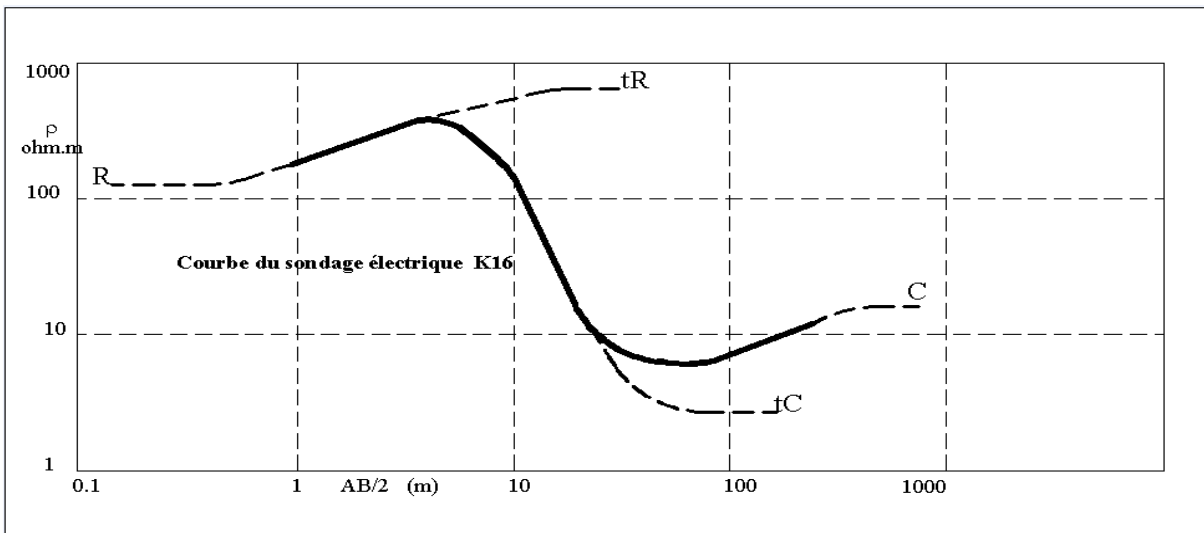


Fig. 30 - Terrain à quatre couches C-R-C-tC-C

- ✚ Terrain à quatre couches géo électriques R-tC-C-tC (fig. 31) constitué par une alternance d'une couche et une couche résistante qui se termine par une couche très conductrice à l'exemple des sondages électriques B1 et J2.

CHAPITRE II : Géophysique

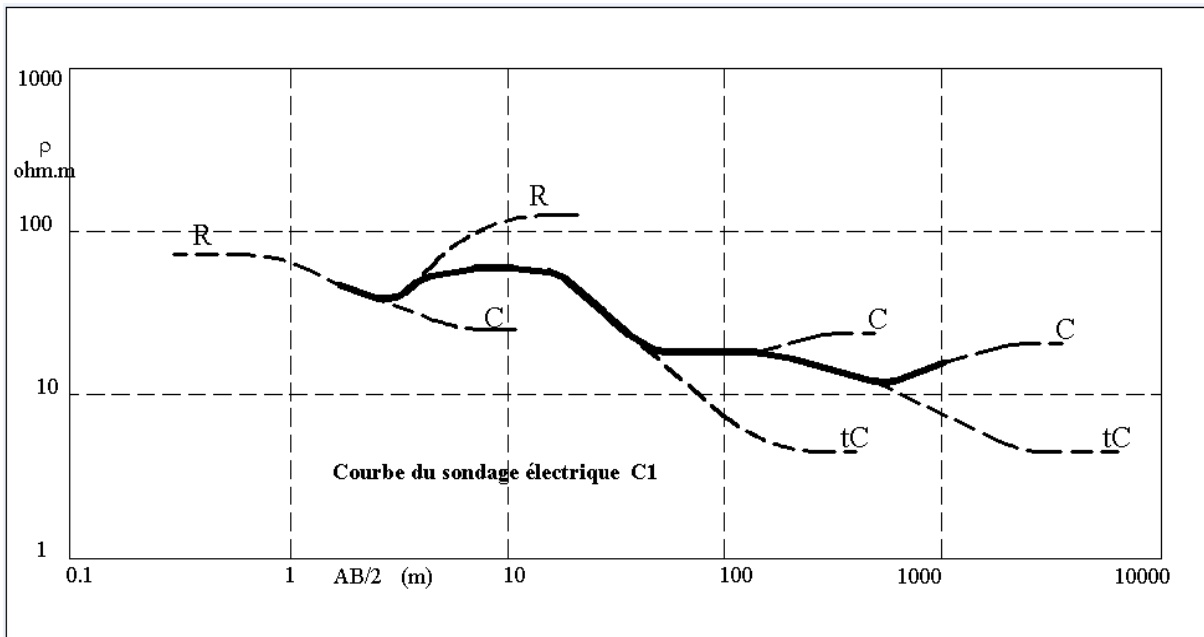


Fig. 31- Terrain à quatre couches R-C-R-tC

- ✚ Terrain à quatre couches géo électriques tC-C-tC-C (fig. 32) constitué par une alternance d'une couche conductrice et une couche très conductrice (sondages C2 et C11).

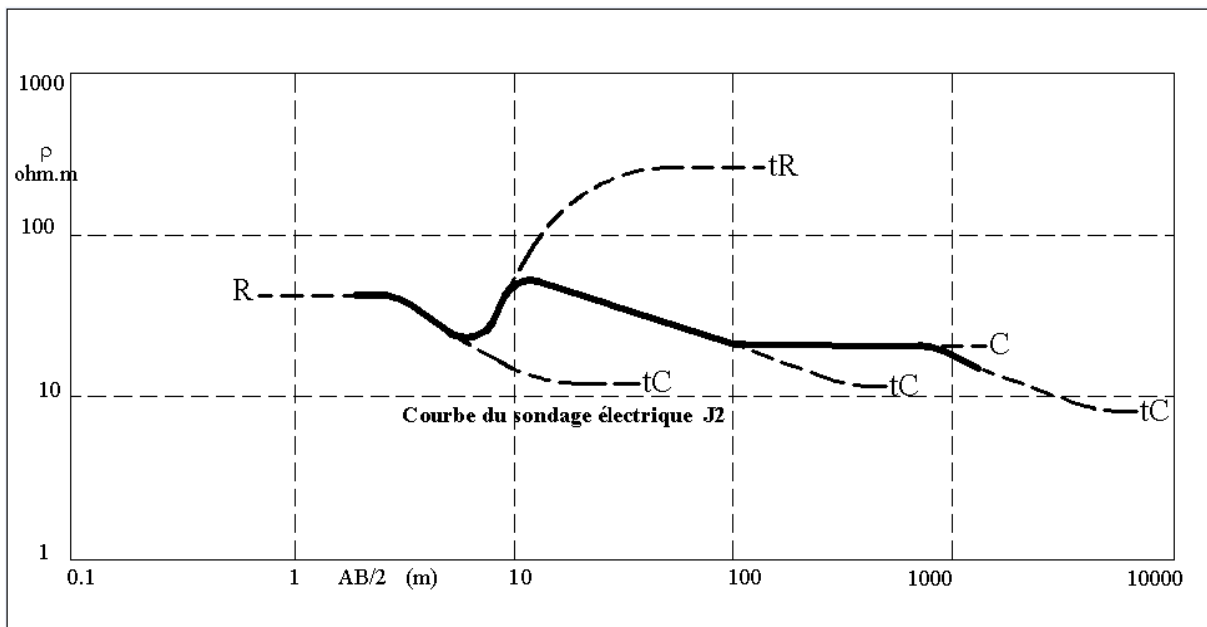


Fig. 32 - Terrain à quatre couches tC-C-tC-C

b- Interprétation quantitative : Le but de l'interprétation quantitative est l'estimation des épaisseurs et résistivités vraies des formations explorées. A cet effet, a été utilisé un logiciel winsev3 pour un traitement automatique des courbes.

CHAPITRE II : Géophysique

- Procédure du traitement automatique par winsev 3
 - Echantillonnage de la courbe SE.
 - Choix d'une solution en résistivités vraies et épaisseurs des couches à proposer à l'ordinateur.
 - Calcul de la courbe de sondage électrique en fonction de la solution proposée (par nous).
 - Réduire l'écart entre la courbe calculée et la courbe de terrain échantillonnée par des changements apportés aux résistivités ou aux épaisseurs.
 - Le logiciel peut ajuster la solution pour fournir une solution finale.
 - L'interpréteur (géologue ou hydrogéologue) doit intervenir dans les chiffres fournis pour trouver le modèle le plus adéquat.

Pour une bonne interprétation quantitative, des logs géologiques disponibles ont été utilisés dans le périmètre d'étude à proximité des sondages électriques concernés par l'interprétation.

- Etalonnage des sondages électriques C1 et B1 à l'aide du forage chouachi

Le log géologique du forage de chouachi d'une profondeur de 97m, d'un débit de 8l/s et d'un résidu sec de 1.8g/l montre une succession de haut en bas constituée par des calcaires blancs (du Quaternaire) d'une épaisseur de 14m, des grès grossiers, argiles, sables et grès à ciment calcaire à eau minéralisée (du Calabrien) d'une épaisseur de 16 m . Les courbes des sondages électriques C1 et B1 représentent dans le cas du sondage B1 un terrain à quatre couches (**R-tC-C-tC**) et pour le cas du sondage C1 un terrain à quatre couches (**C-R-C- tC**). Le traitement automatique a permis d'opter pour un terrain à trois terrains en rassemblant les dernières couches géo électriques en une seule. Ainsi nous avons les résistivités suivantes:

- 70 ohm.m aux calcaires blancs quaternaires
- 20 ohm.m aux grès grossiers, argiles, sables et grès à ciment calcaire à eau minéralisée du Calabrien

- 10 ohm.m aux marnes bleues du Miocène supérieur

- Etalonnage des sondages électriques D1 et E1 à l'aide du forage Bosquet.

Le forage de Bosquet a une profondeur de 120 m et un débit de 9 l/s. Son log géologique indique de haut en bas les épaisseurs des formations suivantes: 20 m de croûte calcaire et de calcaire, 20 m d'argile du Calabrien, 70 m de grès astiens et ensuite le substratum constitué de marnes du Plaisancien. La courbe de sondage électrique D1 représente un terrain à quatre

CHAPITRE II : Géophysique

couches (C-tC-C-tC). La courbe de sondage électrique E1 représente également un terrain à quatre couches (tC-C-tC-C). Le traitement automatique a permis d'opter pour un terrain à trois terrains en rassemblant les dernières couches géo électriques en une seule :

- 27 ohm.m à la croûte calcaire,
- 36 ohm.m aux calcaires blancs compacts et 3.2 ohm .m aux argiles brunes plastiques quaternaires.
- 31 ohm.m aux grès calcaires vacuolaires avec de petites passées argilo-sableuses de l'Astien
- 10 ohm.m aux marnes bleues plastiques plaisanciennes.

c - Présentation des coupes géo électriques

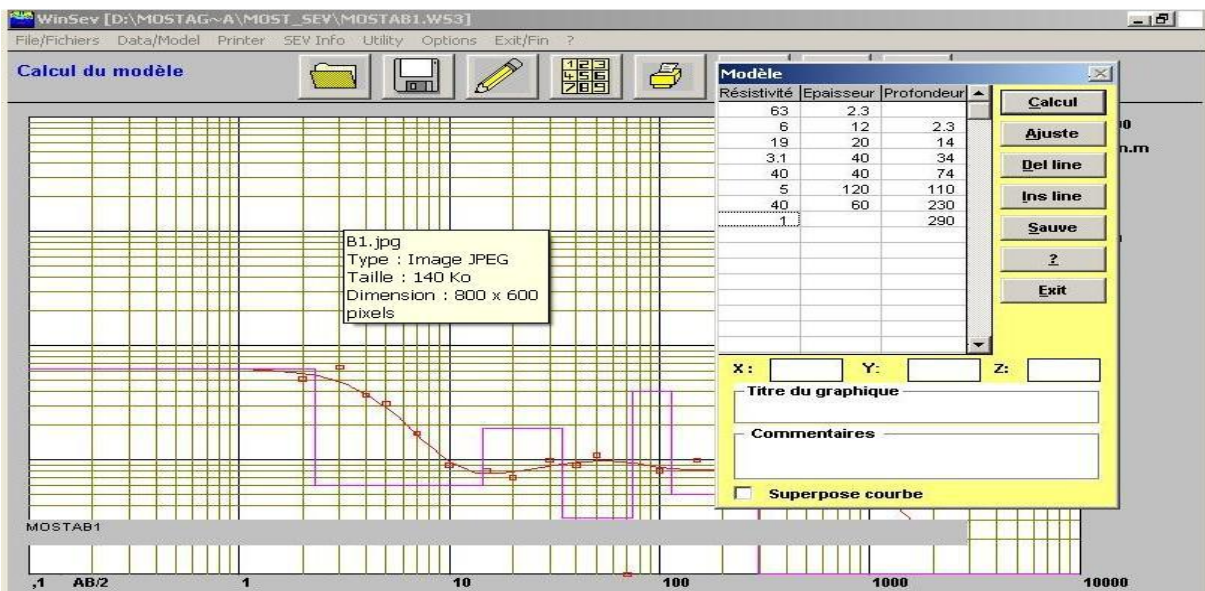


Fig. 33 a - coupes géo électriques

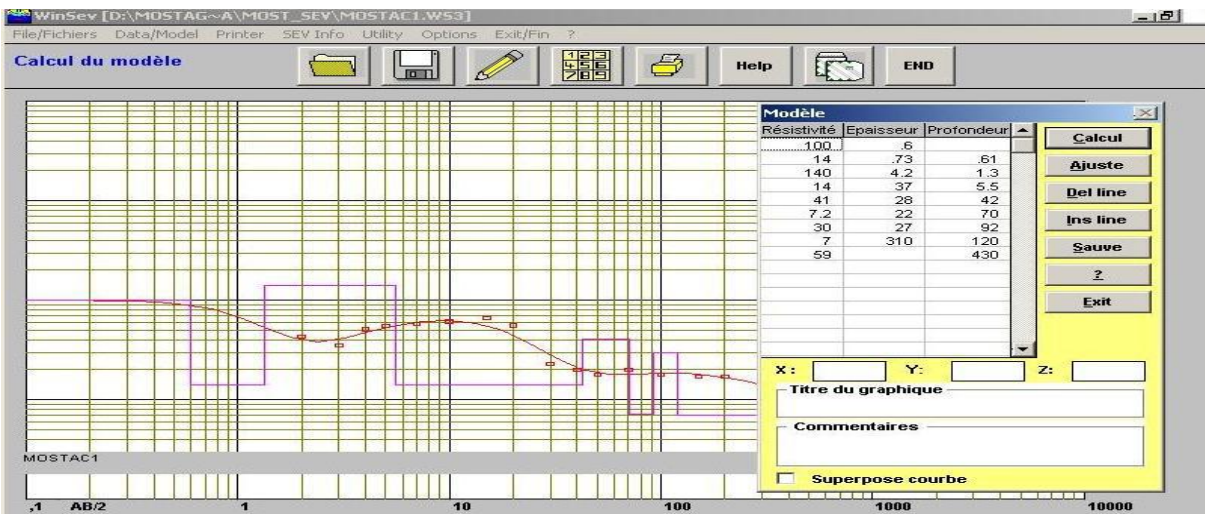


Fig. 33 b - coupes géo électriques

CHAPITRE II : Géophysique

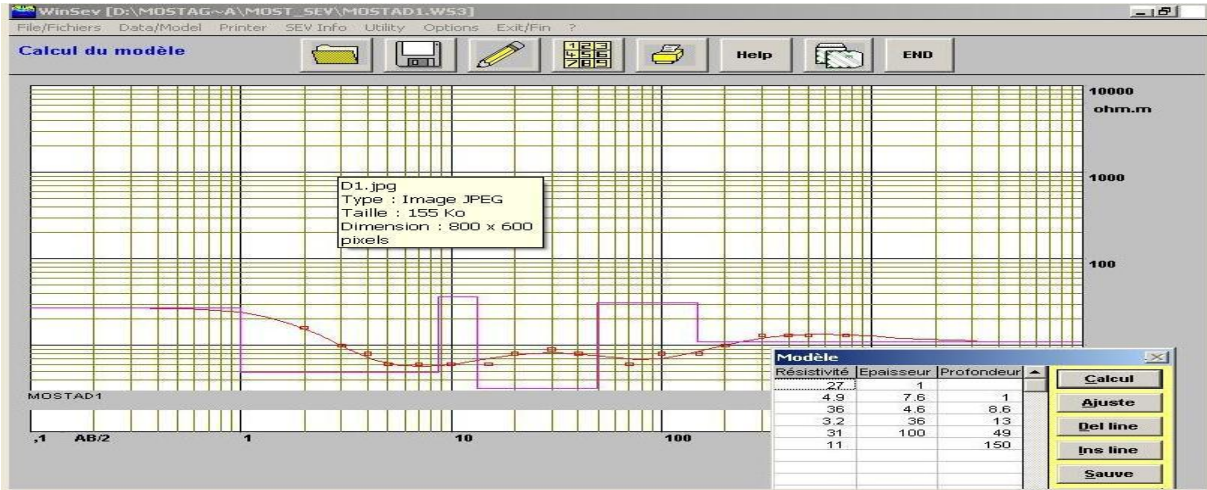


Fig. 33 c - coupes géo électriques

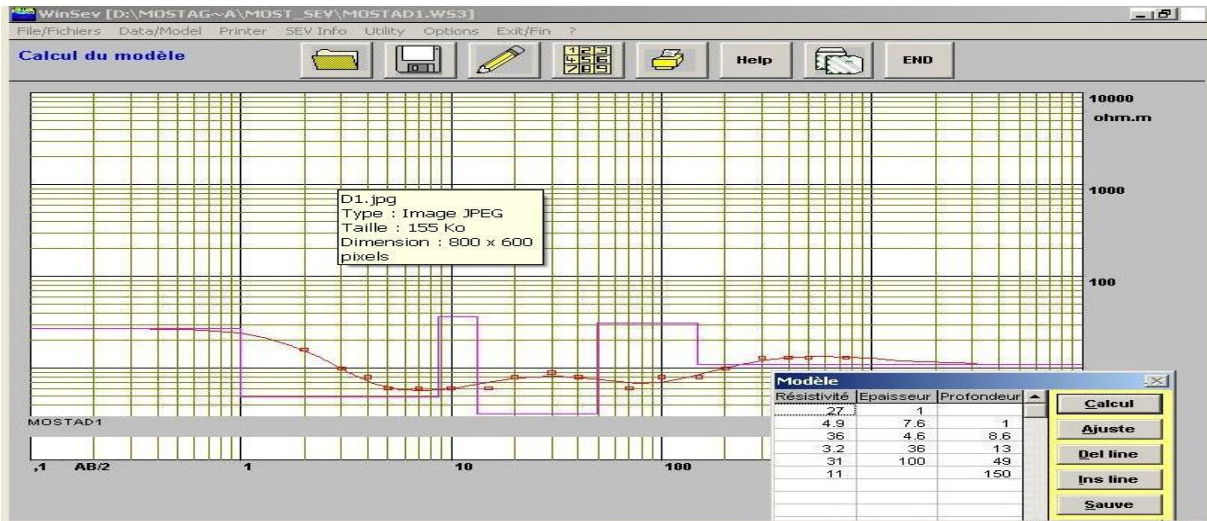


Fig. 33 d - coupes géo électriques

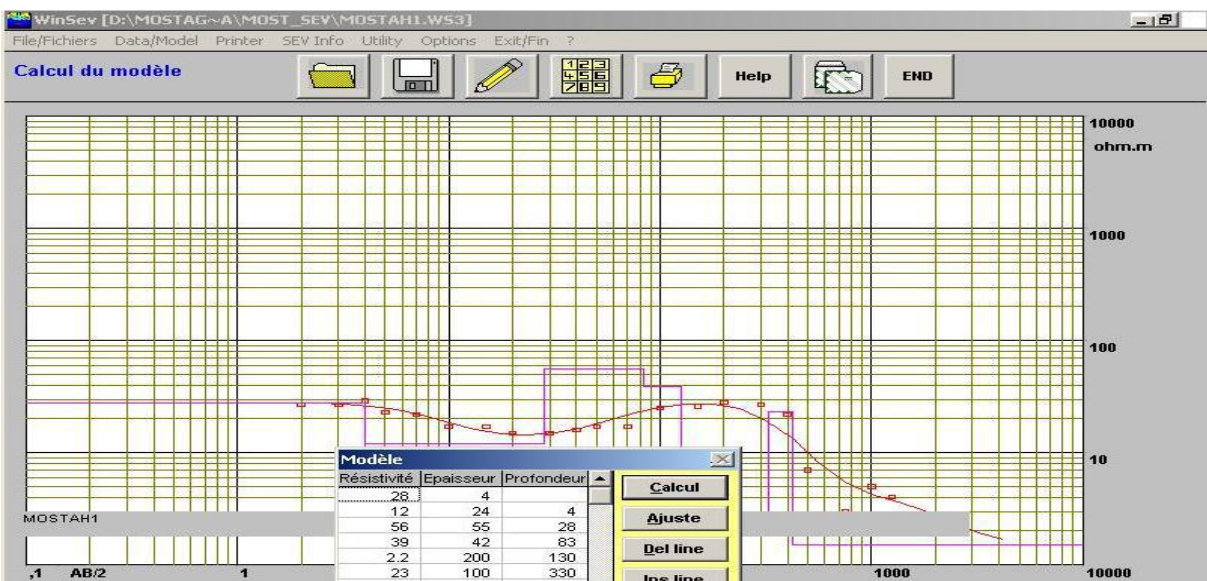


Fig. 33 e - coupes géo électriques

CHAPITRE II : Géophysique

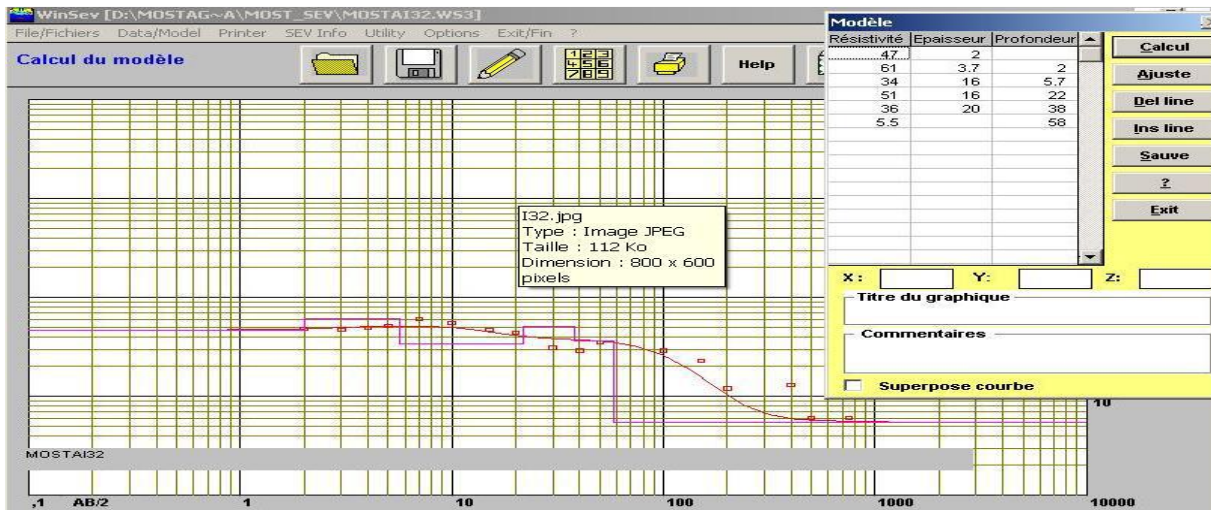


Fig. 33 f - coupes géo électriques

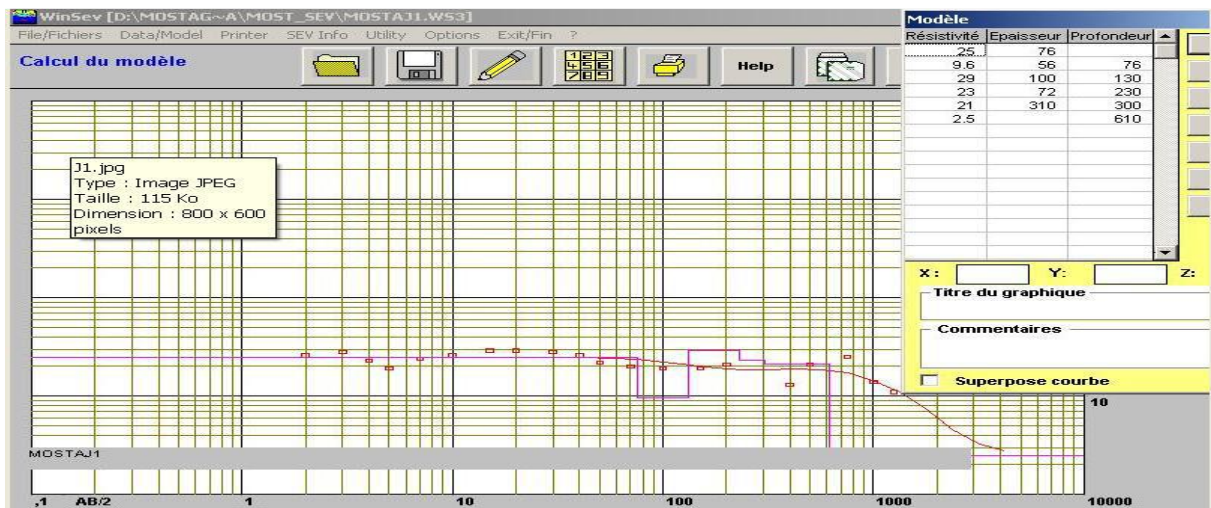


Fig. 33 g - coupes géo électriques

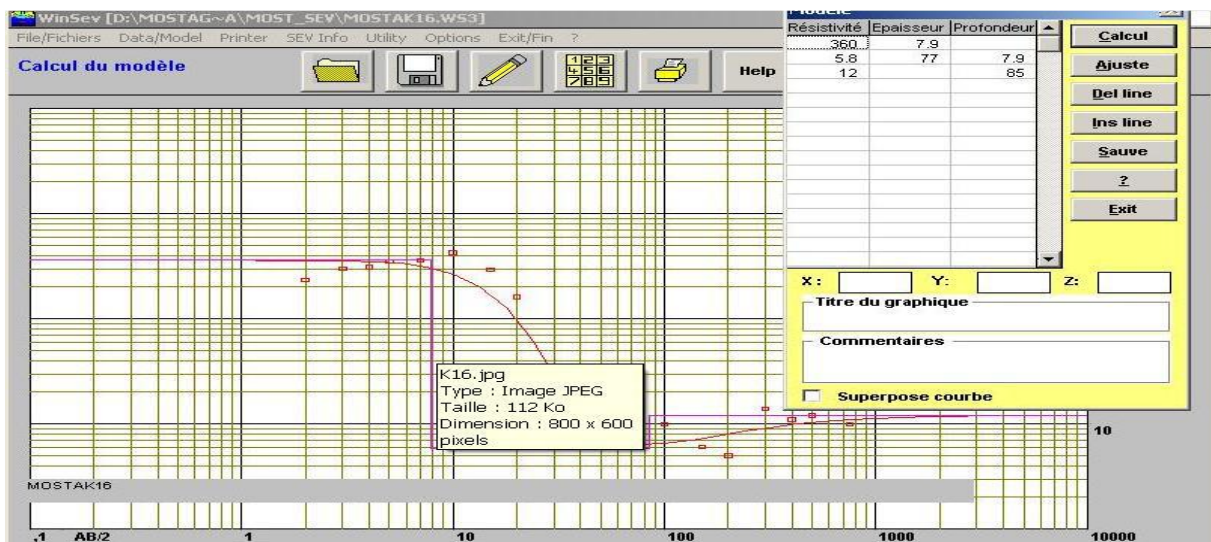


Fig. 33 h - coupes géo électriques

CHAPITRE II : Géophysique

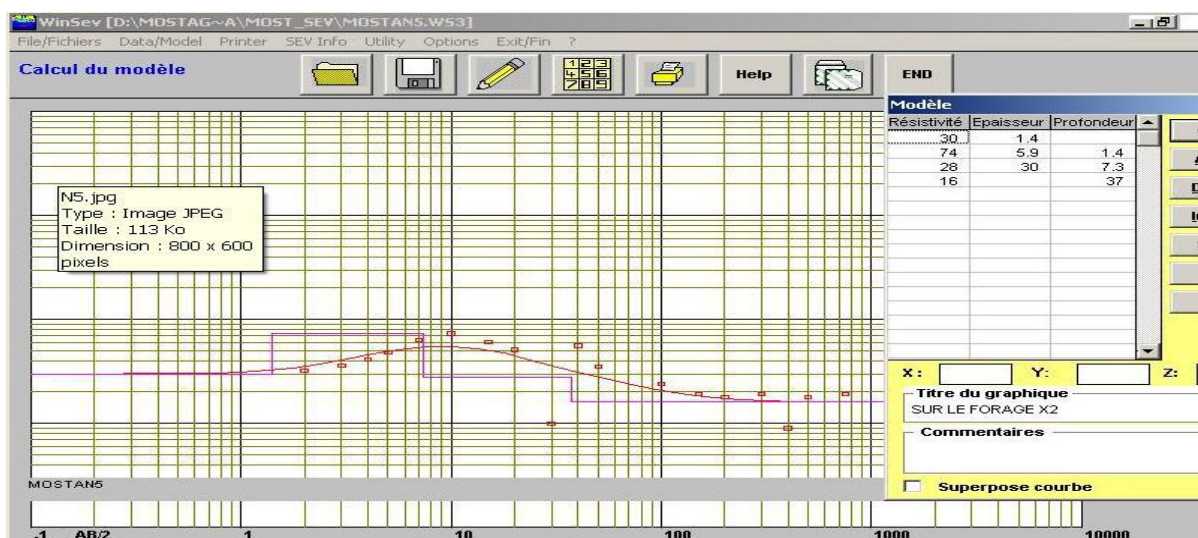


Fig. 33 i - coupes géo électriques

II - 3 - Interprétation des sondages électriques :

L'interprétation qualitative et quantitative des sondages électriques nous ont permis d'établir une échelle des résistivités en fonction des faciès lithologiques. Mais, malgré l'établissement de cette échelle des résistivités la difficulté d'interprétation persiste du fait de la grande variance de la résistivité d'une même couche géologique et des recouvrements des résistivités des différentes couches comme l'indique clairement ce tableau n° 14. L'existence d'une nappe salée est également une cause de la difficulté d'interprétation.

Tableau 14 : Echelle des résistivités

Formations	Age	Résistivité adoptée en ohm.m
Argiles sableuses à éléments calcaires à eau minéralisée Calcaires sablo -argileux	CALABRIEN	1 -20 20 -80
Sables et grès	ASTIEN	20 - 100
Marnes bleues	PLAISANCIEN A MIOCENE	1 -18
Marnes à tripolis Bancs de gypse Cinérîtes et marnes	MIOCENE SUPERIEUR	19 -92

CHAPITRE II : Géophysique

- **CONCLUSION :**

L'étude géophysique a déterminé et a précisé la structure du substratum imperméable ainsi que la direction de l'écoulement souterraine convergente vers la ville de Mostaganem (voir chapitre suivant) et surtout la direction privilégiée SW-NE définie par la tectonique (chapitre 1).

CHAPITRE III : Hydrogéologie

CHAPITRE III : Hydrogéologie

CHAPITRE III : Hydrogéologie

• INTRODUCTION :

La zone d'étude est presque identique au plateau de Mostaganem et la vallée de la Soif (fig.34) avec deux formations hydrogéologiques indépendantes paraissant continues sur une grande étendue.

I - Hydrogéologie :

Les différentes études hydrogéologiques établies au niveau de notre région d'étude comprennent :

- L'étude des caractéristiques physiques de l'aquifère.
- l'inventaire des points d'eau et l'étude piézométrique.
- manque remarquable des logs des puits et forages dans la direction d'hydraulique de la Willaya (DHW) ce qui a rendu difficile l'évaluation des potentialités hydrauliques des formations litho-stratigraphiques et de préciser les niveaux aquifères

Dans son ensemble, la région de Mostaganem comporte un substratum marneux imperméable, surmonté de grès sableux ou argileux sableux qui contiennent l'aquifère principale et on trouve aussi les sables qui recouvrent les formations précédentes appelées « les sables du plateau de Mostaganem ».

L'épaisseur des formations aquifères varie d'un endroit à un autre et diminue (100 à 120 m : Calabrien) en allant de l'Est-Nord-est (ENE) vers l'Ouest-Sud-ouest (WSW).

Dans la partie Nord-est de la zone d'étude, le Calabrien, parfois le Villafranchien couvre l'Astien formé par des grès tendres à grains fins, relativement bien perméables. Le cycle marin dans quelque endroit est remplacé par quelque niveaux continentaux représentant les mêmes caractéristiques (granulométrie et perméabilité). Ces terrains aquifères deviennent plus importants dans notre secteur d'étude.

CHAPITRE III : Hydrogéologie



Fig. 34 : Photo satellite landsat du plateau ainsi que la ville de Mostaganem

I – 1- Caractéristiques physiques de l'aquifère des monts de Dahra :

Le plateau d'Achaacha a été étudié seulement par W. NOBST (1975) pour implantation de forages nécessaires à l'alimentation en eau potable de la population du Dahra et de l'extension de la frange Est de la Wilaya de Mostaganem, supervisés par l'ANRH. Un essai demodèle mathématique a été tenté par Lettol (1975) pour la gestion efficace de ces aquifères.

Le plateau comporte dans son ensemble un substratum marneux imperméable surmonté par les grès à passées sableuses ou Argilo-sableuses (lentilles) qui contiennent l'aquifère principal. Ils sont surmontés par des sables dont l'épaisseur et le faciès varient en fonction de leur localisation (voir la coupe suivante fig. 35).

CHAPITRE III : Hydrogéologie

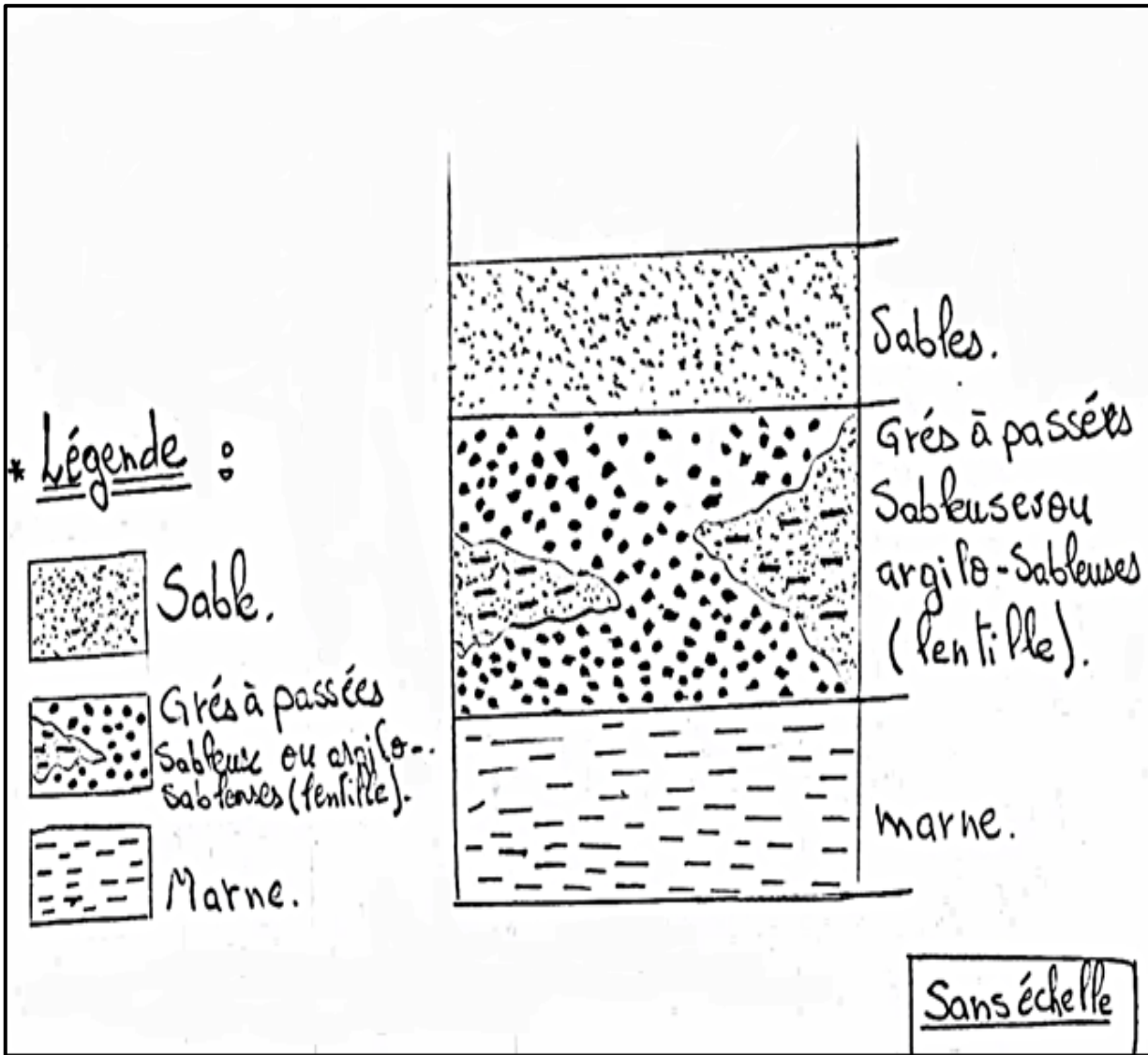


Fig. 35: coupeschématique représentant les formations de l'aquifère de la région d'étude.

➤ Epaisseur des formations aquifères :

Les formations aquifères présentent des épaisseurs variables ; ainsi le « Calabrien » peut atteindre une puissance de 20 à 40 m dans les dépressions topographiques alors que sur les bombements du substratum, la formation n'a plus que 2 à 15 m.

De façon générale l'épaisseur de cette série va en diminuant de l'Est- Nord-est à l'Ouest- Sud-Ouest.

Les autres niveaux ont également des puissances variables et peuvent parfois disparaître : c'est le cas des grès et sable argileux, ainsi que des sables argileux rougeâtres.

CHAPITRE III : Hydrogéologie

➤ Influence du substratum :

L'étude géophysique réalisée sur le plateau de Achaacha (C.G.G- 1972) montre qu'il existe dans la partie Nord des zones à basse résistance transversale, phénomène que l'on peut mettre en relation avec une remontée du substratum Mio-Pliocène. Ce phénomène est visible au Sud de la ville de Hadjadj (ex Bosquet), ainsi qu'à l'Est de Sidi Lakhdar (ex lapasset).

Cette position haute du substratum entraîne une réduction de la nappe à l'inverse des zones à fortes résistances transversales, où le substratum est en position basse et où l'aquifère pourra présenter une épaisseur maximale. La direction NE -SW est dans tous les cas apparente et est liée à la structure du substratum commandée par son évolution morphologique et par la tectonique de la région.

➤ Les aquifères potentiels :

L'ensemble des sondages et études de terrain ont permis de retenir l'existence de trois types de formations :

- Miocène supérieur et Pliocène inférieur.
- Calabrien ou Pliocène supérieur.
- Quaternaire.

Le Miocène supérieur avec dugypse en fer de lance et le Pliocène inférieur (marnes blues fossilifères) formant le substratum parfois érodé par endroit (plaisancien). Ces formations constituent le substratum imperméable de l'aquifère confiné dans des séries supérieures.

Dans le Calabrien (Pliocène supérieur) on peut reconnaître de bas en haut un ensemble de niveaux à perméabilité variable. Il s'agit:

- Des Micro poudingues.
- Des Grès et sable argileux, jaunâtres.
- Des Grès grossiers à ciment calcaire pouvant passer à une lumachelle dont l'épaisseur diminue d'Est en Ouest et qui peut même disparaître.
- Des sables ou Grès jaunâtres très argileux.

Le Quaternaire est transgressif et discordant sur les séries antérieures ; il comporte de bas en haut :

- Des Grès blanchâtres à ciment calcaire.
- Des sables argileux rougeâtres.
- Des Grès blanchâtres à ciment calcaire et à passées argilo-Gréseuses.

CHAPITRE III : Hydrogéologie

- Des Grès jaunâtres à ciment calcaire.
- Une croûte calcaireux-gréseuse associée ou non à un sol rouge.
- Des sables et dunes vives du « plateau de Mostaganem ».

Les niveaux déjà cités sont classés en trois catégories selon leurs perméabilités :

✚ Les niveaux à faible perméabilité

Ce sont les niveaux de sables qui présentent une faible perméabilité (présence des passées argileuses), leur disposition est plus ou moins lenticulaire.

✚ Les niveaux à perméabilité moyenne

Ils sont représentés par les niveaux de grès, leur perméabilité diminue à cause des passées argileuses plus ou moins abondantes (lentilles).

✚ Le niveau à bonne perméabilité

Ils sont constituées par de grès jaunâtres plus ou moins lumachéliques à ciment calcaire, et à éléments grossiers et appelé aussi : « Grès du Calabrien ». Ces grès disparaissent en allant d'ouest vers l'est.

L'épaisseur de ces grès décroît d'Est en Ouest, et est maximale dans les dépressions topographiques (100 à 200 m), tandis que sur les reliefs elle varie entre 20 à 30 m.

Dans son ensemble, l'aquifère principal « logé » dans les grès à passées sableuses ou argilo-sableuses (lentilles) ; le tout est surmonté par des sables dont l'épaisseur varie en fonction de leur localisation. Cette aquifère principale comporte :

Une nappe libre dans les niveaux détritiques et les grès (Calabrien et Astien) ; qui est perchée au niveau de la région de Hadjadj (Bosquet), elle s'étend jusqu'au grès du Pliocène continentale et du villafranchien de Sidi Lakhdar. Au du synclinal de Sidi Ali la nappe est confinée dans des alternances de niveaux argilo-gréseux ou argilo-sableux. Ces grès astiens et calabriens constitue ainsi le réservoir principale dont l'épaisseur varie de 20 à 40 mètres selon les zones. Les formations argileuses mettent en charge cette nappe des grès.

CHAPITRE III : Hydrogéologie

II – Etude de la piézométrie :

II - 1-Inventaire des points d'eau (fig. 36)

Un premier inventaire des puits et forages dans notre zone d'étude a été réalisé en 1976 (B.I.R.H) puis nous avons repris les mêmes puits déjà inventories par l'A.N.R.H d'Alger et qui sont au nombre de 74, qui se répartissent entre 51 puits, 6 forages et 17 sources.

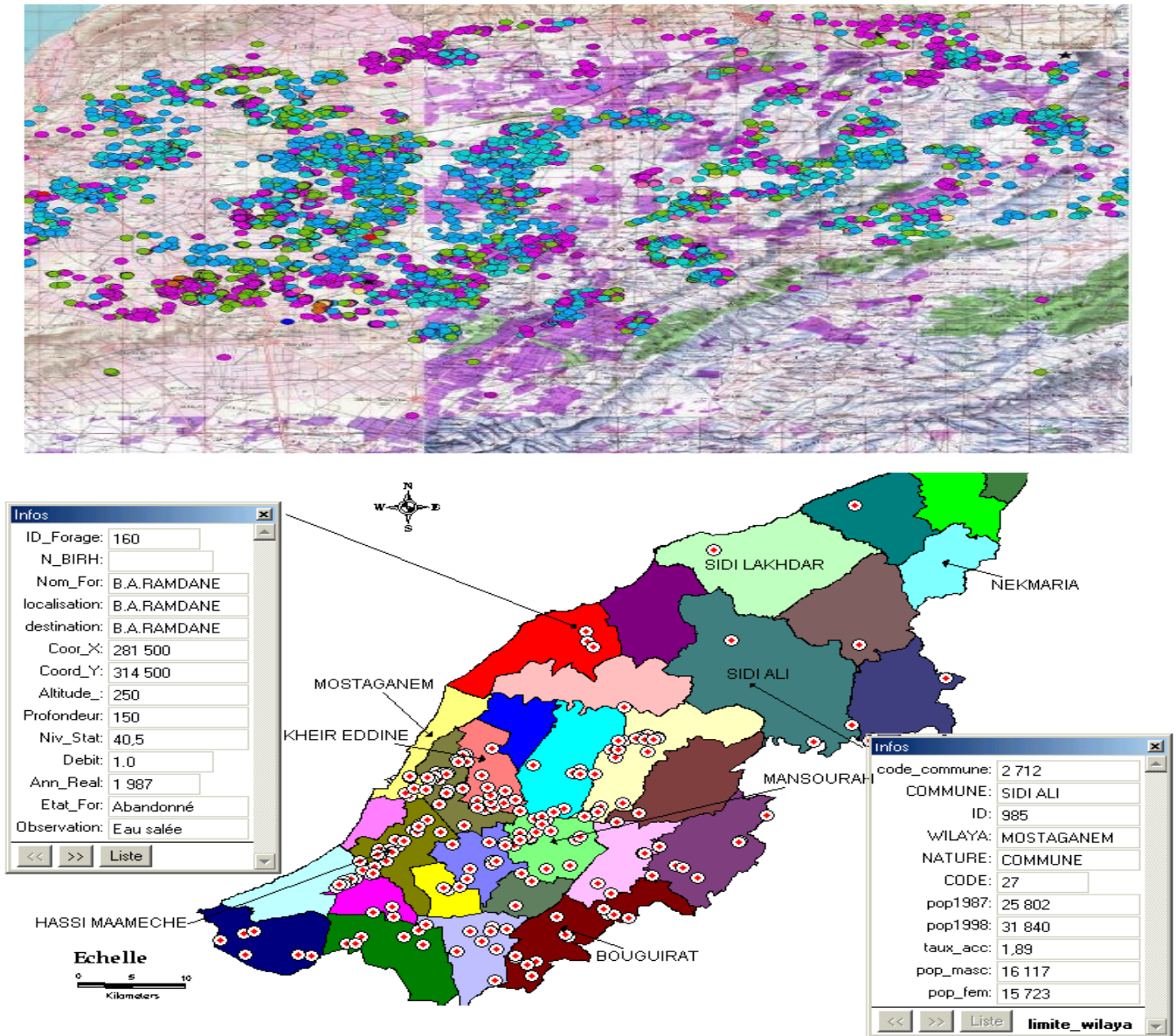


Fig. 36 - Base de données des différents forages couvrant la zone d'étude réalisé par B.I.R.H Alger (1976).

CHAPITRE III : Hydrogéologie

II -2 - Carte Piézométrique (2015/2016) :

Nous avons repris le même travail où nous avons inventorié 70 puits dans la même région. Cette inventaire nous a permis de dressé une carte en courbes hydro-isohypses (fig. 38).

Le bassin hydrogéologique de notre région d'étude se présente comme une mosaïque subdivisé en 11 sous bassins hydrogéologiques d'une superficie totale de 200 km² variant du plus grand (zerrifa-kramis 74 km²), au plus petit (Roumane 3.8 km²). (NOBOST W. 1975) (Fig. 37& tableau 15).

Tableau 15 : différents sous bassins de notre région d'étude (in koudri 2013).

Sous Bassins Hydrogéologiques	Superficie en Km ²	Ecoulement	Gradient Hydraulique dans le sens de l'écoulement	Exutoire
Zerrifa- Kramis	74	Sud- Nord	2.7 à 3.4. 10 ⁻³	Mer
Oued Kramis	8,8	Sud- Nord	2.9.10 ⁻³	Douar Zouabria
Oued Kramis-Kaddous	11	Sud- Nord	3.10 ⁻³	Sources ver le barrage
Oued Kaddous	24,4	Sud- Nord	11.9.10 ⁻³	????,
Oued Kaddous-Zerrifa	24,2	Est-ouest Nord-est Sud-ouest	26.10 ⁻³ 1.5 à 4.10 ⁻³ 19.5.10 ⁻³ 1.5 à 4.10 ⁻³	Captée douar Ouled Bouziane.
Zerrifa	5,4	Sud- Nord Sud- Est- Nord- Ouest	34 à 40.10 ⁻³ 4 à 5.10 ⁻³	Sources de Zerrifa
abbid	8,6	Nord-est Sud-ouest	62.5.10 ⁻³ 25.10 ⁻³	Sources Ouillis
Roumane	3,8	Nord-est Sud-ouest	26.7.10 ⁻³	mer
Ain Titinguel	19,1	Nord-est Sud-ouest	58.10 ⁻³ 43.10 ⁻³ 3.10 ⁻³	Coule autour du bassin
Seddaoua	19,5	Nord-est Sud-ouest	37.5.10 ⁻³ 4.10 ⁻³ 60.10 ⁻³	Captée pour petit port
Abbid Seddaoua	40,7	Nord-est Sud-ouest	33 à 100.10 ⁻³ 2.10 ⁻³ 17 à 25.10 ⁻³ 11.4.10 ⁻³	Sidi Lakhdar.

Le tableau 15 permet de visualiser sous forme de synthèse les conditions aux limites des sous bassins hydrogéologiques, les superficies, les directions d'écoulement, les gradients et les exutoires.

CHAPITRE III : Hydrogéologie

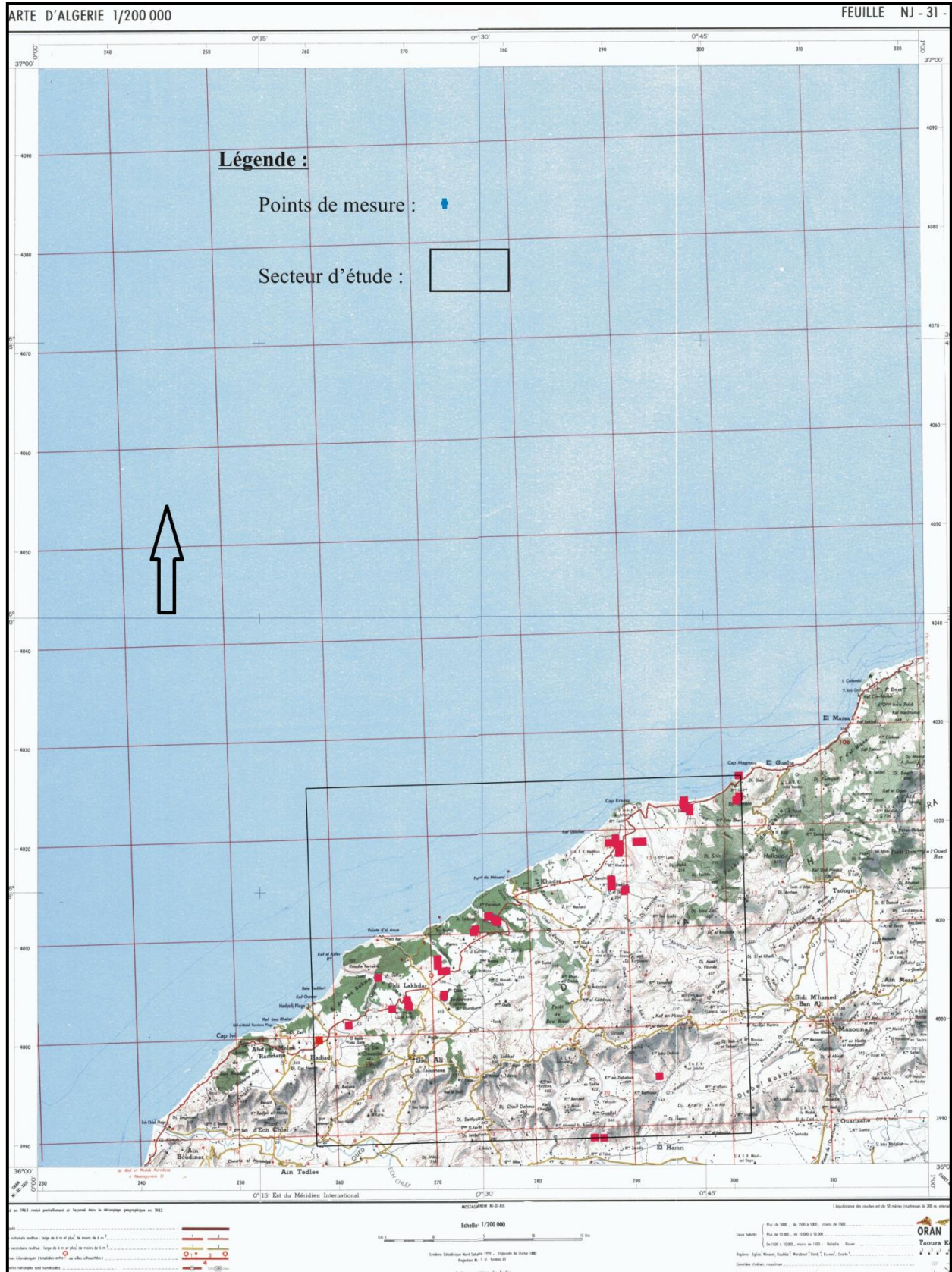


Fig. 37 - Carte des points d'eau de la région d'étudiée en (2015/2016).

CHAPITRE III : Hydrogéologie

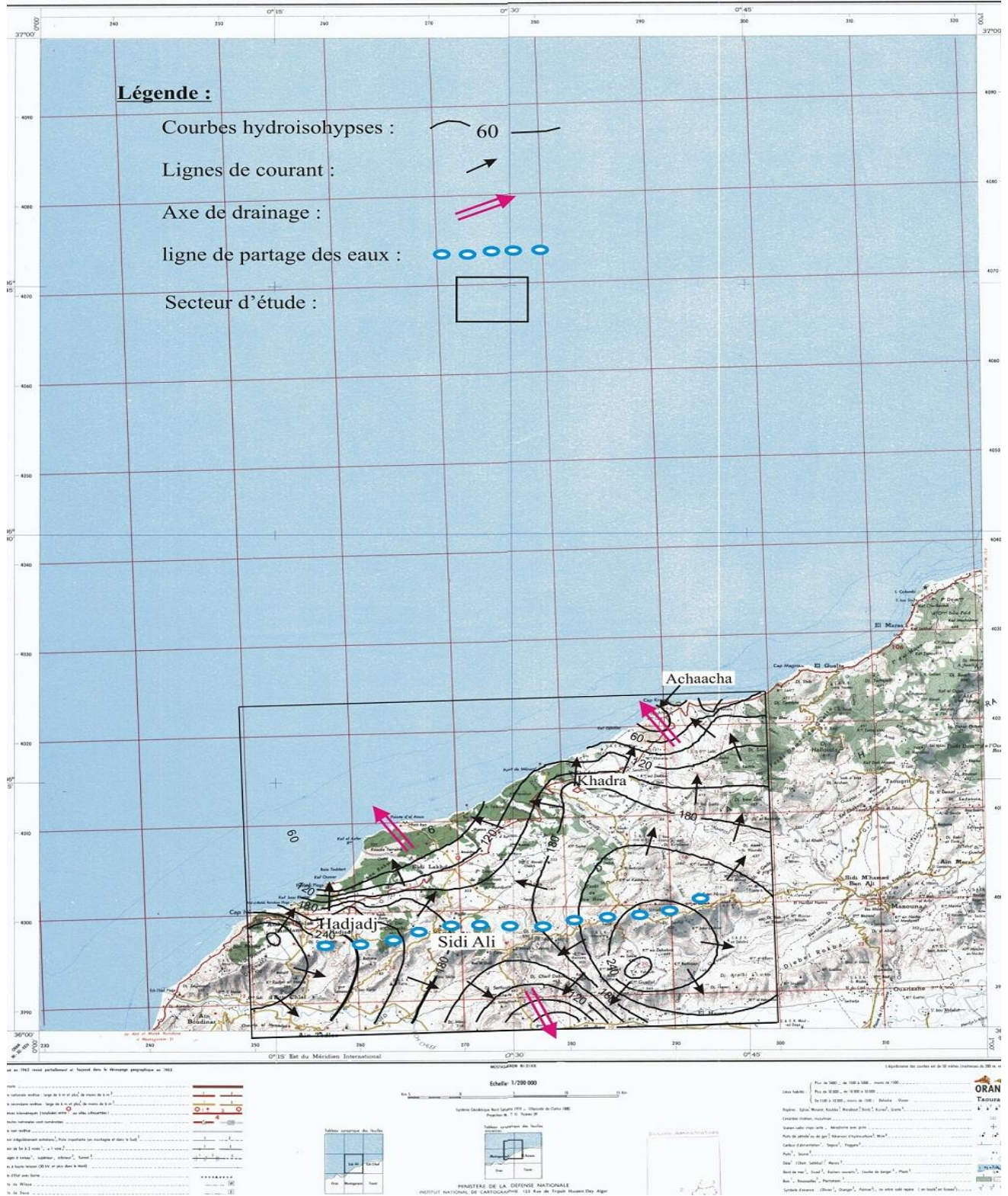


Fig. 38 - Carte piézométrique de la région d'étudiée en (2015/2016).

CHAPITRE III : Hydrogéologie

II – 2 -1 - Interprétation de la carte piézométrique : (fig. 38)

La carte piézométrique a été réalisée sur la base des données fournies par l'ABH (Chélif-Zahrez) et Le DRE (Mostaganem), pour l'année 2015/2016. Et malheureusement nous n'avons pu avoir la précision du mois.

Cette carte a été dressée sur la base de 70 points (voir tableau en annexe) répartis en puits et forages dont la profondeur ne dépasse pas 82m, et c'est points d'eaux ont une distribution spatiale plus ou moins homogène dans notre secteur d'étude.

D'après la carte piézométrique (fig. 38), nous remarquons l'existence de deux axes de drainages séparés par une ligne de partage des eaux qui définit deux sous bassins.

Le premier axe de drainage de direction SW –NE (vers la mer) et le deuxième de direction NW- SE

Les zones d'alimentation de la nappe sont constituées par les différents Djebels ou bombement affectant le plateau, ainsi que par la bordure Nord-Ouest (collines).

Dans ces zones le gradient hydraulique est élevé (vers le NW).

Le Nord-est où se trouve oued kramis qui alimente la nappe ; on a un axe important. Tandis que dans Sud-ouest c'est l'inverse ; nous remarquons que oued abbid est alimenté par la nappe. Dans le bassin de l'oued Abbid, ces axes correspondant à peu près au réseau de drainage.

Nous avons remarqué aussi que vers le Nord, les courbes sont un peu parallèle avec les petits oueds (Kramis – Zerrifa – Roumane), par contre vers le Sud elle alimente l'oued chélif.

D'est à l'ouest on a une ligne de partage des eaux probable à cause de la topographie de la région étudiée (hautes terres et bases terres).

• CONCLUSION :

Le premier objectif de cette étude était de rassembler les éléments de compréhension au fonctionnement générale de l'aquifère alluvial afin d'utiliser dans l'avenir les résultats obtenus.

Le deuxième objectif était d'interpréter les données afin de cerner les problématiques actuelles et futures.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Le plateau d'Achaacha - Hadjadj est conçu sur un bombement côtier ainsi qu'un substratum marneux qui le sépare de la frange maritime Est de la Wilaya de Mostaganem. L'étude du milieu physique du plateau nous a permis de ressortir un ensemble important d'informations :

Du point de vue topographique, le plateau couvre une superficie de l'ordre de 350 Km² avec une altitude moyenne de 150 m par rapport au niveau de la mer, il présente un aspect tabulaire dans sa région centrale qui s'abaisse régulièrement vers l'Ouest en direction du plateau de Mostaganem et vers la partie orientale d'Achaacha.

Du point de vue hydro climatologique, la zone étudiée est régie par un climat méditerranéen, semi-aride à écoulement temporaire, caractérisé par une pluviométrie moyenne irrégulière et faible (< 400 mm).

La moyenne de précipitation dans la station de Mostaganem est de 394.14 mm et la température moyenne annuelle est de 17.7 °C déterminant ainsi un climat semi-aride et l'existence de deux périodes sèche et humide

L'étude géologique révèle l'existence de deux types de formations. La première est allochtone, plus ancienne datée du Trias à l'Albien marquée par l'existence de deux types d'allochtonies. La seconde est de type autochtone récente datée du Miocène à Quaternaire.

L'étude des sondages électriques, sur la base des données de la campagne géophysique de prospection menée par IFES en 2000 nous ont permis de déterminer deux zones principales.

La première est une zone très conductrice et qui correspond à une remontée des marnes gypseuses du substratum miocène.

Sur le plan tectonique le plateau d'Achaacha est marqué par la présence d'une série d'ondulations orientées Nord-est, Sud-ouest.

De point de vue hydrogéologique, les études témoignent de l'existence de nombreux sous bassins hydrogéologiques, d'où l'existence de nombreux axes d'écoulement qui sont orientés le plus souvent vers les sources de la limite Nord du plateau de Mostaganem.

Ces considérations montrent que La région des monts de Dahra se compose de nombreux sous bassins ne contient pas des ressources conséquentes en eau souterraines. Nous constatons aussi l'inexistence des sables Astiens dans la zone Sud-ouest du secteur d'étude.

Conclusion Générale

Dans la présente étude, un bilan n'aurait pas de sens ; de plus les possibilités d'une nouvelle exploitation s'avèrent très limitées, et les débits ponctuels seraient très faibles. Néanmoins dans la zone côtière, les conditions hydrogéologiques permettent une exploitation pour l'alimentation en eau potable car cette zone est éloignée de l'agglomération de Sidi Ali, Sidi lakhdar et hadjadj.

Pour l'agglomération de Sidi Ali qui est une Grande Ville un complément de débit peut se faire soit à partir de la zone côtière ou à partir de la vallée de l'oued Chélif. Dans le synclinal de Sidi Ali le débit ne peut être amélioré que par le captage des deux sources inutilisées.