

## CHAPITRE 2: MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

Dans ce chapitre, nous allons traiter les caractéristiques de la région de M'Sila, particulièrement sa situation géographique, les facteurs climatiques, édaphiques et ces ressources en eau et les matériel et méthode d'étude.

### Première partie : Etude du milieu physique

#### II.1. Situation géographique

La ville de M'Sila est située à 248km au Sud Est d'Alger (Fig. 01) aux coordonnées géométriques suivantes : 35°45'N et 4°35'E. La plaine hodéenne s'intègre dans le cadre géographique des hautes plaines du bassin algérois; elle est limitée :

- Au Nord par les monts du Hodna, et au Sud et Sud-ouest par les premiers chaînons de l'Atlas saharien aux coordonnées géométriques : 35°30'N et 34°45'N.
- A l'Est, par la rencontre des deux chaînes (Monts du Bellezma) aux coordonnées géométriques 4°45'E et 5°45'E.

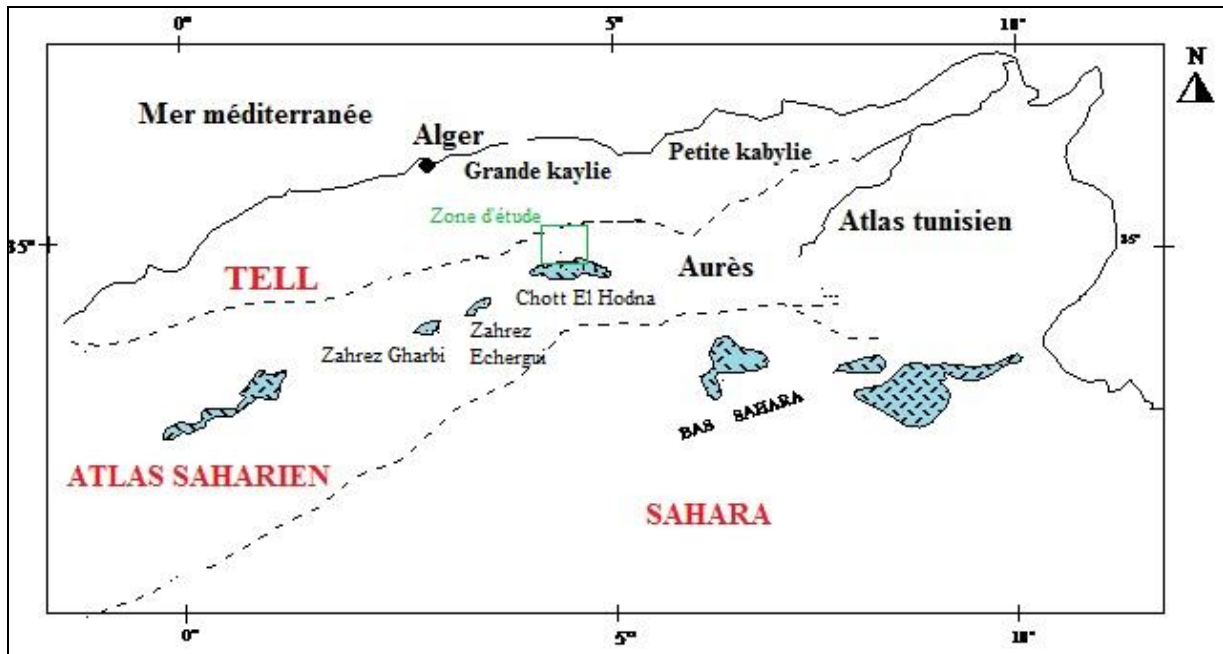


Fig. n°1 : Situation géographique de la zone d'étude(Guiraud,1973).

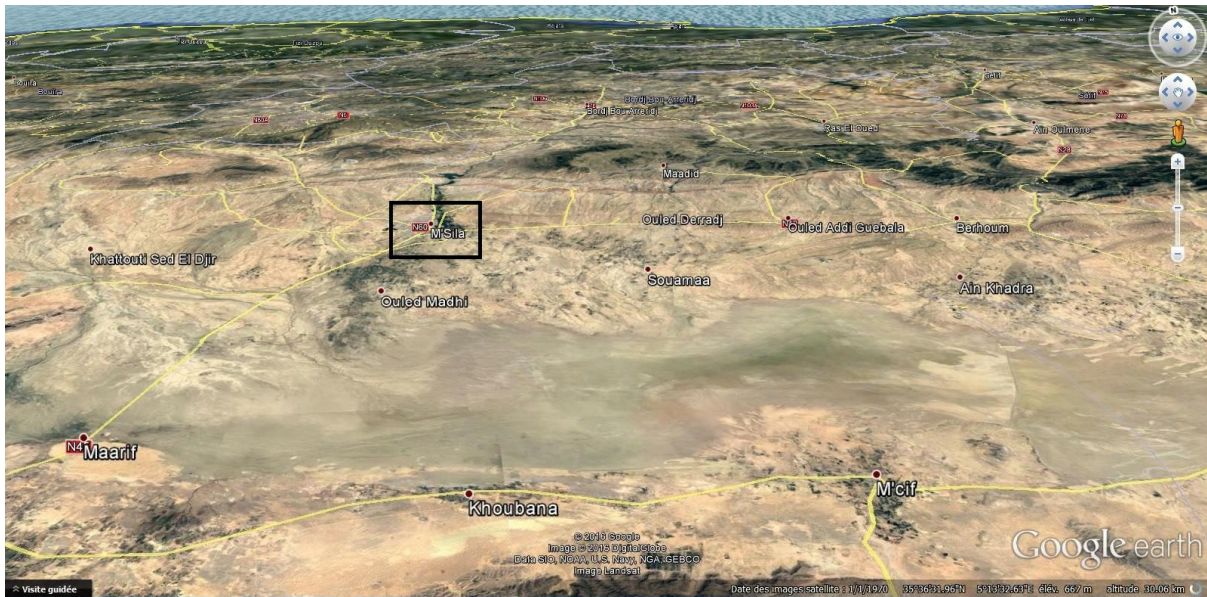


Fig. n°2 : Situation géographique de la zone d'étude

## II.1.2. Géomorphologie

Le domaine d'étude est le produit du choc (au niveau des Aurès) entre les deux chaînes atlasique et tellienne, l'érosion des cours d'eau entailler l'ensemble donnant un dépôt de limon, des sables et des argiles ; ces derniers constituaient la plaine avec au centre l'important Chott el Hodna. Les dépôts éoliens intervient pour construire les dunes (**J. SARI et M. Capolini, 19975**).

On distingue quatre ensembles géomorphologiques :

### II.1.2.1. Cadre montagneux

Les monts du Hodna forment une barrière orientée Est Ouest qui réduit les influences maritimes .Par ailleurs, cet écran dont l'altitude varie entre 1400 et 2000m (Dj. Mâadid au Nord de M'sila culmine à 1863 m) accuse un contact net et brutal avec les collines.

### II.1.2.2. Le piedmont

C'est la zone de transition entre la montagne et la plaine, qui s'allonge d'Ouest en Est aux pieds de montagnes du versant Nord entre les côtes 700m et 500m.

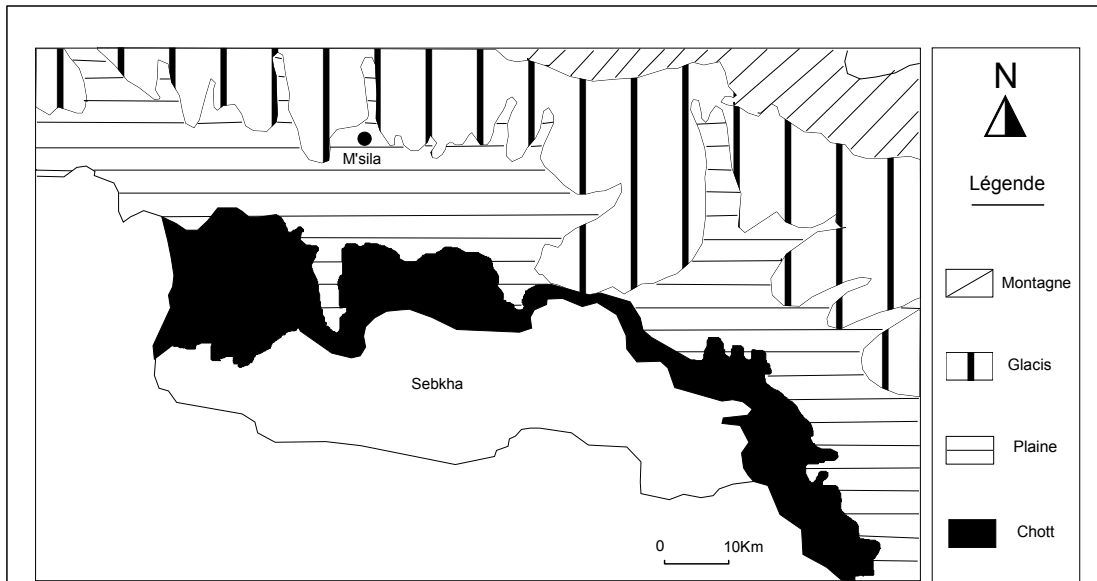


FIG-02 : Ensembles géomorphologiques

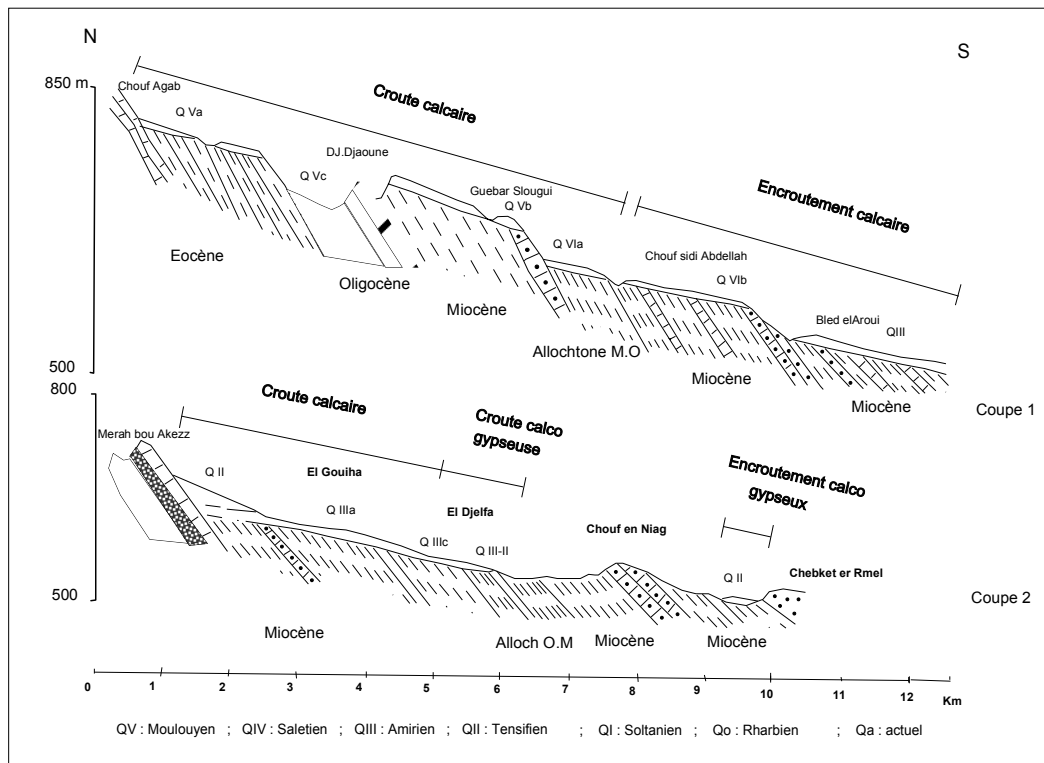


FIG-03 : Coupe du Mio - Plio - Quaternaire au Nord - Est de M'sila  
( d'après J. SARI et M. CAPOLINI , 1975 )

Fig. n°3.(2.3): Carte géomorphologique de la zone d'étude

C'est un ensemble correspond de collines ; qui sont découpées et ravinées par les oueds qui descendent des montagnes (les oueds M'Sila et Selmane) et par des ruisseaux temporaires qui coulent après les pluies.

Les collines sont représentées par des plans inclinés et constituées par des dépôts Mio-Pliocène, elles plongent vers le centre de la cuvette sous les alluvions récentes (**J. SARI et M. Capolini, 19975**).

### **II.1.2.3. La plaine**

La plaine de M'Sila est limitée au Nord et à l'Est par les glacis .Au Sud, la courbe de niveau 400m marque grossièrement le passage de la plaine au Chott d'où une pente de 0.55% (**J. SARI et M. Capolini, 19975**).

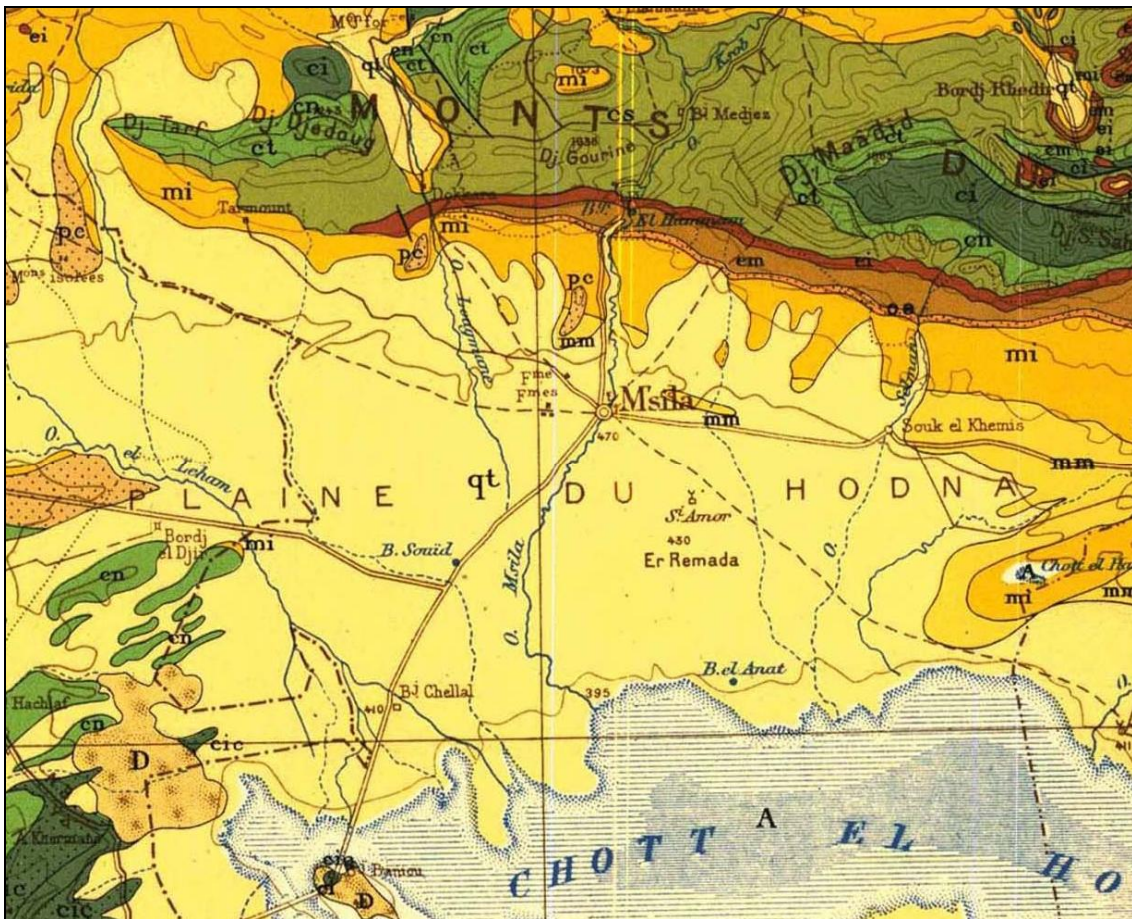
### **II.1.2.4. Chott El Hodna**

Le Chott El Hodna fait partie d'une série de Chotts qui se sont développés là où convergent les eaux issues de l'atlas saharien au Sud et l'atlas tellien au Nord. Selon (**J. SARI et M. Capolini, 19975**). Le Chott a une forme elliptique, à une eau salée et s'étend sur 77km de long et 19km de large .Son alimentation est assurée par au moins 22 cours d'eau principaux, aux quels il faut ajouté des sources d'eau douce. Son altitude moyenne est de 392m et retenu entre les coordonnées géographiques suivantes : 35° 18'N - 35° 32'N et 4° 06'E - 5° 15'E.

### **II.1.3. Géologie**

Le secteur d'étude est situé entre deux domaines géologiques distincts, l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud. La région du Hodna appartient selon (**Guiraud,1973**) à un domaine dit pré atlasique qui constitue l'avant pays de la chaîne alpine, il y distingue : une zone déprimée ou couloir pré atlasique et une zone périphérique septentrionale appelée chaîne pré atlasique riche en affleurements (monts du Hodna). Au Sud le bassin du Hodna est limité par la retombée du flanc Nord des monts des Ouled Nail.

Sur le flanc méridional des monts du Hodna, les terrains dont l'âge varie du Quaternaire au Jurassique affleurent en bandes parallèles de direction Est-ouest et plongent vers le Sud avec des pendages plus ou moins accentuées parfois renversés qu'on verra plus loin.



Echelle : 1/500 000

**Fig. n°4: Carte géologique de la zone d'étude  
(Extrait de la carte géologique de l'Algérie. D'après M.J. Flandrin)**

**Légende**

- |                              |                          |                              |                               |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Q</b> : Quaternaire       | <b>D</b> : Dunes         | <b>Mm</b> : Miocène moyen    | <b>mi</b> : Miocène inférieur |
| <b>Es</b> : Eocène supérieur | <b>Em</b> : Eocène moyen | <b>Ei</b> : Eocène inférieur | <b>Ct</b> : Maastrichtien     |
| <b>Cn</b> : Aptien           | <b>Ci</b> : Berriasien   |                              |                               |

**II.1.3.1. Stratigraphie**

Pour décrire les différentes formations géologiques affleurant sur le flanc Sud des monts du Hodna, on s'est surtout inspiré des travaux de **(Guiraud,1973)**.

**II.1.3.2. Primaire**

La région du Hodna est dépourvue de formations géologiques paléozoïques . **(Guiraud, 1973)**. Toute fois au Nord de celle-ci ont été observés au niveau de formations allochtones qui comportent des coupeaux provenant du socle primaire (roches sédimentaires, éruptives et métamorphiques).

### II.1.3.3. Secondaire

#### a. le Trias

Le Trias est absent dans cette zone d'étude, les affleurements triasiques sont soit pseudo diapiriques (Bousàada), soit jalonnant les contacts anormaux (Ouled Tebbane, Boutaleb..). La série triasique telle qu'elle a été reconstituée par **(Guiraud, 1973)**. comporte une formation évaporitique inférieure traduisant la reprise d'influences marines.

#### b. Le Jurassique

Le Jurassique n'affleure à la faveur d'accidents majeurs que dans la partie centrale et orientale des monts du Honda **(Guiraud, 1973)**.

#### c. Le Crétacé

L'Aptien inférieur est représenté par une barre calcaro dolomitique. Elle est surmontée par une alternance de calcaire à rudistes, de grés blancs, des calcaires à huîtres et des marnes rouges **(Guiraud, 1973)**.

L'Albien est représenté dans la zone d'étude par un faciès argilo gréseux et dolomitique, il atteint une épaisseur de 370m.

Au niveau d'Oued K'Sob, on note un faciès calcaro marneux surmonté par des marnes lumachelliques à nombreuses inter stratifications de calcaires argileux. Quant au Mæstrichtien, transgressif, il débute par des calcaires et se poursuit par une alternance de calcaires et de marnes ( 200 mètres).

Au Sud de Mâadid, le Danien est représenté par des marnes noires, schisteuses et pyriteuses recouvrant normalement les formations mæstrichtiennes **(Guiraud, 1973)**.

### II.1.3.4. Tertiaire

Les formations paléogènes affleurent en bandes plus ou moins parallèle sur le plan méridional des monts du Hodna. Les couches plongent en général vers la cuvette de M'Sila.

Le Miocène inférieur est discordant sur le Paléogène. Il affleure seulement sur les confins du Hodna où il est bien individualisé. Il présente des faciès détritiques et continentaux qui passent à des formations lacustres et évaporitique.

Sur la rive gauche d'Oued El Djelfa, on note la succession suivante **(Guiraud, 1973)** :

- Des conglomérats à ciment calcaire gris.
- Des marnes vertes et rougeâtres alternant avec de rares niveaux gréseux (15 à 20mètres), Un conglomérat représentant la base du Miocène moyen.

Le Pliocène est caractérisé par une barre grésos conglomératique qui repose en discordance sur le Miocène moyen à l'Ouest de M'Sila. A l'Est, aux environs de Barhoum, il est en contact avec le Miocène supérieur. Des conglomérats à galets bien roulés alternant avec des marnes. L'épaisseur de cette formation est de quelques dizaines de mètres.

#### **II.3.1.5. Quaternaire**

Le Quaternaire est d'origine continentale, les formations quaternaires sont discordantes sur un substratum Néogène et parfois Paléogène et sont souvent protégées par des croûtes calcaires gypseuses (**Guiraud, 1975**).

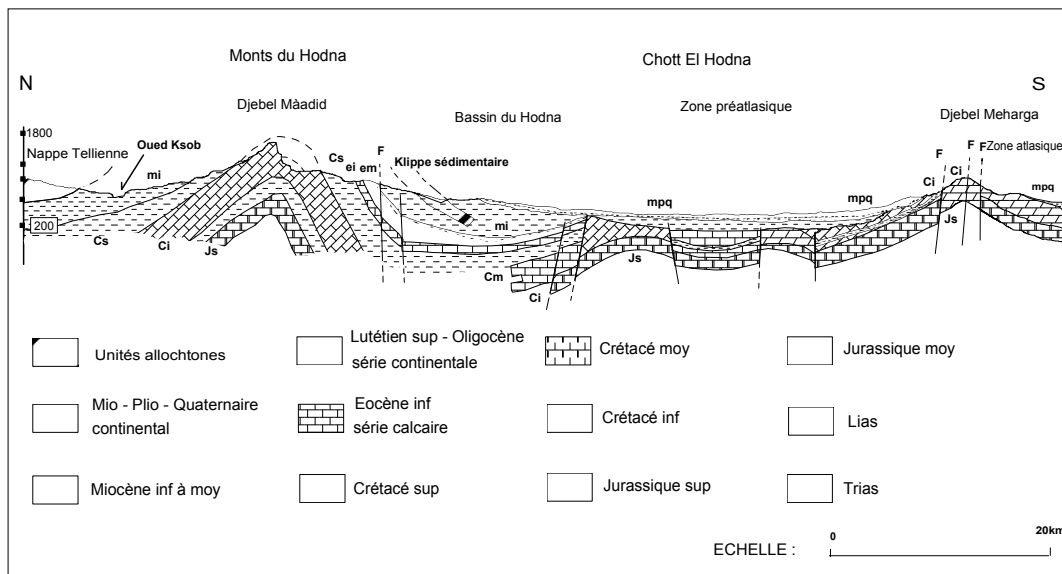


FIG-07 : Coupe géologique schématique à travers le Hodna (GUIRAUD, 1969)

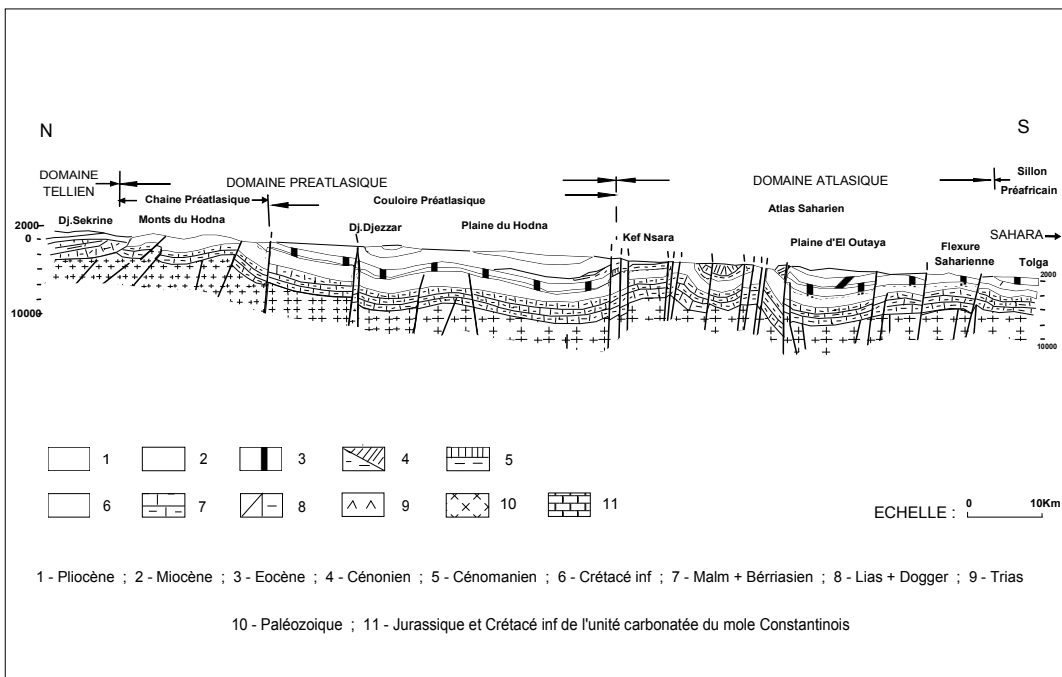


FIG-08 : Coupe géologique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie , au niveau du Hodna oriental ( R. GUIRAUD, 1975 )

Fig. n°5.(7.8): Carte représente différentes formation géologiques

D'après (Guiraud, 1975). la nature lithologique du secteur étudié, nous avons classé ces formations en trois catégories :

- 01- Les formations favorables de constituer des aquifères à porosité d'interstice ;
- 02- Les formations favorables de constituer des aquifères karstiques ;
- 03- Les formations imperméables.

**a. Les formations favorables de constituer des aquifères à porosité d'interstice**

Les formations qui peuvent constituer un aquifère à porosité d'interstice sont :

- Les dépôts plio-quadernaire, constitués par les graviers, les sables et les conglomérats.
- Les grés altérés et les niveaux à conglomérats de base du cycle miocènes.
- Les grés et conglomérats de base Oligocène, à faible degré.

**b. Les formations favorables de constituer des aquifères karstiques**

Les formations qui peuvent constituer un aquifère karstique sont :

- Les calcaires à silex du l'Yprésien.
- Les calcaires dolomitique du Mæstrichtien.
- Les calcaires gréseux de l'Albien.
- Les calcaires dolomitique du Barrémo Aptien.

Mais, vu l'état actuel des captages, il ressort que les principales formations remarquables productives sont les niveaux moi-plio quadernaires, et qui fait l'objet de cette étude.

**c. Les formations imperméables**

Les différents horizons aquifères de la région sont séparés par des terrains imperméables qui sont les suivants :

- Les formations argilo sableuses du Quadernaire ancien.
- Les marnes et les marnes gypseuses du Miocène.

**II.1.4. Hydrographie**

Le réseau hydrographique est tout diversifié, mais il se distingue par sa dégradation .Il est constitué par plusieurs oueds sans rapport entre eux drainant chacun une aire plus ou moins étendue dont les plus importants sont ceux issus des massifs montagneux telliens (**Guiraud, 1973**). Le plus important est Oued K'Sob : avec une aire de drainage de plus de 2400 Km<sup>2</sup> située dans le domaine tellien.

**II.1.5. Faune et flore**

La couverture végétale au niveau de la zone d'étude est clairsemée .Elle est constituée généralement par des tâches forestières sur les monts du Nord, une végétation steppique sur le pourtour du Chott El Hodna, constituée en majorité par des espèces qu'on rencontre le plus souvent dans les steppes algériens.

telque : Teracissima(Alfa), Artémisia helba-alba (Armoise), Atriplex halimus (Atriplex).Les espèces arbustives sont également présentes dont les plus importantes sont : Tamarix gallica (Tamaris), Ziziphustotus (Jujubier).Les espèces endémiques Nord africaines sont également présents telles que :Muricaria prostrta, Loncophora capiomontiana et Rhanterium suaveolens. La faune de la région est riche et diversifiée, on peut cités : les reptiles, les mammifères et les scorpions. Il y a aussi des espèces trop peu connue telles que : la Gazelle de cuvier, l'Outarde houbara et la Sarcelle marbrée ; ce sont des espèces protégées menacées d'extinction en Algérie.

Notant également l'intérêt de la zone pour un type d'oiseau que l'on appelle la Tadorne casara (plus d'une centaine d'individus), la grue cendrée. On relèvera également la nidification certaine du Glaréole à collier, de l'oedicnème criard et des gangas cata et uni bande. A ce jour, au total, 119 espèces d'oiseaux sont recensées (**Guiraud, 1973**).

#### II.1.6. Climat et caractéristiques météorologiques

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent pendant une longue période, l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné (**Laffont, 2015**).

La région de M'Sila est caractérisée par des conditions climatiques sèches, où les barrières montagneuses du Hodna empêchent toute influence méditerranéenne. De ce fait, il ne tombe que très peu de pluies, soit 225 mm d'eau par an avec des maximums durant les saisons d'automne et d'hiver. Le printemps est souvent sec.

##### II.1.6.1. Choix de station de référence

Pour bien caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série d'observations sur une période qui s'étale du mois de (Septembre) 2003 jusqu'au (Aout) 2015, relevée de la station météorologique de M'Sila.

**Tableau n°09: Station météorologique de M'Sila.**

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observations
M'Sila	04° 30'	35° 40'	441	Au cours de l'année 2015/2016

**Source:** S.M. M, 2016.

**II.1.6.2. Les facteurs climatiques :**

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent pendant une longue période, l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. (LAFFONT, 2015).

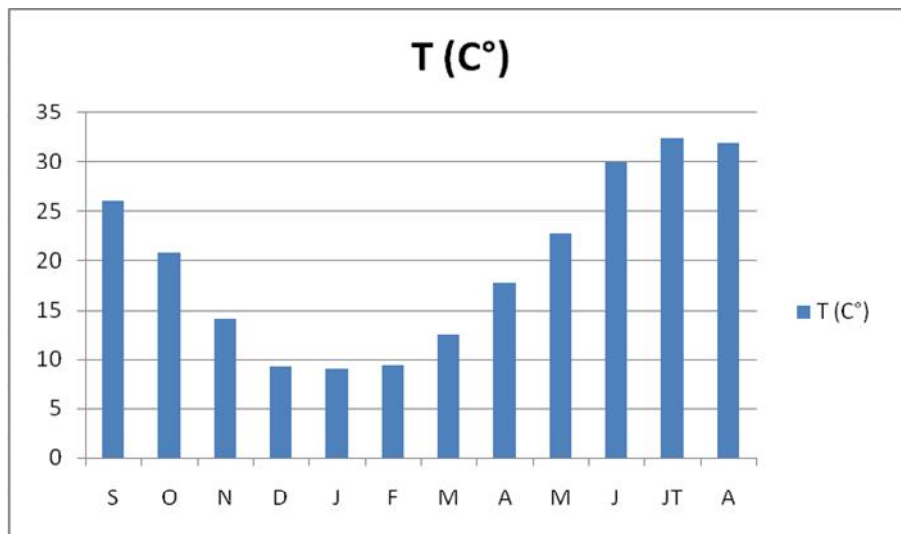
**II.1.6.2.1. La température**

L'étude des températures est d'un grand intérêt, car elle permet de quantifier l'évaporation et par conséquent les conditions d'alimentation du barrage par les eaux de surface des oueds et même l'alimentation des aquifères profonds et les concentrations des sels dissous dans leurs eaux et de préciser les limites de la thermalité (Mebarkia, 2011).

**Tableau n°10: Températures moyennes mensuelles de la station de M'sila (2003-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
Température moyenne (C°)	26.08	20.86	14.13	9.3	9.04	9.36	12.46	17.76	22.76	30	32.4	31.88

Source: S.M. M, 2016.



**Fig. n°6 : Températures moyennes mensuelles de la région de M'sila durant la période (2003-2015).**

Dans La Figure n°6 montre que la température maximale est enregistrée au mois de Juillet avec 32.41°C, alors que la température minimale est enregistrée au mois de décembre avec 9.03°C. L'écart thermique important entre les températures maximales et minimales indique le climat continental qui règne la zone de M'sila.

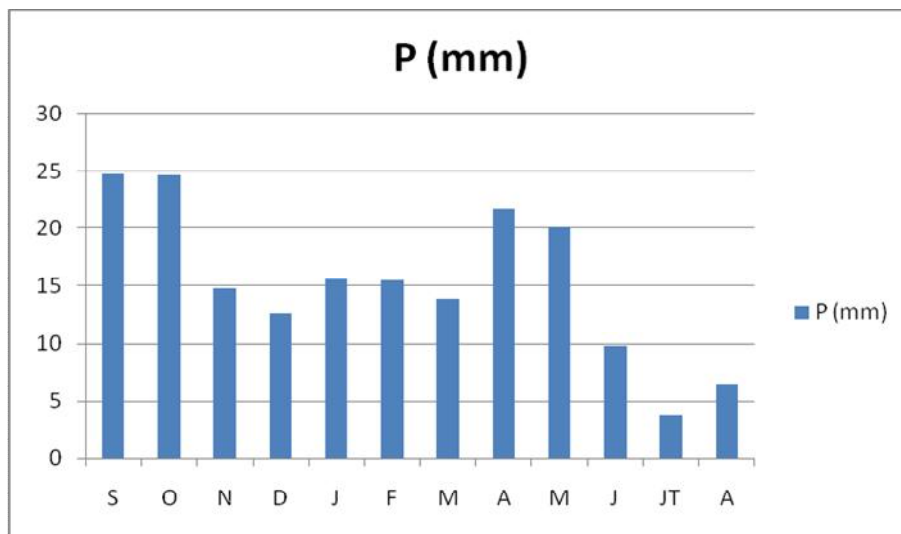
**II.1.6.2.2. Précipitation**

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres et limniques (Ramade, 1984).

**Tableau n°11 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de M'sila (2003-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
Précipitation (mm)	24.84	24.69	14.76	21.61	15.6	15.33	13.92	21.76	20.07	9.84	3.76	6.49

Source: S.M. M, 2016.



**Fig. n°7: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de M'sila durant la période (2003-2015).**

D'après le tableau n°11, nous remarquons que la quantité pluviométrique est répartie d'une manière relativement hétérogène pour les périodes pluvieuses. Les précipitations mensuelles dans le mois du Septembre représentent une forte valeur (24.84mm) c'est le mois le plus pluvieux, alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet qui représente une basse valeur (3.76mm).

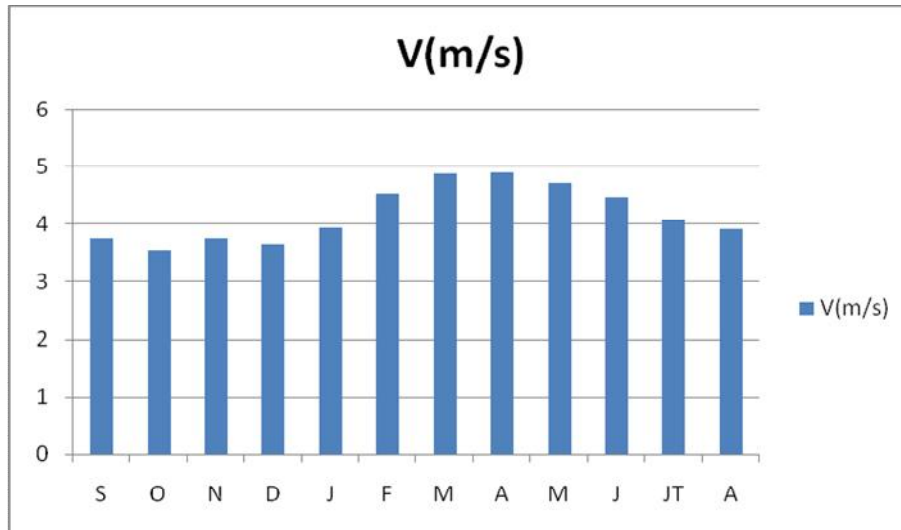
#### II.1.6.2.4. Le vent

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation. La direction, la fréquence et la vitesse des vents sont variables au cours de l'année (Mebarkia, 2011).

**Tableau n°12: La vitesse moyenne mensuelle en (mm) des vents de la station de M'Sila(2003-2015).**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JT	J	A
Vitesse moyenne (m/s)	3.75	3.55	3.75	3.66	3.94	4.54	4.88	4.89	4.71	4.46	4.09	3.91

Source: S.M. M, 2016.



**Fig. n°8 : les variations des Vitesses moyennes mensuelles en (mm) de la région de M'sila durant la période (2003-2015).**

La vitesse maximale du vent a été enregistrée au cours du mois Avril avec une moyenne de 4.89 m/s. Par contre, la minimale a été relevée en Octobre avec 3.55m/

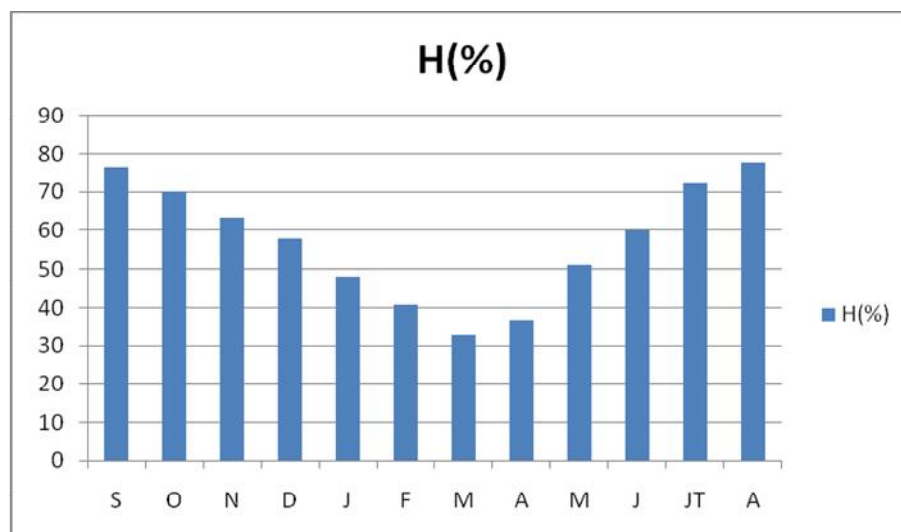
#### II.1.6.2.5. Humidité relative

L'humidité relative est définie comme le rapport entre la quantité de vapeur d'eau qu'un volume contient à une température donnée (humidité absolue) et la quantité maximale de vapeur d'eau que ce même volume peut contenir à la même température (humidité à saturation). L'humidité relative est exprimée en pourcentage (LAFONT, 2015).

**Tableau n°13: L'humidité moyenne mensuelle en (%) de la stations de M'sila (2003-2015).**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
Humidité (%)	76.62	70.15	63.31	58	47.92	40.77	32.62	36.62	51.23	60.15	72.23	77.85

Source: S.M.M,2016.



**Fig. n°9: L'humidité moyenne mensuelle (%) de la région de M'sila durant la période (2003-2015).**

La lecture du tableau n°11 indique que le mois de Aout est le plus humide avec 77.85% par contre le taux d'humidité le plus faible est noté au cours du mois Mars avec 32.62%.

#### II.1.6.2.6. Le régime saisonnier

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les quatre saisons agricoles :

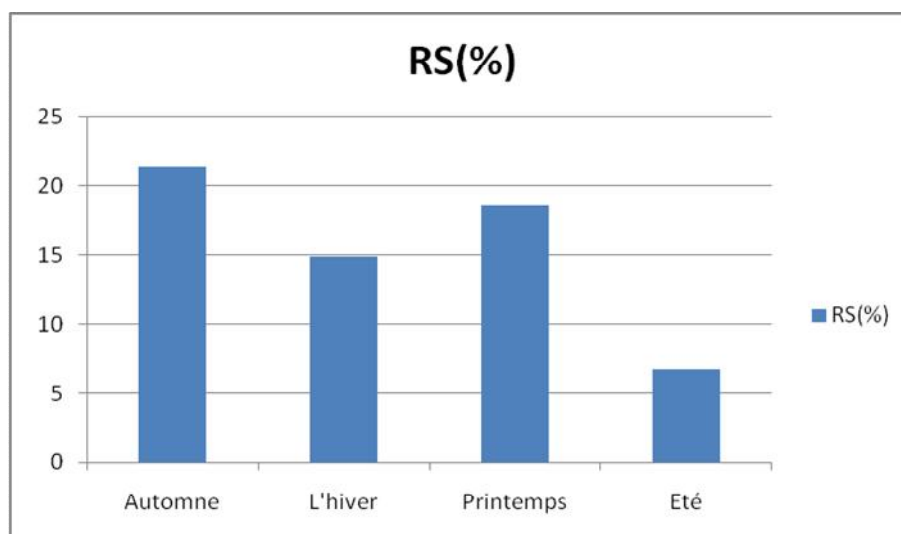
- L'automne (septembre, octobre, novembre).
- L'hiver (décembre, janvier, février).
- Le printemps (mars, avril, mai).
- L'été (juin, juillet, août).

Le tableau ci-dessous représente des totaux des précipitation dans chaque saison :

**Tableau n°14: Régime saisonnier de la période (2003-2015) au niveau de la région de M'sila**

Saison	Automne	L'hiver	Printemps	Eté	Type saisonnier
Régime saisonnier %	21.43	14.84	18.58	6.71	APHE

Source: S.M. M, 2016.



**Fig. n°10: Histogramme du régime saisonnier de la région de M'sila durant la période (2003-2015).**

D'après la figure10, nous pouvons avancer que le régime saisonnier est de type APHE, ce que l'Automne est la saison la plus arrosée 21.43 % Alors l'été est la saison le plus sèche 6.71 %.

### II.1.6.3. Synthèse climatique

La synthèse climatique consiste à déterminer la période sèche et la période humide par le biais du diagramme Ombrothermique de Gaussen.

#### II.1.6.3.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnoles :

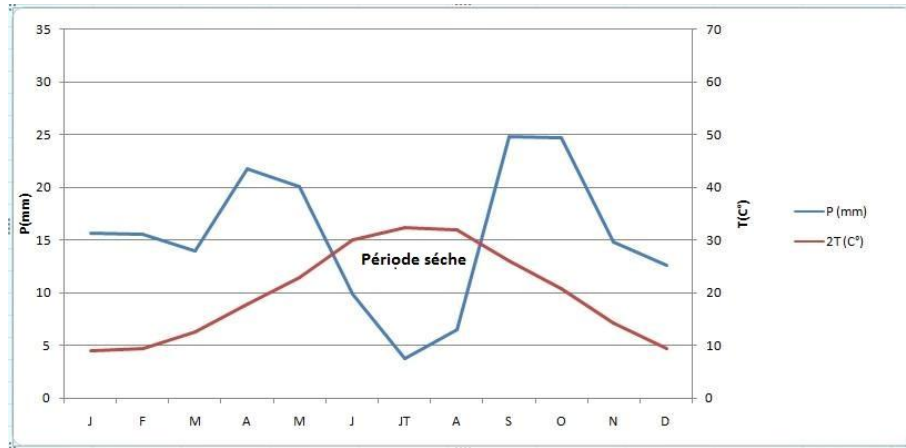
Le diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnoles est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, où sont portés en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec  $P=2T$ .

La figure n° 11 dessine le diagramme Ombrothermique de la région de M'Sila établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles.

**Tableau n° 15 : la température moyenne(C°) et pluviométrie (mm) de l'année(2003-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
Température Moyenne(C°)	26.14	20.86	14.34	9.30	8.47	9.37	13.53	17.77	22.72	27.95	32.41	31.81
Précipitation (mm)	24.85	24.69	14.76	13.38	15.62	14.54	13.92	21.77	20.07	9.87	3.77	6.5

Source: S.M. M, 2016.



**Fig. n°11: Diagramme Ombrothermique de la région de M'Sila(2003-2015).**

Le diagramme Ombrothermique de la région de M'Sila indique que la période sèche qui s'étale du mois mai au mois de septembre.

### II.1.6.3.2. Climagramme d'Emberger :

Selon **Amandier (2013)**, l'indice d'Emberger a été mis en point dans les années 60 pour caractériser les différents climats méditerranéens à partir des données météorologiques plus couramment relevées.

Ce Climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

$$Q = 3.43 \cdot \frac{P}{M - m}$$

Q : Le quotient pluviométrique d'Emberger.

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud.

m : Moyenne minimale du mois le plus froid.

Après application de la formule, nous avons obtenus la valeur de Q égale à 11 ce qui permet de situer la région de M'Sila dans l'étage bioclimatique aride (Figure n°12).

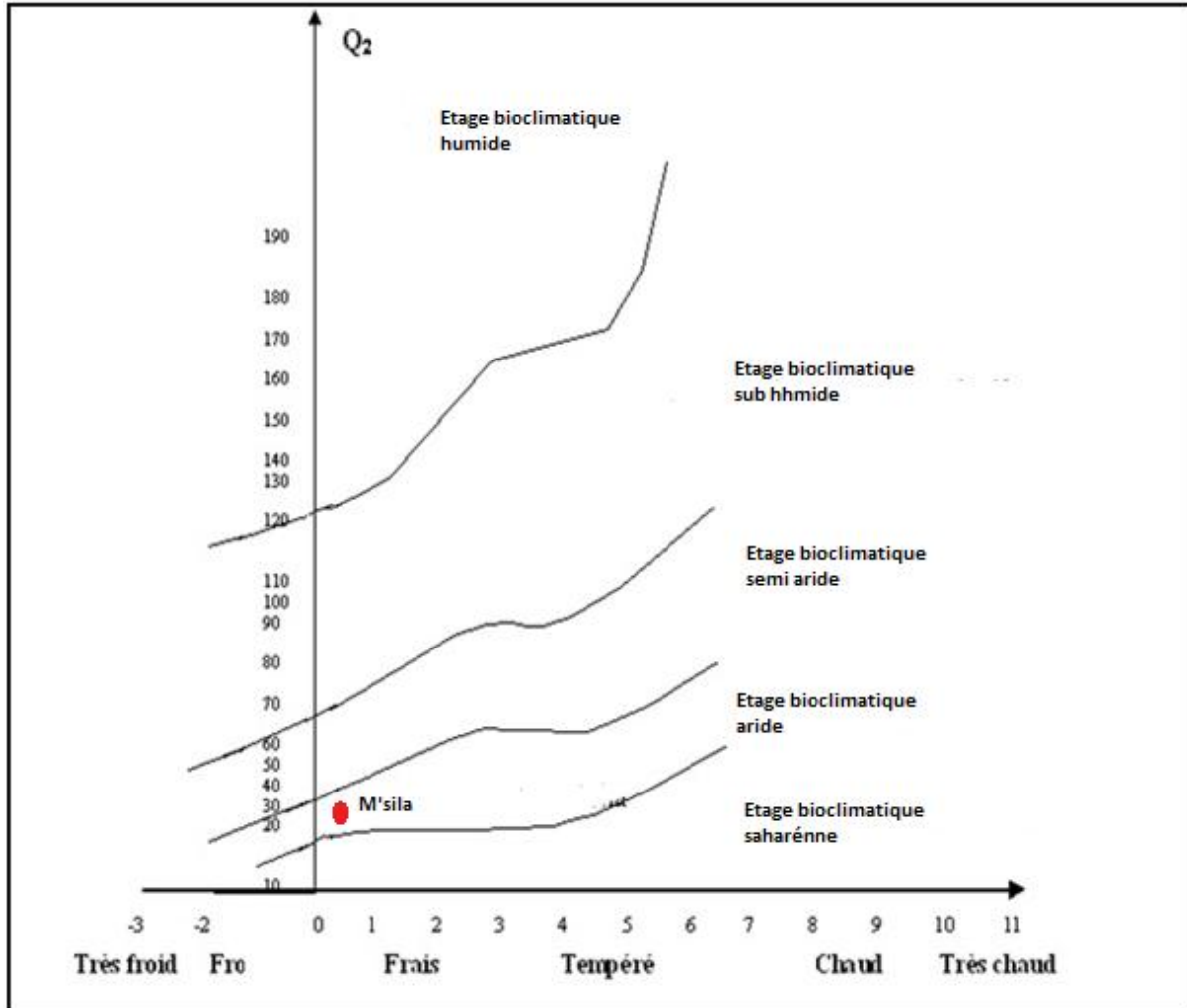


Fig. n° 12: Position de la région de M'Sila dans le Climagramme d'Emberger durant la période (2003- 2015).

## Deuxième partie: Matériels et méthodes

### II.2.1. Introduction

Dans ce partie, nous allons travailler pour fournir les méthodes utilisées sur le terrain et en laboratoire afin de déterminer la qualité de l'eau d'irrigation approuvé par des analyses physico-chimiques.

### II.2.2. Choix de la région d'étude

Pour la détermination des caractéristiques de l'eau d'irrigation de la zone étudiée, nous avons pris plusieurs échantillons provenant de différentes stations de 15 forages et ce durant le mois d'Avril 2016.

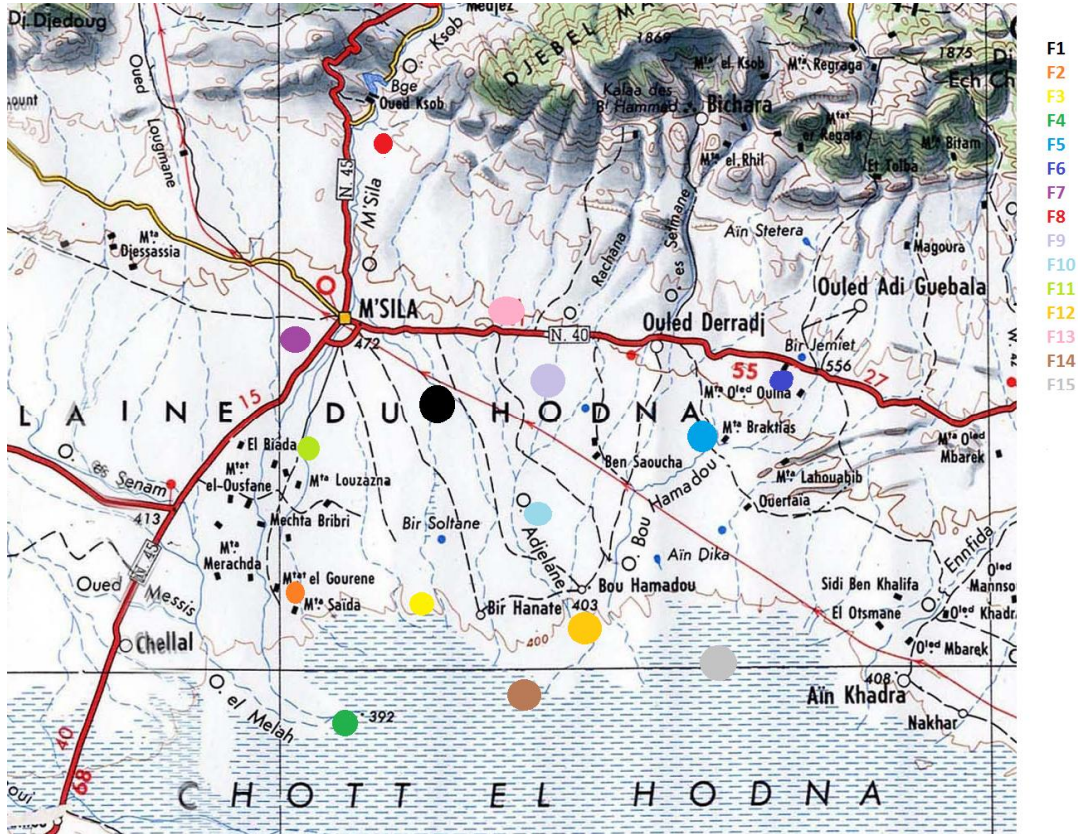


Fig. n°13: Localisation des points d'eau prospectées au niveau de la plaine du M'Sila.

## II.2.3. Echantillonnage

### II.2.3.1. Prélèvement de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. Un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire.

Le prélèvement subira obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique. Ces temps devront être réduits au minimum.

D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisant (**Rodier et al ; 2009**).

Dans notre cas, le 29/05/2016, on a effectué notre échantillonnage, on a pris 15 récipient de 1 litre en plastique, puis on a mesuré le pH, la CE et la température de l'eau des prélèvements.

### II.2.3.2. Conservation de prélèvement

Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que tous les dispositions soient prises pour que les résultats donnent bien une représentation exacte de la composition de l'eau (**Rodier et al ; 2009**).

**Tableau 16: Les conditions de conservation de prélèvement.**

Caractéristiques à analysé	Volume minimum du prélèvement (mL)	Température de Conservation à (°c)	Effectuer la mesure avant.....
<b>PH</b>	100	4	6 jours
<b>CE</b>	100	4	24h (obsc)
<b>O<sub>2</sub></b>	300	4	24h (obsc)
<b>Résidu sec</b>	500	4	7 jours
<b>Matière en suspension</b>	500	4	48h (obsc)
<b>Dureté total</b>	100	-	1 mois
<b>Calcium</b>	100 - 500	4	Plusieurs mois
<b>Magnésium</b>	100 - 500	4	Plusieurs mois
<b>Sodium</b>	100 - 500	4	Plusieurs mois
<b>Potassium</b>	100 - 500	4	Plusieurs mois
<b>Chlorure</b>	100	-	1 mois
<b>Sulfates</b>	200	4	1 mois
<b>Carbonates et bicarbonates</b>	500	4	Quelques jours (obsc)
<b>Nitrates</b>	250	4	24h (obsc)
<b>Nitrites</b>	200	4	24h (obsc)
<b>TA-TAC</b>	200	4	24h (obsc)
<b>Coliforme totaux</b>	250	4	24h (obsc)
<b>Coliforme fécaux</b>	250	4	24h (obsc)
<b>Streptocoque fécaux</b>	250	4	24h (obsc)

**Source :** (Rodier et al ; 2009).

## **II.2.4. Méthode d'analyse**

### **II.2.4.1. Les paramètres physico-chimique de l'eau**

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse physico-chimique en laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants:

#### **II.2.4.1.1. Mesures in situ**

Les paramètres physico-chimiques (température, pH, salinité, conductivité électrique et oxygène dissous) ont été mesurés in situ, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'une valise multi-paramètre de terrain de marque (**CONSTOR C 535**).

##### **1- Température (T°)**

Sa mesure est simple, à l'aide d'un thermomètre à mercure. La mesure de la température sur le terrain permet d'ajuster les valeurs de conductivité, d'apprécier l'origine plus ou moins profonde de l'eau et de calculer les équilibres de dissolution (**Bouaroudj, 2011**).

##### **2- Potentiel hydrogène (pH)**

Mesuré directement à l'aide d'un pH-mètre de terrain équipé d'une électrode verre-calomel, préalablement étalonné à l'aide des pH étalons 7 et 4. On utilise la valeur du pH pour établir l'état des équilibres de dissolution et ainsi connaître le caractère agressif ou incrustant de l'eau (particulièrement par les carbonates). Comme la variation de la pression des gaz (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) modifie le pH, il est important de le mesurer directement lors de la prise d'échantillon (**Bouaroudj, 2011**).

##### **3- Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique est la salinité ou la concentration total de l'eau est a l'origine des risques salins liées a une présence excessive de sels quelque soit leur natures.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (**Rodier et al ; 2009**).

#### **II.2.4.1.2. Au laboratoire**

##### **1- Calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

Basé sur le principe que les ions calcium sont titrés avec une solution de l'E.D.T.A à un pH entre 12 et 13, l'indicateur HSN forme un complexe rouge avec le calcium. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde. L'E.D.T.A réagit avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  libres puis avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  combinés avec le HSN( $\text{C}_2\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) qui vire de la couleur rouge au bleu clair ou violet (**ISO 6058, 1984**).

## 2- Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature; il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre.

La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau, le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogénocarbonates (**Rodier et al, 2009**).

## 3- la dureté Totale (T.H)

Basée sur le principe que, les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  sont titrés par complexométrie avec une solution de l'E.D.T.A à un pH de 10, Le mordant noir est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence de ces ions. L'E.D.T.A réagit avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  libres puis au point d'équivalence, avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  combinés avec l'indicateur qui vire de la couleur violette à bleu (**ISO 6059, 1984**).

## 3- Alcalinité (TA, TAC)

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français. Le TA et le TAC étant mesurés successivement sur un même échantillon, les deux méthodes de dosage seront présentées en même temps (**Rodier et al, 2009**).

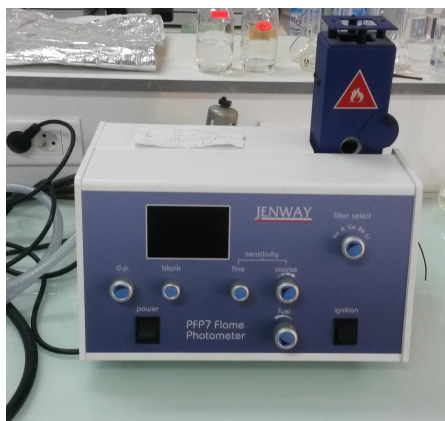
Sa détermination est basée sur le principe que :

- l'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonate et hydroxydes.
- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en alcalis libres et carbonates alcalins caustiques.
- Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ).

Le mode opératoire de la détermination de TA et TAC et l'expression des résultats sont représentés en détail dans l'annexe 03.

### 5- sodium et du potassium

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles, d'analyse du sodium et du potassium sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Il est utilisé pour la présente mesure l'appareil Dr LANGE (JENWAY). Les résultats sont donnés directement en mg/l (ISO 9964/3, 1990).



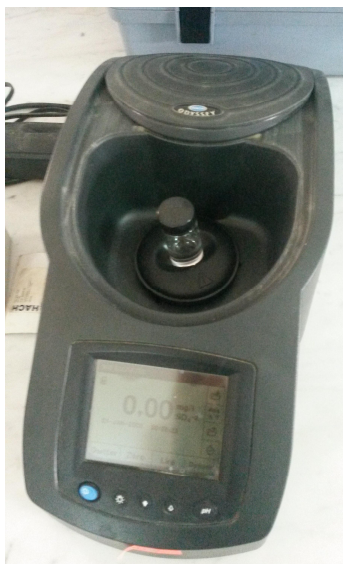
**Fig. n°14: Photométrie à flamme Dr LANGE (JENWAY)**

### 6- les chlorures

D'après **Ladjel (2009)**, les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation, c'est le principe de base suivit dans notre cas et les détails sont présentés dans l'annexe 07.

### 7- Les sulfates

Les sulfates ont été dosés par le spectrophotomètre DR 2500 : c'est une appaerille qui fonction avec la loi de Ber Labeur. On a deux programme le programme HACH et programme utilisateur ce dernier on a préparé une gamme des étalonnages (absorption moléculaire) des étalons avec des concentrations données et on trouve leur absorbance (**Boutelli, 2012**).



**Fig. n°15: Spectrophotomètre**

### **8- Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune qui est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda = 415 \text{ nm}$ . Pour le dosage de nitrate, n'utiliser qu'une solution claire et les échantillons turbides doivent être filtré sur membrane  $0,45\mu\text{m}$  (Rodier *et al*, 1996). Le mode opératoire ainsi que l'expression des résultats sont présentés dans l'annexe 06.

### **9- les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ( $\text{PH}=1,9$ ) avec le réactif Amino-4 benzène sulfonamide ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane( $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{N}_2$ ) qui est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda = 540 \text{ nm}$ . La méthode est applicable à des concentrations des ions nitrites jusqu'à  $\text{QN} = 0,25\text{mg/l}$  de  $\text{NO}_2$  a des concentrations plus élevées, on doit opérer une dilution (ISO 6777, 1994).

### **10- Carbonates et bicarbonates**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de  $\text{pH} = 8.3$  et  $4.3$ , le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (Boutelli, 2012).

### **11- Résidu sec**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer le résidu qui correspond seuls aux matières dissoutes (**Boutelli, 2012**).