



République Algérienne Démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR – KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPERTEMENT : Ecologie & Environnement

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme

MASTER

FILIERE : Ecologie et Environnement

Option : Ecologie et Environnement

Thème

**Synthèse hydrochimique des eaux souterraines de la
commune d'EL MAHMEL (w de khenchela)**

Présenté par :

M^{elle} Belaa Fatma Zohra

M^{elle} Abboud Chahra Zad

Encadré par :

M^{me}. Ouannes Meyada

Soutenu le : 13/06/2015

Jury de soutenance :

Président : Bouzou Mourad Lazhar

M.A.A

Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Encadreur : M^{me} Ouannes Meyada

M.A.B

Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Examineur : M^{me} Chelihe Fatha

M.A.B

Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Promotion : Juin 2015

Ce travail a été réalisé dans laboratoire d'Algériennes Des Eaux Khenchela et laboratoire de la science de la terre et la géographie Constantine.

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Table des MatièresI

Liste des figuresV

Liste des tableaux.....VII

Liste des abréviationsVIII

Liste des unitésIX

Introduction générale.....01

Chapitre I : La description de la zone d'étude

1. Situation géographique et administrative	Page n° 03
2. Analyse de milieu	Page n° 05
2.1. Relief	Page n° 05
2.1.1. Les plaines	Page n° 05
2.1.2. Les montagnes	Page n° 06
2.1.3. Les pentes	Page n° 06
2.1.3.1. Les pentes faibles (de 0 à 05%)	Page n° 06
2.1.3.2. Les pentes moyennes (de 06à10%)	Page n° 06
2.1.3.3. Les pentes fortes (de 11à 16%)	Page n° 06
2.1.3.4. Les pentes très fortes (17%et plus)	Page n° 07
2.2. Pédologie	Page n° 07
2.2.1. Les sols calciques (cq)	Page n° 07
2.2.2. Les sols calcaires (c)	Page n° 07
2.2.3. Les sols en carbonates de calcium	Page n° 08
2.2.4. Les sols de type lithosols	Page n° 08
2.2.5. Les sols de type régosols (rm)	Page n° 08
2.2.6. Les Sols alluviaux basiques (ab)	Page n° 08
2.2.7. Les sols peu évolués ou les sols non évolués ou sols minéraux brut	Page n° 08
2.3. Climatologie	Page n° 09
2.4. Ressources en eau	Page n° 09

2.4.1. Les eaux superficielles	Page n° 09
2.4.2. Les eaux souterraines	Page n° 09
2.5. Le couvert végétal	Page n° 11
2.6. L'agriculture	Page n° 12
2.6.1. Répartition des terres de la commune	Page n° 12
2.7. L'élevage	Page n° 13
2.8. La population	Page n° 14

Chapitre II : L'étude géologique

Introduction	Page n° 15
1. Aperçu géologique régional	Page n° 15
1.1. Géomorphologie	Page n° 15
2. La Stratigraphie	Page n° 17
2.1. Les formations secondaires	Page n° 18
2.1.1. Le Trias	Page n° 18
2.1.1.1. Le premier (t)	Page n° 18
2.1.1.2. Le second (dt)	Page n° 18
2.1.2. Le Jurassique	Page n° 18
2.1.3. Le Crétacé	Page n° 19
2.1.3.1. les terrains du Valanginien	Page n° 19
2.1.3.2. L'hauteriviens (les terrains barrémiens et aptiens)	Page n° 19
2.1.3.3. Les terrains de l'Albien	Page n° 19
2.1.3.4. Le Cénomaniens des Aurès-Nemamecha	Page n° 19
2.1.3.5. Turonien	Page n° 19
2.1.3.6. Crétacé supérieur	Page n° 20
2.2. Les terrains tertiaires	Page n° 20
2.2.1. L'Éocène	Page n° 20
2.2.2. Le Miocène	Page n° 21
2.2.3. Le Pliocène	Page n° 22
2.3. Le Quaternaire	Page n° 22
3. Tectonique	Page n° 23
Conclusion	Page n° 24

Chapitre III : L'étude Hydroclimatique

Introduction	Page n° 26
1. Caractéristique climatologique	Page n° 26
1.1. Température	Page n° 26
1.2. La pluviométrie	Page n° 27
1.3. Le vent	Page n° 28
1.3.1. La rose des vents	Page n° 28
1.4. Evaporation	Page n° 29
1.5. L'insolation	Page n° 29
1.6. L'humidité	Page n° 30
1.7. La Neige	Page n° 31
1.8. L'Orage	Page n° 32
1.9. La Grêle	Page n° 33
2. Synthèse climatique	Page n° 34
2.1. Indice d'aridité	Page n° 34
2.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen	Page n° 35
2.3. Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger	Page n° 36
3. Le bilan hydrologique	Page n° 38
3.1. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)	Page n° 38
3.1.1. ETR selon la formule de Turc	Page n° 38
3.1.2. L'ETR selon la C.W.Thornthwaite	Page n° 39
3.2. Mesure de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)	Page n° 40
3.3. Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)	Page n° 40
3.4. Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite	Page n° 41
Conclusion	Page n° 42

Chapitre IV : L'étude Hydrochimique

Introduction	Page n° 43
1. Choix les points d'échantillonnage	Page n° 43
2. Les paramètres physiques	Page n° 44
2.1. La température	Page n° 44
2.2. Le potentiel hydrique (pH)	Page n° 45
2.3. La conductivité	Page n° 45
3. Paramètres chimiques	Page n° 47

3.1 Les cations	Page n° 47
3.1.1. Le calcium (Ca ²⁺)	Page n° 47
3.1.2. Magnésium (Mg ²⁺)	Page n° 48
3.1.3. Potassium (K ⁺)	Page n° 48
3.1.4. Sodium (Na ⁺)	Page n° 49
3.2. Les Anions	Page n° 50
3.2.1. Chlorures (Cl ⁻)	Page n° 50
3.2.2. Bicarbonate HCO ₃	Page n° 51
3.2.3. Sulfates (SO ₄ ⁻²)	Page n° 52
3.2.4. Les nitrates (NO ₃ ⁻)	Page n° 53
4. Etude des rapports caractéristiques	Page n° 53
4.1. Rapport r Mg²⁺/r Ca²⁺	Page n° 53
4.2. Rapport r Ca²⁺/rSO₄	Page n° 54
4.3. Rapport r Na⁺/r Cl⁻	Page n° 54
5. Classification hydrochimique des eaux souterraines	Page n° 55
5.1. Les facies chimiques	Page n° 55
5.1.1. Définition de diagramme de Piper	Page n° 55
5.1.2. Diagramme de Diagramme Schoeller Berkaloff	Page n° 56
Conclusion	Page n° 58

Conclusion générale.....59

Références bibliographique

Annexes

liste des figures

Chapitre I : La description de la zone d'étude

Figure n°	Titre	Page n°
01	la situation géographique de la commune d'El Mahmel	03
02	les limites de la commune d'El Mahmel	04
03	Le secteur de sebkha dans le cadre régional	05
04	Profil topographique (N-S) à travers la commune d'El Mahmel	06
05	Les pentes de la commune d'El Mahmel	07
06	Les sols de la région d'El Mahmel	08
07	Le couvert végétal de la commune d'El Mahmel (W. Khenchela)	12

Chapitre II : L'étude géologique

Figure n°	Titre	Page n°
08	Schéma structural simplifié de la région de Khenchela –El Mahmel	16
09	la carte géologique de la commune d'El Mahmel	23

Chapitre III : L'étude Hydroclimatique

Figure n°	Titre	Page n°
10	Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2004-2014)	27
11	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2004-2014)	27
12	Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2004-2014)	28
13	La rose des vents correspondant à la région d'étude	28
14	Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2004-2014)	29
15	Diagramme des moyennes des durées totales d'insolation de la période (2004-2014)	30
16	Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (2004-2014)	31
17	Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2004-2014)	32
18	Diagramme des moyennes des nombres de jours d'orage de la période (2004-2014)	33

19	Diagramme des moyennes des nombres de jours de Grêle de la période (2004-2014)	33
20	l'indice d'aridité annuel de Martonne	35
21	Diagramme ombrothermique de Gaussen (Station d'El Hamma 2004-2014)	36
22	Climagramme d'Emberger pour la zone étude	37

Chapitre IV : L'étude hydrochimique

Figure n°	Titre	Page n°
23	la carte d'inventaire des points d'eaux (Avril 2015)	43
24	les variations de la température des points d'eaux (Avril 2015)	44
25	les variations de pH des points d'eaux (Avril 2015)	45
26	la carte de répartition de la conductivité électrique $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Avril 2015)	46
27	la carte de répartition de la concentration de Calcium mg/l (Avril 2015)	47
28	la carte de répartition de la concentration de Magnésium mg/l (Avril 2015)	48
29	la carte de répartition de la concentration de Potassium mg/l (Avril 2015)	49
30	la carte de répartition de la concentration de Sodium mg/l (Avril 2015)	49
31	la carte de répartition de la concentration de Chlorure mg/l (Avril 2015)	50
32	la carte de répartition de la concentration de Bicarbonate mg/l (Avril 2015)	51
33	la carte de répartition de la concentration de Sulfate mg/l (Avril 2015)	52
34	la carte de répartition de la concentration de Nitrate mg/l (Avril 2015)	53
35	Courbe de variation du rapport $r \text{Mg}^{2+}/r \text{Ca}^{2+}$ dans la commune d'El Mahmel	54
36	Courbe de variation du rapport $r \text{Ca}^{2+}/r \text{SO}_4$ dans la commune d'El Mahmel	54
37	Courbe de variation du rapport $r \text{Na}^+/r \text{Cl}^-$ dans la commune d'El Mahmel	55
38	Le diagramme de Piper des eaux des forages et des puits de la commune d'El Mahmel	56
39	Le diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux des forages et des puits de la commune d'El Mahmel	47

liste des tableaux

Chapitre I : La description de la zone d'étude

Tableaux n°	Titre	Page n°
01	État des forages	10
02	Répartition du cheptel à travers la commune	13
03	Recensement totale de la commune d'El Mahmel	14

Chapitre III : L'étude Hydroclimatique

Tableaux n°	Titre	Page n°
04	les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma	26
05	l'ETR selon la formule de turc	39
06	ETR selon la C.W Thornthwaite	39
07	bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'El Hamma	41

liste des abréviations

APC M : Assemblée Populaire Communale d'El Mahmel ;

DCA : Délégation Communale de l'Agriculture ;

Def : Déficit

Dj : Djebel ;

E : Est ;

ETP : Evapotranspiration potentiel (mm) ;

ETR : Evapotranspiration réelle (mm) ;

Exc. : Excédante (mm) ;

GPMF : Guide Pratique Météo France ;

GPS: Global Positioning System;

H: l'Humidité (%);

N : Nord ;

OMS : Organisation Mondiale de la Santé ;

pH : Potentiel d'Hydrogène ;

POS : Plan d'occupation des sols ;

Pr : Précipitation annuelle (mm) ;

RGA : Recensement générale de l'agriculture ;

RGPH : Recensement général de la population et de l'habitat ;

RN : Route Nationale ;

SAU : La surface agricole utile ;

T : Température annuelle en(C°) ;

VS : Variation.

liste des Unités

% : pourcentages ;

°C : Degré Celsius ;

μS/cm : Micro siemens par centimètre ;

cm : centimètre ;

g : Gramme ;

g/l : Gramme par litre ;

h : Heure ;

Kg : kilo gramme

Km² : Kilomètre carré ;

m : Mètre ;

m³ : mètre cube ;

m³/h : mètre cube par heure ;

m³/j : mètre cube par jour ;

m³/s : mètre cube par seconde ;

meq.l / l : Milliéquivalent par litre ;

mg : milligramme ;

mg/l : Milligramme par litre ;

ml : millilitre;

mn : minute.

Introduction générale

L'eau est l'un des éléments essentiels du développement durable à cause de son importance dans la vie et sans cet élément la vie serait impossible car est un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique, depuis l'aube de l'humanité.

A la fois fascinantes et précieuses, discrètes et rafraîchissantes, les eaux souterraines jouent un rôle majeur dans les équilibres des espaces naturels et urbains. Indispensable à la vie, l'eau issue du sous-sol a déterminé l'implantation des premiers lieux de vie sociale des hommes. Pour les terriens que nous sommes, les puits, forages, sources, sont des "fenêtres" ouvertes sur ce monde souterrain qui recèle bien des trésors aquatique.

L'eau représente la vie, dont on est sensé la protéger contre toutes formes de pollution pour assurer sa pérennité. La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

Les recherches scientifiques menées sur l'hydrochimie des eaux souterraines sont d'un grand intérêt. La région d'étude (la plaine d'El Mahmel) se situe à l'Est de la Wilaya de Khenchela à l'Est de l'Algérie. Cette plaine s'étale sur une superficie de 371 km². L'étude proposée a pour objet la connaissance des caractères géologiques, hydrologiques, climatique, avec une synthèse hydrochimique des ressources en eau de la région.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

- Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux souterraines de la nappe?
- Quels sont les mécanismes physico-chimiques régissant l'évolution des éléments chimiques dans le temps et dans l'espace?

Afin de répondre à ces préoccupations, Notre démarche a été fondée sur deux principaux axes : axe théorique et axe pratique.

Dans la partie théorique ; est réservée à l'étude bibliographique comprenant trois chapitres :

- le premier chapitre sera consacré à cerner, la description générale de la commune d'El Mahmel wilaya de khenchela notre zone d'étude.

- Le deuxième chapitre traitera la géologie de la région.
- Le troisième traitera la partie climatique.

Dans la partie pratique ; est réservée à l'étude expérimentale comprenant un chapitre :

- L'hydrochimie qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux souterraines, de les comparer et de suivre l'évolution dans l'espace et dans le temps de ces faciès.

Cette étude a été réalisée au laboratoire d'Algérienne Des Eaux (ADE) Khenchela et au laboratoire de chimie du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Constantine.

Description de la zone d'étude

1. Situation géographique et administrative

La commune d'El Mahmel (**Tazouguert**) a été rattachée en 1985 à la Wilaya de Khenchela, située à l'Est de la Wilaya, elle s'étend sur une superficie de 371Km². Elle compte deux agglomérations secondaires (**Ouled Azzedine** et **Icherthithéne**).

La commune d'El Mahmel fait partie de la Daïra d'Ouled Rechache (Zoui), située à 9 km du chef-lieu de la Wilaya. Sur l'axe de la RN n°:32 qui traverse l'agglomération d'Est en Ouest la reliant au chef-lieu de Daïra d'Ouled Rechache. Elle occupe un site relativement plat en légère déclivité d'Ouest en Est. (Figure 01)

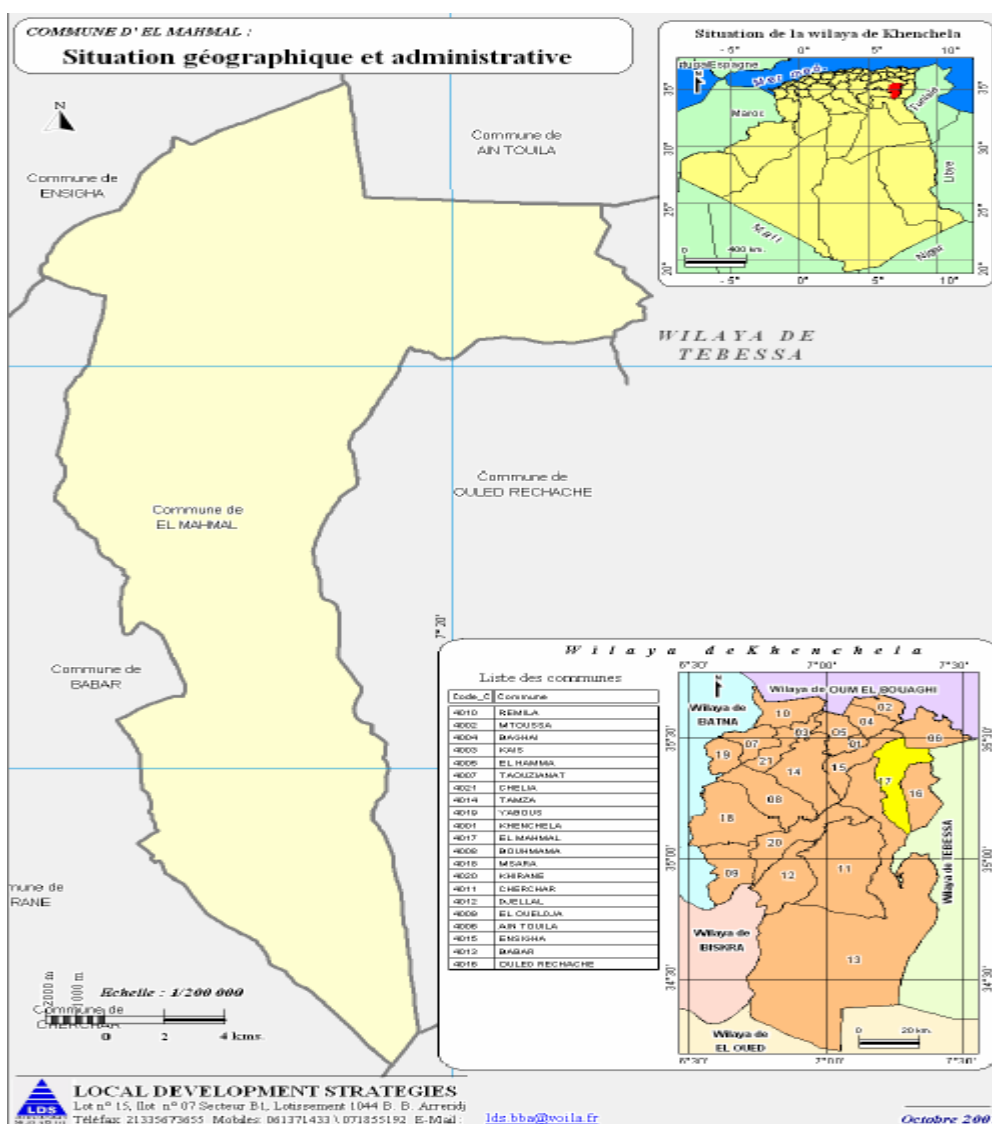


Figure 01 : la situation géographique de la commune d'El Mahmel

La commune était d'origine rurale, ensuite elle est passé au rang de semi-urbaine du fait de la concentration de sa population au chef-lieu, elle est limitée par :

- ❖ la commune d'AINTOUILA au Nord ;
- ❖ la commune de N'SIGHA au Nord-Ouest ;
- ❖ la commune de BABAR à l'Ouest et Sud-ouest ;
- ❖ la commune de BIDJEN et OULED RECHACHE à l'Est ;
- ❖ la wilaya de TEBESSA au Sud. (Figure 02)

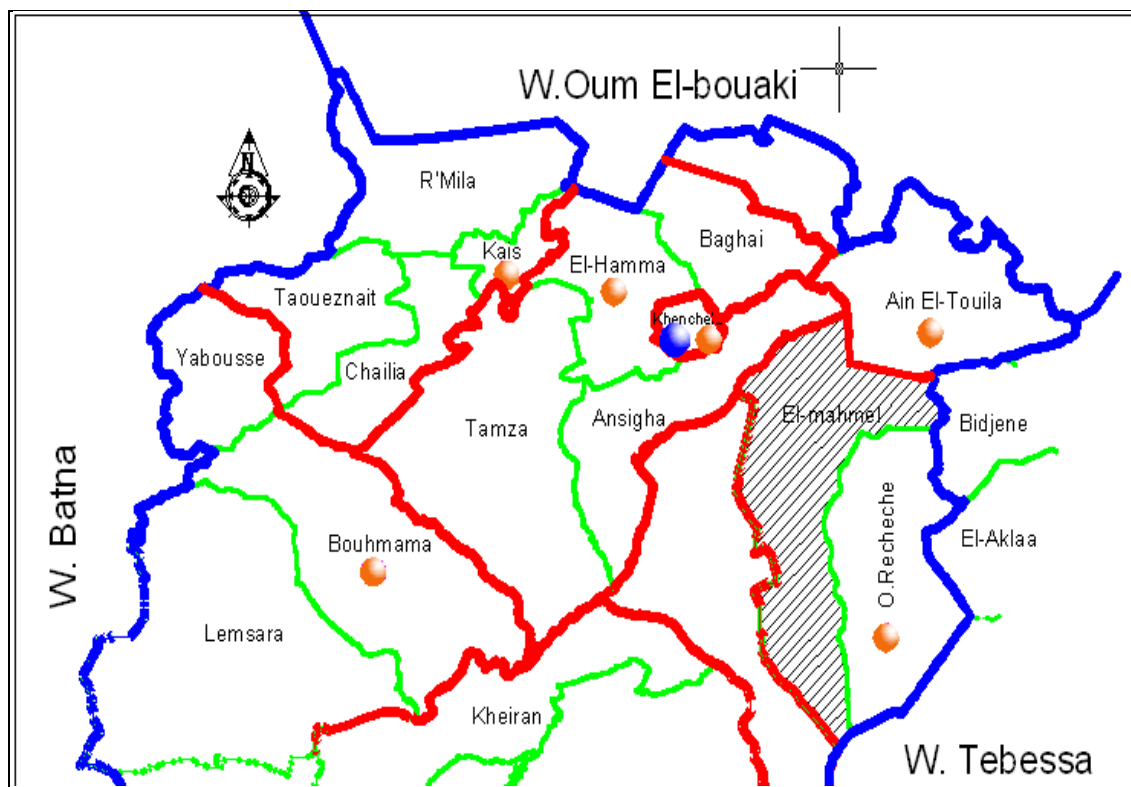


Figure 02 : les limites de la commune d'El Mahmel

La commune d'El Mahmel comporte le secteur de Sebka qui se localise dans le prolongement Est et Nord-Est des monts des Aurès-Nemamcha, à la limite Est de la Wilaya de Khenchela. Le secteur de Sebka est localisé dans les Hautes Plaines constantinoises, ces dernières se situées entre 750 et 1100 m d'altitude. (Khabthane, 2010)

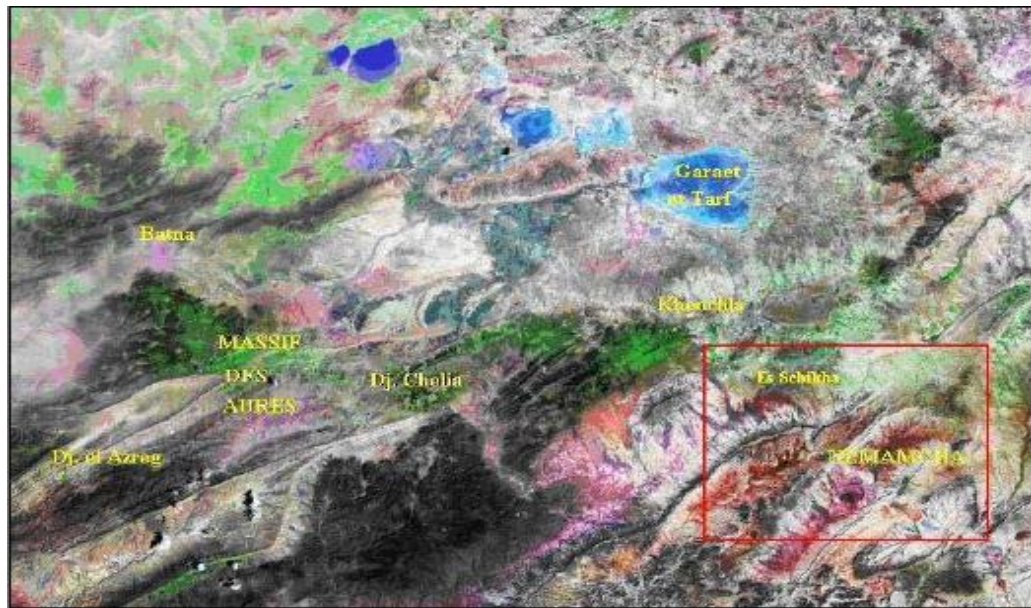


Figure 03 : Le secteur de sebkha dans le cadre régional

2. Analyse de milieu

2.1. Relief

De par sa position, la commune d'El Mahmel forme une cuvette où l'altitude passe de 1050m à 1200m pour les zones plates, et de 1524m à 1580m pour les zones hautes.

2.1.1. Les plaines

Le territoire de la commune est dominé, dans sa majeure partie, par la plaine atlasique intramontagnarde. Cette dernière est représentée par le bassin de Bahiret Sebkhia (1060m) qui correspond à un vaste couloir intra-montagneux orienté de l'ensemble des reliefs de cette région, qui sont séparés par une succession des dépressions à savoir la direction NE-SW, Ce périmètre représente une vaste plaine dans laquelle se développent certains sols salés autour de la Sebkhia ; C'est une plaine intramontagnarde assez vaste, avec une largeur variable allant de 5 à 8 Kms, elle est empruntée par plusieurs Oueds à direction divergente à partir du méridien de l'agglomération de Tazougert, avec des Oueds orientés vers le NE, ex. de l'Oued Sebkhia et des Oueds dirigés vers le SW, ex. de l'Oued El Hatiba, principal affluent de l'oued El Abiod.(Ouannes, 2008)

2.1.2. Les montagnes

La région montagneuse située au Nord, et au Sud de la zone de sebkha est constituée par quelques Djebels qui atteignent parfois 1650m, elles sont constituées par:

- Djebel Chettaïa au Nord de 1455m d'altitude ;
- Djebel Tafrennet au Nord-Est de 1406m ;
- Djebel Tokhma et Djebel FedjIdjet de 1291m sont situés au l'Est de la zone ;
- Djebel Tadinart de 1408 m et Djebel Tadelist de 1410 m qui sont situés au Sud de la zone. (Ben amor N et Arroudj S, 2014)

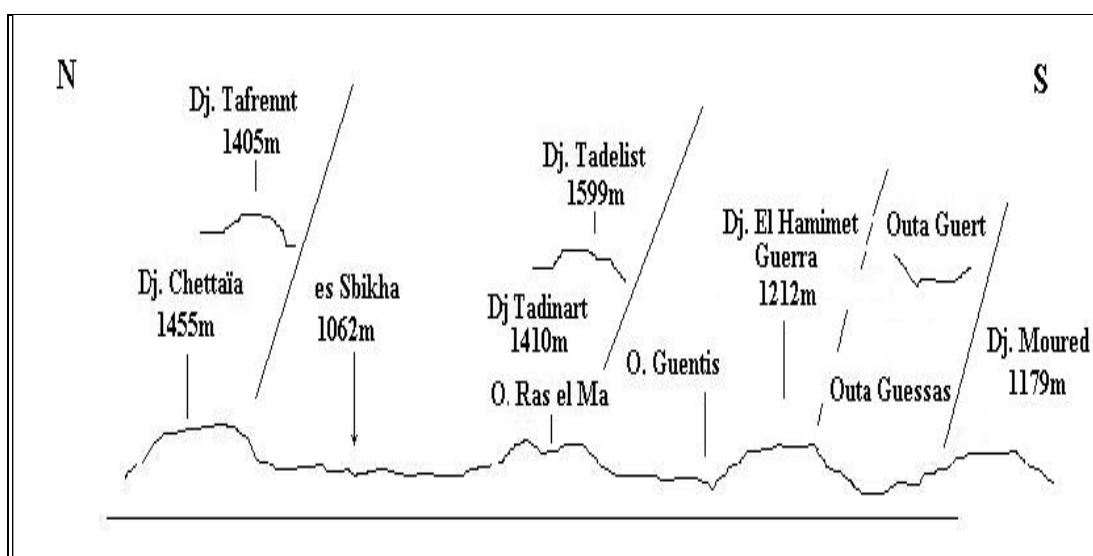


Figure 04: Profil topographique (N-S) à travers la commune d'El Mahmel

2.1.3. Les pentes

2.1.3.1. Les pentes faibles (de 0 à 05%)

Elles concernent 75% des terrains de la commune soit 278km², elles se situent dans la partie Nord et un couloir dans la partie centrale ainsi que toute la partie Sud.

2.1.3.2. Les pentes moyennes (de 06 à 10%)

Elles couvrent 05% du territoire communal et concernent les hauts glacis et les versants des différents reliefs.

2.1.3.3. Les pentes fortes (de 11 à 16%)

Elles concernent les versants assez raides, ces terrains sont caractérisés par la rareté de la construction et de l'habitat.

2.1.3.4. Les pentes très fortes (17%et plus)

Ce sont les hautes collines et les versants abrupts de l'ensemble montagneux de Tadelist. Ces terrains sont défavorables à la construction et à la culture. (POS, 2010)

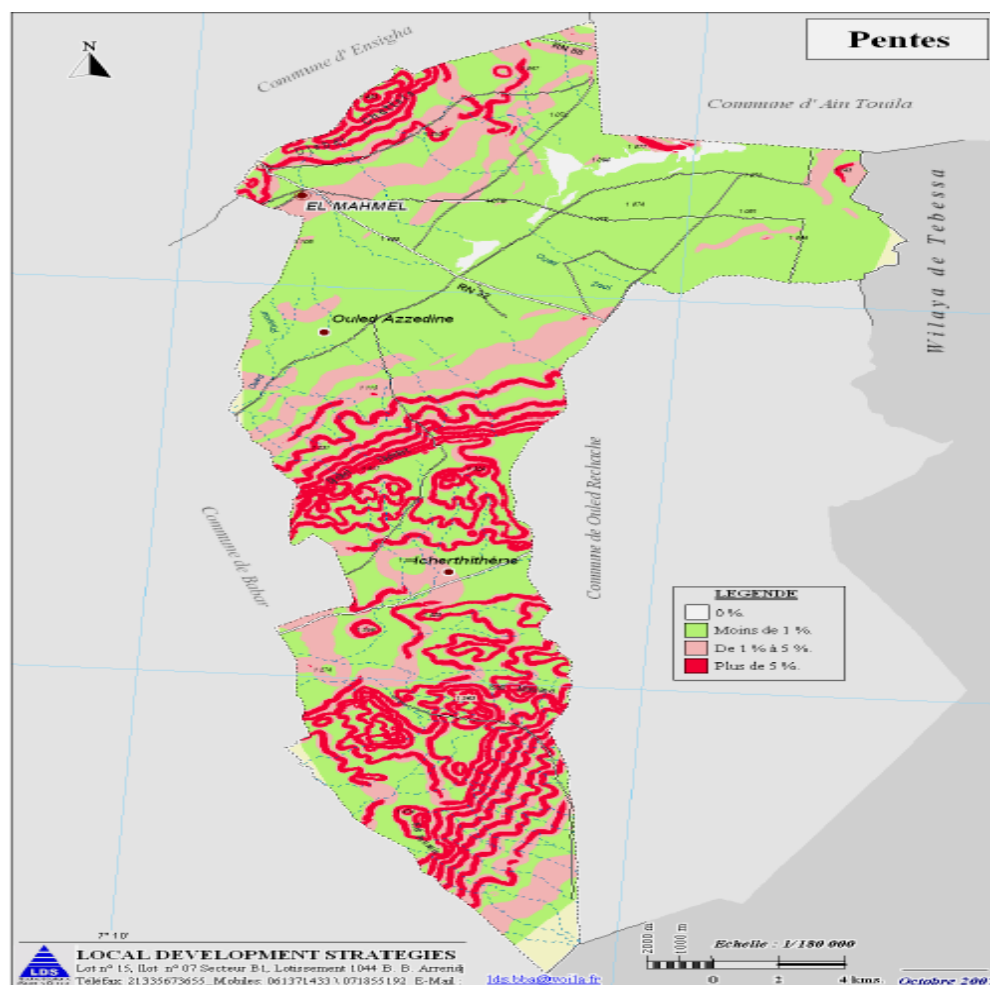


Figure 05 : Les pentes de la commune d'El Mahmel

2.2. Pédologie

Les ressources en sols ont été évaluées sur la base de l'exploitation de la carte des sols de Tébéssa de 1938 au 1/500.000ème. Les types des sols identifiés sont :

2.2.1. Les sols calciques (cq) : Sont à l'origine des paysages pédologiques de la zone.

2.2.2. Les sols calcaires (c) : Sont souvent humifères viennent augmenter le dosage carbonaté des sols de la zone.

2.2.3. Les sols en carbonates de calcium : Sont présentés en grande partie dans le grand développement des croûtes et des encroûtements calcaires, ils sont des sols à caractère nuancé et blanchâtre.

2.2.4. Les sols de type lithosols : Composés de roche mère dure.

2.2.5. Les sols de type régosols (rm) : Ce sont des sols de montagnes sur substrats, soit de roches tendres plus ou moins altérées, soit de roches dures avec horizons humifères très minces.

2.2.6. Les Sols alluviaux basiques (ab) : Ces sols caractérisent au Centre Nord de la commune se sont des sols sales de type solontchak (sk) au cœur de la dépression « Sebka ».

2.2.7. Les sols peu évolués ou les sols non évolués ou sols minéraux brut : Caractérisent les fonds des Oueds et les terrasses. (Figure 06)

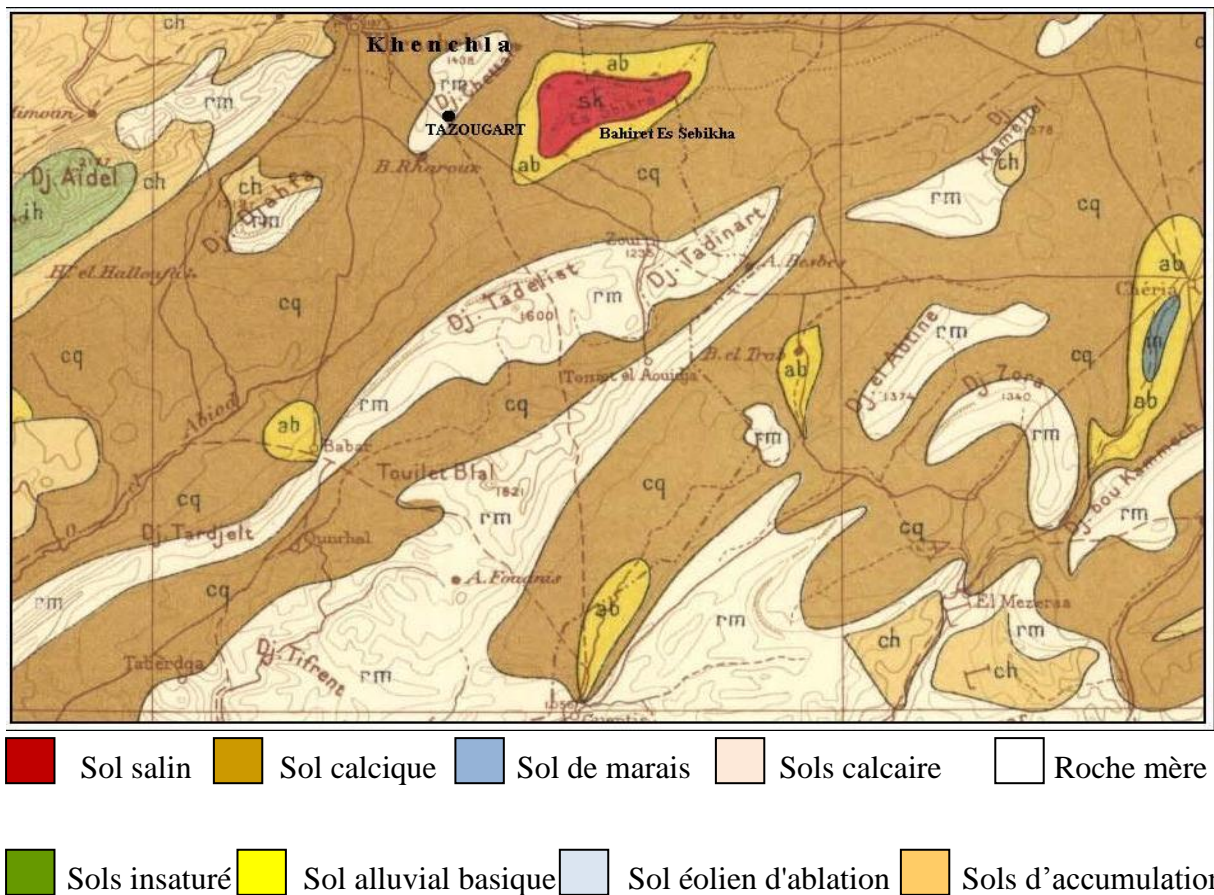


Figure 06: Les sols de la région d'El Mahmel

2.3. Climatologie

L'hétérogénéité du relief de la wilaya implique une extrême diversité des aspects climatiques. En général; le climat est de type continental au Nord et presque saharien au Sud. Le climat d'El Mahmel est rude en hiver et chaud en été. Les vents dominants sont ceux du Nord-ouest qui atteignent une fréquence de 26%. Le Sirocco enregistre une moyenne annuelle de 21 jours. La neige tombe environ 15 jours par année durant la saison hivernale. (Atehyd, 2012)

2.4. Ressources en eau

2.4.1. Les eaux superficielles

Le régime hydrologique des Oueds présente deux saisons. Dès le mois de septembre le retour des pluies, après la saison sèche, n'est pas suffisant, car l'augmentation des débits des Oueds n'est pas sensible. C'est plutôt vers la fin de la période humide que les crues risquent de se produire avec une augmentation des débits des Oueds au mois de mars. La coïncidence entre cette période avec les effets du ruissellement entraîne alors une augmentation de l'efficacité de l'action érosive des Oueds aux débouchés des plaines, qui sont soumises à des inondations régulières.

Il faut retenir que le réseau hydrographique est particulièrement caractérisé par une fréquence des chevelus d'ordre primaire qui se déversent avec tous les Oueds dans les immenses dépressions endoréiques.

Les ressources en eaux superficielles, au niveau de sebkha sont totalement absentes car la commune ne dispose d'aucune infrastructure de mobilisation des eaux « barrages, retenues collinaire ou Sed de dissipation » de pluies ou celles du ruissellement des flancs des montagnes.

2.4.2. Les eaux souterraines

Le territoire de la commune d'El Mahmel est traversé par de nombreux Oueds qui convergent, pour la plupart d'entre eux, vers les zones basses notamment Sebkha située dans la partie Nord de la commune et qui par conséquent constituent une source d'alimentation des nappes. Les secteurs d'El Kraim, Sebkha et Taref constituent l'essentiel des secteurs qui alimentent la commune. Ceci dit, la commune dispose de trois nappes souterraines :

- La première appelée nappe de Kraim située au Nord de Tazougeurt dans le secteur de Kraim – Tebrouri ;
- La seconde est dite nappe de Taref, située au Sud de Tazougeurt ;
- La dernière est dite nappe de Sebkha, située au Nord-Est de Tazougeurt.

La localité d'El Mahmel est alimentée par des forages et par transfert à partir du barrage Koudiat Medaouar (Batna). Les forages pour l'alimentation d'El Mahmal centre sont TZ1, TR4 qui sera remis en service vers la fin du mois de décembre 2012 pour un temps de pompage de 20h/jour, TZ5, TZ4; La production du TZ8 est également répartie entre Ouled Merah et El Mahmel. Le forage TZ4 a été abandonné depuis Février 2000. (Atehyd Y, 2012) La répartition des forages par nappe et les débits se présentent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 01 : État des forages

Commune	Nom du forage	Débit initial L/S	Débit exploitation actuel	Caractéristique du forage				Observation
				X	Y	Z (m)	Prof (m)	
MAHMEEL	TR2	30	18	907.5	239.2	1181	200	Fonctionnel
	TR4	12	9	891.2	251.0	980	200	Fonctionnel décembre 2012
	TZ5	12	07	918.7	239.7	1078	44	Fonctionnel
	TZ4	08	02	920.4	239.8	1079	50	A l'arrêt
	TZ3	06	02	917.0	238.3	1078	60	Fonctionnel
	TZ6	10	03	916.0	237	1075	45	Problème
	TZ1	02	1,50	913.0	237.2	1080	40	Fonctionnel
	TZ8	30	06	912.9	244.9	1165	120	Fonctionnel

Source: subdivision hydraulique Zoui

2.5. Le couvert végétal

L'étude des sols et des conditions climatiques, particulièrement, celles des températures et des pluies, permet de relever la présence de certaines nuances qui s'ajoutent aux contrastes géomorphologiques et morphodynamiques, déjà démontrés. Ce sont des nuances et des contrastes qui vont être renforcés par la diversité et la répartition du couvert végétal naturel de notre zone.

Malheureusement, la végétation naturelle dans notre commune ne persiste que très localement, elle n'est présente que sur les reliefs bien arrosés et exposés face au Nord. Les meilleurs endroits ayant gardé un semblant de couverture naturelle sont les quelques îlots forestiers développés sur les hauteurs de Dj. Aïdel à l'Ouest de Khenchela et modestement sur le Dj. Djahefa à l'Ouest de Tazzouguert, le Dj. Chettaïa à la limite Nord de la commune et sur les massifs montagneux des Dj. Tadinart et Dj. Tadelist. Sur ces hauteurs sont développées des essences variées, allant du chêne vert au pin d'Alep et le lentisque.

Il existe également quelques témoins du cèdre, mais qui ne persistent que sur les reliefs les plus élevés des Aurès-Nemamcha en dehors de la commune d'El Mahmel. Ces essences, avec leurs cortèges floristiques, sont présentées sur la plupart des classes altitudinales et s'associent au niveau des piémonts avec l'étage des arbustes comme le lentisque et localement avec des essences steppiques.

Il ne faut pas perdre de vue l'existence, dans certains secteurs, de quelques forêts artificielles liées aux reboisements. En outre, il existe au niveau des couloirs steppiques intra montagneux au Sud de la commune d'El Mahmel certaines essences appartenant à la fois au domaine steppique et au domaine subsaharien avec l'Alfa, l'armoise, le jujubier, le Rétum, El Guettaf et Et-Taga. Mais ce qui se remarque le plus dans l'analyse des paysages de notre commune, c'est l'anthropisation quasi-générale des espaces ruraux, particulièrement ceux des piémonts, des plaines, des bassins et des Oueds où les terres sont occupées par des périmètres agraires (occupation arboricole et cultures maraîchères). Ceci en plus des paysages dénudés dans les plaines et dans les vallées et sur les bas versants exposés face au Sud.

Ces terrains sont généralement représentés par des terres nues et localement exploitées par l'agriculture où les conditions sont favorables ou alors les conditions d'irrigation sont propices. (Figure 07)

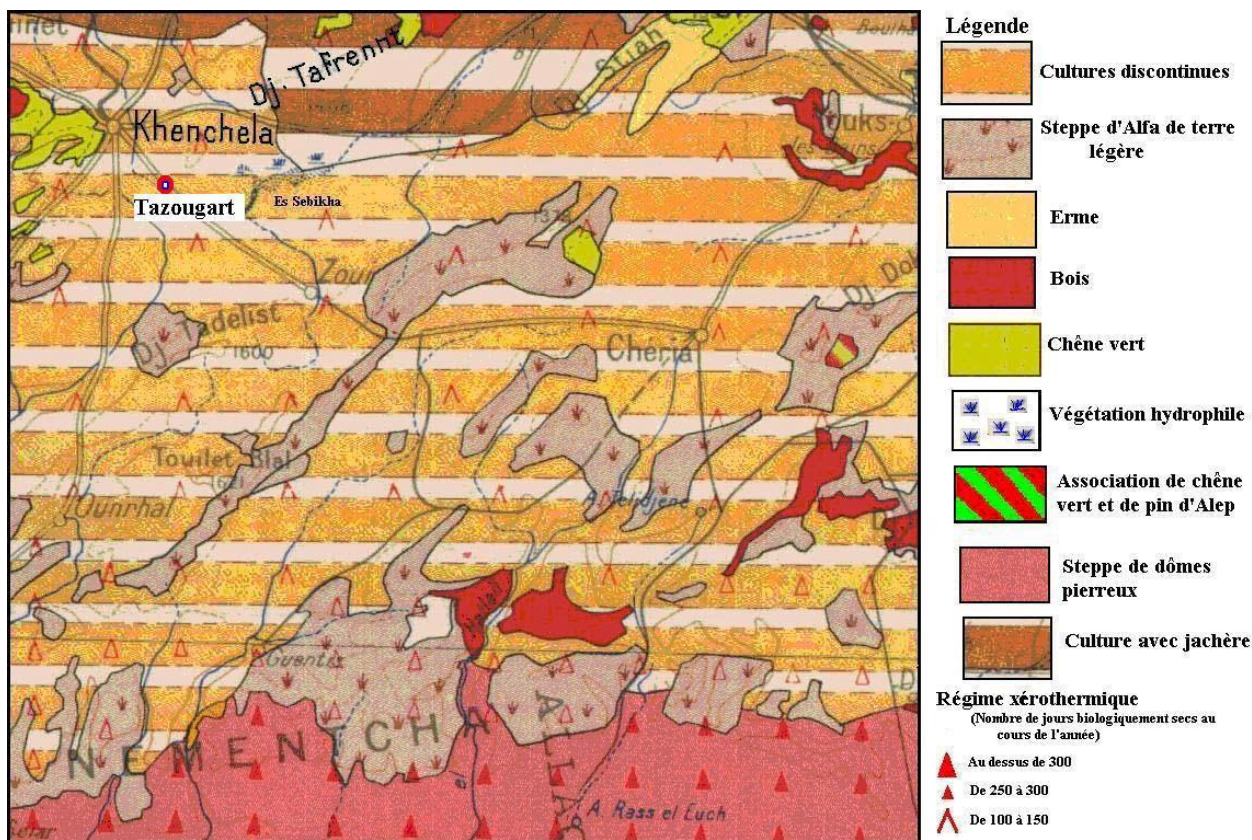


Figure 07 : Le couvert végétal de la commune d'El Mahmel (W. Khenchela)

2.6. L'agriculture

2.6.1. Répartition des terres de la commune

La commune d'El Mahmel qui s'étale sur une superficie totale de 37084 hectares. L'analyse de la répartition générale des terres de la commune fait ressortir que celle-ci est constituée par une importante surface agricole utile (SAU) avec 92.30 % suivi de loin par les forêts et maquis avec 13,63 %. Les terres incultes et les terrains urbanisés représentent 2.63 %. Cette répartition des terres dénote la principale vocation de la commune qui est une vocation agro pastorale. (RGA, 2002)

Il faut noter, que la surface agricole utile au niveau de la commune d'El Mahmel est répartie entre les surfaces à sec, représentant 27213 ha soit 92.30 % de la (SAU) et seuls 2269 ha sont irriguées. La surface agricole utile irriguée est partagée entre la céréaliculture qui occupe 272 ha, les légumes 660 ha et l'arboriculture 1.337 ha. La faiblesse de la pluviométrie et son irrégularité le long du cycle annuel ont rendu l'exercice de l'activité agricole un peu difficile. (D.C.A, 2006)

2.7. L'élevage

La pratique de l'élevage au niveau de la commune se base, essentiellement, sur l'élevage de l'espèce ovine qui représente 75505 têtes, en deuxième position vient l'élevage caprin avec 2760 têtes entre chèvres et chevreaux et en troisième position se place l'espèce bovine avec 900 têtes dont 556 d'origine étrangère et 344 locales. L'élevage des chevaux compte 44 têtes et enfin 25 mulets et 90 ânes. Le taux de mortalité et de réforme sont de l'ordre de 10 % et le taux de fécondité avoisine les 60 %. Avec un bétail totalisant le nombre de 79324 têtes, il est évident que la région est à vocation pastorale (D.C.A, 2015)

Tableau 02 : Répartition du cheptel à travers la commune

Cheptel	Femelles reproductives	Males Adultes	Petits		Total espèce
			Femelles	Males	
Bovin importation	260	38	170	88	556
Bovin local	170	18	90	66	344
Ovin	28 935	1250	18 120	27 200	75 505
Caprin	1400	130	800	430	2760
Chevalin	32	12	/	/	44
Âne	40	10	25	15	90
Mulet	15	10	/	/	25

Source : Délégation communale de l'agriculture (D.C.A)

2.8. La population

La commune d'El Mahmel comprend trois agglomérations à savoir : centre de la commune ; Icherthithéne et Ouled Azzedine. Le nombre de la population tel que issue des recensements est donné dans le tableau ci-dessous :

Tableau 03 : Recensement totale de la commune d'El Mahmel

	Bâtiments	Les hommes	Les femmes	Total	Pourcentage
Agglomération urbaine au centre de la commune	3999	14308	14529	28837	72.84
Agglomération secondaire Icherthithéne	161	423	453	876	02.25
Agglomération urbaine Ouledf Azzedine	208	622	617	1239	03.19
zones dispersées	2205	4480	3875	8355	21.72

(APC M, 2015)

La population de la commune approchait les 39307 habitants soit un accroissement de 2.5% entre 1998 et 2008 avec une densité de 104 h/km². Dans l'ensemble les taux moyens annuels de la croissance démographique de la zone restent parmi les même taux. (RGPH, 2015)

La population inégalement répartie, elle distingue par une concentration de la population au centre de la commune plus du 72.84%, et du 5.44% dans les deux agglomérations secondaire Ouled Azzedine et Icherthithéne.

En termes d'effectifs, il est incontestable que l'essor de l'agglomération chef-lieu, s'est amorcé à partir des différents remodelages territoriaux qu'a connus la commune d'El Mahmel et la promotion en chef lieu de commune du centre de Tazouguert. Néanmoins à partir de 1998 la concentration de la population au niveau du chef lieu semble accentuée de façon inquiétante vu le rythme de croissance enregistré ces dernières années. Ce phénomène ne peut s'expliquer que par la situation qu'a connue le pays, ces dernières années. Cependant, d'autres facteurs relatifs aux conditions socio-économiques des populations dans les zones éparses, peuvent être à l'origine des déséquilibres, de plus en plus marqués, à l'intérieur du territoire communal ou les disparités sont importantes en matière de satisfaction des besoins « logements, emplois, loisirs ».

Etude géologique

Introduction

La géologie est un moyen d'investigation, parce qu'elle permet la prévision des formations susceptibles d'être aquifère et de suivre leurs évolutions dans l'espace du terrain d'étude. (Boulabeiz, 2006)

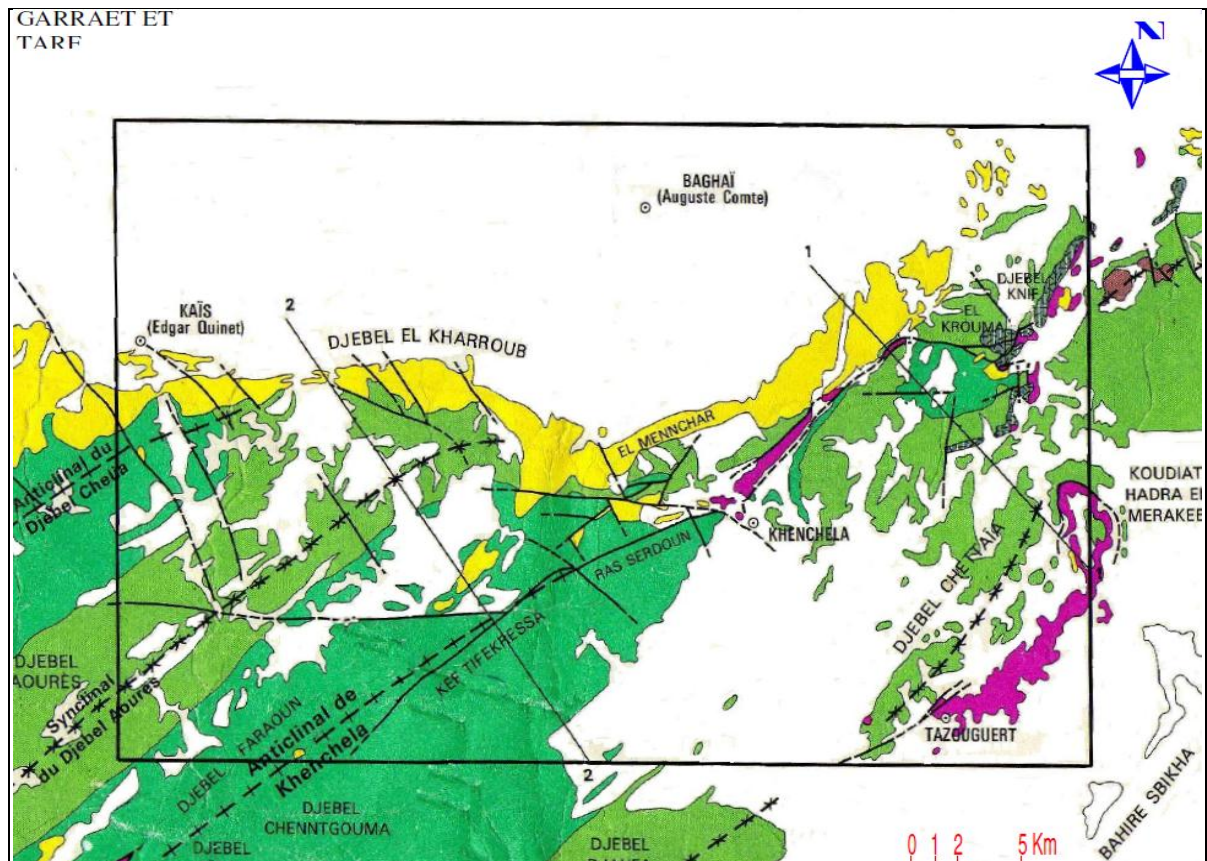
1. Aperçu géologique régional

1.1. Géomorphologie

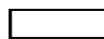
Sur le plan géologique, malgré la diversité des structures et des paysages morphologiques dans cette zone entre montagnes, piémonts et plaines, le territoire de la commune d'El Mahmel appartient totalement au domaine atlasique. La structuration géologique de ce territoire est, comme pour l'ensemble des régions atlasiques très simple, elle se caractérise par :

- Pour les zones de montagnes et de piémonts, les structures se résument dans la succession d'une série d'anticlinaux et de synclinaux, souvent en position d'inversion de reliefs, tous organisés et orientés suivant une direction NE-SW. (Figure 08)
- Pour les bassins et les plaines, ils sont orientés suivant la même direction et correspondent, parfois, soit à des anticlinaux évidés, soit à des synclinaux perchés ou à des systèmes structuraux complexes. L'essentiel ici est de souligner que ce domaine correspond à des plaines ou à des vallées évasées, élaborées par l'évolution géologique et par les phénomènes érosifs.


Quant aux terrains affleurant dans ces différents ensembles, ils appartiennent généralement au Secondaire, avec le Trias, le Jurassique et le Crétacé et au Tertiaire avec des formations oligocènes, miocènes et pliocènes. Le Quaternaire, quant à lui reste limité aux dépôts de versants et aux formations alluviales des bassins et des principaux Oueds de la zone.




FORMATIONS


 Quaternaire


AUTOCHTONE

 Miocène

 Eocène

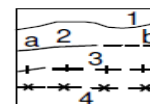
 Crétacé supérieur

 Crétacé moyen et inférieur

 1-Trias diapirique

 2-Récifs sénoniens associés

SIGNES



1-Contact

2-Failles et limites du Trias diapir

a-Visibles

b- Cachées ou supposées

3-Axe anticlinal

4-Axe synclinal

1 2 : Tracé des courbes interprétatives au 1/50 000

Figure 08 : Schéma structural simplifié de la région de Khenchela –El Mahmel

Il faut rappeler aussi comme le montre la figure 08 que la géologie de la commune se confond avec celle de l'ensemble de l'Atlas des Aurès-Nemamcha, c'est une région qui s'individualise toutefois du reste du domaine atlasique par des caractères stratigraphiques et morphotectoniques spécifiques.

2. La Stratigraphie

L'analyse stratigraphique des principaux affleurements de la commune d'El Mahmel ne peut se faire qu'à travers une étude globale du bloc Aurès-Nemamcha et de l'examen des styles de la déformation souple et cassante. Une étude qui, sans doute, permet de comprendre et de suivre aisément les caractères géologiques de ce domaine.

La stratigraphie de cette région se caractérise par la prédominance des terrains secondaires créacés et partiellement jurassiques et des formations tertiaires, éocènes, oligocènes et miocènes. Les terrains néogènes et quaternaires ne sont dominants que dans les bassins et dans les couloirs intra montagneux et sur les bordures, particulièrement celles du Sud.

2.1. Les formations secondaires

L'histoire géologique des terrains mésozoïques de cette région débute par les terrains triasiques et se termine par le Crétacé supérieur en passant par les formations jurassiques et celles du Crétacé inférieur et moyen.

2.1.1. Le Trias

Les principaux affleurements triasiques ayant emprunté des lignes de failles développées sur le flanc Nord de Dj. El Azreg et celles de Dj. Groun au Sud de Tahamemt et sur l'extrémité Est de Dj. Aïdel à l'Ouest de la ville de Khenchela. Un autre affleurement particulier de sel gemme est signalé dans le Dj. El Melah dans la région d'El Outaya au Nord de Biskra. Mais les terrains triasiques les plus importants du secteur étudié sont ceux du gypse, des marnes, des cargneules et des sables dolomitiques qui affleurent autour de Khenchela et dans le Dj. Chettaïa au nord et à l'Est de Tazzouguert et au cœur du synclinal perché de Dj. Zora au Sud de la commune. Le Trias affleure également dans deux points du versant Nord de Dj. Tafrennt à la limite de la commune d'El Mahmel.

En conclusion, le Trias de la commune affleure, selon la carte géologique de Khenchela, avec deux grands types de formations :

2.1.1.1. Le premier (t) : celui des argiles vari-colores et gypses chaotiques à glaçons.

2.1.1.2. Le second (dt) : celui des calcaires dolomitiques et des cargneules.

Ce sont des formations qu'on rencontre abondamment à Khenchela et également dans le bassin d' Sebkhha autour de Tazzouguert.

2.1.2. Le Jurassique

Les terrains jurassiques dans cette zone sont très limités et n'affleurent qu'en dehors de la commune d'El Mahmel. Ces terrains ne sont signalés ici qu'à titre indicatif pour retracer les grandes lignes de l'histoire géologique de la région d'El Mahmel. Ce sont des formations qui affleurent surtout dans le Dj. Groun au Sud de Tahanent où se développent des faciès dolomitiques liasiques côte à côte avec les terrains triasiques. D'autres terrains jurassiques du Portlandien et du Berriasien affleurent au Dj. El Azreg au cœur des Aurès avec des faciès variés de calcaires, de calcaires marneux et de dolomies.

2.1.3. Le Crétacé

Les terrains crétacés représentent l'essentiel des affleurements secondaires inventoriés et étudiés dans la commune d'El Mahmel et dans l'ensemble du massif des Aurès-Nemamcha, ils forment l'essentiel de ce secteur avec des faciès très variés allant du Crétacé basal au Crétacé supérieur.

2.1.3.1. les terrains du Valanginien

Ils affleurent dans le Dj. El Azreg, en dehors du secteur étudié, avec des calcaires, des grès et des marnes à ammonites pyriteuses. Ils affleurent également avec des calcaires pisolithiques, de calcaires gréseux et de grès ;

2.1.3.2. L'hauteriviens (les terrains barrémiens et aptiens)

Ils affleurent dans les principaux reliefs de la région, et plus particulièrement à l'Ouest, dans les massifs de Dj. El Azreg, Dj. Chélia, Dj. Aïdel et Dj. Tichao. Ils sont matérialisés par des faciès variés, allant des grès et des marnes aux calcaires et calcaires gréseux.

2.1.3.3. Les terrains de l'Albien

Ils sont représentés par des grès et des marnes rouges et des calcaires, des marnes et des grès et flyschs localement phosphatés. Ils surmontent généralement les terrains barrémiens et aptiens et dans presque la totalité des massifs montagneux de cette zone.

2.1.3.4. Le Cénomaniien des Aurès-Nemamcha

IL est représenté par des dolomies, des calcaires et des marno calcaires et localement de gypse. Il affleure entre Batna et Khenchela, au niveau de Dj. El Azreg, sur les bordures de Dj. Chélia et Dj. Aïdel autour de Khenchela et sur les reliefs développés autour d'El Mahmel.

2.1.3.5. Turonien

Il faut souligner que les terrains crétacés les plus dominants dans les paysages de cette région restent ceux du Turonien, ils affleurent sous forme de faciès variés : le Turonien moyen et supérieur affleure avec des marnes beiges et des calcaires noduleux. Quant au Turonien basal, il affleure avec des marno-calcaires en plaquettes et une alternance de marnes avec de petits bancs de marno-calcaires. Ce sont des terrains qu'on rencontre au Nord de notre secteur entre Khenchela et Tazzouguert.

2.1.3.6. Crétacé supérieur

Quant au Crétacé supérieur de notre région, nous relevons qu'il est représenté par des marnes noirs localement phosphatées et des calcaires crayeux allant du Campanien au Maëstrichtien et Danien. Ces terrains affleurent au Nord de Dj. Chettaïa à la limite nord de la commune d'El Mahmel. Le Maestrichtien est représenté dans notre commune à la base par des marnes qui affleurent au niveau de Dj. Chettaïa et dans sa partie supérieure par des calcaires à Inocérames. Ce sont là, les principaux terrains crétacés qui dominent les paysages de la commune d'El Mahmel, particulièrement ceux développés autour du bassin d'Es Sebikha et autour de Dj. Chettaïa.

2.2. Les terrains tertiaires

2.2.1. L'Éocène

L'Éocène de cette zone concerne les terrains allant du Paléocène aux formations du Londinien et du Lutétien. Quant à l'Oligocène, il n'affleure qu'en dehors de notre commune. Notons que les formations oligocènes ne sont signalées ici qu'à titre indicatif.

Ces terrains se résument dans les marnes rouges à gypse, les grès, les conglomérats et les brèches. Ils affleurent dans la région d'El Kantara, dans plusieurs endroits du flanc Nord de Dj. Sebiba à l'Ouest de Aïn Touta, dans les massifs de Dj. Bou Hel et Dj. Tissidelt et dans le massif de Dj. Charhou et Dj. El Gantra au Sud de Dj. El Azreg. Il arrive de les rencontrer dans plusieurs

endroits des Nemamcha mais sans qu'ils forment d'entités bien individualisées dans les paysages de cette région.

Les terrains éocènes dans cette zone affleurent sous forme de marnes blanches et de calcaires paléocènes qu'on rencontre aussi à travers la majeure partie des Aurès-Nemamcha, particulièrement sur les reliefs de la rive gauche de l'Oued El Abiod au SW de la zone étudiée ainsi qu'au Nord de Dj. El Azreg, dans le Dj. Metlili et à l'Ouest des Aurès.

Ils sont représentés dans cette région, par des calcaires massifs du Londinien qui affleurent dans plusieurs endroits des Nemamcha, mais en dehors de la commune d'El Mahmel.

Quant aux marnes blanches intercalées de bancs de calcaires et de gypses, localement phosphatés du Lutétien, ils affleurent presque côte à côte avec les terrains précédents, ceux du Londinien. Comme le montre l'esquisse géologique (figure.08), les terrains éocènes (du Paléocène, du Londinien et du Lutétien) affleurent dans plusieurs endroits de la commune. Ils affleurent au Nord de Dj. Chettaïa et dans une large partie de Dj. Tafrennt au Nord du bassin d'Es Sebikha.

Au Sud de la commune, les terrains éocènes constituent l'essentiel des reliefs développés autour de Dj. Tadelist, Dj. Tadinart et Dj. Aouinet En Nessour.

2.2.2. Le Miocène

Le Miocène dans notre commune est quasiment absent, il n'affleure qu'en dehors du territoire communal. Il n'est signalé ici qu'à titre indicatif pour retracer l'histoire géologique de cette région atlasique.

Le Miocène de cette région a été étudié sur la base d'une différenciation entre les types d'environnements, entre un Miocène marin et un Miocène continental, tous absents de la commune d'El Mahmel. Les seules traces du Miocène marin sont rencontrées au centre et sur la façade Nord des Aurès-Nemamcha. Elles sont principalement développées sur la façade Nord de ce massif autour de Batna et plus particulièrement à l'Ouest de Aïn Touta et le long de Dj. Islaf Bou El Arouah aux environs de Kaïs à l'Ouest de Khenchela.

En outre, il est à remarquer que le Miocène marin est représenté dans cette région par des faciès variés, il s'agit de calcaires à lithothamniées, de marnes et d'une alternance de calcaires, de grès, de Mollasses, de sables marins, et de marnes rouges. Quant au Miocène continental, nous relevons qu'il est très développé dans cette région, particulièrement sur le flanc

Sud des Aurès- Nemamcha, depuis Biskra jusqu'à la frontière tunisienne, il est également présent dans le bassin néogène développé au Nord des Aurès au Nord de Timgad et Khenchela et localement au centre des Aurès au Sud d'El Malou et dans les environs de Foug Toub.

Parmi les principaux affleurements miocènes de cette région ceux rencontrés autour d'Aïn El Kraim au Nord Est de Tazzouguert et plus particulièrement au Nord et à l'Est de Khenchela. Le Miocène dans ces secteurs affleure avec des marnes biomicrites et des grès blancs du Serravallien à Aïn El Kraim et avec des grès tortoniens au Nord et au NE de Khenchela.

2.2.3. Le Pliocène

Strictement d'origine continentale, les formations du Pliocène dans cette région sont généralement représentées par les poudingues. Ces terrains, selon l'esquisse géologique des Aurès au 1/200.000, ne sont développés que sur la bordure Sud de cette chaîne au contact du Bas Sahara et au Nord de Biskra et aux environs d'El Outaya. Cependant, il est fort probable que l'absence d'affleurements pliocènes dans le reste des Aurès-Nemamcha, et notamment dans le territoire de la commune d'El Mahmel, soit liée à l'absence d'études géologiques détaillées dans cette région. Nous relevons, en effet, l'absence totale du Pliocène dans le secteur étudié, il est probable qu'il soit présent dans les bassins de cette commune, mais couvert par les formations quaternaires.

2.3. Le Quaternaire

Les marques du quaternaire dans cette région sont nombreux et de natures diverses, ils sont représentés par des dépôts colluvioalluvionnaires développés sur les versants des zones de reliefs, par des éboulis de gravité sur les terrains accidentés et en contrebas des escarpements et des corniches. Il existe aussi des dépôts grossiers à l'aval des cônes de déjection très développés dans cette zone, particulièrement à l'aval de certains Oueds lorsqu'ils débouchent dans les bassins ou dans les plaines intramontagnardes.

A noter l'importance des dépôts alluvionnaires des principaux bassins d'El Mahmel, particulièrement au niveau de la plaine de Bahiret Es Sbikha, où les sols rouges, souvent calcaires ou calci-magnésiques et localement salifères, recouvrent l'héritage quaternaire. A noter également, la présence d'importantes formations alluvionnaires argilo - limono-sablo - conglomératiques, anciennes et récentes, développées sur les terrasses des principaux Oueds de

la région, particulièrement celles des Oueds Es Sbikha, El Hatiba-El Abiod au Sud-ouest d'El Mahmel.

Comme il arrive de rencontrer localement quelques traces d'héritages éoliens, sous forme de sables, sur certains secteurs piémontais d'exposition Sud à la limite Sud de cette commune. Ce sont des dépôts qui, sans doute, résulteraient de la dynamique éolienne et qui annoncent la proximité de l'influence du climat saharien, présent à quelques dizaines de kilomètres à vol d'oiseau de notre commune.

Notons enfin que la plupart des surfaces de notre commune, particulièrement des plaines et des vallées, sont couvertes et fossilisées par les croûtes et les encroûtements calcaires ou gypsifères localement. La présence de ces encroûtements témoigne de l'ambiance aride à semi-aride inférieur de cette commune et de la nature dégradée du couvert végétal naturel sur ces surfaces. Ce sont ces croûtes qui accordent à la topographie de cette zone, du moins localement, une morphologie de glaciaire ou alors elles viennent renforcer la classification des reliefs de notre commune élaborée par d'autres facteurs.

QUATERNAIRE:

- e Eboutis à blocs.
- Q^t Glacis polygéniques nappant les reliefs.
- Q^o Villafranchien probable: croûtes calcaire.

MIOCENE:

- m² Tortorien gréseux blanc
- m¹ Langhien-Serravalien: Marnes, biomicrites, biomicrosparites et grès blancs.
- m^{1a} Aquitano-burdigalien: conglomérats rouges.

CRETACE:

- C⁵ Campanien: marnes et calcaire crayeux.
 - C⁴ C^{4*} Santonien: C⁴: faciès marneux de la moitié Est de la feuille, marne gris-bleu et calcaire marneux à inocérames.
C^{4*}: faciès récifal des Djebels et krouma et Knif.
 - C³ Coniacien: marnes grises et marno-calcaire.
 - C^{2b} Turonien moyen et supérieur: marnes beiges et calcaires noduleux.
 - C^{2a} Turonien basal: marno-calcaire bitumineux en paquettes, alternances de marnes et de petits bancs marno-calcaires.
 - C^{1c} Cénomanién supérieur: calcaire formant corniche.
 - C^{1b} Cénomanién moyen: marnes grises et biomicrites.
 - C^{1a} Cénomanién inférieur: marnes gris-bleuté à Rotaliopores
 - n⁶ Albien de l'anticlinal de Khenchela (marnes, dolomies et grés) et du Djebel et Krouma.
 - C^{5bc} Aptien calcaire à Orbitolites de l'anticlinal de Khenchela.
 - n^{5b} Aptien marneux gris.
- TRIAS:**
- t Trias: argiles varicolores et gypses chaotiques à glaçons (dt) calcaire-dolomitiques et cargneules.

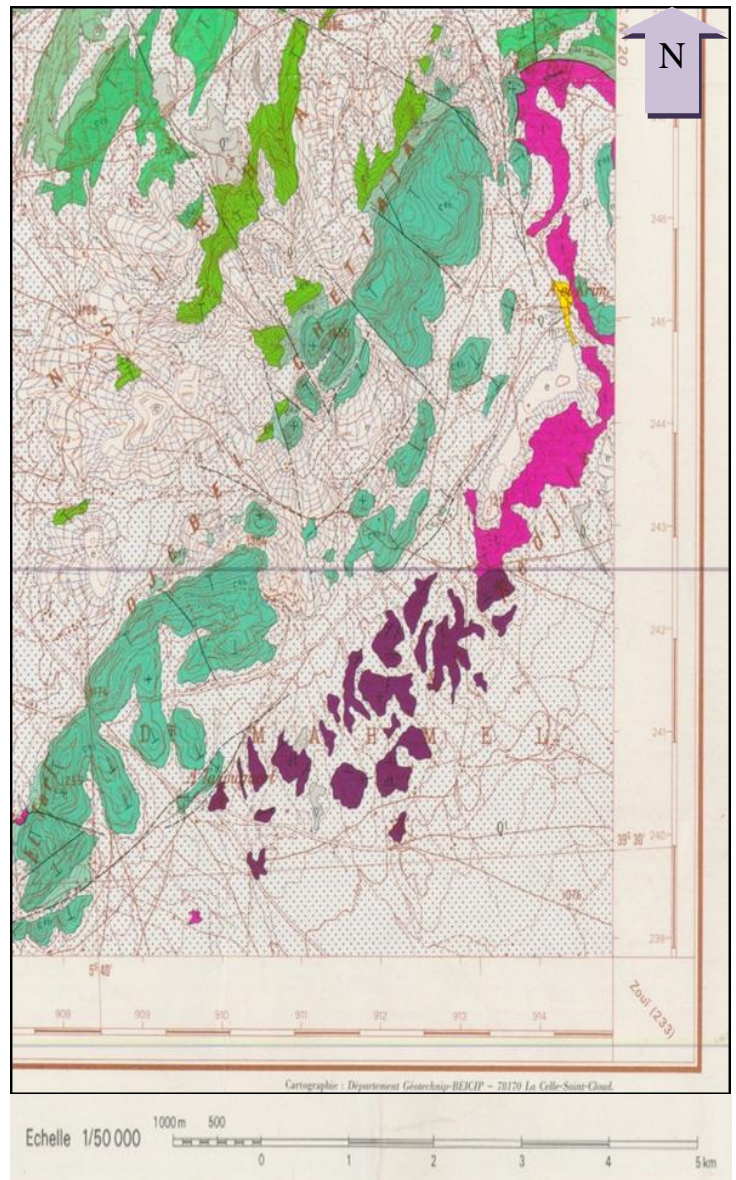


Figure 09 : la carte géologique de la commune d'El Mahmel

3. Tectonique

Il faut souligner en premier lieu que le système de plis dans les principaux massifs de cette zone se raccorde à celui de l'ensemble des régions atlasiques. Il se caractérise en général par des ondulations simples et grandioses et ce malgré la complexité de certaines structures. Ce sont généralement des ondulations qui, localement, se compliquent en donnant des inversions de relief.

A cet effet, il faut bien noter la présence de nombreuses situations où se sont développés des anticlinaux évidés dont le coeur est fortement entamé par l'érosion, l'exemple du bassin

occupé par l'oued Guenttis et appelé "Outa Guert" à l'Ouest ou "Outa Gassès" à l'Est en est le meilleur témoin de cette situation. Il existe aussi d'autres formes d'inversion de relief liées à des ondulations synclinales ayant évolué en synclinaux perchés, exemple de la cuvette développée au coeur de Dj. Zora au Sud, à la limite de la commune d'El Mahmel. Ces structures, marquent bien les paysages de cette région, ceci est d'ailleurs valable à l'ensemble des régions atlasiques.

Pour le système de failles dans cette région, nous relevons qu'il se caractérise par sa conformité au style de la déformation cassante de l'ensemble du domaine atlasique et par sa direction constante suivant l'orientation générale de ce domaine à savoir NE-SW, sauf qu'il existe ici un grand nombre de failles transverses suivant la direction NWSE, ex de la faille qui délimite Dj. Ichmoul du côté Est (à l'Est d'Arris) et celle de Teniet Rerras, qui probablement se prolonge jusqu'à Batna vers le NW.

Il faut signaler aussi la faille transverse NW-SE suivie partiellement par l'Oued Mellagou, affluent de l'Oued El Abiod - El Arab. Sont signalées, dans la zone, plusieurs failles, la principale est celle qui traverse la ville de Khenchela et affecte le piémont Nord de Dj. Tafrennt suivant la direction NE-SW. Comme il est probable que la mise en place du Trias de cette zone soit liée à une activité tectonique ou au diapirisme.

Notons aussi que les effets de la tectonique sur ce secteur se font sentir jusqu'à présent à travers la sismicité qui affecte cette zone, comme pour l'ensemble du domaine tello-atlasique, bien qu'avec des effets et des dommages faibles par rapport aux régions telliennes, mais qui restent variables suivant et les situations structurales de chaque ensemble.

Conclusion

En conclusion, il est à signaler que les structures plissées et faillées, nombreuses dans ce massif sont, en grande partie, responsables du guidage et de l'orientation du réseau hydrographique.

En effet, la plupart des Oueds développés dans cette zone ont une direction conforme aux grandes structures de ce secteur (NE-SW), les seules exceptions sont celles qui suivent la direction NW-SE suivant l'orientation des structures transversales.

Etude Hydroclimatique

Introduction

La climatologie est la science qui étudie le climat, son histoire, mais aussi son futur probable. Elle est une science récente qui s'est fortement développée au cours des vingt dernières années. Elle nécessite une approche interdisciplinaire, qui rassemble des physiciens, mathématiciens, chimistes, informaticiens, géologues...etc. (Benlatreche, 2006)

Le climat est l'une des principales données de la morphologie des systèmes Architecturaux et urbains. Il est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs, incluant la température, la vapeur d'eau, le vent, les radiations solaire et les précipitations dans un endroit particulier et à travers une période de temps. Il est défini aussi comme une généralisation des conditions « temps » de jour en jour et à travers toute l'année. (Bellara, 2005)

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégrée dans le long terme ; la nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. (Ramade, 2003)

L'étude de ces paramètres est basée sur les données d'une période de (2004-2014) de la station pluviométrique d'El Hamma. Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma

Station	Altitude	Latitude	Longitude
El Hamma	982.5 m	35° 28° N	07° 05° E

1. Caractéristique climatologique

1.1. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère. (Ramade, 2003)

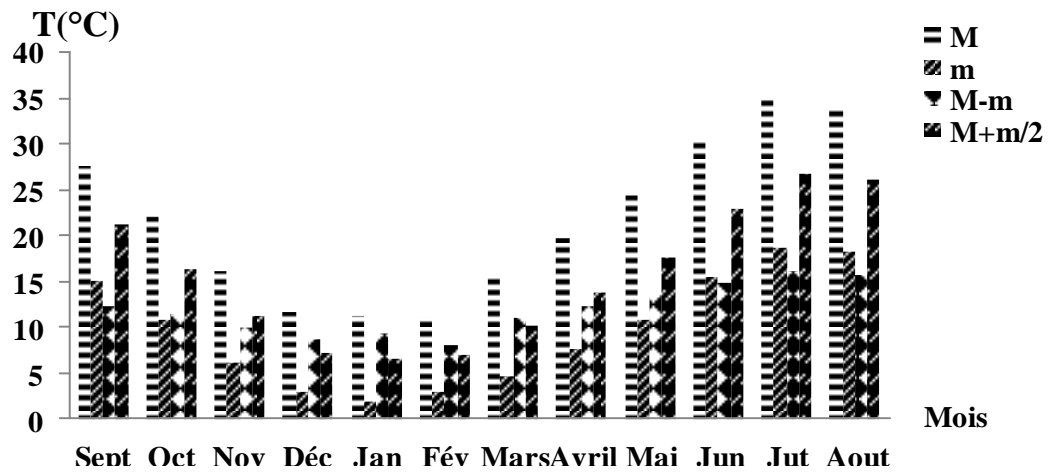


Figure 10 : Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2004-2014)

En analysant les données de la période (2004-2014), nous constatons que janvier est le mois le plus froid avec une température moyennes minimale de 1.85°C alors que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale de 34.9°C.

1.2. La pluviométrie

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance de la saison des pluies et la saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques (Ramade, 2003)

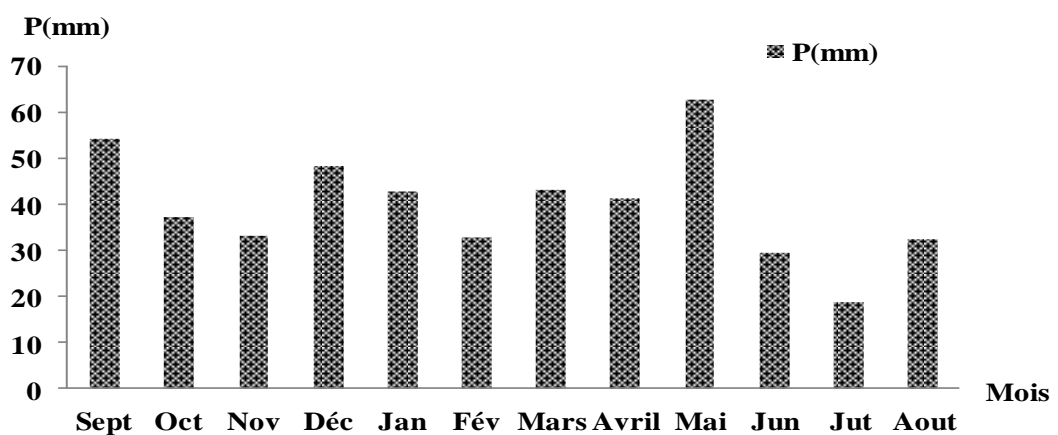


Figure 11 : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2004-2014)

On remarque que la figure montre que les précipitations moyennes mensuelles de la période (2004-2014) sont de 474.38 mm. Le mois le plus pluvieux est mai avec une moyenne mensuelle de 62.79 mm, par contre le mois le plus sec est juillet avec une moyenne mensuelle de 18.63 mm.

1.3. Le vent

Le vent constitue certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence des vents violents, la végétation est limitée dans son développement. Les arbres prennent un port en drapeau, leur tronc étant souvent incliné et leurs branches étant orientées dans la direction opposée à celle des vents dominants. (Ramade, 2003)

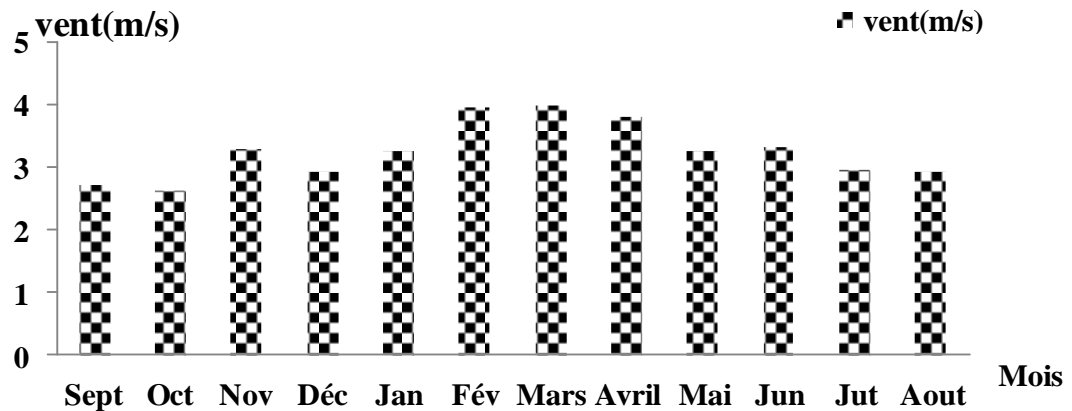


Figure 12 : Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2004-2014)

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région d'El Mahmel est de 3.26 m/s avec un maximum au mois de février et un minimum au mois d'octobre. Il est à craindre durant le mois de mai à juillet la manifestation du sirocco qui est un vent chaud et sec favorise l'évapotranspiration causant ainsi de sérieux dégâts aux végétaux et notamment les cultures.

1.3.1. La rose des vents

La rose des vents est une représentation diagrammatique des directions et de l'intensité des vents en un lieu donné au cours du cycle annuel (Ouanes, 2008)

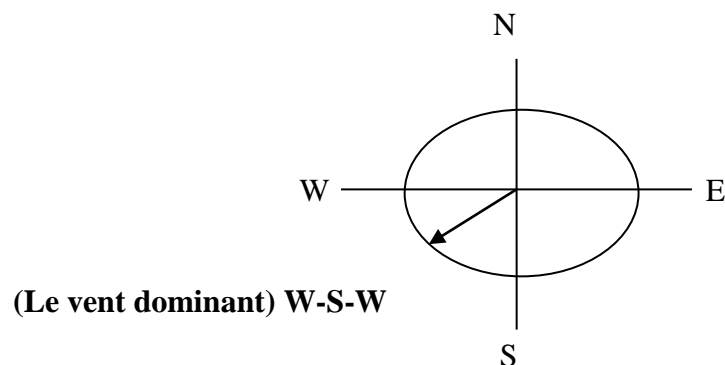


Figure 13 : La rose des vents correspondant à la région d'étude

La figure montre que les vents dominants dans la région soufflent dans la direction W-S-W.

1.4. Evaporation

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal. On distingue : d'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR). (Gaagai, 2009)

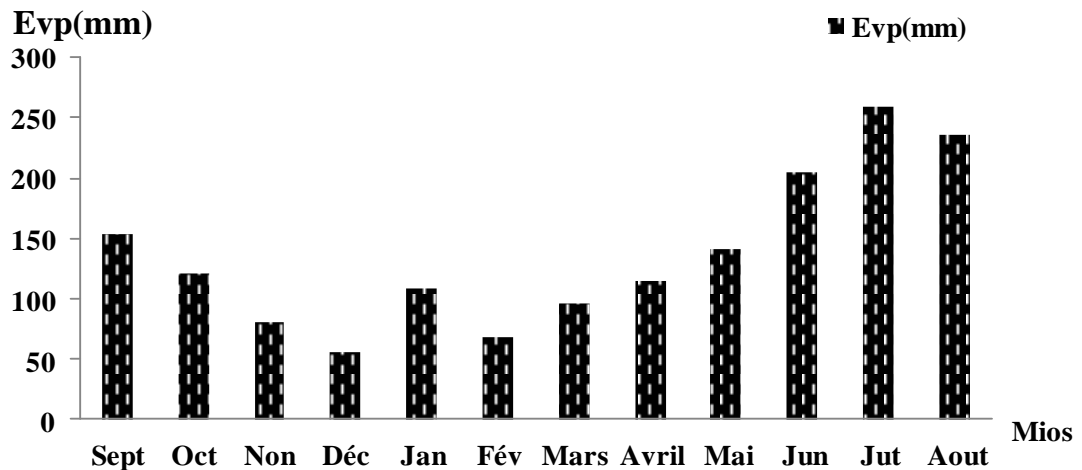


Figure 14 : Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2004-2014)

L'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 259.9 mm et la valeur minimale est enregistrée en février avec une moyenne de 56.81 mm.

L'évaporation moyenne annuelle est de 137.06 mm comme l'indique la figure 15.

1.5. L'insolation

Le soleil est la seule grande source d'énergie thermique régissant le système climatique de la terre. Comme la surface de la terre est courbe, la quantité de rayonnement solaire incident n'est pas la même partout, les tropiques recevant le plus de chaleur et les régions polaires le moins. C'est cette différence de température entre les tropiques et les pôles qui induisent les vents et les courants, lesquels redistribuent la chaleur et l'humidité autour de la planète. (Benlatreche, 2006)

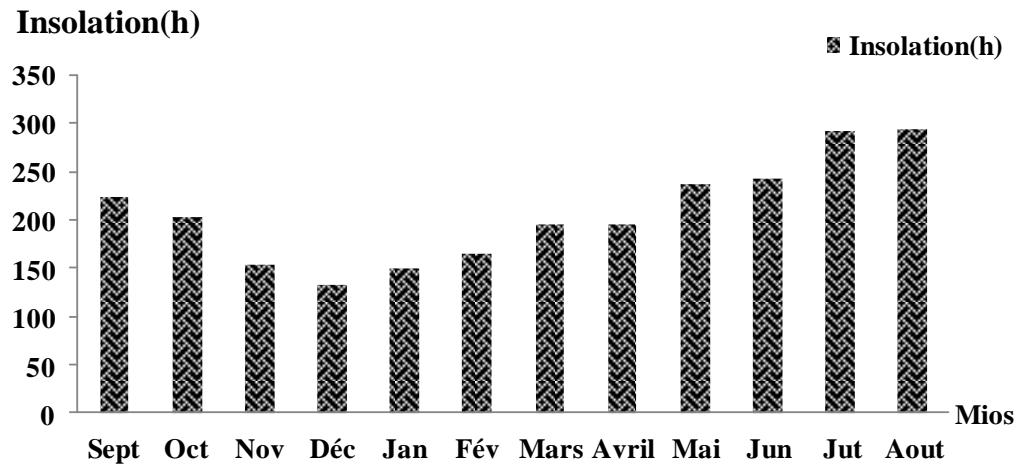


Figure 15 : Diagramme des moyennes des durées totales d'insolation de la période (2004-2014)

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois d'Aout avec une moyenne de 293.3 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 133.3 heure

Le cumul moyen annuel est élevé soit 206,125 heures. Les durées d'insolation enregistrées sont plus longues en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les allures moyennes mensuelles de la figure 16 présentent les mois de mai, juin, juillet et août comme étant les plus ensoleillés.

1.6. L'humidité

L'humidité est un élément important pour la physiologie végétale. C'est le taux de l'humidité de l'air qui détermine l'intensité d'évapotranspiration chez les végétaux. Il est étroitement lié à la température de l'air. Le maximum de l'humidité relative est atteint au minimum de température et inversement. (Azzouzi, 2011).

Les valeurs d'hygrométrie de la période 2004-2014 sont indiquées dans la Figure 17.

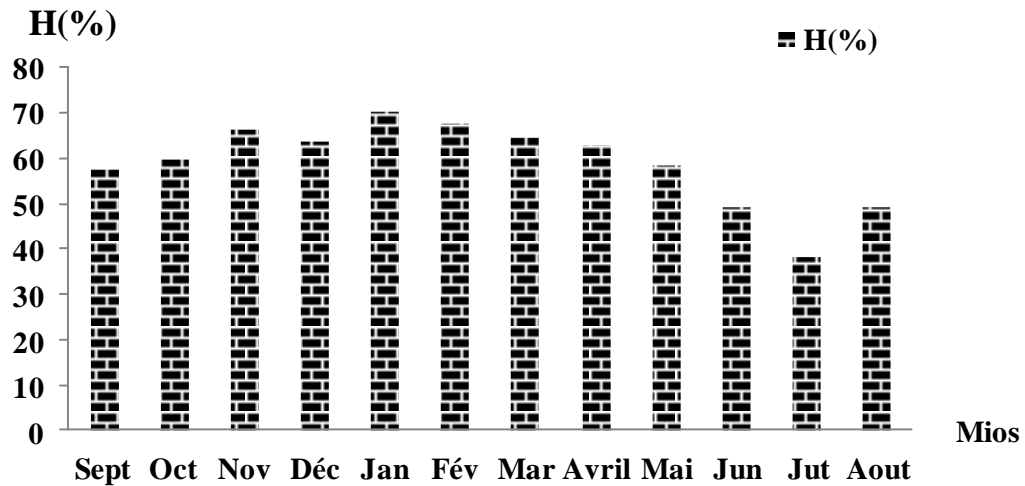


Figure 16 : Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (2004-2014)

A partir de la figure on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes.

Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de janvier avec 70.52% ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, alors que le pourcentage le plus faible est enregistré durant le mois de juillet avec 38.3%.

L'humidité relative de la région d'étude est constamment élevée avec une moyenne mensuelle supérieure à 59%. Son évolution saisonnière est étroitement liée aux précipitations et à l'évaporation. C'est surtout en saison humide que l'on observe les maxima les plus forts, 70% en janvier et février.

1.7. La Neige

La neige aussi est un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Elle exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique. La couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes, protège efficacement du froid la végétation et les animaux (rongeurs par exemple), enfouis sous cette dernière. (Ramade, 2003)

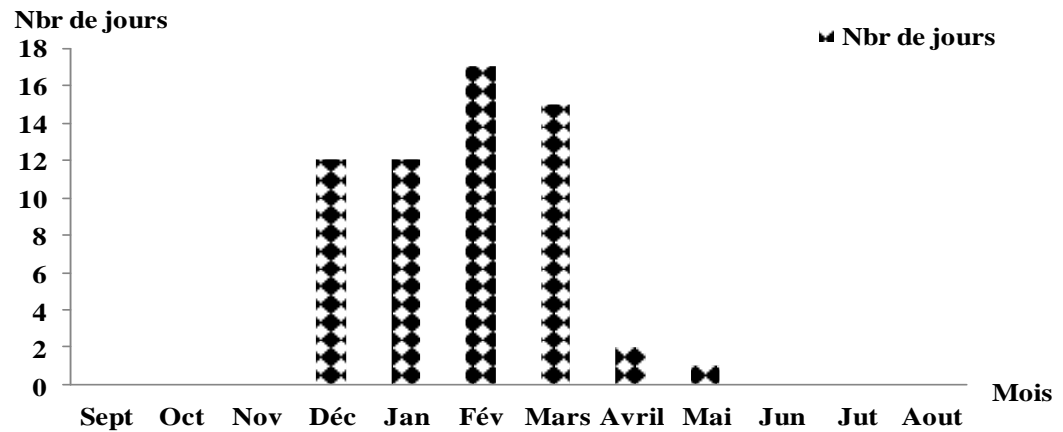


Figure 17 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2004-2014)

A partir de la figure on constate que l'enneigement s'étale sur une durée de 6 mois de décembre à mai donc la plus grande partie de la neige tombe durant la période hivernal, le maximum étant au mois de février avec une moyenne de 17 jours de neige. L'enneigement consiste une réserve d'eau cédée progressivement du sol.

1.8. L'Orage

L'orage est un phénomène météorologique caractérisé par la présence d'éclairs et de tonnerre avec ou sans précipitations liquides ou solides. il est constitué par une formation nuageuse spécifique appelée cumulonimbus, qui peut s'étendre sur plusieurs dizaines de kilomètres carrés et dont le sommet culmine à une altitude comprise entre 6000 et 15000 mètres et qui peut contenir une centaine de milliers de tonnes d'eau, de grêlons et de cristaux de glace (Carriere ,2004)

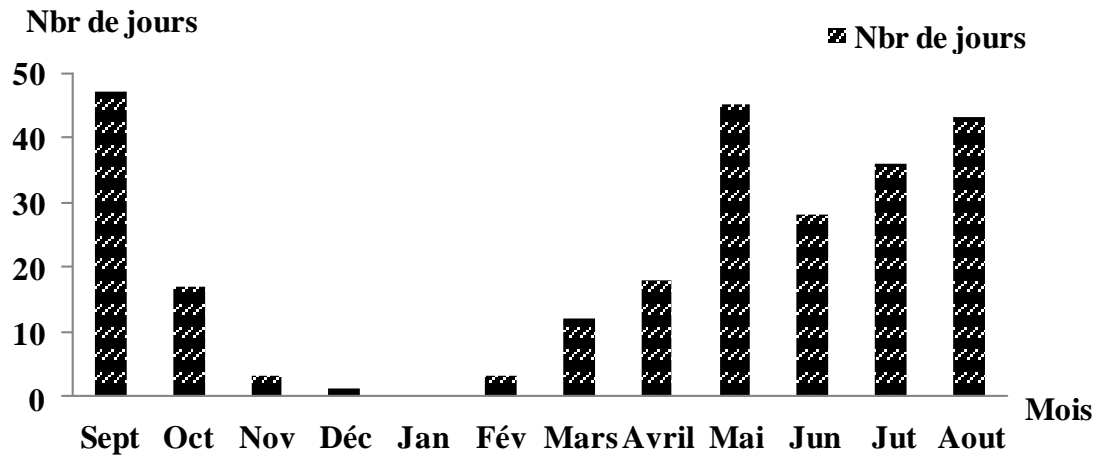


Figure 18 : Diagramme des moyennes des nombres de jours d’orage de la période (2004-2014)

A partir de la figure on constate que l’orage s’étale sur une durée de 11 mois de février jusqu’au novembre, le maximum étant au mois de septembre avec une moyenne de 47 jours d’orage.

1.9. La Grêle

La grêle est constituée de particules de glace de diamètre compris généralement entre 5 et 50 mm (jusqu’à 15 cm pour un poids de 1 kg dans certains cas exceptionnels), appelées grêlons. C’est un phénomène relativement rare mais spectaculaire et dangereux en aéronautique. (G.P.M.F, 2013)

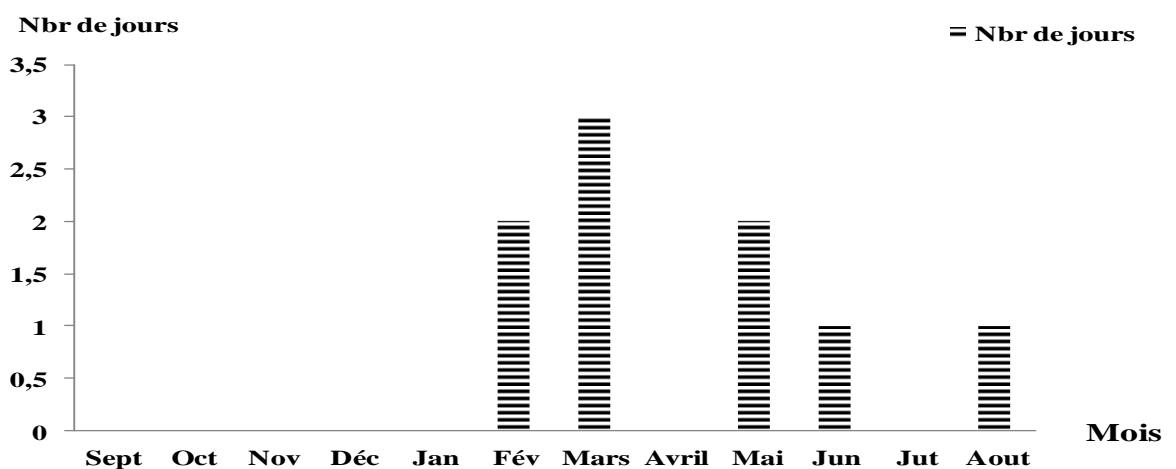


Figure 19 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de Grêle de la période (2004-2014)

La figure 20 montre que la grêle n'est pas fréquente dans la région, le maximum est enregistré au mois de mars avec une moyenne de 3 jours de grêle.

2. Synthèse climatique

2.1. Indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_a). Cet indice est en fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (Gaagai, 2009). Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I_a = P / T + 10$$

Avec :

I_a : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles (°C).

Les valeurs de l'indice permettent de déterminer le climat selon le classement suivant:

Quand :

- $I_a < 5$ le climat est hyperaride ;
- $5 < I_a < 7.5$ le climat est désertique ;
- $7.5 < I_a < 10$ le climat est steppique ;
- $10 < I_a < 20$ le climat est semi-aride ;
- $20 < I_a < 30$ le climat est tempéré ;
- $I_a > 30$ le climat est humide.

Pour la station d'El Hamma, $P = 474.38$ mm et $T = 15.62^\circ\text{C}$ donc cet indice est égale :

$$I_a = 474.38 / 15.62 + 10$$

$$I_a = 18.65$$

Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire.

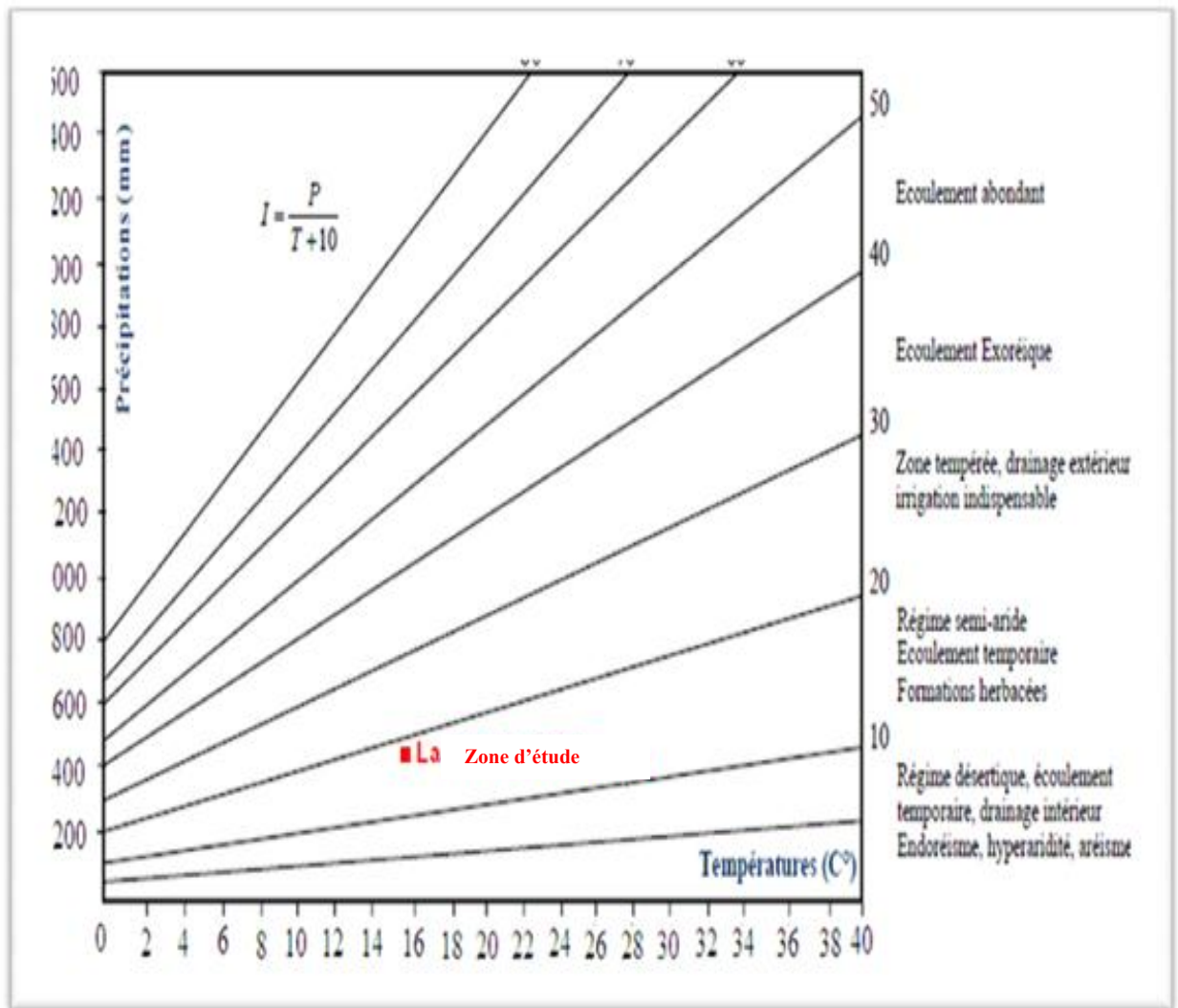


Figure 20 : l'indice d'aridité annuel de Martonne

2.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. Cette relation permet d'établir un graphe dit Ombrothermique. (Gaagai, 2009).

D'après Gaussen (1953), sur ce graphe les températures sont portées à l'échelle double des précipitations considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations (P) exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius.

$P < 2T$ (indice de Gaussen)

Les deux échelles (P) et (T) sont telles que : $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$ (Figure 22).

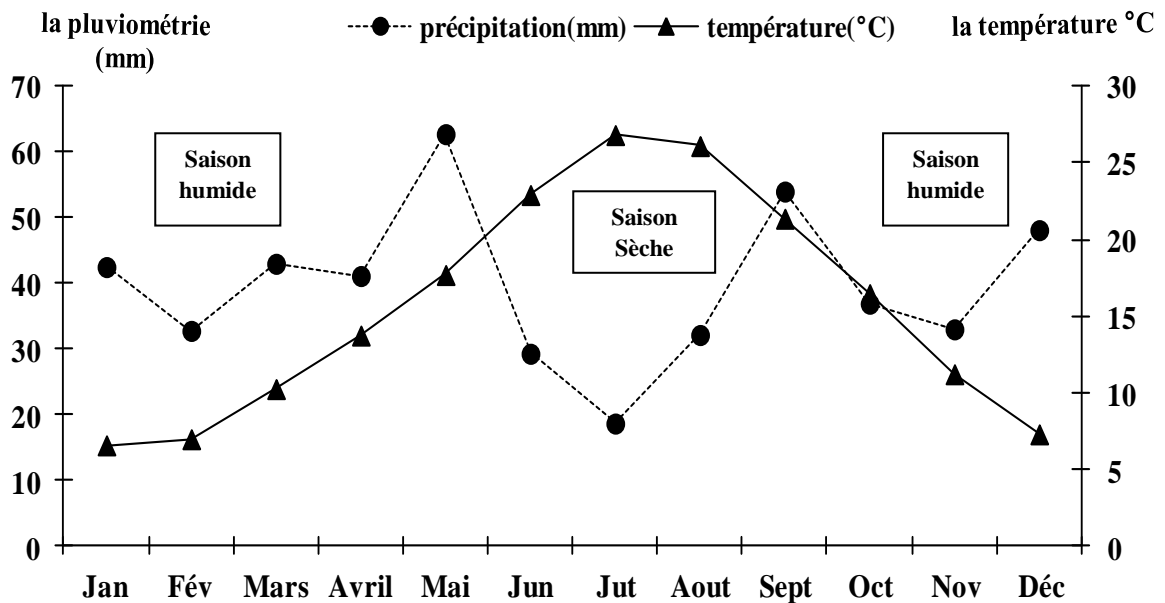


Figure 21 : Diagramme ombrothermique de Gaussen (Station d’El Hamma 2004-2014)

D’après le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la station d’El-Hamma nous constatons que la période sèche dure environ 107 jours de juin jusqu’à la mi-septembre. La détermination de cette période est d’une grande importance pour l’hydrologie à fin de pouvoir estimer les besoins en eau.

2.3. Le diagramme de Quotient pluviothermique d’Emberger

Pour déterminer le climat de la commune d’EL Mahmel, L. Emberger a proposé la détermination d’un quotient pluviométrique Q₂, qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minima et maxima, respectivement des mois le plus froid et le plus chaud. Il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = 1000 P / [(M+m)/2(M+m)] \text{ soit : } Q_2 = 1000P / (M^2 - m^2)$$

$$= [1000 / (M+m)/2 * 273] * [P / (M+m)]$$

Ce quotient est par la suite simplifié par Stewart (1969) comme suit :

$$Q_2 = 3,42 [P / (M-m)]$$

Où :

Q₂ : quotient pluviothermique annuel en mm ;

P : hauteur des précipitations moyennes annuelles en mm ;

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C) ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C) ;

M-m : amplitude thermique extrême moyenne.

Dans notre zone d'étude :

$P=474.38$; $M=34.9^{\circ}\text{C}$; $m=1.85^{\circ}\text{C}$ Donc $Q_2 = 49.08$

Utilisant ce climagramme avec la valeur obtenue ($Q_2= 49.08$, $m=1.85^{\circ}\text{C}$), on trouve que la commune d'EL Mahmel est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure 23).

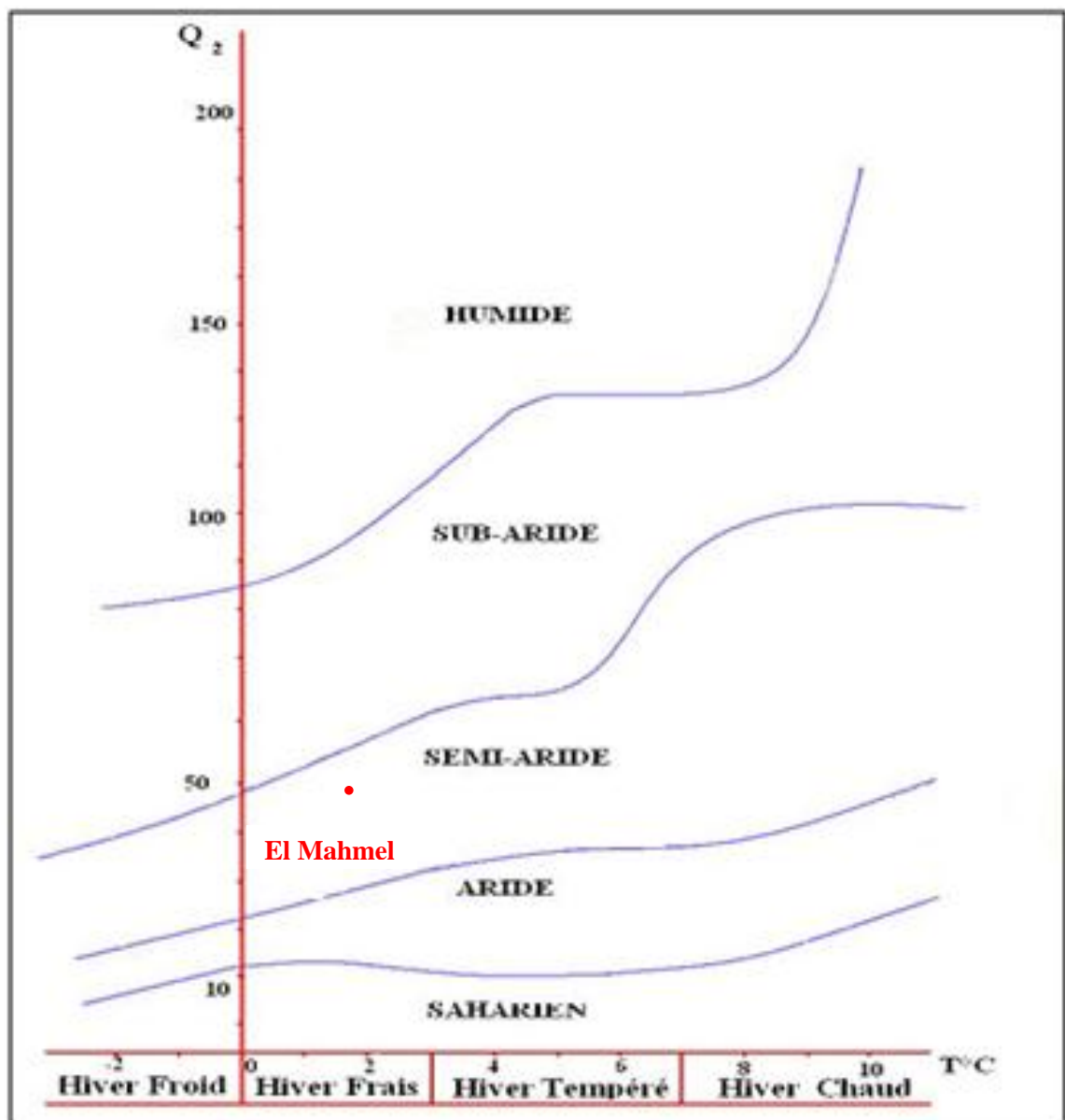


Figure 22 : climagramme d'Embergie pour la zone étudiée

3. Le bilan hydrologique

Un système hydraulique est défini un volume d'eau que l'on veut étudier. Ce système peut être un lac, une rivière, un aquifère, un bassin versant etc. l'équation de base dans un système hydrogéologique s'écrit : Variation des Réserves = Entrée – Sorties

- **Entrées** : précipitation, infiltration dans le sol, infiltration souterraines, apport artificiel (stockage souterrain d'eau).
- **Sorties** : évaporation, transpiration, ruissellement de surface, ruissellement souterrain, pompage.
- **Variation des stocks** : variante du débit ou de la hauteur d'une rivière ou bien d'un lac, changement de l'humidité du sol, stockage dans les dépression occasionnelles.

Le calcul du bilan hydrologique est fonction de plusieurs facteurs du système hydrologique tels que: les précipitations, le ruissellement, l'infiltration et l'évaporation. (Lamini, 2012).

L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation :

$$P = ETR + R + I + DW$$

Avec:

P: La hauteur de la précipitation annuelle en (mm).

R: Le ruissellement de surface annuel en (mm).

ETR: L'évapotranspiration réelle annuelle en (mm).

I: L'infiltration annuelle (mm).

ΔW: La variation de réserves en (mm), souvent négligeable.

3.1. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)

C'est la somme de la quantité de vapeur de l'eau évaporée par le sol et par la transpiration des plantes quand le sol a une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique.

3.1.1. ETR selon la formule de Turc

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est en fonction des précipitations et des températures moyennes mensuelles. La formule est la suivante :

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2} \quad L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

Avec:

ETR: évapotranspiration réelle (mm/an);

P: précipitation moyenne annuelle (mm);

L: paramètre arbitraire lié à la température (pouvoir évaporant de l'atmosphère);

T: température moyenne annuelle (°C).

Application numérique:

Tableau 05 : l'ETR selon la formule de turc

station	P (mm)	L	T (°C)	ETR (mm/an)
El Hamma	474.38	881.1	15.62	435.21

3.1.2. L'ETR selon la C.W.Thornthwaite

L'évapotranspiration réelle représente la quantité de vapeur d'eau effectivement dégagée vers l'atmosphère par le sol et les végétaux.

La détermination de l'ETR est fonction de l'ETP et la quantité d'eau disponible (Pluie+RFU)

- Si $ETP=P$, il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifié pas et aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si $ETP>P$, On a $ETR=ETP+RFU$, un déficit apparaît, une partie de RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETP. L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si $l'ETP<P$, on a $ETR= ETP$ (Dali, 2009).

Application numérique:

Tableau 06 : ETR selon la C.W Thornthwaite

Station	ETR selon la formule de Turc (mm/an)	L'ETR selon la C.W .Thornthwaite (mm/an)
El Hamma	458.38	470.9

3.2. Mesure de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)

L'évapotranspiration potentielle est la consommation d'eau, sous l'action conjuguée de l'évaporation de l'eau du sol et de la transpiration de la plante. Il s'agit de la perte d'eau d'un couvert végétal en plein développement sous les conditions optimum d'alimentation en eau sans l'influence d'aucun facteur limitant. (Gaagai, 2009).

Plusieurs formules ont été utilisées pour estimer ETP parmi ces formules celle de C.W. Thornthwaite, qui a proposé également en 1948, elle a été basée essentiellement sur les températures de l'air:

$$I = \sum i \qquad \text{ETP} = 16[10(t/I)]^a k \qquad i = (t/5)^{1.514} \qquad a = 1.6*(I/100) + 0.5$$

Avec:

ETP: évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (mm).

i: Indice thermique mensuel.

a: paramètre arbitraire lié à la température.

I: Somme des indices thermiques mensuels.

t: Température moyenne mensuelle (°C).

K: coefficient d'ajustement mensuel (Coefficient de correction, qui dépend de la latitude).

3.3. Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)

La réserve hydrique d'un sol, peut être définie comme la quantité maximale d'eau dont peut disposer la végétation pour son alimentation lors des déficits pluviométrique. Cette réserve est utile à la végétation, d'où le nom de « réserves utile ».

En général la RFU maximale généralement admise correspond à la hauteur de 100 mm d'eau. Dans la zone aride ou semi-aride, cette valeur maximale peut être ramenée à 50 mm du fait que le sol n'est pas toujours saturé (Dali, 2009). Dans notre cas, on prend une valeur de la RFU égale à 100 mm.

Tableau 07 : bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'El Hamma

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jut	Aot	Total
T °C	21.3	16.45	11.2	7.29	6.56	6.96	10.2	13.74	17.7	22.93	26.85	26.13	15.62
P (mm)	54.03	36.3	33.01	48.14	42.52	32.77	43.01	41.14	62.79	29.28	18.63	32.14	474.4
K	1.03	0.97	0.86	0.89	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	-
I	9.00	6.1	3.4	1.8	1.5	1.6	3	4.6	6.8	10	12.7	12.2	72.8
ETP (mm)	99.1	60.9	28.3	14.3	11.7	12.6	29.6	50.2	85	130	173.3	156.3	851
BH	-45	-23.4	4.8	33.9	30.8	20.1	13.9	-9.1	-22.2	-101.5	-154.7	-124.2	-376.6
RFU (mm)	0	0	4.8	38.6	69.4	89.6	100	90.9	68.7	0	0	0	-
ETR (mm)	54.03	36.9	28.2	14.3	11.7	12.6	29.1	50.2	85	98	18.6	32.1	470.9
EXC	0	0	0	0	0	0	3.5	0	0	0	0	0	3.5
DA	45	23.4	0	0	0	0	0	0	0	32.8	154.7	124.2	380.1

3.4. Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite

Le calcul du bilan hydrologique permet de faire les constatations suivantes :

* Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 11 ans (2004–2014), sont estimées à 474.38 mm.

* Les températures moyennes mensuelles varient entre 6.55 °C et 26.86 °C, avec une moyenne annuelle de 15.62 °C. Le mois de juillet étant le plus chaud, et janvier le plus froid.

* A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations, à l'échelle mensuelle nous constatons qu'à partir du mois d'Avril les précipitations sont inférieures à l'ETP jusqu'au mois d'octobre. Les autres mois de novembre jusqu'à Mars où les précipitations sont supérieures à l'ETP.

* En générale Les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la formation de la RFU.

* Le déficit agricole (DA) estimé est de 380.1 mm étalé sur la période allant de Juin jusqu'à octobre.

* La RFU commence à reconstituer à partir du mois de Novembre avec 4.8 mm pour atteindre son maximum de 100 mm durant le mois de Mars.

Conclusion

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride (environ de quatre mois secs), elle est caractérisée par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec.

Cette zone est caractérisée par l'irrégularité et le forte de ses précipitations. Les précipitations moyennes annuelles pour la période 2004-2014 sont de 474.38 mm.

La température moyenne est de 15.62°C pour la période (2004-2014), avec un maximum de 26.86 °C au mois de juillet et un minimum au mois de janvier 6.55°C.

L'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de Thornthwaite nous donne 851 mm pour la période (2004-2014), l'évapotranspiration réelle est de 470.9 mm pour la même période, cette valeur va servir dans le calcul du bilan hydrique.

Etude Hydrochimique

Introduction

L'étude hydrochimique des eaux a pour but d'identifier les faciès chimiques des eaux, leur qualité de potabilité. Elle permet de suivre aussi l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et d'estimer leur origine en les corrélant avec la géologie.

Pour étudier la synthèse hydrochimique des eaux souterraines de la plaine d'EL Mahmel, nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné les forages et les puits à étudier des mesures physico-chimiques. Neuf échantillons sont prélevés et analysés afin de comprendre l'origine et l'évolution de la qualité d'eau. Nous nous sommes intéressés aux éléments chimiques fondamentaux (SO_4^- , NO_3^- , CL^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) et son analyse ont été effectuées au laboratoire d'Algérienne des eaux (ADE) khenchela et au laboratoire de chimie du département des sciences de la terre de l'université de Constantine à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR-2000 dans le domaine du visible (325 à 900 nm); et aux paramètres physiques qui sont mesurés in situ, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon par nous même au mois d'avril 2015, à l'aide d'un multi paramètre de type HANNA HI9025 sont: la température, la conductivité électrique et le potentiel d'hydrogène.

1. Choix les points d'échantillonnage

Les points d'échantillonnages, sont déterminés après repérage à l'aide d'une carte topographique et carte Google earth de la zone d'étude. Cependant, leurs positions géographiques ont été déterminées par un GPS sur terrain (Figure 24).

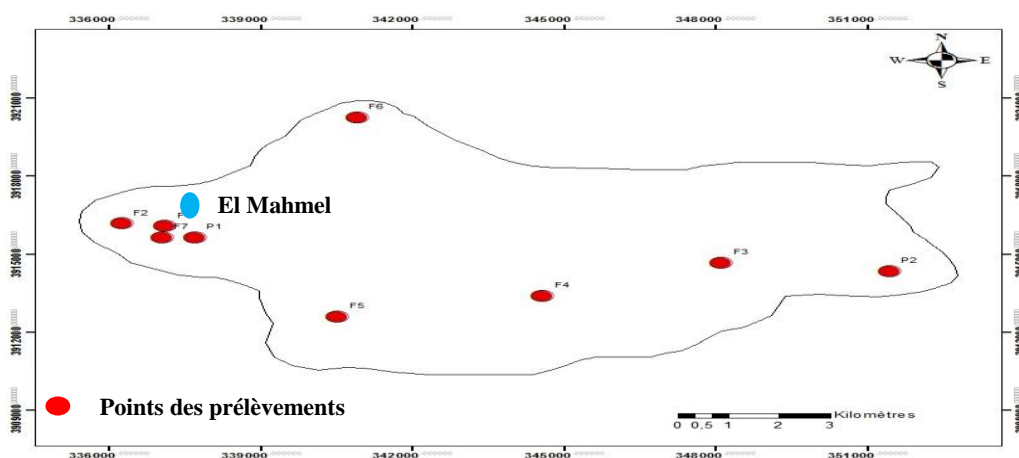


Figure 23 : la carte d'inventaire des points d'eaux (Avril 2015)

2. Les paramètres physiques

2.1. La température

La température de l'eau est un paramètre d'une grande utilité en ce qui concerne les études hydrogéologiques. Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les diverses espèces en présence. La concentration de certains éléments dissous ou les rapports des concentrations d'éléments entre eux, sont l'image des conditions d'équilibre et qui sont en fonction de la température atteinte par l'eau souterraine. On peut en déduire des informations sur la profondeur de l'écoulement souterrain, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère (les eaux souterraines sont influencées par les propriétés thermiques de la roche), ainsi que son origine.

Habituellement, on mesure également la température de l'air (ou mieux encore, on donne une indication de la température moyenne du jour de mesure) qui permet de vérifier les conditions climatiques dans lesquelles l'échantillonnage s'est déroulé et d'expliquer d'éventuelles anomalies dans les résultats des analyses géochimiques.

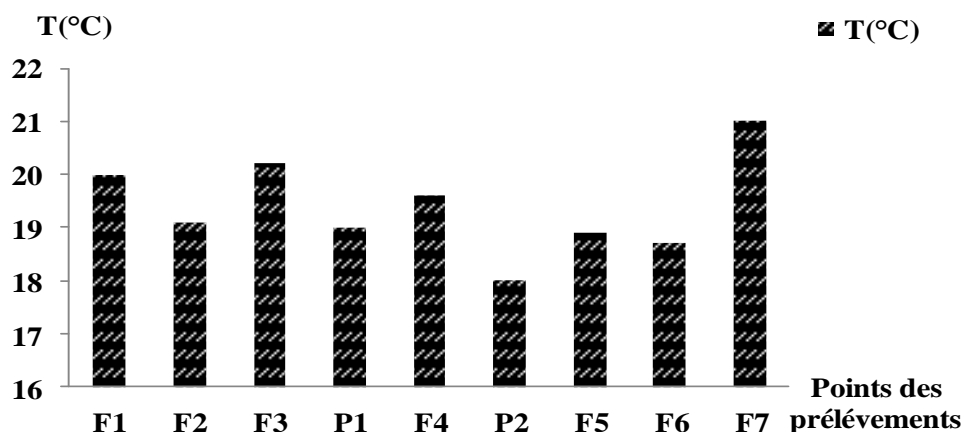


Figure 24 : les variations de la température des points d'eaux (Avril 2015)

La figure montre que les valeurs de température mesurée sont différentes. La valeur maximale est enregistrée au forage 07 avec 21°C et la valeur minimale est enregistrée au puits 02 avec 18°C donc les mesures observés dans la plaine d'El Mahmel sont inférieures à la norme de potabilité fixée par l'OMS qui est de 25 °C,

Les valeurs de températures mesurées sont influencées par les conditions climatiques et notamment la température de l'atmosphère (16°C) ayant régnés dans la région au moment des prélèvements, mais montre également l'effet de la profondeur.

2.2. Le potentiel hydrique (pH)

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité ou la basicité de l'eau; c'est-à-dire la concentration en ions d'hydrogène H^+ . De manière générale, le pH contrôle plusieurs types de réactions acide-base telles que la mesure du CO_2 et l'alcalinité. Il détermine la forme chimique sous laquelle se trouvent les éléments chimiques dans l'eau ainsi que le passage d'une forme à une autre. En effet, à des pH faibles (eaux acides), les métaux sont beaucoup plus solubles et se présentent sous une forme ionique plus toxique.

Le pH de l'eau est également influencé d'une part par les variations des paramètres du milieu (température, Conductivité électrique), et d'autre part, il dépend de l'origine des eaux, la nature pétrographique de la roche mère du milieu traversé par les eaux et la respiration des organismes. (Chaoui, 2012)

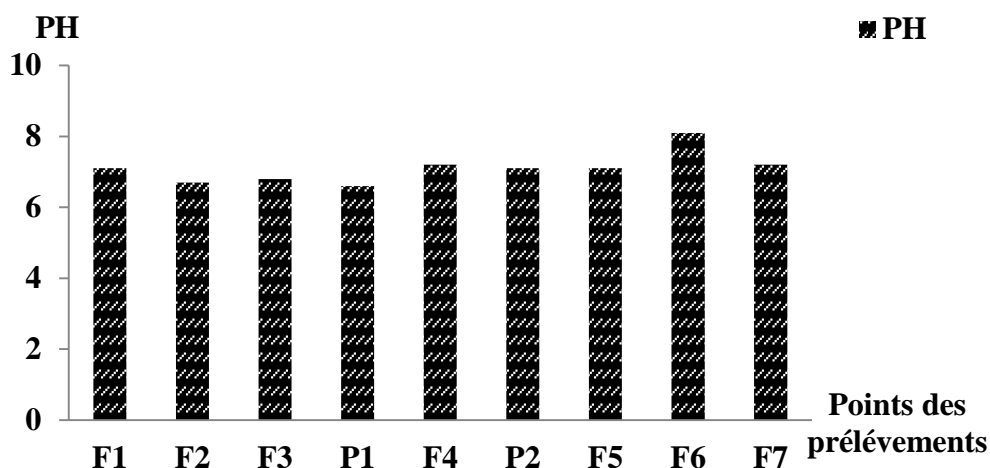


Figure 25 : les variations de pH des points d'eaux (Avril 2015)

Les valeurs du pH dans la région d'étude varient entre 6,6 et 8,1 sachant que le pH doit être compris entre 6,5 et 9. En générale les eaux de la plaine sont alcalines à l'exception les eaux des forages F2, F3, et de puits P1 ont un caractère acide.

2.3. La conductivité

Elle traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique; c'est une mesure rapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution; c'est un outil nécessaire à l'estimation de la minéralisation.

La minéralisation globale (g/l), est approximativement égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0.55 et 0.75 pour la majorité des eaux souterraines (Bouaicha, 2009). La conductivité augmente lorsque la température s'accroît, de ce fait on possède toujours à une correction par rapport à une température de référence (20°C ou 25°C).

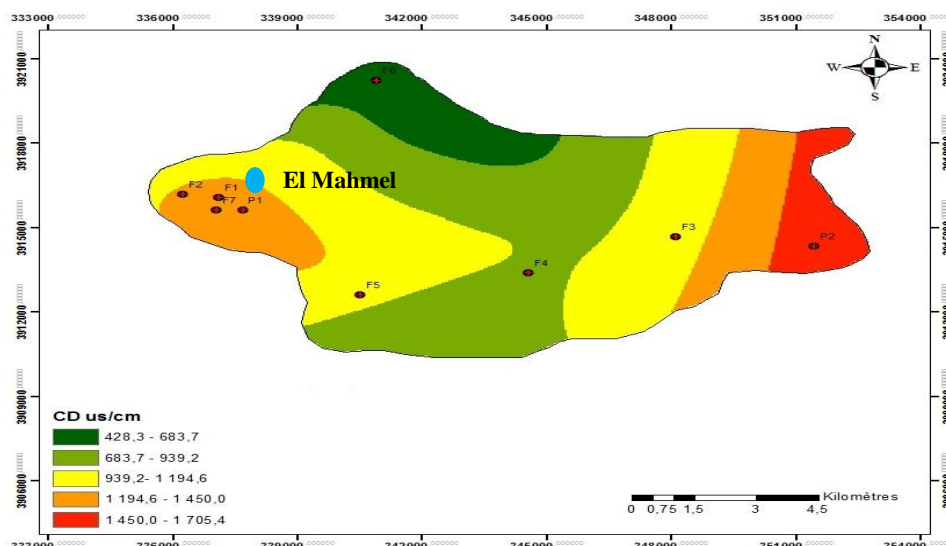


Figure 26 : la carte de répartition de la conductivité électrique $\mu\text{S/cm}$ (Avril 2015)

L'examen de la carte de conductivité électrique (figure 27) montre que les fortes concentrations s'observent à l'Est et à l'Ouest de la zone d'étude; alors que au Nord, au centre et au Sud les concentrations a été diminuée.

Les mesures de la conductivité montrent que les eaux souterraines de la plaine d'El Mahmel ont une conductivité électrique qui varie entre 460 $\mu\text{S/cm}$ et 2380 $\mu\text{S/cm}$. La moyenne de mesure est de 1108 $\mu\text{S/cm}$.

Les eaux issues des F3, F4 et F5 présentent les conductivités les plus faibles (respectivement 840, 870 et 890 $\mu\text{S/cm}$). Par contre les eaux des P2, F1, F2, P1, F7 présentent les eaux à fortes conductivités, donc un degré de minéralisation élevé. Ces valeurs restent supérieures à la limite de potabilité fixée par l'OMS (<1000 $\mu\text{S/cm}$).

Les valeurs importantes de la conductivité, dépendent de plusieurs facteurs : la nature des formations géologiques drainées, le temps de séjours dans le réservoir, la mobilité des ions et la température.

3. Paramètres chimiques

3.1 Les cations

3.1.1. calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont facilement solubles.

La présence de sels de calcium dans l'eau est l'un des facteurs qui contribuent au caractère entartrant de l'eau. Sa concentration dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium. (Chaoui, 2013)

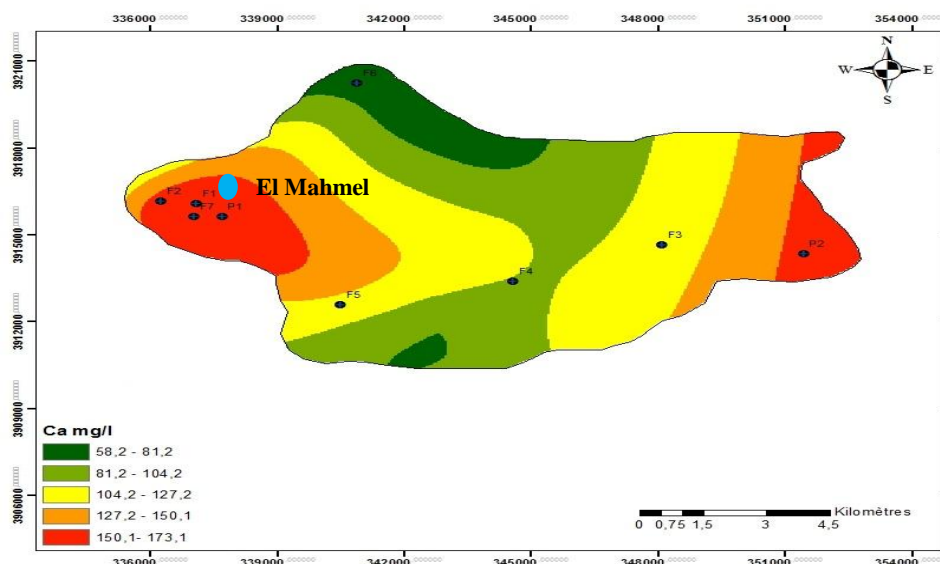


Figure 27 : la carte de répartition de la concentration de Calcium mg/l (Avril 2015)

La carte de concentrations de Ca montre que la concentration minimale est représentée au forage F6 (64.13 mg/l) tandis que les concentrations maximales sont observées au niveau de puits P2 dans la proximité orientale de la zone d'étude ; et au niveau des forages F1, F2 et F7 dans la proximité occidentale. Ce qui implique que les fortes concentrations sont à l'origine des formations carbonatées d'âge Maestrichtien, Crétacé.

3.1.2. Magnésium (Mg^{2+})

C'est un élément qui accompagne souvent le calcium, et provient de la dissolution des dolomies, des calcaires dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens. On remarque que la variation des concentrations du magnésium est similaire à celle du calcium.

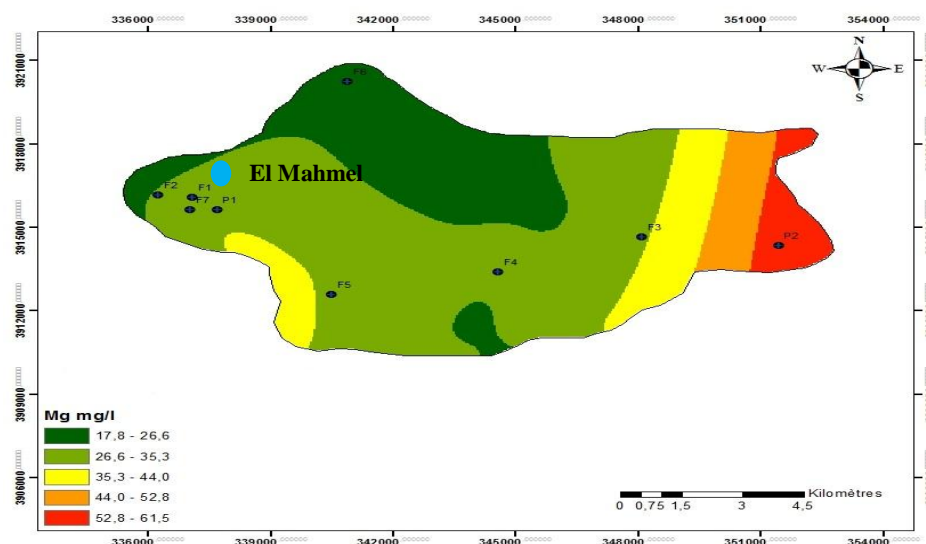


Figure 28 : la carte de répartition de la concentration de Magnésium mg/l (Avril 2015)

La carte de concentration de magnésium Mg montre que la concentration la plus élevée est observé à l'Est de la plaine au niveau de puits P2 (62.16 mg/l) à cause des formations Quaternaire cailloutis et alluvions. et aussi les formations dolomitiques qui se trouvent dans le trias à proximité de P2.

3.1.3. Potassium (K^+)

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais. Il se trouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate.

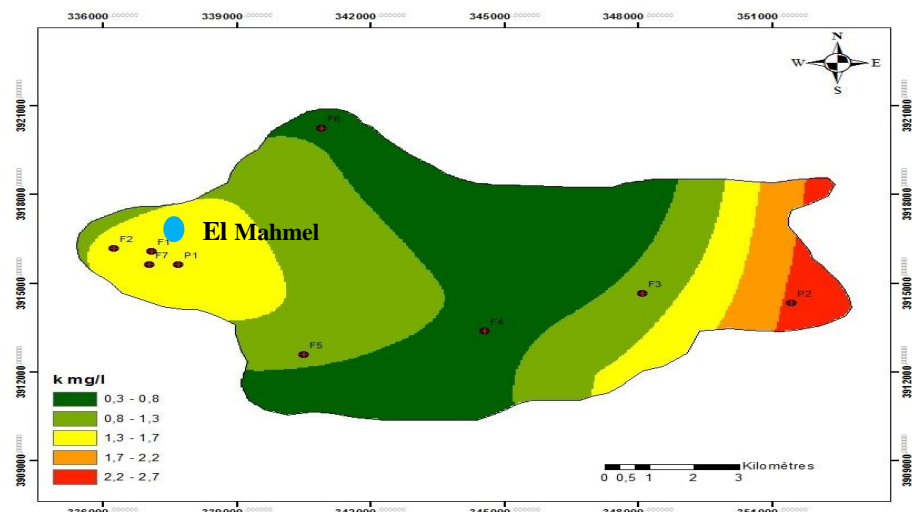


Figure 29 : la carte de répartition de la concentration de Potassium mg/l (Avril 2015)

La carte de concentration de Potassium montre que la majorité des concentrations observées au niveau de tous les points d'eau dans toutes la plaine sont inférieurs à la norme de potabilité fixé par l'OMS (12 mg/l).

3.1.4. Sodium (Na⁺⁺)

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité des ses sels est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. Le sodium constitue un élément de maintien de la perméabilité du sol.

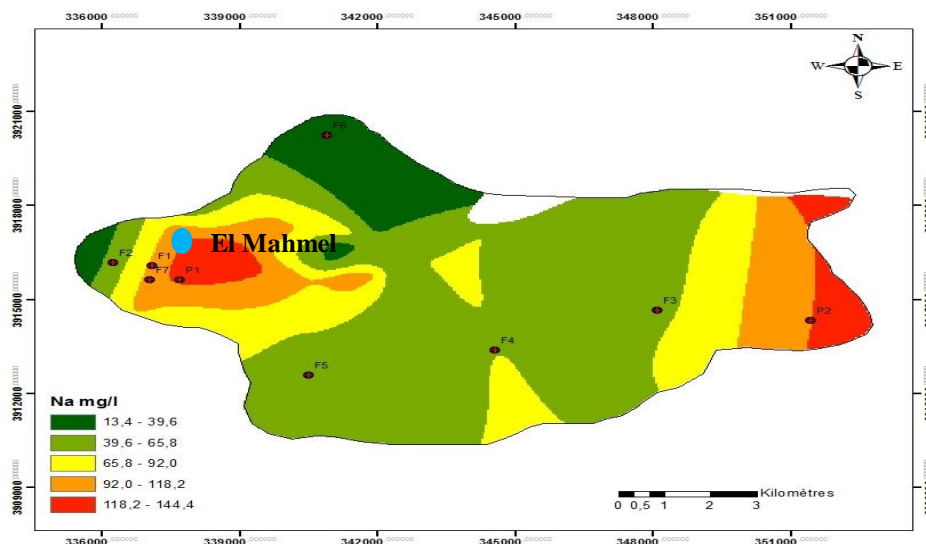


Figure 30 : la carte de répartition de la concentration de Sodium mg/l (Avril 2015)

La carte de concentration de sodium, montre que les concentrations varient de 92 mg/l jusqu'au 144.4 mg/l, dont les valeurs élevées sont signalées au puits P2 où l'eau ici est attribuées à la migration des eaux salées en provenance de la sebkha en réponse aux pompages intensifs ; aussi au niveau des forages F1, F7, et le puits P1 qui sont liées à des rejets domestique (zone limitrophe à la décharge contrôlé de la commune) et le lessivage des formations géologique riche en Na Cl.

3.2. Les Anions

3.2.1. Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très faciles d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses.

Ainsi, ils peuvent provenir également de l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 50 mg/l (norme de l'O.M.S).

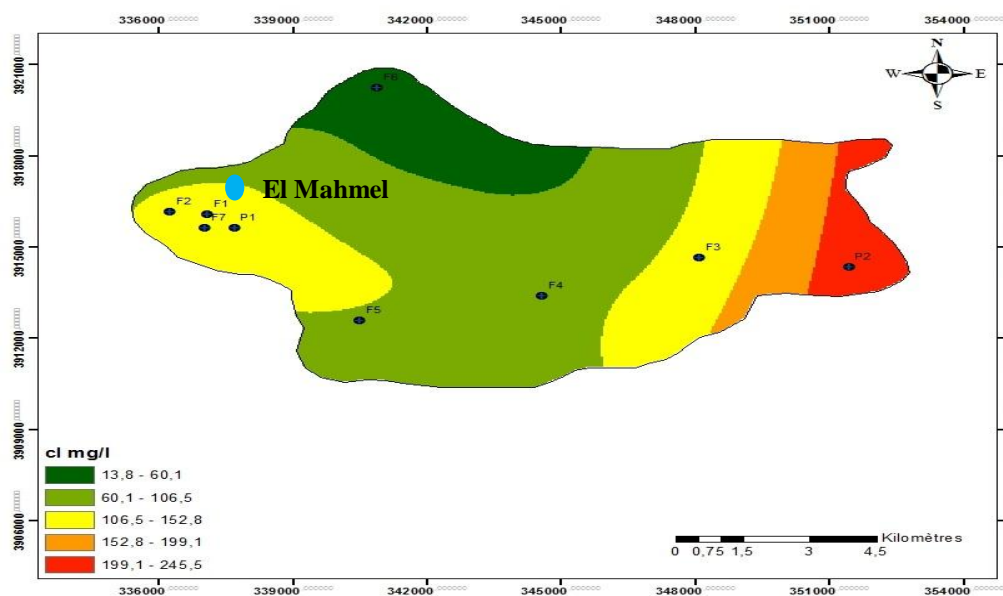


Figure 31 : la carte de répartition de la concentration de Chlorure mg/l (Avril 2015)

La carte de l'évolution des concentrations en chlorures (figure 32) montre que les fortes concentrations s'observent dans la partie Est du secteur d'étude et on peut lier ces variations en teneur au lessivage des formations triasiques ainsi que la présence de la Sebkhah qui est responsable de pompes intensives et de migration des eaux salées. Ces concentrations diminuent en allant vers l'Ouest à l'exception de quelques points où les concentrations varient entre 106.5 et 152.5 mg/l (F1, F2, F3, F7 et P1).

3.2.2. Bicarbonate HCO_3

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées telles que les calcaires et les dolomies.

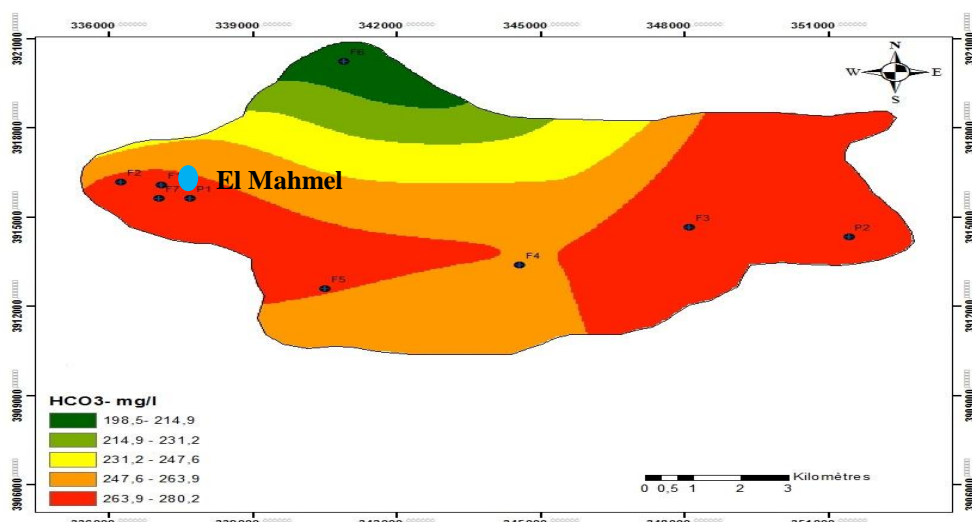


Figure 32 : la carte de répartition de la concentration de Bicarbonate mg/l (Avril 2015)

Les concentrations des bicarbonates dans les différents échantillons analysés de l'aquifère Plio-quaternaire, varient de 201.3 mg/l au forage F6 jusqu'à 329.4 mg/l au Forages F7.

L'évolution spatiale des bicarbonates (figure 33) montre une augmentation des concentrations de cet élément dans la partie Est et Ouest de la région d'étude au niveau des points d'eau P2, F3. Ces fortes teneurs sont dues probablement à l'influence des formations carbonatées d'âge maestrichtien, constituant le massif de Djebel Chattaya. En allant vers le Nord de la région d'étude où les concentrations de HCO_3 diminuent pour atteindre la plus faible teneur au niveau de point d'eau F6.

3.2.3. Sulfates (SO_4^{2-})

La présence des sulfates dans l'eau peut être d'origine naturelle liée à la dissolution du gypse, au lessivage des terrains pyrifères ou à l'oxydation des sulfures, ou d'origine anthropique en relation avec une pollution industrielle ou urbaine (Chaoui, 2013)

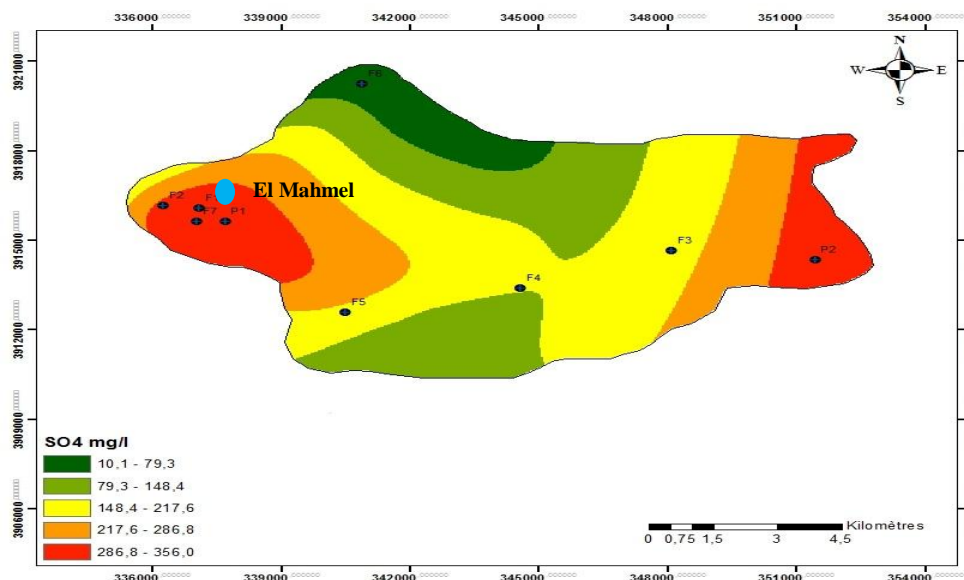


Figure 33 : la carte de répartition de la concentration de Sulfate mg/l (Avril 2015)

Les teneurs varient entre un minimum de 10.1 mg/l et un maximum de 356 mg/l, la figure 34 montre la distribution spatiale de cet élément au niveau de toute la région d'étude. Sur cette carte, on remarque que les fortes teneurs en SO_4^{2-} sont localisées au niveau d'un certain nombre des points P1, P2, F1, F2, et F7, ces teneurs sont supérieures aux normes des eaux souterraines ; tandis que les faibles teneurs sont enregistrées au niveau des puits F3, F4, F5, situés au centre de la région d'étude.

L'origine des sulfates, dans la région d'étude est attribuée au lessivage de gypses qui se trouve dans le Trias.

3.2.4. Les nitrates (NO_3^-)

C'est une forme très soluble, et sa présence dans l'eau est liée à des engrais.

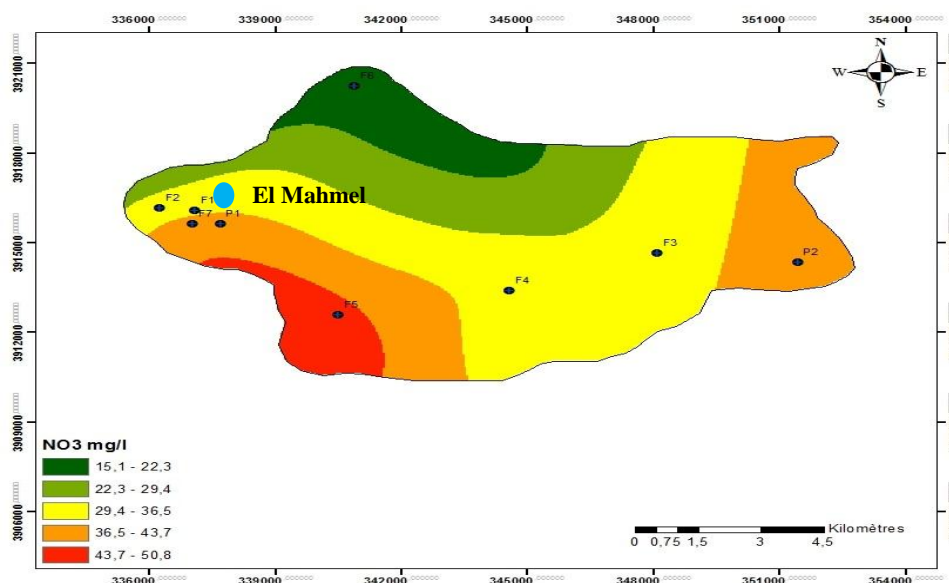


Figure 34 : la carte de répartition de la concentration de Nitrate mg/l (Avril 2015)

La carte de l'évolution des concentrations en Nitrate (figure 35) montre que les fortes concentrations s'observent dans la partie Sud-ouest du secteur d'étude au forage F5; à la suite des concentrations moyennes au niveau des puits P1, P2 qui varie entre 36.5 mg/l et 43.7 mg/l, l'origine des fortes concentrations est l'utilisation des engrais chimique dans les champs agricoles nitrates dans des cultures et l'élevage intensif.

4. Etude des rapports caractéristiques

On appelle rapport caractéristique, le rapport de certains éléments chimiques exprimés en mg/l . Les rapports étudiés dans notre cas sont : $r \text{Mg}^{2+} / r \text{Ca}^{2+}$; $r \text{Ca}^{2+} / r \text{SO}_4^{2-}$ et $r \text{Na}^{+2} / r \text{Cl}^-$. Ces rapports donnent des indications sur les zones d'alimentations, le contact des eaux avec le milieu solide, ainsi que l'évolution des eaux pendant leur trajet souterrain. (Bouaicha, 2009)

4.1. Rapport $r \text{Mg}^{+2} / r \text{Ca}^{+2}$

Les valeurs obtenues varient entre 0.17 et 0.61 (Figure 36) Lorsque ce rapport est inférieur à 1, le Ca^{++} prédomine, c'est le cas de tous les échantillons cela est due à la solubilité des calcaires riches en calcium.

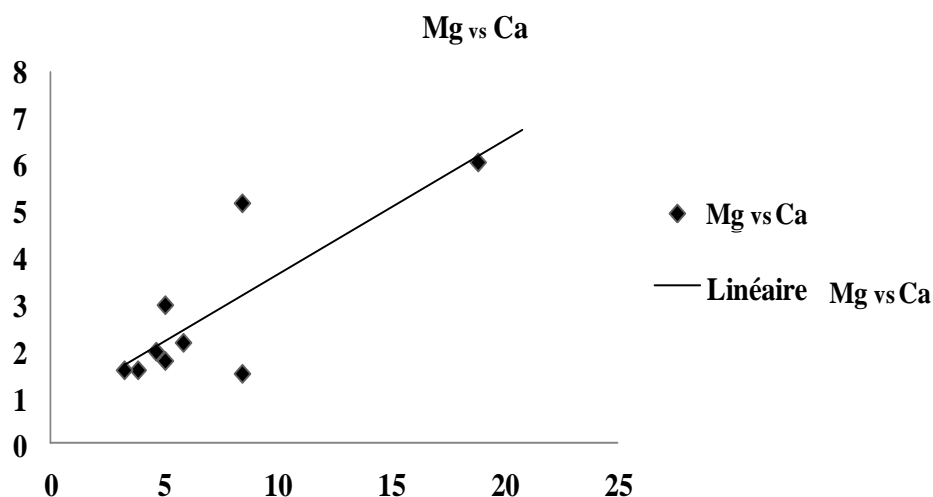


Figure 35 : Courbe de variation du rapport $r \text{ Mg}^{2+}/r \text{ Ca}^{2+}$ dans la commune d'El Mahmel

4.2. Rapport $r \text{ Ca}^{2+}/r \text{ SO}_4^{2-}$

L'examen de ce rapport montre que les eaux ont une même origine près des affleurements calcaires par dissolution simultanée de la calcite et du gypse, dans le remplissage alluvionnaire, les eaux s'enrichissent d'avantage en calcium et s'appauvrissent en sulfate.

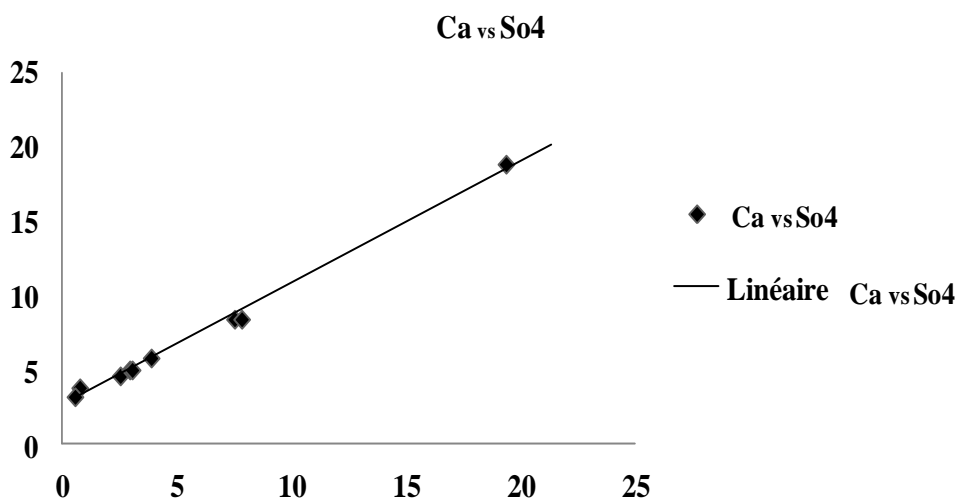


Figure 36 : Courbe de variation du rapport $r \text{ Ca}^{2+}/r \text{ SO}_4^{2-}$ dans la commune d'El Mahmel

4.3. Rapport $r \text{ Na}^{+2}/r \text{ Cl}^{-}$

Le rapport montre que les teneurs en chlorures et sodium évoluent ensemble et dénote de la dissolution de l'halite (NaCl) contenue dans les roches évaporitique.

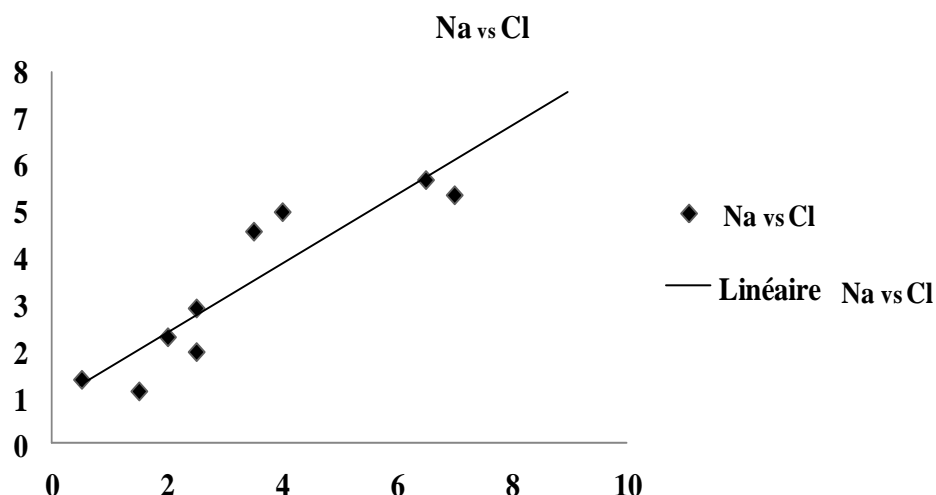


Figure 37 : Courbe de variation du rapport $r \text{Na}^{+2}/r \text{Cl}$ dans la commune d'El Mahmel

5. Classification hydrochimique des eaux souterraines

5.1. Les faciès chimiques

Le faciès chimique des eaux souterraines de la région d'EL Mahmel est donnée par le diagramme de Piper (Figure 39) et le Diagramme Schoeller Berkaloff (Figure 40).

5.1.1. Définition de diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles témoignant les teneurs relatives en chacun des ions par rapport au total des ions. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. (Belhamdou ,2013)

Le diagramme triangulaire de Piper permet de statuer sur le faciès chimique des eaux selon une classification en quatre familles : chlorurée sulfatée calcique et magnésienne, chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique, bi/carbonatée sodique et potassique, puis bi/carbonatée calcique et magnésienne. Il est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations, la position d'un résultat sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique. A ces deux triangles un losange est associé sur lequel est reportée l'intersection des deux triangles, définissant la répartition synthétique des ions majeurs. (Chaoui, 2013)

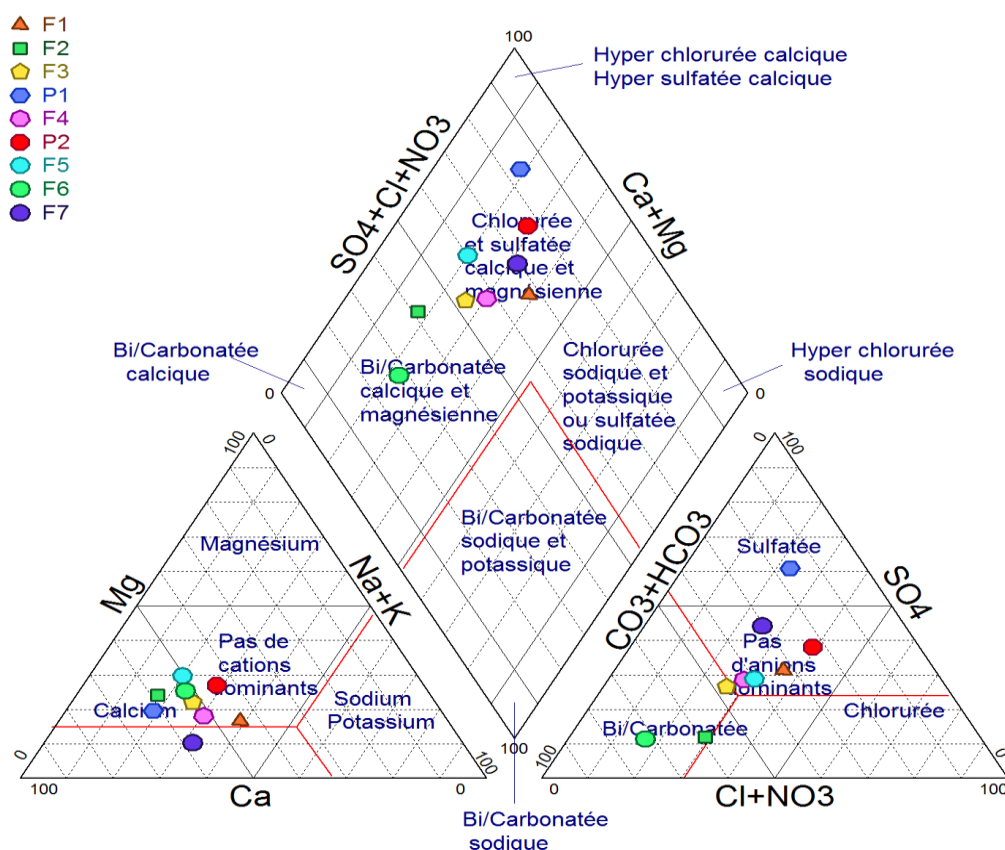


Figure 38 : Le diagramme de Piper des eaux des forages et des puits de la commune d’El Mahmel

Le diagramme de Piper montre une évolution du faciès chimique depuis des eaux Bicarbonatées calciques riches en calcite (CaCO_3) près des affleurements carbonatés au l’Ouest de la zone vers un faciès intermédiaire sulfatés calcique au Nord de la plaine et l’ouest dans le remplissage plio-quaternaires riche en gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (figure39).

5.1.2. Diagramme de Diagramme Schoeller Berkaloff

C’est un diagramme semi logarithmique Schoeller –Berkaloff est utilisé pour la représentation graphique des analyses chimiques des eaux, la classification tient compte de l’importance des principaux anions et cations et détermine le type de faciès des eaux. Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs points des eaux sur un même diagramme. (Dahali, 2013)

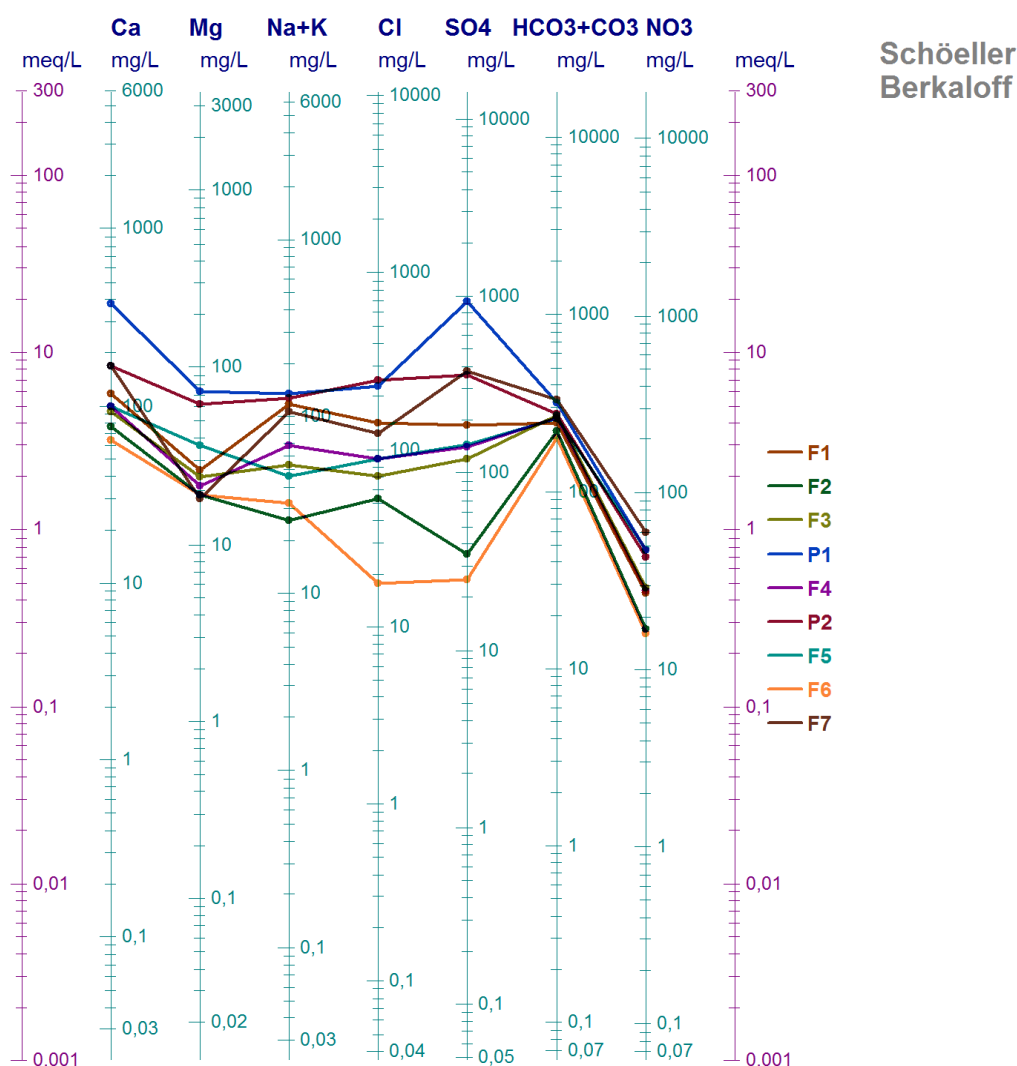


Figure 39 : Le diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux des forages et des puits de la commune d'El Mahmel

D'après les figures il est noté qu'il existe une grande variation entre les teneurs des eaux issues des puits de la nappe phréatique, mais en général on a deux familles d'eau prédominantes, sulfaté calcique et bicarbonaté calcique.

Selon le Schoeller Berkaloff on peut dire que les eaux de la plaine d'EL Mahmel sont marquées par les calciums qui s'accompagnent tantôt de sulfate tantôt et de bicarbonate; ce ci est en liaison directe avec la présence des calcites et des formations carbonatées.

Conclusion

Une étude Hydrochimique de la région a permis de tirer plusieurs conclusions entre autre:

- * Les terrains géologiques on une influence sur les concentrations des éléments chimiques.
- * Les diagrammes de PIPER, et SCHOELLER-BERKALOFF ont montré que les faciès sulfatées calciques et bicarbonaté calcique. On a remarqué que les fortes concentrations de sulfate sont liées aux marne-gypseuses et les concentrations des bicarbonates sont liées des formations carbonatées.
- * Des concentrations élevées pour la quasi-totalité des éléments chimiques, particulièrement dans la partie Est et l'Ouest.

Conclusion générale

Les données de divers paramètres (géologiques, hydroclimatiques, et hydrochimiques), nous a permis d'apprécier la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la zone d'étude.

L'étude géologique, basés sur les travaux de plusieurs auteurs ayant étudiés la région, a permis de distinguer les principales formations géologique de cette région ; à savoir :

Quant aux terrains affleurant dans ces différents ensembles, ils appartiennent généralement au Secondaire, avec le Trias, le Jurassique et le Crétacé et au Tertiaire avec des formations oligoécènes, miocènes et pliocènes.

Le Quaternaire, quant à lui reste limité aux dépôts de versants et aux formations alluviales des bassins et des principaux Oueds de la zone, avec des galets et une nappe de maestrichien formé par des calcaires qui représente la nappe locale.

L'aperçu climatique de la région d'El Mahmel montre que le climat qui y règne est semi-aride (hiver froid et été chaud). La pluviométrie ne dépasse pas les 474.38 mm/an. L'observation de l'historique des précipitations sur 11 ans a montré une domination des années sèches, ce qui se répercute sur la recharge de la nappe.

L'étude Hydrochimique a permis de caractériser les principaux paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au cours de la campagne de terrain du Avril 2015. On a pu distinguer une liaison de cause à effet entre la géologie et le chimisme des eaux souterraines.



Chapitre I : La description de la zone d'étude

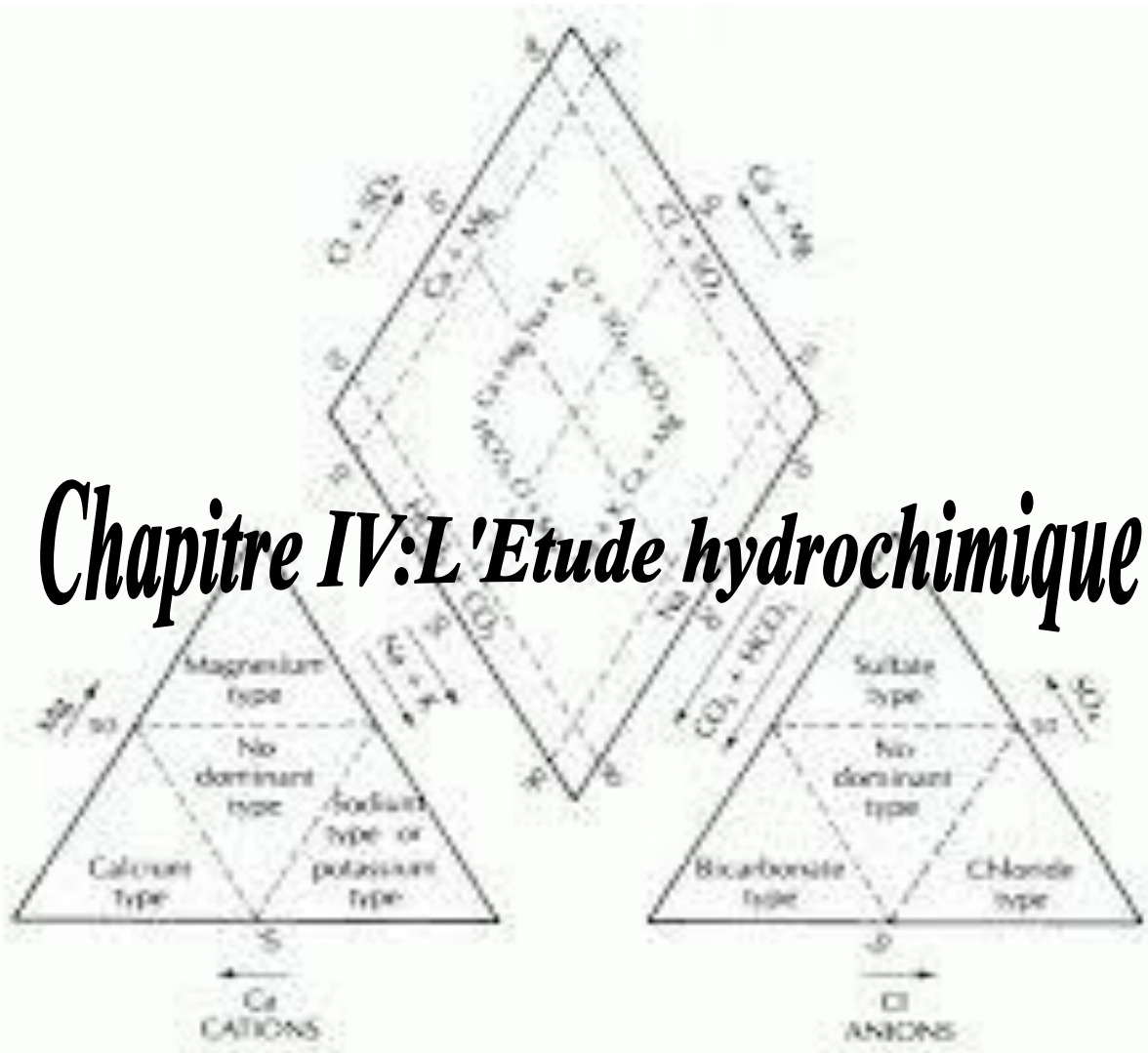


Chapitre II: L'étude géologique



Chapitre III: L'Etude hydroclimatique

Chapitre IV: L'Etude hydrochimique



Introduction générale

Conclusion générale

Références bibliographique

Table des matières

La partie théorique

La partie pratique

Annexes

The image features a decorative golden frame with a textured, wood-like appearance. The frame is set against a solid black background. On the right side of the frame, there is a vertical arrangement of flowers, including several large pink flowers with five petals and several smaller white flowers with five petals. Green leaves are interspersed among the flowers. The text is centered within the frame.

Dédicaces

Ma plaisir de dédier ce travail et le témoignage, à tous ceux qui ma aidés à réaliser.

Pour tous les membres de la famille, A ma mère, A mon père afin de les encourager, de soutenir et d’Affection et de confiance.

Pour tous les collègues qui ma donné le courage.

Enseignants et encadreur qui nous ont soutenus tout au long de cette année.

Fatma Zohra



Dédicaces

Je dédie ce travail :

A la mémoire de mon père

**A ma mère pour leur soutien
moral et leur sacrifice dans la
réussite**

De mes études

A mes très chères frères :

**Noreddine, Saad et mon
jumeaux Sifeddine**

**Je vous remercie pour votre
inquiétude et tendresse**

A toute ma famille

**A tous mes professeurs que
se soit du primaire, du
moyen, du secondaire ou du
l'enseignement supérieur**

A mes amis et mes collègues

**Je dédie ce travail à tous
ceux qui me sont chers**

Chahra Zad

Remerciment

*Avant tout, un très grand merci à **ALLAH** qui est toujours présent avec nous dans le bonheur et dans le pire. Au terme de ce travail, il très agréable de remercier tous ceux 'ont aidé et contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.*

*Nous n'arrivons pas à trouver de mots suffisamment forts pour exprimer la reconnaissance que nous avons à l'égard de notre Encadreur **Ouanes. M**, que ce soit sur le plan professionnel ou personnel. Elle a su nous donner confiance dans les moments difficiles. Nous somme en sincèrement son très reconnaissants.*

*Nous souhaite remercier **Mr Boulabaize. Mme Chelih, F et M^{elle} Kebache. M**, qui sont participés étroitement à l'avancée de nos recherches et à la réalisation des études expérimentales.*

Nous remercions aussi les membres du jury.

*Nous remercions **Mr Abdelkrim** chef de laboratoire d'analyse de l'institut de la science de la terre Constantine.*

*Nous remercions le **Directeur** et le personnel de la station météorologique d'**EL HAMMA**, d'avoir facilité l'accès aux données climatiques.*

*Et Nous n'oublierai jamais personnel de la conservation des forêts d'**El HAMMA** et D'**EL MAHMEL** en précisant **Kellil Nourredine et Boutaba, M**.*

Nous remercions le Directeur et personnel Algérienne Des Eaux Aggoune. K, Nebati chergui. A, Mousaoui .R, Hoggase. T, M^{me} Kobe. A, Bouharekat. H et Younes H...etc. d'avoir fait les analyses des eaux dans laboratoire.

Nous remercions le directeur et personnel de la direction de l'hydraulique de la wilaya de Khenchela pour leur aide.

A tous ceux qui ont participé de loin ou de près a l'élaboration de ce modeste travail.

Nous remerciments vont également à :

- L'ensemble des enseignants du département des sciences de la nature et de la vie, en particulier ceux de la spécialité Ecologie et Environnement.*
- Pour tous nos collègues et amis pour leur soutien et leur aide durant ce travail.*
- A tous ceux qui ont participé de loin ou de près a l'élaboration de ce modeste travail.*

Nous n'oublie pas, enfin, d'exprimer notre profonde reconnaissance pour :

Les parents, frères et pour sœurs.

Références bibliographique

- **ADDA.M, 2013** Caractérisations Hydrochimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbaine cas de l'agglomération Oranaise (Algérien).Thèse de Magistère. université d'Oran, 138p.
- **Atehyd.Y, 2012** Rapport Phase 01 El Mahmel, 15p.
- **Belhamdou.N ,2013** Etude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe du continentale intercalaire de la région de In Salah. Thèse de Master. Université d'Ouargla ,63p.
- **Ben amor.N et Arroudj.S, 2014** Approche hydrogéochimique à l'étude de la salinité des eaux superficielles et souterraine de la nappe d'El-Mahmel (Sud de Khenchela). Diplôme de Master .Université Abbés Laghrour- Khenchela-.63p
- **Bouaicha.F, 2009** Etude géophysique et hydrogéologique dans la région de khenchela cas de Kheirane et Taouzient, Impact Socio-économique. Thèse de Magistère. université Mentouri Constantine, 165p.
- **Boubelli.S, 2009** Identification et mise en évidence des formations hydrogéologique de la wilaya de khenchela (Nord –est Algérien). Thèse de Magistère. université d'ANNABA, 104p.
- **Boucenna.F, 2009** cartographie par les différentes Méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine Alluviale de l'OUED Djendjer (Jijel, Nord –est Algérien) . Thèse de Magistère. université d'ANNABA, 114p.
- **Boulabeiz. M, 2006** Evolution des éléments chimiques et évaluation de risque des eaux souterraines à la pollution : Cas de la nappe de Collo, Nord-est Algérien, diplôme de MAGISTER .Univ. Badji Mokhtar – Annaba. 111p
- **Bureau d'études pluridisciplinaire d'assistance et de conseils, octobre 2007** Etude de révision du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (commune d'El Mahmel).premiée phase, 194p.
- **Dali.N, 2009** Ressources et gestion intégrée des eaux du bassin de Gareat EL TARF. Thèse de Magistère. université de Constantine, 132p.
- **François. R, 2003** Elément écologie 3^{ème} édition –P 690.
- **Gaagai .A, 2009** Etude hydrologique et Hydrochimique du Bassin versant du barrage de Babar sur Oued El ARAB région est de l'Algérie. Thèse de Magistère. université de Batna, 113p.
- **Guide Pratique Météo France, Edition 2012/2013, 64p.**

- **Khabthane .A, 2010** Inventaire de l'avifaune de la zone humide de sebkha dans la région semi-aride de Khenchela, Séminaire. Université Kasdi Merbah Ouargla.10p
- **Lamini.A, 2012** Etude Géochimique et Minéralogique des chotts de la région d'Elhadjira. Thèse de Magistère. université d'Ouargla, 122p.
- **Mihi.A, 2012** La foret de Zenadia (Haute plaine SETIFIENNE) diagnostic et perspective de protection. Thèse de Magistère. université SETIFE, 122p.
- **M^{me} Ballara.S, 2005** Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli (Constantine).Thèse de Magistère. université Mentouri Constantine, 260p.
- **M^{me} Ouanes.M, 2012** Synthèse Hydrochimique des eaux du bassin semi-aride de F'kirina. Thèse de Magistère. université de khenchela, 89 p.
- **M^r Benlatreche.T, 2006** Effets thermo-radiatif et caractérisation microclimatique de cours intérieures dans les édifices publics. Thèse de Magistère. université Mentouri Constantine, 212p.
- **Nadjem.K, 2012** Contribution a l'étude des effets du semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de Blé en région semi-aride. Thèse de Magistère. université SETIFE, 108p.
- **Osmani.S, 2012** Etude biogéochimique et isotopique de quelques sources du versant Nord du massif des Aurès wilaya de khenchela. Thèse de Magistère. université de khenchela, 144 p.
- **Plan d'Occupation des Sols, 2010** (POS DE RESTRUCTURATION N°6 / 2eme PHASE) El Mahmel Wilaya de khenchela.
- **Ziad.H et Ouannes.N, 2008** Valorisation intégrée des zones humides des Hautes Plaines du Constantinois : l'exemple du secteur d'Esbikha. Mémoire d'ingénieur d'état. Centre Universitaire de Khenchela, 113p.

Annexe 01: Tableau des classes topographiques de la commune

Classes	L'altitude	localisation
la première (vert)	inférieure à 800m	La vallée de l'Oued El Abiod, à l'extrême Sud-Ouest et en dehors de cette commune.
la seconde (jaune)	Dont l'altitude varie de 800 à 1000 m	ce sont des reliefs développés en dehors de la commune d'El Mahmal, tout à fait au NE et au SW.
la troisième classe (orange)	Les reliefs allant de 1000 et 1200 m	les reliefs déprimés du bassin de Bahiret Esbikha .Elle concerne le bassin d'Outa Guert (ouest) et Outa Guessas (Est) qui représente l'extrémité sud de cette commune.
la quatrième classe (rouge)	dont l'altitude varie de 1200 à 1500 m.	Principaux alignements des reliefs
la cinquième classe (noir)	supérieures à 1500 m.	Les points les plus hauts des reliefs de la commune, ex de Dj. Tadelist (1599m) et Dj. Aouinet En N'sour (1588m).

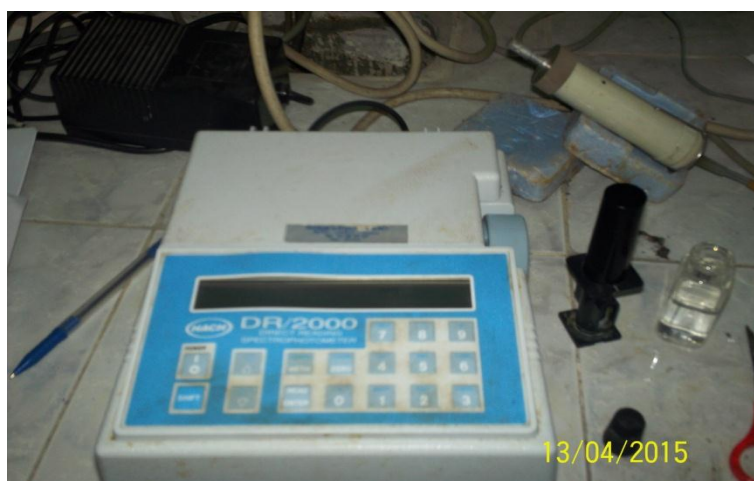
Annexe 02 : Spectrophotométrie DR-2000

Caractéristiques de l'appareil DR-2000

L'appareil est un spectrophotomètre type DR-2000 dans le domaine du visible (325 à 900 nm) est pré-programmé pour la quantification de divers éléments et composés minéral « inorganiques » contenus dans l'eau. L'analyse de l'élément ou du composé est réalisée suite à une complexation de celui-ci avec le réactif ajouté ce qui développe certaines couleur. L'intensité de la couleur obtenue et le choix approprié de la longueur d'onde permettent l'analyse (i.e. l'obtention de la concentration) de l'élément ou du composé dans l'échantillon.

Méthode

1. mettre l'appareil sous tension;
2. choisir la méthode no 0, pour lecture de l'absorbance;
3. ajuster la longueur d'onde à 560 nm;
4. emplir une cellule d'eau dé ionisée et faire le zéro de l'appareil avec cette cellule;
5. emplir une cellule avec une solution standard;
6. ajouter le contenu d'une gélule de réactifs à la cellule, bien agiter, attendre au moins 2 minutes pour permettre au complexe de se former complètement;
7. mesurer l'absorbance de la solution.



Spectrophotomètre type DR-2000

Annexe 03: Protocole expérimental typique d'un titrage

- On prélève dans un bécher à l'aide d'une pipette jaugée ou graduée, un volume V_A déterminé de la solution aqueuse contenant l'espèce chimique A à titrer, de concentration inconnue C_A .
- On verse progressivement, dans le bécher à l'aide d'une burette graduée, une solution aqueuse du réactif titrant B, de concentration C_B connue, appelée solution titrant.
- On arrête de verser la solution titrant lorsque l'on a atteint l'équivalence du titrage (cf repérage de l'équivalence) pour la colorimétrie si le changement de couleur.

**Titrage volumétrique**

On mesure alors le volume équivalent V_{equiv} c'est dire le volume de solution titrant versé pour atteindre l'équivalence ; la détermination expérimentale de V_{equiv} permet de calculer la concentration inconnue C_A (cf plus loin (détermination de la concentration de l'espèce à titrer).

$$C_A = n(A) \text{ prélevé} / V_A \dots\dots\dots$$

NB : Les valeurs de concentration qui sont calculé doit être multiplié par le facteur de dilution.

Dans notre analyse, nous étions utilisés (utilisions) un simple software qui donne directement les résultats. Généralement, les dilutions sont d'ordre 1000.

Détermination du Chlorure : Cl-**A) Préparation des solutions**

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N: 4.7791 D'AgNO₃ → 1000 ml d'eau distillée
- Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10 %: 10g de K₂CrO₄ → Q.S.P 100 ml d'H₂O dist.
- Solution de chlorures à mg/l: 1.648g de NaCl.....1000ml d'eau distillée

B) La Titration

- 0,1 ml + 100 ml eau distillé
- Ajouté 1ml de chromate de potassium Cr K (solution tempo)
- Titration avec nitrate d'argent (NO₃ Ag) jusqu' à l'apparition permanente d'un faible précipité rouge brique

NB : effectuez le titrage d'un blanc en procédant de la même façon qu'aux étapes de titration, mais en remplace la solution d'eau analysé par une même quantité d'eau distillée. Cette opération permettre de déterminer la quantité de titrant requise pour observer le point de virage. Ce volume de titrant devra être retranché (en guise de correction) des volumes de AgNO₃ requis pour les titrages des échantillons lors de vos calculs

Détermination du calcium (Ca²⁺) et du magnésium (Mg²⁺) et la dureté (TH)**A) Preparation des solutions**

- Solution d'E.D.T.A N/50 (C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈ 2H₂O) : (0,02N ou 0,01M)
 - EDTA 3,725 g. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.
 - H₂O distillée q.s.p 1000 ml.
 - H S N : 0.2 g de acide de calcone carboxylique +100 g de NaCl (C₂₁H₁₄N₂O₇, 3H₂O +NaCl)
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :
 - NaOH (pastilles) 80 g.
 - H₂O distillée q.s.p 1000 ml.
- Solution tampon (NH₄Cl) pH = 10,1:
 - Chlorure d'ammonium 67,5 g.
 - NH₄OH (25%) 570 ml
 - Sel disodique de magnésium E.D.T.A. (C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg). 5g
 - H₂O distillée q.s.p 1000
 - Noir Eriochrome 0,5 g
 - éthanol 25 ml

B) La Titrations de Ca⁺

- 0,5ml prise d'essai+50 ml de l'eau distillé
- Ajouté 2 mg de HSN
- 2 ml de solution tempo hydroxyde de sodium Na OH
- Titration avec EDTA de Na jusque couleur bleu

C) La Titrations de TH

- 0,5ml prise d'essai+50 ml de l'eau distillé
- Ajouté 4 ml de Chlorure d'ammonium

3 gouttes de noire Eriochrome

- Titration avec EDTA de Na

Détermination de l'alcalinité (HCO₃⁻)

A) Préparation des solutions

- Solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) à N/50 :
- (H₂SO₄) à N /50 (0.5ml de (H₂SO₄) ...dans. 1000 ml de l'eau distillé
- Solution de NaOH de N/50 (0.8 g dans 1000 ml de l'eau distillé)
- méthyle orange (0.5 g dans 100 ml de l'eau distillé)

B) La Titrations

- 0,1ml prise d'essai+100 ml de l'eau distillé
- Ajouté 2 gouttes de méthylorange
- Titration avec H₂SO₄ jusque l'apparition de couleur rouge brique

Annexe 04: Normes des paramètres physico-chimiques (OMS)

paramètre	unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
pH		6.5	9
conductivité	µs/cm	200	1000
Résidu sec	mg/l		1500
Dureté total	° F	-	50
Calcium	mg/l	-	100
Magnésium	mg/l	-	50
Sodium	mg/l	-	150
Potassium	mg/l	-	12
Sulfate	mg/l	-	250
Chlorure	mg/l	-	600
Nitrate	mg/l	-	50
Nitrite	mg/l	-	0.1
Température	C°	-	25

Annexe 05 : Reportage photos

Photo 1 :



Forage TR4

Photo 2 :



Forage TZ3

Photo 3 :



Forage TZ5

Photo 4 :



Multi paramètre de type HANNA HI9025

ملخص

من خلال هذا العمل، قمنا بدراسة الطابع الفيزيائي للمنطقة بالاعتماد على المستندات الجغرافية والجيولوجية والإقليمية والهيدروكيميائية لسهل المحمل (منطقة شبه جافة)، التي تعتمد المياه الجوفية المستغلة من عدة ابار جوفية، والهدف من هذا معرفة العائلة الكيميائية للمياه الجوفية، ومدى صلاحيتها للشرب. قمنا بأخذ عينات نموذجية من بئرين و07 ابار عميقة ومن ثمة القيام بالتحاليل الفيزيائية والكيميائية في مخبر الوحدة الجزائرية للمياه خنشلة ومخبر معهد علوم الأرض قسنطينة. يبين تطور العناصر الكيميائية مع مرور الوقت أن مياه سهل يتم تصنيفها إلى عائلتين: عائلة كبريات الكالسيوم وعائلة بربونات الكالسيوم. وتشكل هذه الظاهرة يرجع إلى وجود تراكم لودائع الحجر الجيري (لحجر الجيري والحصى القشور) وودائع التي تحمل الملح من تآكل تشكيلات الكربونات الجبسية الضخمة المحيطة بالسهل.

الكلمات المفتاحية: الهيدروكيميائية، المحمل، شبه جافة، والمياه الجوفية.

Résumé

A travers ce travail, nous avons commencé le cadre physique de la région d'étude incluant les contextes géographiques, géologiques, hydroclimatiques et hydrochimique de la zone semi-aride (plaine d'El Mahmel), qui est alimentée essentiellement par les eaux souterraines exploitées par plusieurs forages, dont le but est d'identifier le faciès chimique des eaux souterraines, et leur qualités.

Nous avons fait des prélèvements d'échantillons sur 02 puits et 07 forages, sur lesquelles des analyses physico-chimiques ont été effectuées dans le laboratoire de l'ADE Khenchela et le laboratoire de l'Institut de la science de la terre Constantine. L'évolution des éléments chimiques en fonction du temps fait ressortir que les eaux de la plaine seront classées en deux familles : Famille des eaux Bicarbonatées calciques et famille des eaux Sulfatées calciques. La mise en place de ces faciès est due à la présence des formations carbonatées de djebel chattaia et des dépôts salifère due à la présence des trias et des formations carbonatées et gypsifères des massifs entourant la plaine.

Mots Clés : Hydrochimique, El Mahmel, Semi aride, les eaux souterraines.

Abstract

Through this work, we have started the physical framework in the study region including geographical, geological, hydroclimatic and hydrochemical contexts of the semi-arid zone (El Mahmel Plains), which is nourished mainly by underground waters from well drillings, in order to identify the chemical characteristics of underground waters and their qualities.

We have proceeded to the levy of sampling on 02 wells and 07 drillings; these samples have undergone physico-chemical analysis at ADE Khenchela as well at laboratory Science of Earth Institute laboratory in Constantine. The evolution of the chemical elements through time implies that plains water are divided into two families: calcic Bicarbonated Water Family and calcic sulfated waters. The establishment of these characteristics is due to the presence of carbonated formations from Chattaia Mountain and salifere deposits, which is caused, by the presence of trias and carbonated formations and gypsiferes from plains surrounding massives.

Keywords: hydrochemical, El Mahmel, Semi-arid, underground water.

Nom : M^{elle} Belaa, M^{elle} Abboud
Prénom : Fatma Zohra, Chahra Zad

Date de Soutenance

13/06/2015

Master Académique en Biologie Option: Ecologie et Environnement

Thème

Synthèse Hydrochimique des eaux souterraines de la commune d'El Mahmel

Résumé :

A travers ce travail, nous avons commencé le cadre physique de la région d'étude incluant les contextes géographiques, géologiques, hydroclimatiques et hydrochimique de la zone semi-aride (plaine d'El Mahmel), qui est alimentée essentiellement par les eaux souterraines exploitées par plusieurs forages, dont le but est Identifier le faciès chimique des eaux souterraines, et leur qualités.

Nous avons fait des prélèvements d'échantillons sur 02 puits et 07 forages, sur lesquelles des analyses physico-chimiques ont été effectués dans le laboratoire de l'ADE Khenchela et le laboratoire d'Institut de la science de la terre Constantine. L'évolution des éléments chimiques en fonction du temps fait ressortir que les eaux de la plaine seront classées en deux familles : Famille des eaux Bicarbonatées calciques et famille des eaux Sulfatés calciques. La mise en place de ces faciès est due à la présence des formations carbonatées de djebel chattaia et des dépôts salifère due à la présence des trias et des formations carbonatées et gypsifères des massifs entourant la plaine.

Mots clés : Hydrochimique, El Mahmel, Semi-aride, les eaux souterraines

Jury de soutenance :

-Président : Bouzou Mourad Lazhar	M.A.A	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela
-Encadreur : M ^{me} Ouannes Meyada	M.A.B	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela
-Examineur : M ^{me} Chelih Fatha	M.A.B	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela

Ce travail a été réalisé dans laboratoire d'algériennes Des Eaux Khenchela et laboratoire de la science de la terre et la géographie Constantine.

