

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



**Université Abbès Laghrour
- Khenchela -**



Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département d'Ecologie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique Ecologie et Environnement
Option : Génie de l'Environnement

Présenté par :

NAILI Soumia & BERKANE Nahla

Thème

**Contributions à l'étude comparative de la
salinité des sols de la plaine de Remila ; par
deux méthodes : Extrait pâte saturée et
extrait aqueuse 1/5. (Khenchela)**

Soutenu publiquement le : 26/06/ 2014.

Devant le jury compose de :

*Mr. BOULABEIZ Mehrnaz
Mr . AOUIDANE Laiche
Mr . LABBASSI Ayache*

*(Présidente MAA)
(Promoteur MAA)
(Examineur MAA)*

Année universitaire : 2013/2014.

Remerciement

Au terme de ce travail qui est le fruit de plusieurs années d'études, Nos remerciements vont à tous les personnes qui ma aidé de prés ou de loin.

Nos remerciements vont au Monsieur AOUIDANE Laiche mon encadreur, qui à toujours été prêt à m'aider et surtout critiquer .lui adresse mes sincères remerciements et mes profonds respects.

Nos remerciements vont au membre de jury pour l'intérêt qu'ils prêté à cette mémoire en acceptant de juger ce travail dans le cadre de ce mémoire de master.

En fin Nos remerciements vont à tous les personnes, qui de prés ou de loi ayant généreusement contribuée à l'élaboration de ce travail.

Liste des figures

figures N°	Titre	Page
1	Evolution de la population dans la wilaya de Khenchela ,	5
2	Répartition générale des terres agricoles dans la wilaya de Khenchela ,	7
3	Répartition de la SAU dans la Wilaya de Khenchela,	10
4	Précipitation moyenne mensuelle pour une période de 18ans (1994-2011).	31
5	Précipitation moyenne annuelle pour une période de 18ans (1994-2011) .	31
6	Température moyenne mensuelle pour une période de 18ans (1994-2011)	33
7	Température moyenne annuelle pour une période de 18 ans (1994-2011)	34
8	le régime pluviométrique saisonnier pour une période de 18ans (1994-2011).	34
9	Le complexe hydrique (sol-plante-climat).	40
10	processus de l'évapotranspiration .	40
11	Evaporation et Evapotranspiration potentielle et réelle	42
12	Utilisation de l'eau du sol par les végétaux lors du cycle de l'eau .	44
13	Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite	46
14	Diagramme Pluvio-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN .	48
15	Répartition des précipitations mensuelles de la Station de Barrage Foug El Gueiss (1996-2013).	49
16	Répartition saisonnières des précipitations de barrage Foug El Gueiss	49

17	Organigramme de la méthodologie de travail de la mémoire	72
18	résultats de mesure de CE de 70 échantillons de pate saturée	80
19	répartition de CE de la pâte saturée	80
20	résultats de mesure de p H de 70 échantillons de pâte saturée	81
21	répartition de pH de la pâte saturée	82
22	résultats de mesure de TDS de 70 échantillons de pâte saturée	83
23	répartition de TDS de la pâte	83
24	résultats de mesure de CE de 70 échantillons de Extrait aqueuse de 1/ 5	86
25	répartition de CE de la L'Extrait aqueuse de 1/5	87
26	résultats de mesure de de pH de 70 échantillons Extrait aqueuse de 1/ 5	89
27	répartition de pH de la L'Extrait aqueuse de 1/ 5	89
28	résultats de mesure de TDS de 70 échantillons de Extrait aqueuse de 1/ 5	90
29	répartition de TDS de la L'Extrait aqueuse de 1/ 5	90

Liste des Cartes

Carte N°	Titre	Page
1	Situation géographique de la Wilaya de Khenchela.	2
2	Carte de relief de la Wilaya de Khenchela	16
3	Carte hypsométrique de la wilaya de Khenchela.	17
4	Carte des altitudes de la wilaya de Khenchela,	18

5	Carte des pentes de la wilaya de Khenchela.	19
6	Carte géologique de la Wilaya de Khenchela,	26
7	Carte Lithologique de la Wilaya de Khenchela ,	27
8	Carte hydrologique de la wilaya de Khenchela:	29
9	Carte des précipitations annuelles moyennes de la wilaya de Khenchela	32
10	Carte des classes de sols de la Wilaya de Khenchela	54
11	Distribution des sols salés en Afrique (Classification de Aubert, 1970) .In herbuy,1991.	61
12	Type de sol en Algérie (FAO, 2005) Première Partie	63
13	situation géographique de la zone d'étude Remila et les points de prélèvement	67
14	Carte représentative de la répartition des points de sol échantillonnée dans la plane de remila, Khenchela	74
15	Répartition spatiale de la salinité des sols de la plaine de Remil, par la mesure de la CE de la pâte saturée	92
16	Répartition spatiale de la salinité des sols de la plaine de Remil, par la mesure de la CE d'extrait aqueuse 1/5.	92
17	répartition spatiale de pH des sols de la plaine de Remila, Extrait aqueuse 1/5.	94
18	répartition spatiale de pH des sols de la plaine de Remila, Extrait Pâte saturé.	94
19	répartition spatiale de TDS des sols de la plaine de Remila, Extrait aqueuse 1/5	95
20	répartition spatiale de TDS des sols de la plaine de Remila, Extrait de la pâte saturée	95

Liste des Photos

Photos N°	Titre	Page
1	Prélèvement d'échantillons du sol par la tarière	74
2	Mesure des paramètres au laboratoire	74
3	préparation et séchage d'échantillons du sol.	76
4	Broyage d'échantillons du sol	76
5	Pesons l'échantillons du sol	76
6	l'ajout progressif de l'eau distillée	76
7	La fente de la pâte saturée	76
8	la pâte en repos pendant une 24 H dans un frigo à 04 °C .	76
9	Mesure la pâte saturée après 24h	76
10	la pâte saturée dans le tube de centrifuges	78
11	la pâte saturée dans le centrifugeuse	78
12	La filtration de l'extrait de la pâte saturée	78
13	pH mètre mesure(PH) .	78
14	Mesure de la (CE, TDS).	78
15	l'agitation de solution(2h) .	85
16	mesur de CE,TDS,PH.	85

Liste des Tableaux

Tableau N°	Titre	Page
1	Organisation administrative de la wilaya de Khenchela, p4	4
2	Evolution démographique de la wilaya de Khenchela (1966-2008),	4
3	Répartition générale des terres agricoles ,	6

4	Répartition de la SAU totale (ha),	10
5	Répartition de la SAU irriguée (ha),	11
6	Colonne lithostratigraphique synthétique des formations présentes dans la région de Khenchela	25
7	Précipitation moyenne mensuelle de la station de Khenchela (1994-2011)	30
8	Température moyenne mensuelle à la station de khenchela (1994-2011) en (°C)	33
9	Le régime pluviométrique saisonnier pour une période de 18ans (1994-2011).	34
10	:Indices d'aridité annuelle .	37
11	Indices d'aridité mensuels (I) .	38
12	Coefficient pluviométrique d'Emberger.	39
13	Coefficient de correction K dépend du site considéré (climat semi aride).	43
14	Bilan hydrologique moyen (1994-2011) de la station de Khenchela, par la méthode de Thornthwaite.	46
15	Répartition de précipitation en (mm, %) à la station de Khenchela.	47
16	Précipitations moyennes mensuelles de barrage foug El gueiss (1996-2013)	48
17	Classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °c cité in Mathieu et al (2003).	58
18	classement de la salinité suivant les de la conductivité électrique	58
19	Répartition des sols salés dans le monde (Szablocs , 1994).	60
20	Répartition générale des terres agricoles de remila(2013_2014)	71
21	Les résultats des paramètres mesuré de la pâte saturé, de la plaine de Remila	77
22	Les résultats des paramètres mesuré de Extrait aqueuse de 1/ 5 , de la plaine de Remila	85

Tableau des matières

Titre	Page
Introduction générale	—
Partie01 :synthèse bibliographique	
Chapitre 01 : Cadre générale de la wilaya	2
1.1. Situation géographique	2
1.2. Aperçu socio-économique sur la wilaya de Khenchela	3
1.2.1. Cadre administratif	3
1.2.2. Population	3
1.2.3. Les activités industrielles et commerciales	5
2.3.1. Le potentiel industriel	5
1.2.4. L'artisanat	6
1.2.5. Agriculture	6
12.5.1. Répartition générale des terres	6
1.2.5.2. Les ressource en sol	7
I.2.5.2.1. Importance de la SAU et qualité des sols par grande zone naturelle	7
I.2.5.3. Répartition de la SAU	9
I ,3. Géomorphologie :	11
I .3.1. L'orographie :	12
I .3.1.1. L'altitude	12
I .3.1.2. Répartition générale des classes d'altitude par commune	13
I .3.1.2. La pente	13
I .3.2. Typologie des communes de la wilaya suivant le relief	14

Chapitre 02 : Géologie	
I. Stratigraphie générale	20
1.1. Le Mésozoïque	20
I.2. Le Cénozoïques	22
I.3. Quaternaire	22
I.4. Cadre structurel	23
Chapitre 03 : Etude Climatologique	
I. Les données climatiques	28
I.1. La pluviométrie	30
I.1.2. La température	33
I.1.3. Le régime pluviométrique saisonnier	34
II. 1. Caractérisation du climat	35
II.2. Diagramme Pluvio-thermique	35
II.3. Indice d'aridité de Martonne	35
II.4. Le Diagramme de Louis Emberger	38
II.5. Etablissement du bilan hydrique	39
II.5.1. Evapotranspiration potentielle	41
II.5.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	41
II.5.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR)	43
II.5.1.3. Le bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite	44
II.6.1.3. Ruissellement superficiel et l'infiltration	47
III. 1. La région étudiée	48
Conclusion	50
Chapitre 4 : Pédologie .	
1. Aperçu pédologique sur les principaux sols de la wilaya	51
1.2. Caractéristique Pédologie de la plaine de Remila	52

1.2.1. Répartition des sols dans le plain	53
Conclusion	55
Chapitre 5 : Etude de la salinité des sols.	
I.Définition et Dénomination des sols salés :	56
I.1.les sols salés :	56
I.2. Les sels :	56
I.2.Origine de la salinité des sols :	57
I.2.1Facteurs intervenant dans le processus de salinisation	57
I 2.2- Salinisation primaire	57
I 2.2.1- Salinisation géologique	57
I. 2.2.2 -Salinisation marine et lagunaire :	57
I. 2.3 - Salinisation secondaire :	57
I. 3-principales caractéristiques des sols salsodiques :	58
I .3.1- Salinité globale :	58
I. 3.2 :pH :	58
I. 3.3 - Composition en sels :	59
I. 3.4 - SAR (Sodium adsorption ration):	59
I. 3.5 : ESP (échange sodium pourcentage)	59
I.4. Répartition des sols salés :	60
I. 4-1 Dans le monde	60
I .4.2 : En Algérie	62
I .5 :Classification des sols salsodiques	62
I. 6-Effet de la salinite sur le sol et les végétaux.	64
I .6.1. Effet sur le sol	64
1-6-2- Effet sur les végétaux	64

Conclusion	65
Partie02 : partie expérimentale	
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude et Méthodologie	
1. Choix de la zone	66
2. Présentation de la Zone d'étude	66
2.1. La Situation Géographique	66
2.2. La Géologie de la Zone	66
2.3. La Stratigraphie	68
2.4. Hydrologie et Hydrogéologie	68
2.4.1. Hydrogéologie	68
2.4.1.1. Identification de la typologie des nappes aquifères du bassin de Remila	68
2.5. Pédologie	69
2.5.1. Caractéristique Pédologie de la plaine de Remila	69
2.5.2. Répartition des sols dans la plaine	70
2.6. Agriculture	70
3. Méthodologie de Travail	71
Chapitre 2 : Résultats et discussion	
1. Echantillonnage et analyse des sols	73
2. Résultats d'analyse	75
2.1.Extrait de la pâte saturée :	75
2 .1.1. Mode opératoire	75
2.1.2. Les résultats des mesuré au laboratoire :	77
a. La conductivité électrique (CE)	77
b. Potentiel Hydrochimique (pH)	79

c. Total Disolved Salt (TDS).	82
2.2. Extrait aqueuse de 1/5 :	84
2 .2.1. Mode opératoire	84
2.2.2. Les résultats des analyses au laboratoire	85
a. La conductivité électrique (CE)	85
b. Potentiel Hydrochimique (pH)	87
c. Total Disolved Salt (TDS).	88
3. Comparaisent entre les deux méthodes	91
Conclusion	96
Conclusion Générale	97

Abréviation

PNDA : Plan Nationale De Développement Agricole.

DPAT : Direction de la Planification et l'Aménagement du Territoire.

RGPH : Recensement Générale de Population et d'Habitats .

NW-SE : Nord West-Sud Est.

NE-SW : Nord Est-Sud West.

N-S : Nord-Sud.

S-E : Sud-Est.

N-E : Nord- Est.

CF : Conservation des forêts de la Wilaya de khenchela.

DHWK : Direction d'hydraulique de la wilaya de khenchela.

ANRH : Agence nationale des ressources hydrique .

SMK : Station météorologique de el hamma wilaya de Khenchela .

SAT : Superficie agricole totale.

TAM : Taux annuel moyen.

DEW : Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela.

DSA : Direction des services agricoles de la wilaya.

CPH : Consortium projectum-hidroesb.

SESL: Sydney Environmental & soil laboratory.

SAU : Surface agricole utile.

SAT : Superficie agricole totale.

MATET : Ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme.

C.G.G : Compagne Générale de la Géophysique.

B FG: Barrage Foum El Gueiss.

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale Québec Canada.

SESL: Sydney Environmental & soil laboratory.

SEQE : Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines

P (mm) : Précipitation en millimètre .

T°Cmax : Température maximal en degré .

T°Cmoy : Température moyenne.

T°Cmin : Température minimal.

Cp : Coefficient pluviométrique.

Ia : Indice d'aridité.

ETP: Evapotranspiration potentielle.

ETR : Evapotranspiration réelle.

RFU : Réserve facilement utilisable.

MO : Matière organique.

CaCO₃: Bicarbonate de calcium .

Cl⁻ : Chlore.

SO₄⁻ : Sulfate.

Ca⁺⁺: Calcium .

Na Cl: Chlorure de sodum.

Mg⁺⁺: Magnésium.

Meq : Milliéquivalent .

CE : Conductivité électrique.

SAR : Sodium Absorption Ration.

RS : Résidu sec.

Sp : Salinité potentielle.

ESP : Pourcentage d'échange de sodium.

TAS : Taux d'adsorption du sodium.

INSID : Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage

TDS :Total Disolved Salt.

PH : potentiel Hydrogène

INTRODUCTION

Les sols ont une vocation principale de production agricole et sylvicole et assurent le développement de la végétation naturelle comme support de la biodiversité. Les sols sont aussi des réacteurs biologiques qui assurent de nombreuses fonctions environnementales ainsi qu'ils maintiennent le développement des êtres vivants.

La pénurie d'eau et la concentration des sels dans les sols sont actuellement considérées comme des menaces pour la vie humaine. Les ressources naturelles mondiales souffrent de plus en plus de surexploitation, de mauvaise gestion et de la pollution. En effet plus de 1/6 des terres dans le monde sont touchées par la dégradation et la déforestation, 6.4% des terres, équivalent à une superficie 9513373km², seraient touchées par des phénomènes de salinité ou d'alcalinité. La superficie des terres cultivées ne représente que 10% des surfaces continentales (FAO, 2000). Les réserves en eau utilisables par les racines dépendent principalement de la texture, de la structure, de la profondeur et de la salinité du sol d'une part, et du mode d'irrigation et de drainage de l'autre part. C'est finalement le bilan hydrique local qui conditionnera la production végétale.

La salinité des sols est présente dans la plupart des grands systèmes d'irrigation à travers le monde sous l'effet conjugué d'une mauvaise qualité des eaux d'irrigation, de l'aridité et d'un drainage insuffisant du sol et des aquifères. La salinisation apparaît comme la conséquence de divers processus complexes de redistribution des sels liés au fonctionnement hydrologique du milieu sous l'influence de l'irrigation et du drainage.(**Matthieu Calame 2011**). Dans ce contexte, la présente étude se focalise sur la plaine de Remila .Elle présente un climat de températures élevées à l'été, avec une précipitation annuelle réduite, de l'ordre de 400 ml. A un type de sol d'une couleur prédominante grise, d'une texture fine et de bonnes fertilité apparente, les aires où l'on rencontre des plus forte concentrations salins (CPH, 1977).

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'analyser de salinité des sols de la plaine de Remila ; par deux méthodes Extrait pâte saturée et extrait aqueuse 1/5.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1

Présentation De La Zone D'Etude

Chapitre I : Présentation De La Zone D'Etude

I. Cadre générale de la wilaya :

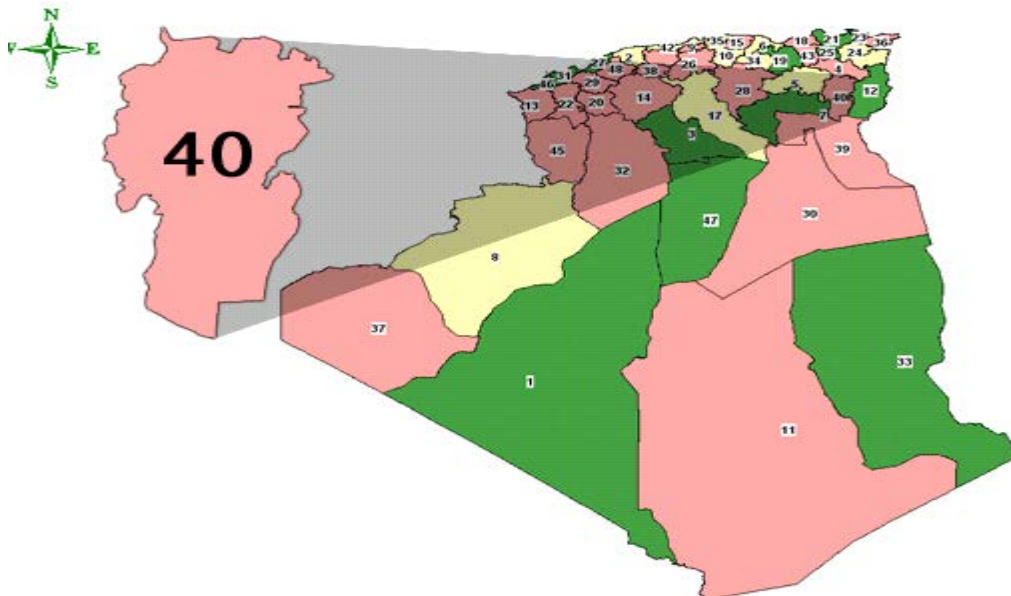
I.1. Situation géographique :

La wilaya de Khenchela est située au Nord-est de l'Algérie, au Sud-est du constantinois, et au contrefort du mont des Aurès entre $34^{\circ} 06' 36''$ et $35^{\circ} 41' 21''$ latitudes Nord ; et entre $06^{\circ} 34' 12''$ et $07^{\circ} 35' 56''$ de longitudes Est. Sa superficie est de $9715,6 \text{ km}^2$ (Khabthane ,2010).

Elle est limitée administrativement au :

- ❖ **Nord** : par la Wilaya d'Oum El Bouaghi
- ❖ **Sud** : par la wilaya d'El Oued
- ❖ **Est**: par la wilaya de Tébessa
- ❖ **Ouest**: par la wilaya de Batna
- ❖ **Sud- Ouest** : par la wilaya de Biskra

Voir carte N°1



Source : DPAT, 2014.

Carte n°01 : Situation géographique de la Wilaya de Khenchela.

La wilaya de Khenchela se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants), monts des Aurès occupant la partie Ouest de la wilaya ;
- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie Nord de la wilaya.
- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Némenchas à l'Est), d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et de basses plaines (El Meita et Ouazerne)

Elle est caractérisée par sa vocation agro-sylvo-pastorale ou la superficie agricole représente **22%**, les forêts, **12%** et la steppe représente **49%** de la superficie totale (DEW, 2014).

I.2. Aperçu socio-économique sur la wilaya de Khenchela :

I.2.1. Cadre administratif :

La Wilaya de Khenchela est issue de la refonte territoriale de 1984 (DHW, 1984). Elle était rattachée entre 1977 et 1984 à trois Wilayas différentes (Tableau N° 1) :

- Oum El Bouaghi pour l'ex Daira de Khenchela ;
- Tebessa pour la Daïra de Chechar.

*Batna pour la Daïra de Kais.

I.2.2. La population :

La wilaya de Khenchela abrite une population évaluée à 384 146 habitants, ce qui correspond à une densité de peuplement de 40 habitants au Km², une densité relativement faible comparée à la densité moyenne de sa région programme d'appartenance (85 habitants au Km²). Résultats préliminaires du (RGPH, 2008).

La wilaya de Khenchela a connu un très fort accroissement démographique au cours de ces quatre dernières décennies, sa population a été multipliée par trois. En effet, sa population totale est passée de 128 169 habitants en 1966 (date du premier

recensement de population de l'Algérie indépendante) à 384 146 habitants en 2008, et sa densité de peuplement, pour la même période, est passée de 13 à 40 habitants au Km². Le taux annuel moyen (TAM) de la croissance démographique de la wilaya suit en général la tendance observée au niveau national, c'est-à-dire un boom démographique qui a connu son apogée dans les années 60-70 (3,96%) et une courbe descendante depuis pour atteindre aujourd'hui un seuil raisonnable de 1,6% an (RGPH, 2008) (Tableaux N° 2 et Figure n°1).

Tableau n°01 : Organisation administrative de la wilaya de Khenchela

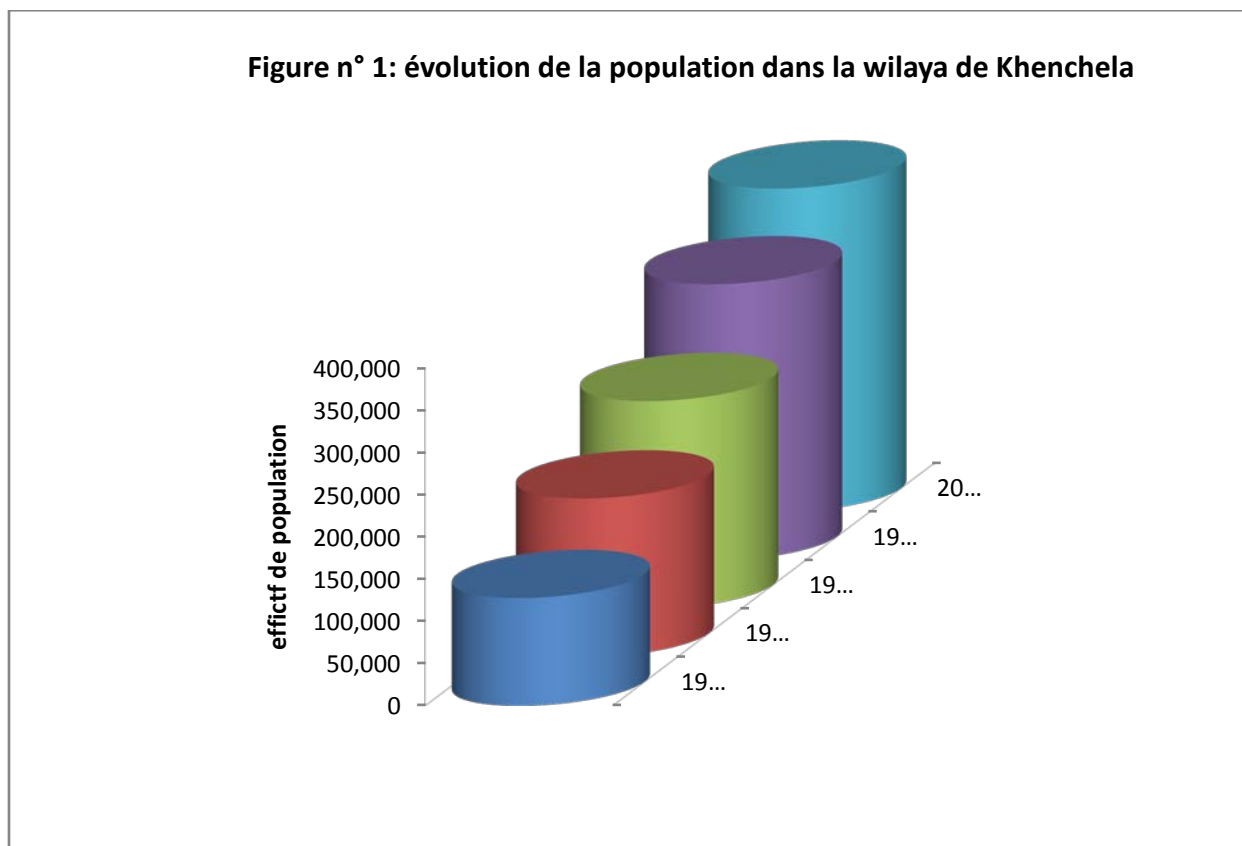
DAÏRA	COMMUNES	DAÏRA	COMMUNES
Khenchla	Khenchla	Bouhmama	Bouhmama, Yabous, Chélia, M'sra
Kaïs	Kaïs, Remila Taouzient	Chechar	Chechar, Djellal, Kheïrane, El Ouldja
Ain Touila	A.Touila, Metoussa	Ouled Rechache	El Mahmel, Zoui
El Hamma	El.Hamma, Tamza, Baghai, N'sigha	Babar	Babar

Source : DEW, 2013.

Tableau n°02 : Evolution démographique de la wilaya de Khenchela (1966-2008)

Année	Population	T.A.M (%)	Densité Hab/km2
1966	128 169	–	13
1977	189 026	3,96	20
1987	246 541	2,69	26
1998	327 917	2,89	34
2008	384 146	1,60	40

Source : DEW, 2013.



Source : DEW, 2013.

I.2.3. Les activités industrielles et commerciales :

I.2.3.1. Le potentiel industriel :

L'industrie est faiblement présente dans la wilaya de Khenchela. Les principales unités industrielles ont été créées lors des deux premiers plans quinquennaux et la zone industrielle a été implantée en 1976 par l'URBACO (DEW, 2013). Les principales activités industrielles qui émergent au niveau de la wilaya concernent les branches liées à l'ISSMEE et aux textiles (DEW, 2009).

Les entreprises industrielles qui relèvent du secteur public sont au nombre de 4 dont 2 uniquement sont encore opérationnelles ; elles offrent 385 emplois au total. Les entreprises industrielles privées sont au nombre de 34 ; elles emploient un effectif total de 400 travailleurs environ (DEW, 2009).

La branche d'activité «agro-alimentaire » est dominante, et compte 13 unités soit un taux de 48%. L'activité «Matériaux de construction » occupe la seconde position avec 7 unités (DEW, 2009).

I.2.4. L'artisanat :

Dans la wilaya, l'artisanat est faiblement développé ; il est surtout pratiqué au niveau familial et porte sur la production de tapis, de burnous, de « Kachabia », de poterie, de bijoux en argent, du travail du bois (El Gassâ et Cuillères en bois).

Les activités artisanales, source de revenus non négligeables en milieu rural, constituent un appui considérable au développement du tourisme et doivent être de ce fait soutenues et promues (DEW, 2013).

I.2.5. Agriculture :

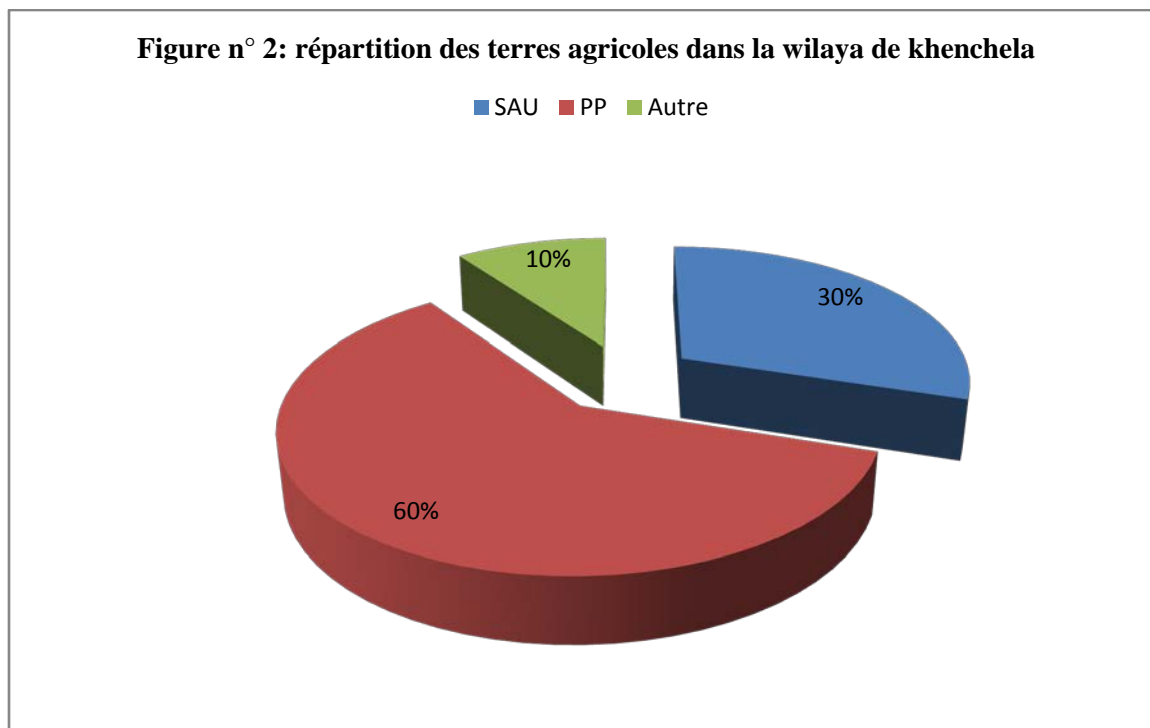
L'agriculture constitue l'activité économique dominante de la wilaya de Khenchela. Sa vocation, principalement agro-sylvo-pastorale, résulte de la spécificité de son milieu physique, formé d'ensembles naturels d'une grande diversité.

I.2.5.1. Répartition générale des terres :

Tableau n°03 : Répartition générale des terres agricoles

Répartition générale des terres	Superficie (ha)	%
SAU	232 395	29,93
Parcours et pacages	466 943	60,15
Autres	77 012	9,92
Superficie agricole totale	776 350	100

Source : DSA ,2013.



Source : DSA, 2013.

Le Tableau n°03 et la Figure n°0 2, met en évidence les aspects suivants :

- la superficie agricole utile (S.A.U) est relativement par rapport à la superficie agricole totale, elle ne représente que 29,93% ;
- Les parcours représentent plus de la moitié de la SAT, ce qui est une caractéristique des territoires steppique et saharien ;

I.2.5.2. Les ressource en sol :

La wilaya de Khenchela couvre une superficie totale de 957 250 ha, dont seulement 232 360 ha sont déclarés par les services de DSA comme surface agricole utile (SAU), soit 24,27%. Bien que supérieure à la moyenne nationale, la superficie agricole par habitant demeure relativement faible, estimée à 0,60 ha en 2008 (DSA ,2011).

I.2.5.2.1. Importance de la SAU et qualité des sols par grande zone naturelle :

D'une manière générale, la qualité des sols et leur usage agricole varient d'un milieu à l'autre, en fonction de la nature pédologique, du relief, du climat et de la disponibilité des ressources en eau pour l'irrigation. En ce qui concerne la wilaya de

Khenchla, ces différents paramètres, permettent de mettre en évidence les caractéristiques suivantes relatives à son territoire :

a. La zone des hautes plaines :

Située au Nord de la wilaya, cette zone abrite l'essentiel du potentiel en superficie agricole utile (SAU), ainsi que les meilleures terres agricoles de la wilaya. En effet, elle se distingue par une SAU relativement importante, qui s'étend sur 137 178 ha, ce qui représente 59,03% de la SAU totale de la wilaya. Les sols de cette zone sont principalement d'apport alluvial et sa topographie est plane à modérée. Elle couvre la presque totalité de l'étendue territoriale des communes de : Remila, Metoussa, Baghaï et Kaïs, ainsi que les parties Nord des communes de : El M'hamel, El Hamma, Aïn Touila, N'sigha, Ouled Rechache, Taouzient et Yabous (DEW, 2009).

Cette zone, dominée par la céréaliculture rendue aléatoire à cause d'un climat semi-aride et de surcroît soumis à de fortes variations annuelles et saisonnières des pluies, est confrontée à nombreux handicaps et menaces, parmi lesquels on cite :

- L'insuffisance et l'irrégularité des pluies, qui font de l'agriculture pluviale une activité aléatoire ;
- La présence de formations triasiques, associée aux faibles précipitations, qui augmente la salinité des sols, notamment à proximité des dépressions ;
- L'insuffisance de drainage, un processus de blocage de l'écoulement naturel des eaux de pluies, ce qui se traduit ainsi par la formation de dépressions artificielles où se développe une végétation halophile ;

b. La zone de montagnes :

Située au l'Ouest et au centre de la wilaya, cette zone correspond principalement aux monts des Aurès et des vallées qui y sont incrustées. C'est une zone essentiellement forestière où la SAU ne compte que 24 309 ha, soit 10,46% de la SAU totale de la wilaya, et où les meilleures terres agricoles (alluvions) sont confinées à l'intérieur de quelques vallées étroites et sur des piémonts (DEW, 2009).

Composée de 6 communes et partiellement par les communes de Taouzient et Yabous, cette zone, où prospèrent l'arboriculture fruitière et quelques potagers, n'en

demeure pas moins confrontée à de nombreuses contraintes et handicaps, parmi lesquels on cite : le relief, les crues hivernales, l'érosion des sols et l'enclavement.

c. La basse plaine du Sud :

Située au Sud de la wilaya, principalement dans le territoire de la commune de Babar, cette plaine relève du domaine saharien. Elle se distingue par :

- Sa topographie générale d'apparence plane, mais qui en réalité présente une faible dénivelée de direction Nord-Sud orientée vers le chott Melghir,
- L'immensité de son étendue, couverte en surface d'alluvions (épandage de crues) ;
- Son réseau hydrographique important (bien que non apparent à cause de l'ensablement),
- Ses ressources en eau souterraine (bien que non évaluées), comme en témoigne la création de 15 périmètres irrigués dans le cadre de l'APFA ;

I.2.5.3. Répartition de la SAU :

La distribution de la SAU totale, au cours de la campagne, selon les spéculations, se présente comme suit :

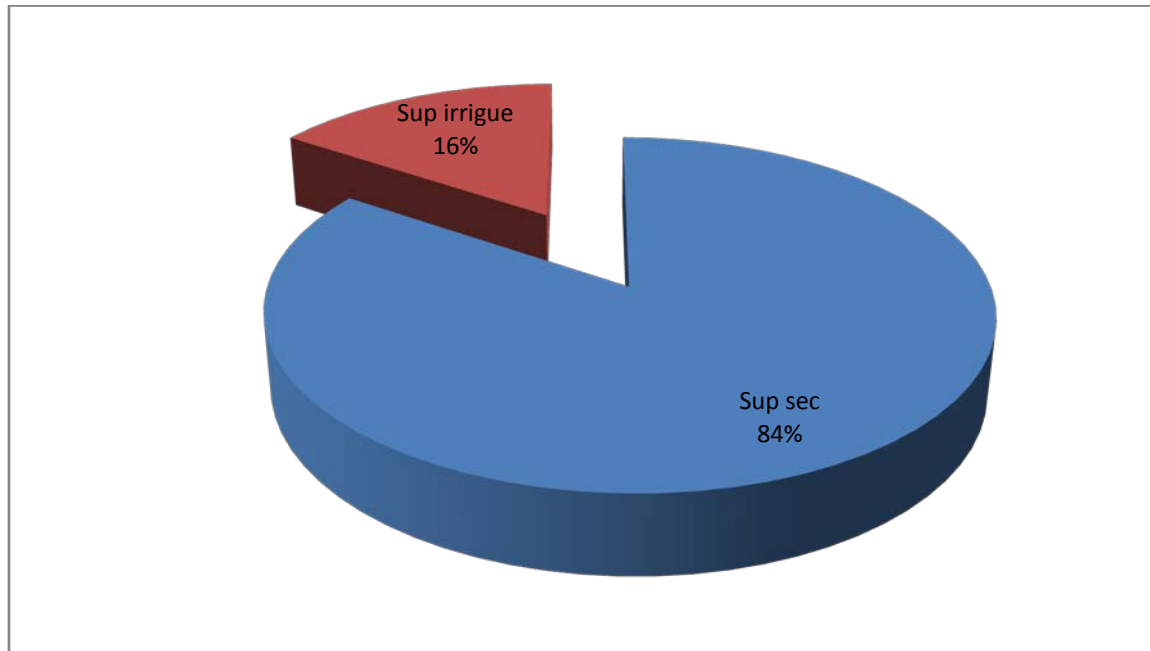
Les données du tableau N°04 : mettent en évidence :

- la place prépondérante qu'occupe la jachère dans le système de culture de la wilaya ;
- la prépondérance des grandes cultures (céréalières et fourrages) ;
- en dehors de grandes cultures, toutes les autres spéculations sont pratiquées sous irrigation ;
- l'importante place qu'occupe l'arboriculture dans le système montagnoux,
- la surface réduite occupée par les cultures maraîchères, ce qui s'explique par les conditions défavorables du relief et par l'insuffisance des précipitations et les ressources en eaux limitées.

Tableau n°04 : Répartition de la SAU totale (ha)

Spéculation	Superficie en sec	Superficie en irriguée	Total
Céréales d'hiver	83676	15821	99500
Fourrages d'hiver	18876	1042	19918
Fourrages d'été	-	233	233
Arboriculture rustique	-	15396	15396
Maraîchage	-	3096	3096
Jachère	93549	-	93549
Phoeniciculture	-	700	700
Plasticulture	-	03	03
Total	196104	36291	232395

Source : DSA ,2011.



Source : DSA ,2011.

Figure n° 03 : Répartition de la SAU dans la Wilaya de Khenchela

❖ La SAU irriguée :

Au niveau des communes du Sud, la totalité de la SAU est irriguée, le contexte naturel contraignant n'autorisant pas d'agriculture sans apport d'eau d'irrigation. Ailleurs, le taux d'irrigation de la SAU est assez variable selon les communes ; les niveaux les plus appréciables (entre 10 et 33%) sont relevés au sein de 8 communes dont 6 appartiennent à la zone de montagne (Chelia, Ensigna, M'Sara, Kais et Bouhmama) et la zone des plaines Baghai et Babar (DSA, 2011).

Tableau n°05 : Répartition de la SAU irriguée (ha) .

Commune	Superficie agricole utile total	SAU irriguée	Superficie irriguée %
S/Total Montagne	59646	8526	23,5
Baghai	11514	1159	3,2
Remila	19701	1796	4,9
Ain Touila	14351	683	1,9
M'Toussa	9700	794	2,2
S/Total Plaine	55266	4432	12,2
S/Total Plateaux	46503	4088	11,3
S/Total Parcours steppiques et dépressions sahariennes et présahariennes	70980	19245	53,0
Total wilaya	232395	36291	100

Source : DSA, 2011.

I.3. Géomorphologie :

D'après BNEDR, 1993. Le relief de la Wilaya de Khenchela, est composé de quatre (04) grands ensembles de Relief Carte N°02.

a) Les montagnes

On les rencontre essentiellement dans la zone Ouest de la Wilaya (les Aurès) ; dans la zone centrale (les monts des Nememchas) et au Nord-est (Ain -Touila)

b) **Les plateaux**

Ils sont situés au Nord-est (plateau d'Ouled Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et d'Ouled Rechache.

c) **Les plaines**

Situées au Nord et Nord -Ouest de la Wilaya, elles comprennent Remila, Bouhmama et M'toussa.

Il est à noter que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines.

d) **Les parcours steppiques et les dépressions**

Ils sont situés dans la partie méridionale de la Wilaya. Ils se caractérisent par des terres sablonneuses et par la présence de chotts .Ces derniers constituent ainsi le point de convergence exutoire des oueds drainant le Sud de la Wilaya.

I.3.1. L'orographie :

I.3.1.1. L'altitude

La wilaya de Khenchela se caractérise par une très forte dénivellation. En effet l'altitude oscille entre moins 26 mètres au dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au Sud-est de la wilaya) et 2169 mètres au dessus du niveau de la mer (Djebel Chélia) sur les monts des Aurès au Nord-ouest de la wilaya (DEW, 2009).

Globalement, on relève cinq domaines à altitudes différenciées :

- Le domaine montagneux des Aurès, au Nord-ouest, qui se distingue par ses altitudes très élevées, où l'on dénombre de nombreux sommets dépassant les 1500 m : Djebel Chélia (2169 m) ; successions de monts atteignant 1623 à 2113 m sur la chaîne montagneuse du Djebel Tafrent ; Djebel Fourhal (1698 m) ; etc.
- Le domaine montagneux des Nemenchas, à l'est, dont l'altitude oscille entre 600 et 1400 m, avec toutefois quelques sommets avoisinant les 1600 m (versant Nord d'El Outa Guert). Les monts des Nemenchas se distinguent par leur dénivellation qui s'abaisse brutalement du Nord au Sud.
- Le domaine des hautes plaines au Nord, dont l'altitude oscille généralement entre 800 et 1000m ;

- Le domaine des piémonts des Némemchas, dont l'altitude oscille entre 200 et 600 m ;
- Le domaine des basses plaines sahariennes, dont l'altitude se situe entre moins 26 mètres (bordure de Chott Melghir) et 200 mètres (piémonts des Nemenchas).

Afin de mieux caractériser cette composante du relief, une carte des classes de d'altitudes a été dressée pour le territoire de la wilaya, sur la base de la grille utilisée par le ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme (MATET) pour le classement des zones de montagnes (Carte N°04) (DEW, 2013).

I.3.1.2. Répartition générale des classes d'altitude par commune

Cette grille, préconise 04 classes d'altitudes (DEW, 2013).

Définies comme suit :

- **La classe d'altitude comprise entre 0 et 400 mètres.**

Cette classe, qui correspond la zone sud de la wilaya (plaine saharienne), occupe une superficie totale de **363 600 ha, soit 37,95 %** de la superficie totale de la wilaya.

- **La classe d'altitude comprise entre 400 et 800 mètres.**

Cette classe, qui correspond à la zone de piémonts des Néménchas, occupe une superficie totale de **183 131 ha, soit 19,13 %** de la superficie totale de la wilaya.

- **La classe d'altitude comprise entre 800 et 1200 mètres.**

Cette classe, qui correspond en majorité à zone des hautes plaines, occupe une superficie totale de **352 601 ha, soit 36,83 %** de la superficie totale de la wilaya.

- **La classe d'altitude supérieure à 1200 mètres.**

Cette classe correspond aux zones de haute montagne des Aurès et Néménchas, elle occupe une superficie totale de **58 218 ha, soit 6,08 %** de la superficie totale de la wilaya (Carte N°04) (DEW, 2013).

I.3.1.3. La pente

Comme pour les classes d'altitude, une carte des classes de pente caractérisant le territoire de la wilaya a été dressé carte N°07, sur la base de la grille retenue par le MATET pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 04 classes :

Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5%.

C'est une classe à topographie relativement très favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques, sociales et économiques à moindre coût. Correspond aux hautes plaines du Nord, les vallées et les replats, ainsi que la basse cuvette du Sahara. Elle occupe une superficie totale de **422 500 ha, ce qui représente 44,14 %** du territoire de la wilaya

Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5%.

Cette classe présente une pente modérée, sur les sols à structure géologique plus ou moins stable. correspond généralement aux terres de bas piémonts, où l'agriculture reste possible, elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive (selon l'intensité de la pente) et où l'écoulement des eaux (ruissellement) est important. Elle occupe une superficie totale de **216 977 ha, ce qui représente 22,67 %** du territoire de la wilaya.

Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25%.

Cette classe présente une pente relativement importante. Correspond aux piémonts à utilisation agro-sylvo-pastorale, l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures, L'écoulement des eaux est très important, dont les travaux du sol favorisent l'érosion et accélèrent son processus. Elle occupe une superficie totale de **151 712 ha, ce qui représente 15,85 %** du territoire de la wilaya.

Classe 4 : pente supérieure à 25%

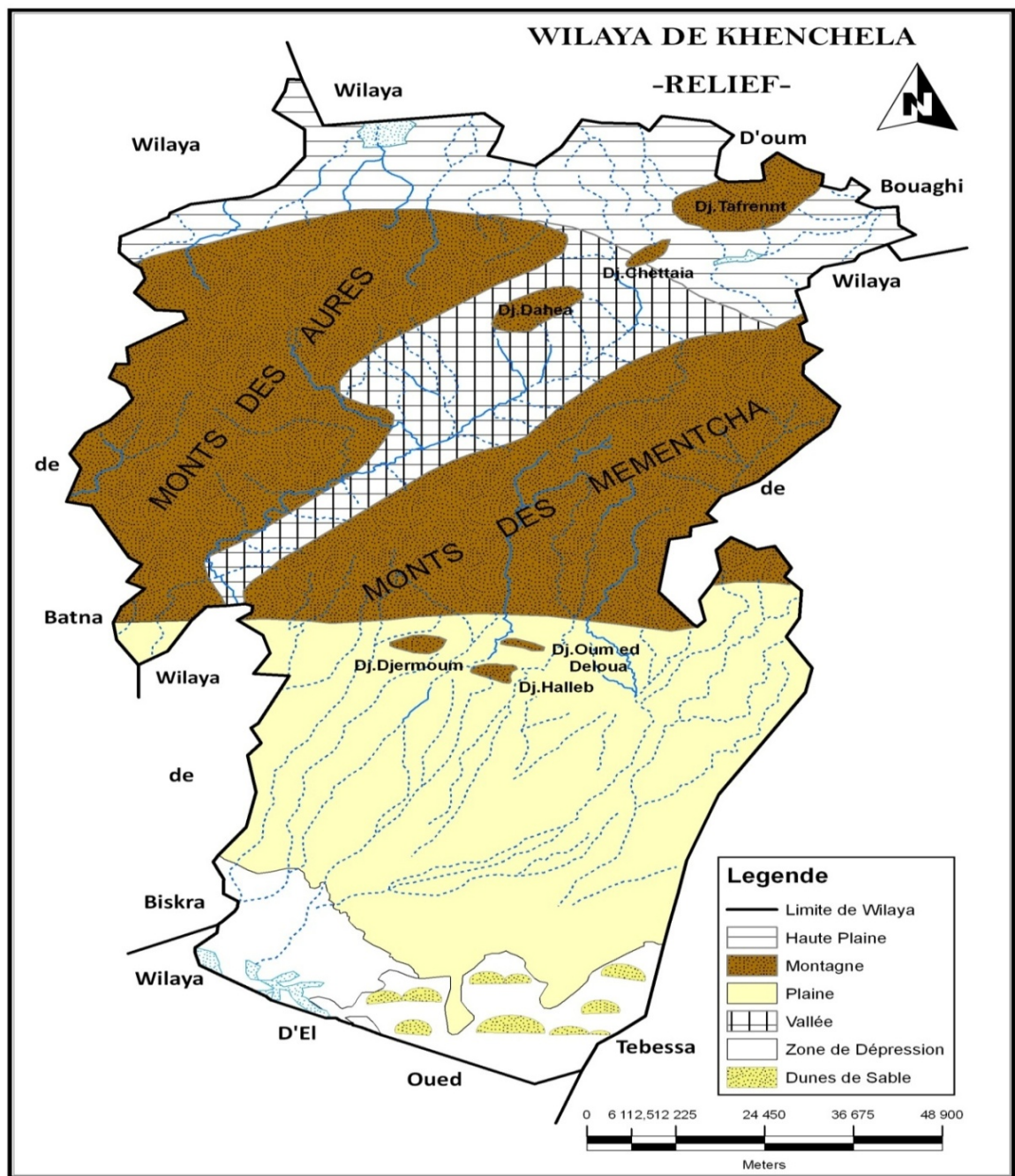
C'est une classe qui présente une pente excessivement marquée, correspond en général aux territoires de haute montagne. Constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures socioéconomiques. A ce titre, l'occupation du sol au niveau de cette classe doit privilégier la sylviculture. Elle occupe une superficie totale de **166 061ha, ce qui représente 17,35 %** du territoire de la wilaya.

I.3.2. Typologie des communes de la wilaya suivant le relief

Le croisement des deux facteurs du relief (la pente et l'altitude) a permis d'établir une typologie des communes de la wilaya en fonction du caractère dominant du relief (DEW, 2013).

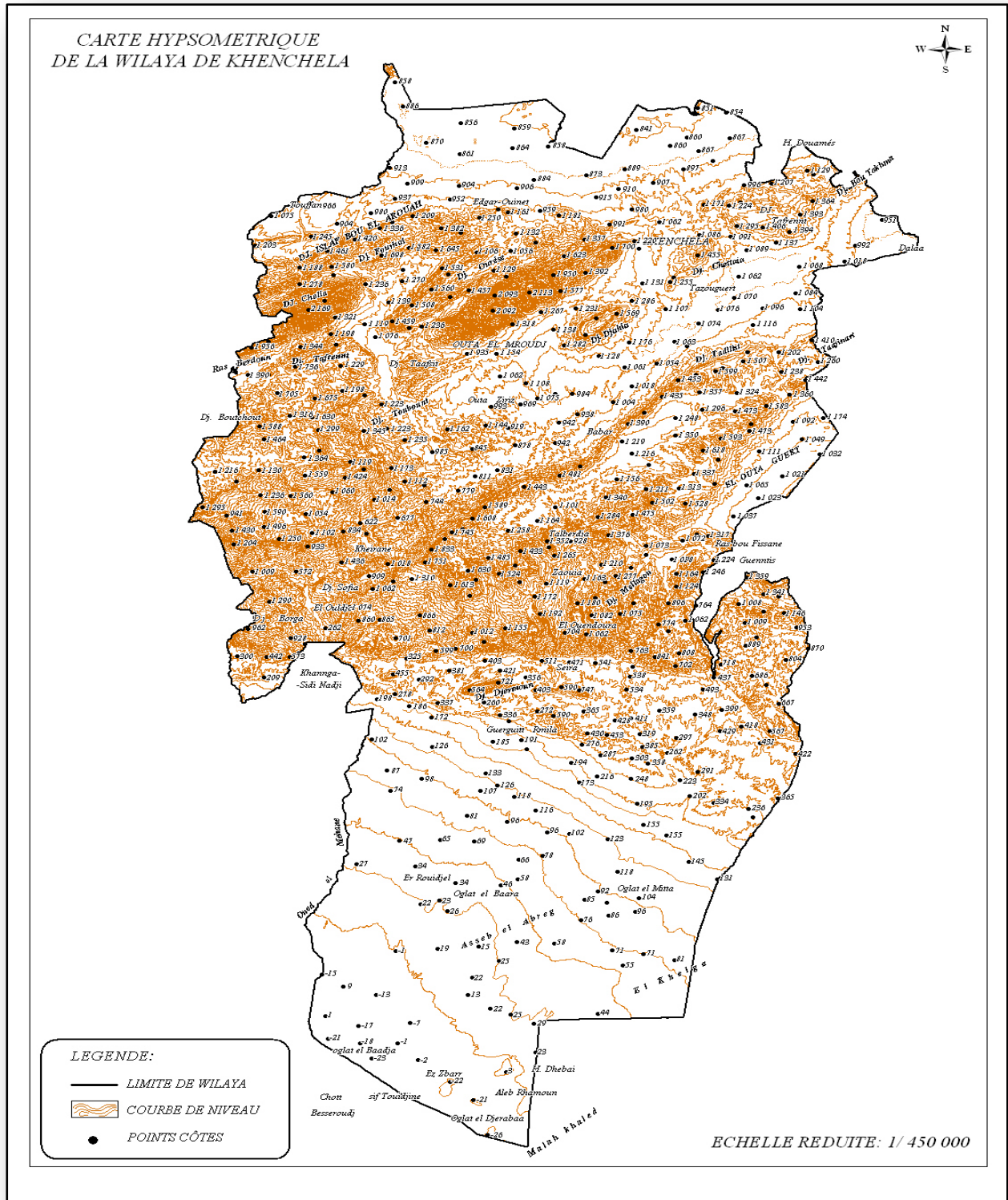
Les classes identifiées sont au nombre de quatre (04):

- **Les communes de plaines**, réparties en deux sous classes : les plaines du sud de la wilaya (basses plaines sahariennes) et les plaines du nord (hautes plaines)
- **Les communes de plaines et piémonts**, qui sont généralement des communes où prédomine une topographie plane associée à une pente modérée ou inversement. Le caractère dominant est mis en évidence en le plaçant en premier dans la dénomination.
- **Les communes de plaines- piémonts et montagnes**. Ce sont généralement des communes qui se distinguent par un relief étagé, mais le caractère de plaine est important ;
- **Les communes de montagnes**, qui sont situées à des altitudes moyennes variables, mais qui se distinguent toutes par une pente dominante excessivement marquée. Dans cette catégorie, on trouve trois sous-classes : les communes de moyenne altitude étage inférieur (zones de vallées : altitude moyenne dominante : 400 à 800 m), les communes de moyenne altitude étage supérieur (altitude dominante : 800 à 1200 m), les commune de haute montagne (altitude moyenne dominante de plus de 1200 m) .



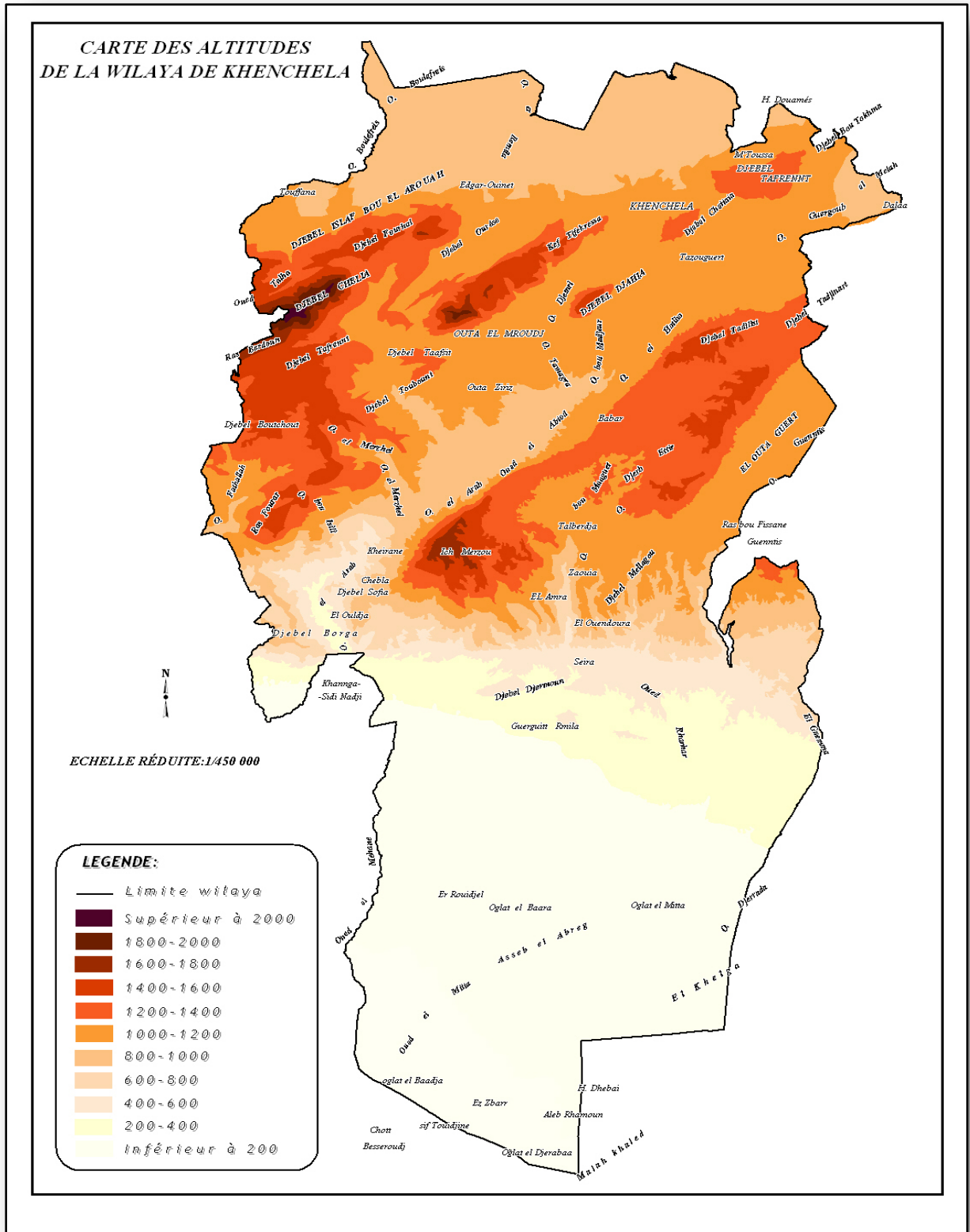
Source : DPAT, 2011.

Carte n°02 : Carte de relief de la Wilaya de Khenchela.



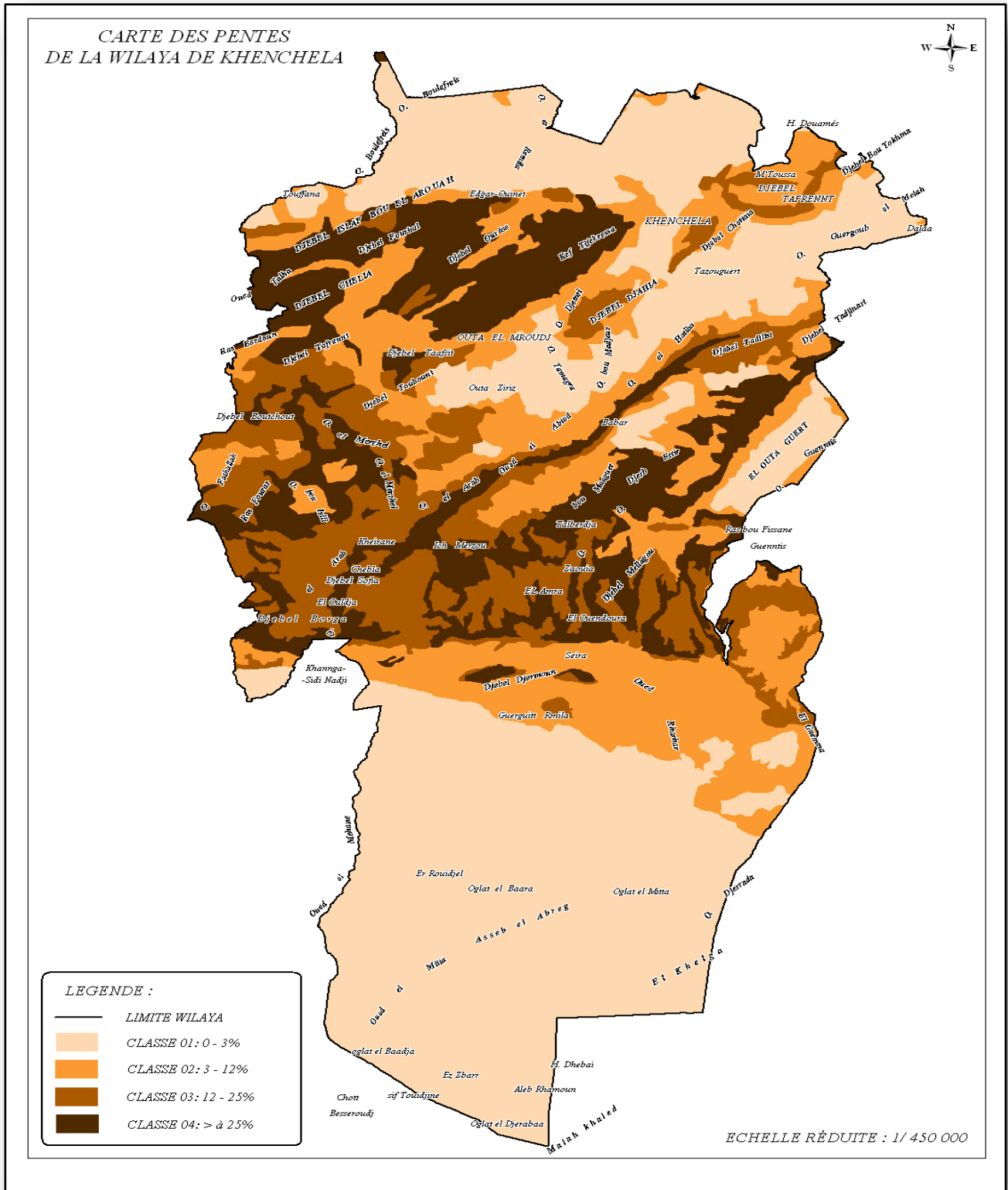
Source : DEW,2013.

Carte n°03: Carte hypsométrique de la wilaya de Khenchela.



Source : DEW, 2013.

Carte n°04 : Carte des altitudes de la wilaya de Khenchela



Source : DEW, 2013.

Carte n°05 : Carte des pentes de la wilaya de Khencchela.

CHAPITRE 2

Cadre Géologique

Chapitre II : Cadre Géologique

Nos connaissances géologiques sur la région d'étude sont largement inspirées des travaux et études régionaux et des synthèses sur le massif des Aurès sur les hautes plaines steppiques et sur les zones humides. La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédiment logiques et structurales (Laffitte 1939, Guiraud 1973, C.G.G 1969 et Houha, 2007).

I. Stratigraphie générale :

I.1. Le Mésozoïque :

a) Trias :

Le Trias affleure en masse chaotique sans aucune stratification. Il est essentiellement évaporitique, constitué en grande partie d'argiles de couleur rouge lie-de-vin à cargneules jaunâtre, à dolomies noires et à gypse marneux ou fibreuses, on y trouve aussi parfois des grés quartziteux (Laffite, 1939).

A la sortie Nord de la ville de Khenchela, un gisement triasique très important affleure et se prolonge vers le Nord-est en bordure de la route de Ain el Beida puis vers Djebel Knif et El Krouma sur plus de 25 km de longueur et sur 50 à 500 m de largeur ; ce gisement présente un contact anormal avec les calcaires de l'Albien, les marnes du Cénomaniens inférieur a moyen et marno-calcaires du Sénonien.

Les épitements des Djebel Knif et el Krouma plus ou moins isolés, posséderaient un volume considérable, ce dernier serait masqué par un dépôt alluvionnaire important. Le Trias de ce secteur est en contact anormal avec le Cénomaniens et le Sénonien.

A l'Est de Djebel el Chettaia, un affleurement triasique en forme de croissant se développe localement d'Ain Krim au Nord jusqu'au Djebel El Tarf (le diapir de Tazougueret) sur une longueur de 12 km et une largeur de 2 km environ ; il est en contact anormal avec le Turonien et Sénonien supérieur (Laffite, 1939).

b) Le Crétacé : Le Crétacé a été subdivisé par Laffite, 1939. En Crétacé inférieur ou série gréseuse (Berriasien à l'Albien) et en Crétacé supérieur ou série marnocalcaires (Cénomaniens à Maestrichtien). Les formations crétacées présentent une masse énorme de calcaire marneux, de marno-calcaire et de marne qui s'allonge depuis les plis de Khenchela,

les monts de Delaa et ceux de F'kirina jusqu'aux montagnes bordant Garaet Tarf suivant des directions NE-SW.

b.1.Crétacé inférieur : Il couvre une grande partie des Anticlinaux du Djebel Chelia, Anticlinal de Khenchela, il affleure aussi au Kef Tifekressa, Ras Serdoun, Djebel Chenntgouma, Djebel Faraoun et Djebel Aidel.

Laffitte, 1939. Soigneusement décrit la plupart des faciès et c'est à partir de ses descriptions, modifiés ou complétés en quelques points, que (Guiraud, 1973) a établi la figure N° 03, qui résume de façon schématique les principales variations observables.

Le Crétacé inférieur peut être subdivisé en quatre ensembles lithologiques :

- _ Un ensemble inférieur (1000 m) à dominance argileuse correspondant au Berriasien supérieur-Valanginien. On note que le Valanginien n'est seulement connu qu'au Djebel Azreg à Batna, presque au centre du massif montagneux.
- _ Un ensemble basal (1300 m) à dominance carbonate avec des calcaires micritiques et bioclastiques en bancs métrique (Tithonien supérieur-Berriasien moyen).
- _ Un ensemble médian (1400 m) à dominante grés-dolimitique appartenant à l'Hautrivien-Barrémien.
- _ Un ensemble supérieur (700 à 750 m), comprenant à la base des dolomies et une alternance de grés, de calcaire à Orbitolines, puis des grés à stratifications blanches, des marnes gréseuses, des calcaire marneux et des calcaires au sommet, est attribué à l'Aptien-albien.

b.2.Crétacé supérieur :

Le Crétacé supérieur forme l'essentiel des affleurements mésozoïques dans les confins de l'Aurès.

b. 2.1.Cénomaniens :

Le Cénomaniens comporte une série de marnes grises dans lesquelles s'intercalent des calcaires fins argileux, une partie médiane formée de marnes grises, vertes ou ocre, contenant parfois du gypse diffus ainsi que des passées argileuses (Houha ; 2007).

b. 2.2.Turonien :

Le Turonien comporte, en effet, au dessus des marno-calcaires de base, un ensemble de marnes beige et calcaires. Dans le Djebel Amrane, le Turonien est schisteux à la base, calcaire dans la partie moyenne, et Marno-calcaire au sommet. L'épaisseur du Turonien peut atteindre 800 mètres dans les faciès Marno-calcaires du cœur de l'Aurès, mais varie de **1000 à 300** mètres dans les calcaires (Houha ; 2007).

b.3.Sénonien :

Le sénonien est présent au Sud de la plaine de Rémila, sur le flanc Nord de l'Anticlinal du Djebel Chélia avec un faciès principalement marneux. Son épaisseur peut être très importante et atteindre **1000** à **2000** m (Houha ; 2007).

I.2. Le Cénozoïques :

a) Le Néogène :

Le Néogène est assez bien conservé au Nord de l'Aurès dans un bassin qui s'étend approximativement de Batna à Khenchela .

Reposant en discordance sur le Crétacé on observe généralement à la base de la série des conglomérats et calcaires à Algues. Au dessus viennent des alternances de marnes gréseuses gris-brun et de grès calcaireux qui, D'après R. Laffitte, 1939. Peuvent se poursuivre aux environs **250** m entre Lambèse et Timgad et **300** m entre Khenchela et Kais sur la bordure Nord du massif de l'Aurès, où elles sont surmontées par **150** m de marnes gréseuses grises.

Il convient de préciser que ces formations Miocènes marines, classées fréquemment sous le terme de «grès», ne comportent en réalité que quelques bancs de grès noyés dans une importante épaisseur de marnes gréseuses ce qui fait que ces marnes gréseuses, paraissant très friables à l'affleurement (Houha ; 2007).

I.3.Quaternaire :

Le Quaternaire ne comporte que des formations continentales généralement épaisses par endroits, souvent en présence de croûtes calcaires. CGG (1970), Laffitte (1939), Lessard (1951), ont eu le mérite de présenter successivement de courtes synthèses dans lesquelles les principaux problèmes étaient abordés (Houha ; 2007).

Mais la seule analyse stratigraphique, Tectonique et morphologique assez poussée publiée est celle de R. Laffitte (1939) qui est, malheureusement, limitée au voisinage de l'Aurès et ses confins.

Les formations quaternaires sont particulièrement bien développées dans les régions comprises entre les reliefs crétacés des monts des Aurès au Sud et la dépression centrale du bassin de Rémila, établie principalement sur le Néogène (Houha ; 2007).

Les piémonts sont ici généralement modelés en glacis à couverture détritique peu épaisse, dont les plus visibles sont situés au Sud d'El Hamma et Kais, à matériel grossier. Ces glacis

sont constitués au voisinage immédiat des reliefs par des alternances de couches de cailloutis et blocailles et de colluvions avec un enrichissement en calcaires dans les horizons superficiels.

Lorsqu'on s'éloigne du piémont l'épaisseur des couvertures de glaciis diminue rapidement. Les formations anciennes sont constituées par des alternances de conglomérats et de sables surmontés par des sédiments fins argilo sableux, rouge au sommet desquels apparaît une croûte calcaire blanche. (Houha ; 2007).

L'examen de quelques coupes de forges, montre que la sédimentation est en majeure partie argileuse et marneuse, avec une proportion importante de gypse et présente un maximum d'épaisseur au centre de la plaine et au voisinage du Chott.

Au Sud du bassin, dans la région de Kais à El Hamma, le Plion-Quaternaire est constitué d'alluvions récentes formé de graviers et galets roulés à éléments gréseux sur une épaisseur de **3 m 50cm**. En dessous on trouve des alluvions marneuses d'épaisseur inconnue d'une épaisseur de **7 m 50 cm**.

Les éboulis sont constitués par des blocs de grès toutes tailles. Un cône de déjection torrentiel qui occupe la partie Sud-est et est formé de cailloux gréseux et d'argile sableuse d'une

I.4. Cadre structurel :

La région de Khenchela se caractérise par un anticlinal naissant sous forme de replis à **70 Km** à l'Ouest de Khenchela, dans des terrains nummulitiques du synclinal des Rassira, mais il est à peine sensible, il se continue vers le Nord-ouest au milieu des terrains de crétacé supérieur en s'accroissant légèrement. (Houha ; 2007).

A partir du djebel Tanout à **45 Km** à l'ouest de Khenchela, l'anticlinal subit un abaissement d'axe et un faible décrochement correspondant à l'accident du djebel Chélia. Plus loin, à partir d'Ain Giuiguel, un relèvement d'axe rapide fait apparaître le crétacé inférieur, où le synclinal du djebel Aidel fait apparaître la base du barrémien ou le sommet de l'interviens. (Houha ; 2007).

Sur le plan Sud du djebel Aidel, au sein des quartzites particulièrement durs du barrémien, on voit un repli synclinal très aigu, contrastant avec l'allure tranquille de l'ensemble de l'anticlinal, ce repli est particulièrement visible lorsque, de Chentagoum au sud-ouest de Khenchela (**2119 m**), on regarde le versant sud-est du djebel Aidel. Ce dispositif semble un cas particulier. (Houha ; 2007).

Vers le Nord-ouest, l'anticlinal subit un abaissement d'axe et les terrains crétacés inférieurs disparaissent aux environs de Khenchela.

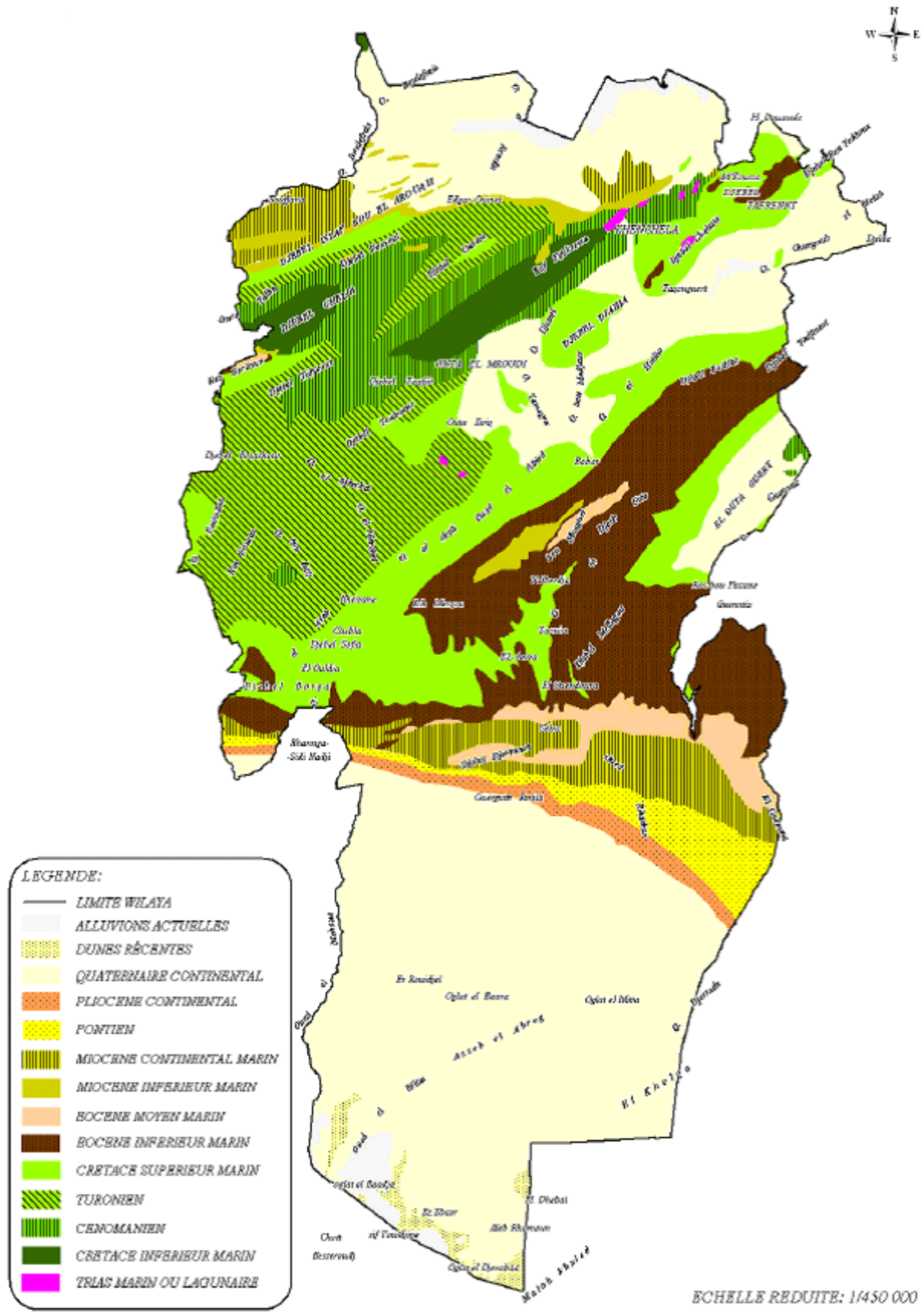
Dans cette région, l'anticlinal est accidenté de failles qui précipitent la disparition du crétacé inférieur sur son plan nord.

La présence de ces failles est marquée par la présence de thermes (Aqua-Flavianus), situés à **7 Km** à l'ouest de Khenchela, dont l'eau riche en chlorure de sodium et sulfate de calcium, sort à la source à une température de **70 °C**. L'origine de cette eau doit être recherchée dans le trait qui forme en effet, le pointement de cet accident à **4 Km** vers le nord-est. (Houha ; 2007).

Tableau n°06: Colonne lithostratigraphique synthétique des formations présentes dans la région de Khenchela

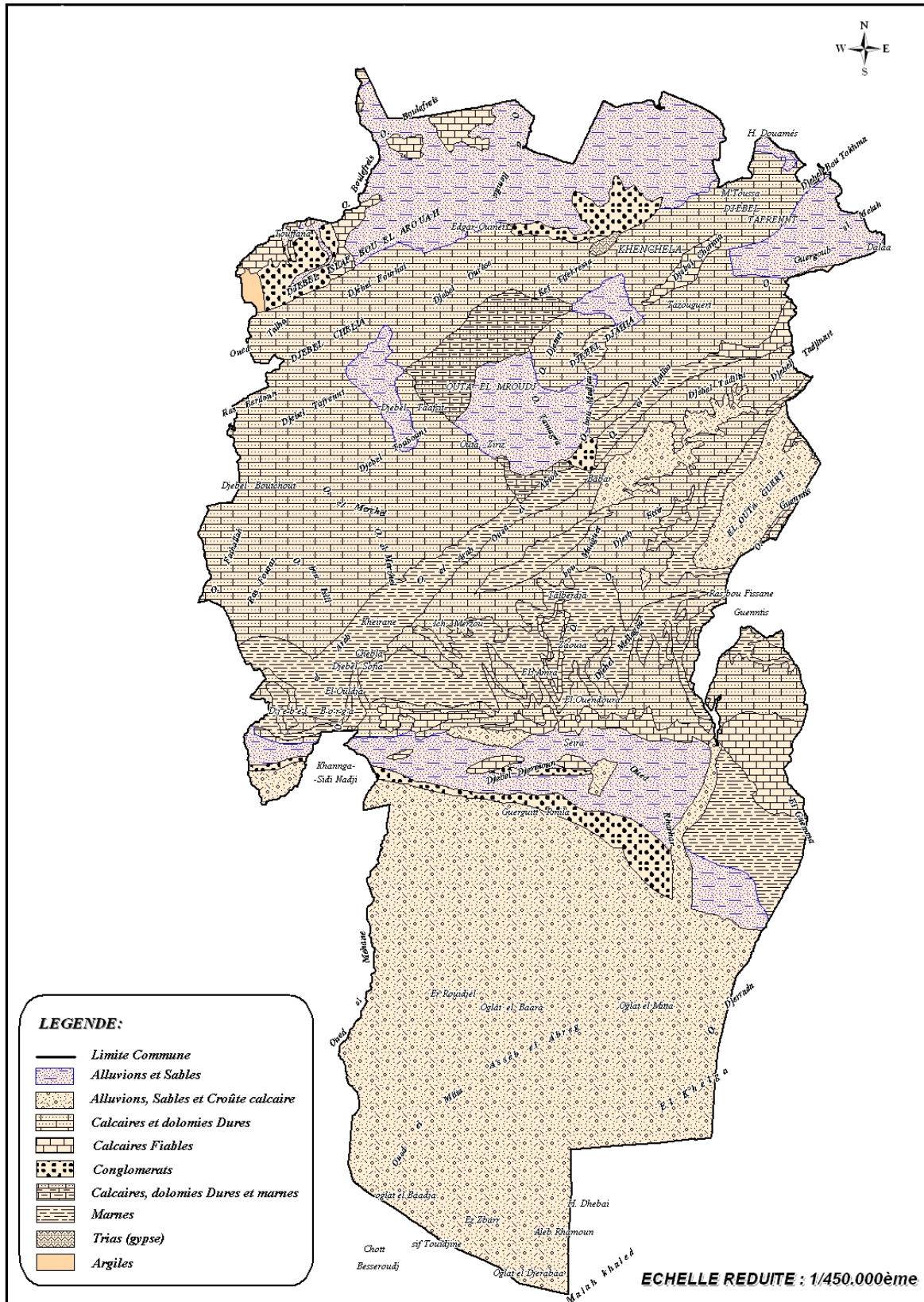
Ere	Période	Epoque	Etage	Lithologie
M E S O Z O O I Q U E	Trias	Trias		Argile, gypse, calcaro-dolometique
	Crétacé	crétacé inferieur	Berriasien	Marno-calcaire, dolomie, grés, calcaire, marne
			Valanginien	
			Hauterivien	
			Barrémien	
			Aptien	
			Albien	
		crétacé supérieur	Cénomannien	
			Campanien	
		Maastrichtien		
C E N O Z O O I Q U E	Paléogène	Paléocène	Paléocène	Calcaire, argile, marne
		Eocène	Eocène	
	Néogène	Miocène	Aquitainien	Agrile, marne, grés, conglomérat
			Burdigalien	
			Langhien	
			Serravallien	
			Tortonien	
	Quaternaire			Alluvion, regs, terrasses

Source : Ouldjaoui et al, 2014.



(Source PAW ; 2014)

Carte n° 6 : Carte géologique de la Wilaya de Khenchela



(Source PAW ; 2014)

Carte n°7 : Carte Lithologique de la Wilaya de Khenchela

CHAPITRE 3

Cadre Hydro-climatique

Chapitre III : Cadre Hydro-climatique

La climatologie s'intéresse à l'analyse quantitative à plus long terme de la moyenne des paramètres requis pour caractériser les états de l'atmosphère, principalement la température de l'air, la lame d'eau précipitée, la durée d'insolation, la direction et la vitesse du vent. Le climat représente donc le « temps moyen » en un lieu donné (Emselem, 1989).

Le cycle souterrain de l'eau et le climat sont étroitement liés. L'évolution du climat a une influence déterminante sur la variation de l'ensemble des réserves et les fluctuations des nappes d'eau souterraines qui s'alimentent par infiltration directe et se décharge par évaporation au cours de la saison en pays aride et semi-aride. Le climat intervient par sa composition hydrique (pluviométrie), qui régit fortement le régime des eaux souterraines et superficielles et même la formation et la qualité des sols de n'importe quelle région. Donc un étude hydro climatique est indispensable pour notre étude.

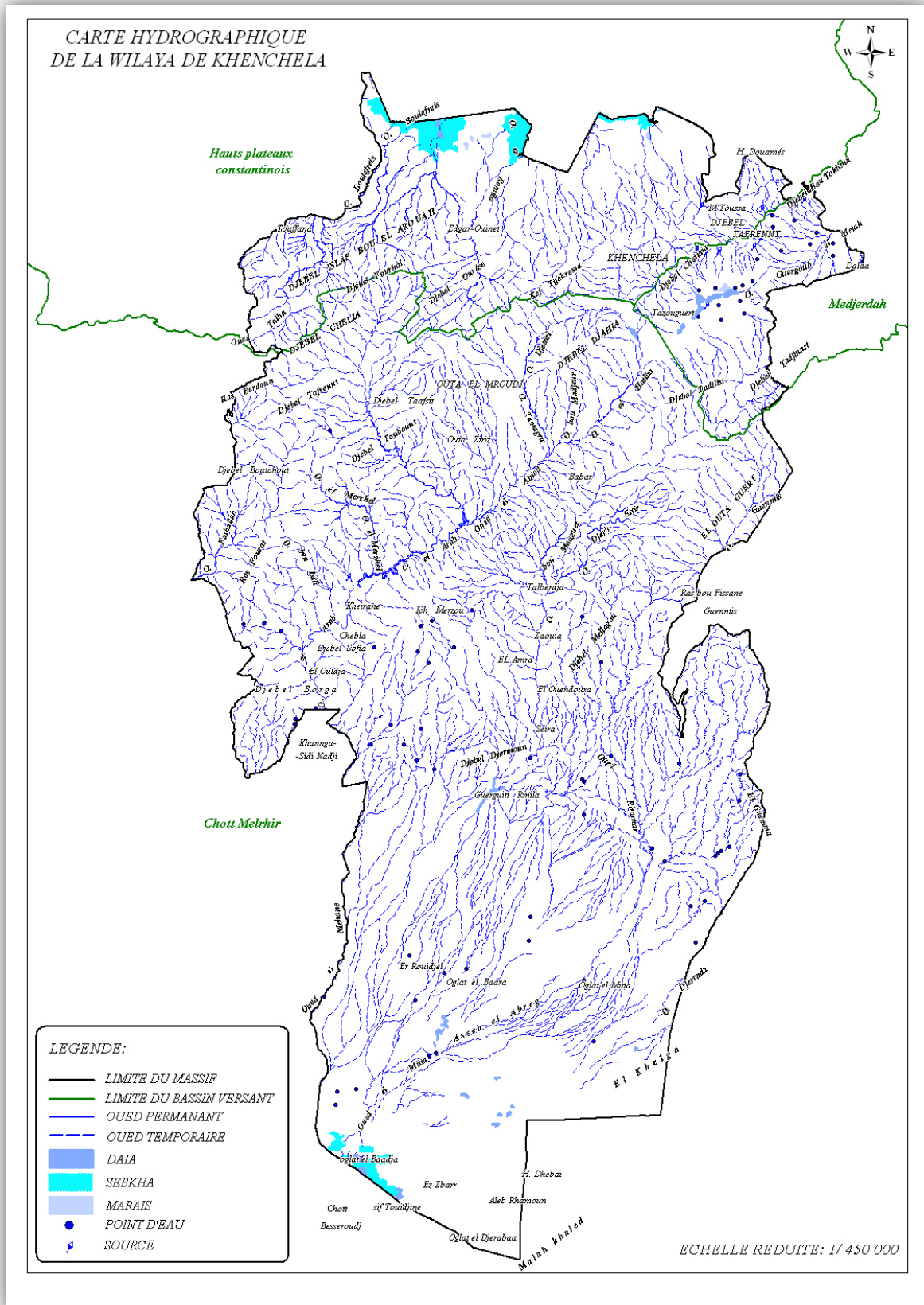
Le climat Algérien est un climat de transition. Il varie du type méditerranéen dans le Nord au type désertique dans le Sahara. Du fait de son appartenance géographique et bio-climatologique à la zone aride et semi-aride.

L'Algérie du Nord est soumise à des conditions hydro climatiques défavorables, caractérisées par des précipitations irrégulières avec des variations interannuelles importantes et une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements.

De point de vu climatique, la wilaya de Khenchela se caractérise par un climat continental, **semi-aride** ; à hiver froid et été chaud et sec. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont celles de la station météorologique de Khenchela.

I. Les données climatiques :

Les données de température et de précipitation correspondent à des hauteurs mensuelles des pluies et de température qui ont été recueillies à la station de **l'office national de météorologie (ONM) de Khenchela** situées à **890 m** d'altitude suivant une période de mesures de **1994 à 2011**.



(Source PAW ; 2009)

Carte n°8: Carte hydrologique de la wilaya de Khencela

I.1.La pluviométrie

La pluviosité est définie selon , comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosions d'une part, et un rôle social et économique d'autre part. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat.

Une irrégularité des précipitations à travers toute la région : augmentation des pluies en altitudes, diminution de leur taux du Nord vers le Sud (Halimi, 1981)

Le régime pluviométrique joue un rôle prépondérant dans l'hydrochimie par le lessivage des terrains. Plus la pluviométrie est forte, plus la dilution des sels restants passant en solution est grande.

Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'écoulement saisonnier, des régimes de cours d'eau, de l'adaptation de la végétation et de l'agriculture , les hauteurs des précipitations mensuelles calculées pour le site étudié sont portées dans le Tableau7.

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière (Halimi, 1981) .

Tableau 7n ° : Précipitation moyenne mensuelle de la station de Khenchela (1994-2011) en mm (Source : station météorologique de Khenchela).

P. (mm)	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
(1994-2011)	47,88	28,6	38,63	50,09	62,61	31,49	16,32	36,63	55,14	41,69	38,39	40,48	487,96

Source : (Smk ,2012) .

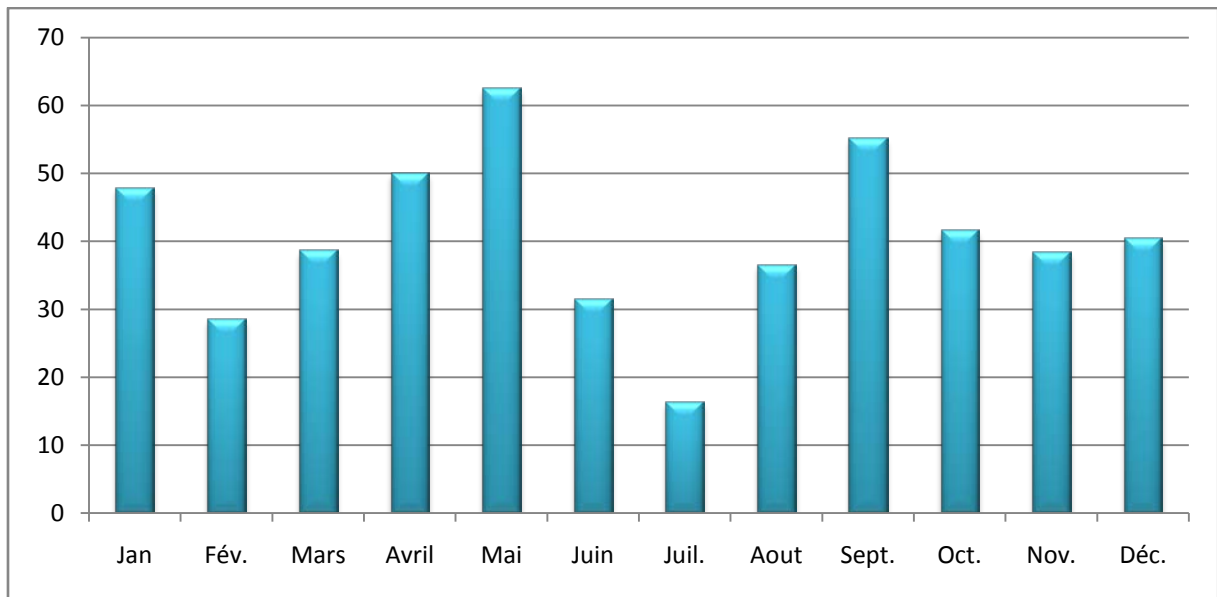


Figure n° 4: Précipitation moyenne mensuelle pour une période de 18ans (1994-2011).

Le mois de Mai est le plus arrosé avec une moyenne de **62.61mm**. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de **16.32mm**.

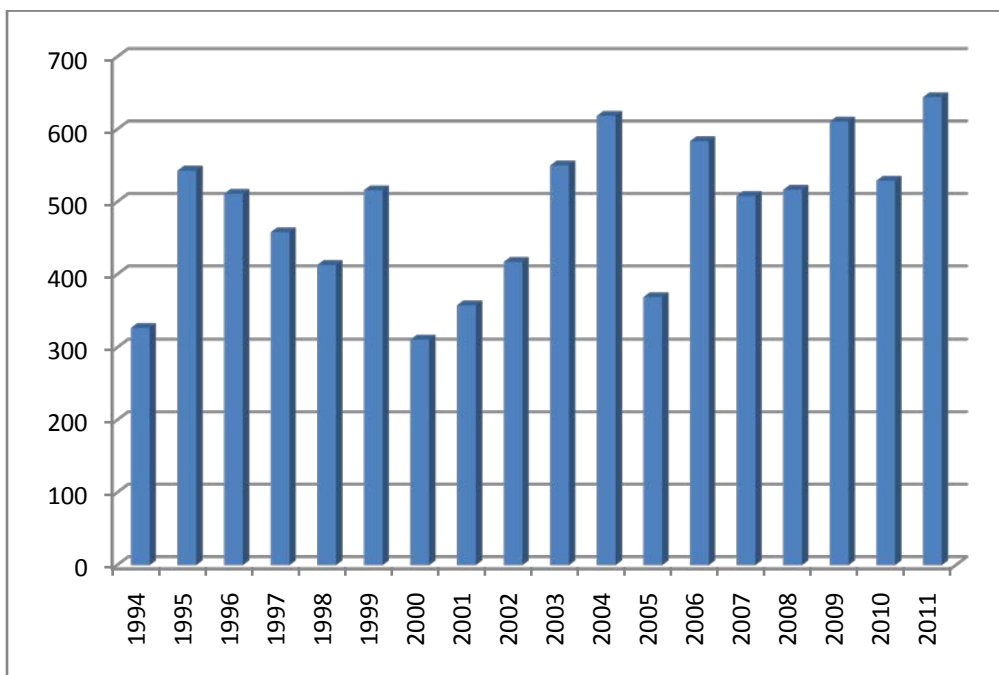
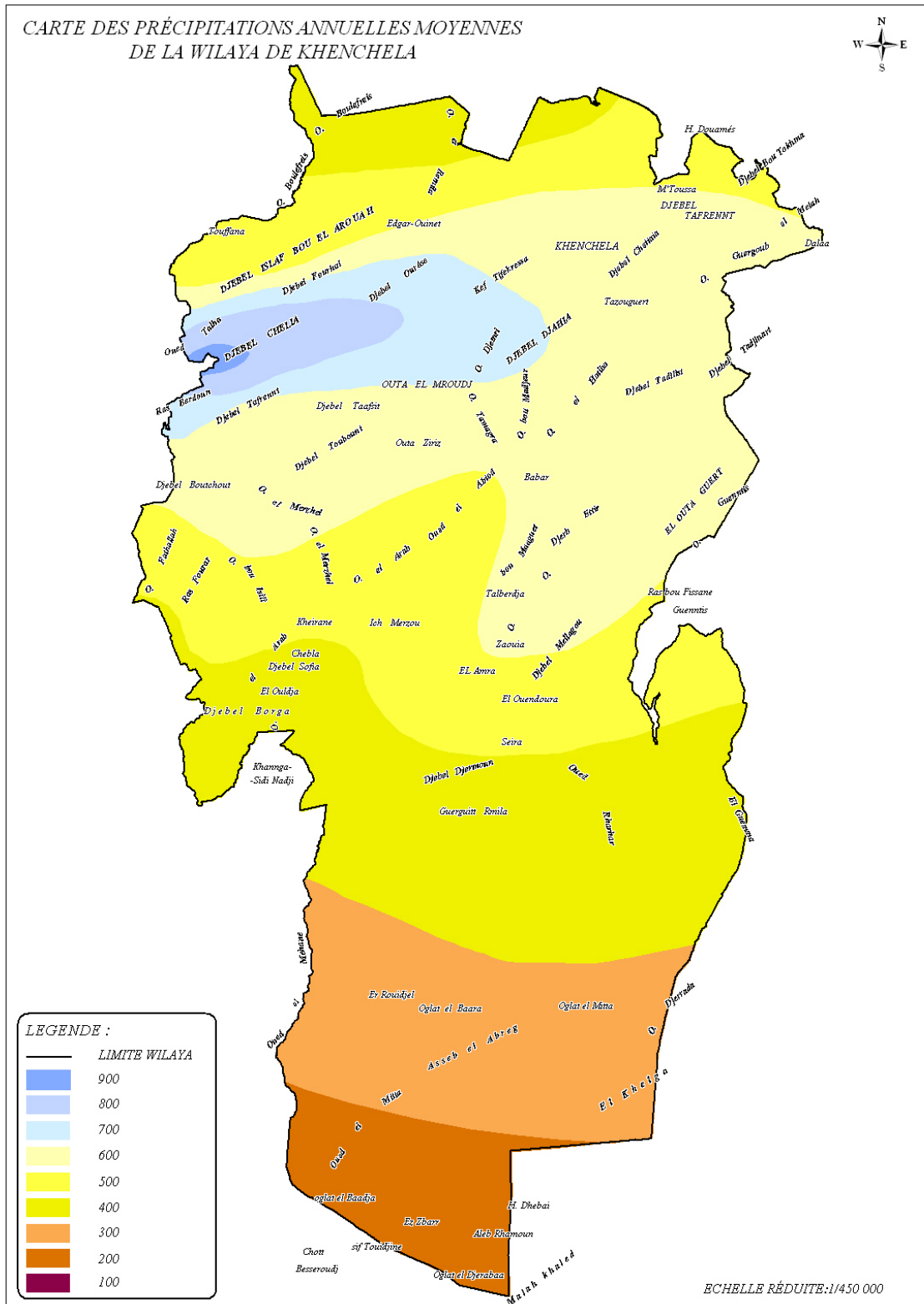


Figure n° 5 : Précipitation moyenne annuelle pour une période de 18ans (1994-2011).

L'année la plus pluvieuse étant **2011**, avec une moyenne annuelle de **53.69mm**. L'année **2000** étant la plus sèche avec une moyenne annuelle de **25.91mm**.



(Source : DPAT, 2012).

Carte n°9 : Carte des précipitations annuelles moyennes de la wilaya de Khenchela

I.1.2.La 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'êtres vivants dans la biosphère .

Pour la caractérisation de ce paramètre il faut connaître plusieurs variables: la moyenne des maxima (M), la moyenne des minima (m) la moyenne mensuelle $(M+m)/2$ et l'amplitude thermique (M-m).

Les données de la température durant la période (1994-2011) sont représentées sur le tableau 8 avec des courbes de variation de la moyenne mensuelle et annuelle de température.

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (Fig.6) montre que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec 6.8°C et le mois de Juillet est le plus chaud avec 26.74°C .

Tableau n°8: Température moyenne mensuelle à la station de kenchela (1994-2011) en ($^{\circ}\text{C}$).

T ($^{\circ}\text{C}$)	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
(1994-2011)	6,8	7,52	10,38	13,3	18,3	23,2	26,74	26,2	21,3	16,53	11,15	7,64

Source : (Smk, 2013) .

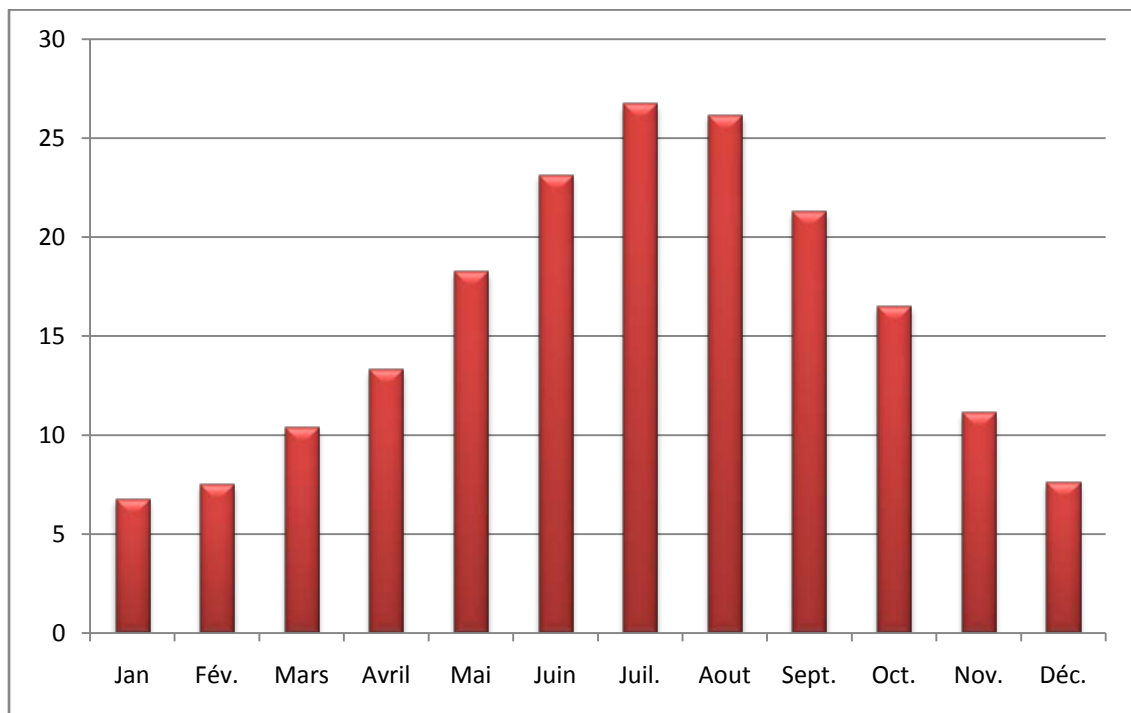


Figure 6: Température moyenne mensuelle pour une période de 18ans (1994-2011).

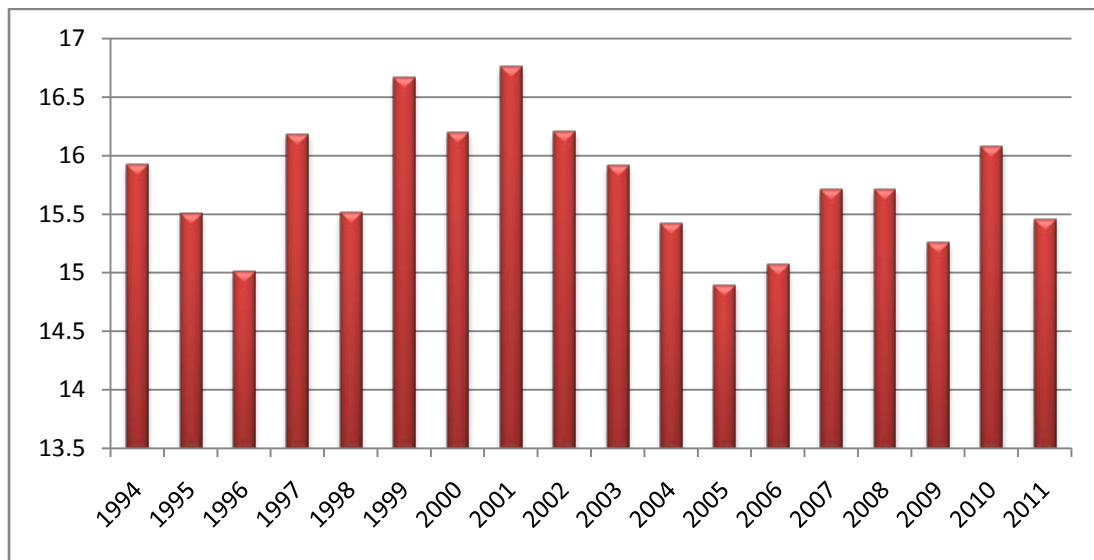


Figure n° 7 : Température moyenne annuelle pour une période de 18 ans (1994-2011).

L'année la plus Froide étant **2005**, avec une moyenne annuelle de **14,9°C**, et l'année **2001** étant la plus chaude avec une moyenne annuelle de **16,76°C**.

I.1.3. Le régime pluviométrique saisonnier

Tableau n° 9 : Le régime pluviométrique saisonnier pour une période de 18ans (1994-2011).

station	/	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Total	Type
El-HAMMA	P (mm)	135,22	116,96	151,33	84,44	482,1	PAHE
	%	27,71	23,97	31,01	17,31	100,00	PAHE

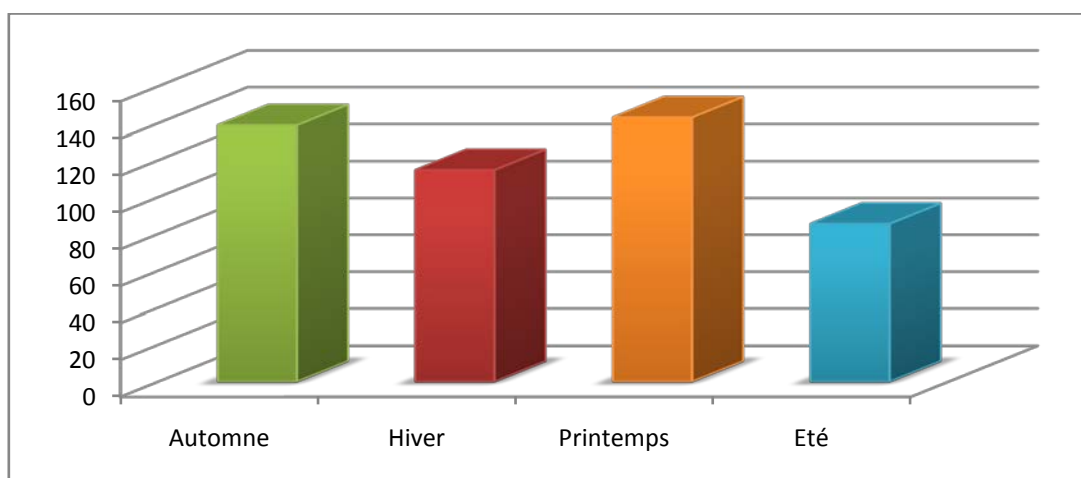


Figure n° 8 : le régime pluviométrique saisonnier pour une période de 18ans (1994-2011)

Les régimes saisonniers, schématisés dans la figure 8 ont de type P.A.H.E. Ce régime saisonnier des précipitations correspond à notre zone d'étude ce répartir comme suite, le total des pluies d'automne présente 27,71%, de l'hiver avec 23,97%, celui de printemps 31,01%, et de l'été est 17,31%.

II. 1.Caractérisation du climat

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques: la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide du Diagramme pluvio-thermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER.

Pour cette étude on a établi un diagramme pluvio-thermique dans lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations,

La caractérisation du climat d'une zone donnée à l'aide d'indices ou de diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement en compte l'offre pluviométrique, la demande évaporative et les températures. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

II.2.Diagramme Pluvio-thermique

Le Diagramme Pluvio-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN met en évidence la notion des saisons humides et sèches, comme celui ayant un total pluviométrique égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T^\circ$).Ainsi, on constate que la saison sèche est formée par plusieurs mois secs consécutifs.

On constate que la région de khenchela présente une période humide débutant au mois de septembre et qui se termine au mois de mai et une période sèche qui s'étend de début de mois de juin au début de mois de septembre.

II.3. Indice d'aridité de Martonne

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (Ia). Cet indice est 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. Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$Ia = P/T+10$$

Avec :

Ia : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles (°C).

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

Quand

$I < 5$ —————> le climat est hyperaride

$5 < I < 7.5$ —————> le climat est désertique

$7.5 < I < 10$ —————> le climat est steppique

$10 < I < 20$ —————> le climat est semi-aride

$20 < I < 30$ —————> le climat est tempéré

$I > 30$ —————> le climat est humide.

$Ia_k = 419 / (15,71+10) = \mathbf{16,3}$ (Station de Khenchela est classe comme un climat Semi-aride).

$Ia_R = 432.26 / (18.26+10) = \mathbf{15.29}$ (Remila est classer comme un climat Semi-aride).

L'indice d'aridité peut être calculé par mois où $a = 12 p / (t+10)$.

Où

I : Indice d'aridité mensuel

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm

T° : Température moyenne mensuelle en °C.

Le tableau n° 11 donne les valeurs de l'indice d'aridité mensuel pour les deux stations:

Al Hamma et BFG.

Tableau n°10 : Indices d'aridité annuelle

BFG			station: El Hamma		
années	I	Étage bioclimatique	années	I	Étage bioclimatique
1996	22.30	Tempéré	1996	19.87	semi-aride
1997	13.54	semi-aride	1997	17.81	semi-aride
1998	14.31	semi-aride	1998	16.06	semi-aride
1999	10.23	semi-aride	1999	20.08	Tempéré
2000	12.62	semi-aride	2000	9.58	Steppique
2001	11.78	semi-aride	2001	10.08	Semi-aride
2002	12.49	semi-aride	2002	17.68	Semi-aride
2003	9.61	steppique	2003	23.24	Tempéré
2004	19.09	semi-aride	2004	21.38	Tempéré
2005	11.89	semi-aride	2005	18.42	Semi-aride
2006	17.96	semi-aride	2006	16.54	Semi-aride
2007	15.63	semi-aride	2007	21.26	Tempéré
2008	15.54	semi-aride	2008	23.43	Tempéré
2009	16.52	semi-aride	2009	13.24	Semi-aride
2010	15.71	semi-aride	2010	19.38	Semi-aride

Tableau n°11 : Indices d'aridité mensuels (I)

station: Al hamma			BFG		
Mois	I	Étage bioclimatique	Mois	I	Étage bioclimatique
Septembre	22.20	Tempéré	Septembre	21.71	Tempéré
Octobre	18.60	Semi-aride	Octobre	20.50	Tempéré
Novembre	22.65	Tempéré	Novembre	25.02	Tempéré
Décembre	27.47	Tempéré	Décembre	25.69	Tempéré
Janvier	35.31	Humide	Janvier	21.36	Tempéré
Février	17.12	Semi-aride	Février	18.55	Semi-aride
Mars	20.60	Tempéré	Mars	20.41	Tempéré
Avril	25.00	Tempéré	Avril	21.92	Tempéré
Mai	24.81	Tempéré	Mai	38.58	Humide
Juin	15.63	Semi-aride	Juin	9.92	Steppique
Juillet	5.10	Désertique	Juillet	13.62	Semi-aride
Août	12.58	Semi-aride	Août	8.71	Steppique

II.4. Le Diagramme de Louis Emberger

Pour préciser l'étage bioclimatique de la région, nous employons le Climagramme de L. Emberger (Figure N°20) sur lequel nous avons reporté les données relatives à la station d'Al Hamma et BFG. On a deux formules pour calculer Q, la première est celle de EMBERGER 1939.

$$Q_2 = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

La deuxième est celle de STEWART 1969 pour le Magreb déterminée selon la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 P / (M - m)$$

Avec :

P : Total des précipitations annuelles de la station

M : Moyenne des maximas du mois le plus chaud

m : Moyenne des minimas du mois le plus froid

Après le calcul, nous obtenons les résultats qui ont été reportés dans le tableau N°12:

Tableau n°12: Coefficient pluviométrique d'Emberger.

Stations	P (mm)	M (C°)	m (C°)	Q2	Etage bioclimatique
Al Hamma	491,82	34,71	2,5	44,71	Semi-aride Frais
BFG	432.26	30.7	3.3	54.11	Semi-aride Frais

D'après les valeurs du tableau n°12 le Climagramme de L. Emberger, permet de dire que la station d'Al Hamma et de BFG ont un Semi-aride Frais.

II.5. Etablissement du bilan hydrique

Le bilan hydrique est établi pour un bassin versant sur une période donnée par comparaison entre les apports et les pertes en eaux dans ce bassin et pour cette période.

Il tient aussi compte de la composition des réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves .les apports d'eau sont effectués par les précipitations.

Les pertes sont essentiellement dues à la composition de l'évaporation et la transpiration des plantes, que l'on désigne sous le terme « **évapotranspiration** ».

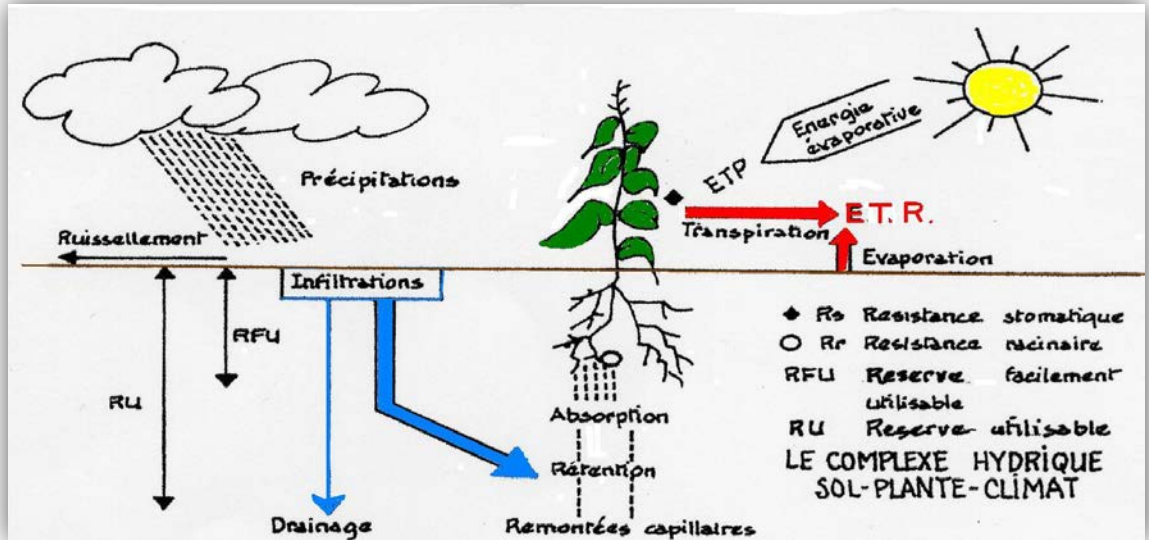


Figure n°9: Le complexe hydrique (sol-plante-climat)

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur.

L'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique. La précision avec laquelle elle est estimée est essentielle pour le calcul du bilan d'eau, du calcul de l'irrigation, de la gestion des ressources hydriques et également pour le dimensionnement des ouvrages d'aménagement.

L'estimation de ce paramètre a été faite à l'aide de la formule de G.W.Thornthwaite.

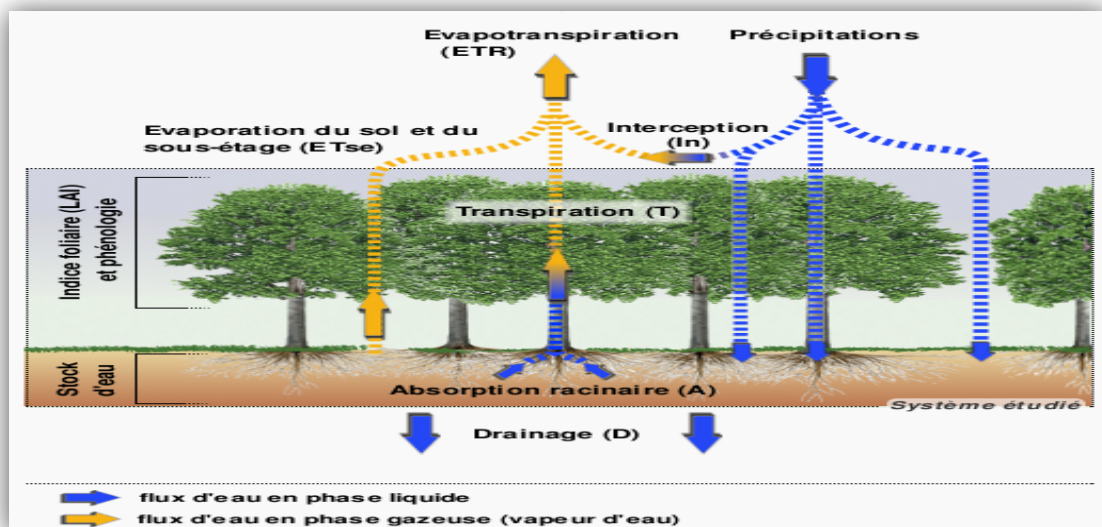


Figure n° 10 : processus de l'évapotranspiration

II.5.1..Evapotranspiration potentielle

Le terme « évapotranspiration » désigne la quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol lui-même que par transpiration des organes aériens des plantes .

Lorsqu'un couvert végétal étendu et couvrant bien le sol est abondamment pourvu en eau, c'est-à-dire lorsque les végétaux qui le composent peuvent puiser sans restriction dans l'environnement aérien, l'évapotranspiration croît et tend vers une limite maximale que l'on peut considérer comme l'un des aspects de l'évapotranspiration potentielle (ETP) ».

L'ETP est étroitement liée :

- à la quantité d'énergie apportée à la surface évaporante;
- à l'évacuation de la vapeur d'eau de la surface évaporante;
- à la végétation: couverture du sol, profondeur des racines...;
- au sol: la rétention d'eau (PF), la profondeur, le drainage, l'écoulement et enfin l'ascension capillaire (surtout les propriétés physiques du sol).

On calcule l'évapotranspiration à l'aide de formules empiriques comme celle de Thornthwaite, de Penman ou de Turc. On distingue l'évapotranspiration potentielle (**ETP**) qui est le pouvoir évaporant de l'atmosphère sur un sol avec couvert végétal disposant de l'eau en abondance. L'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la perte en eau d'un sol quand l'eau vient à manquer: l'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau présente dans le sol.

II.5.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région. La formule empirique qu'on utilise est : THORNTWAIT.

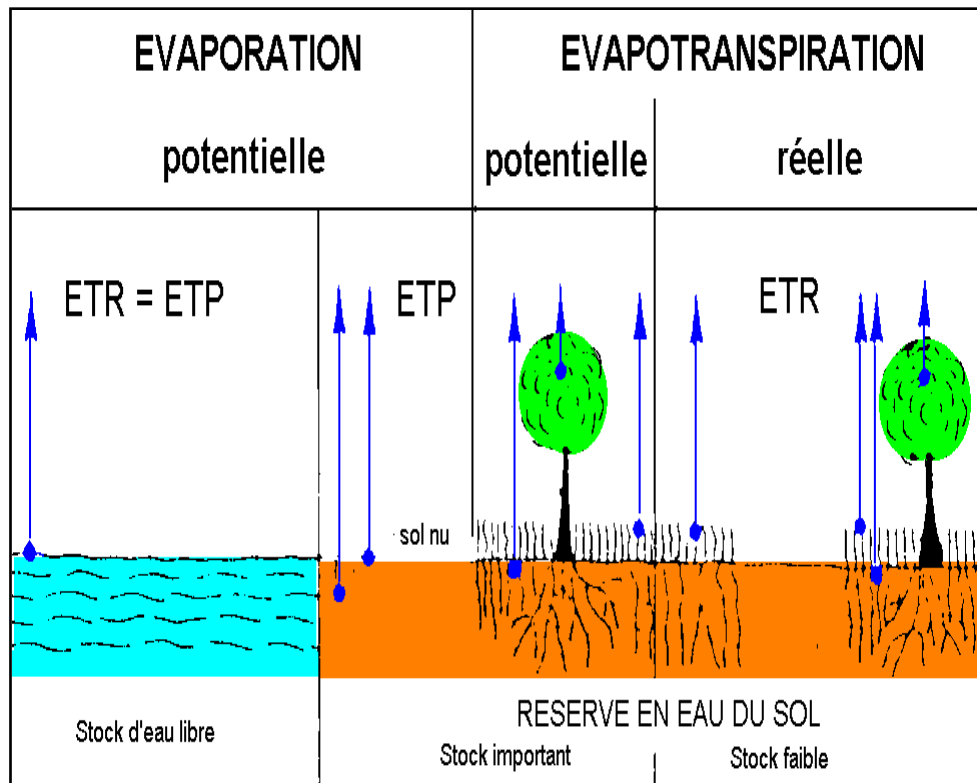


Figure n° 11 : Evaporation et Evapotranspiration potentielle et réelle

➤ **La formule de THORNTHWAIT**

Cette formule a été établie en 1948 et tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle.

La formule de l'ETP est la suivante:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a * K, \text{ (en mm).}$$

Où:

ETP: Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T: température moyenne mensuelle du mois considéré en °C

a: Coefficient calculé par la formule suivante:

$$a = 1,6 \left(\frac{I}{100} \right) + 0,5$$

Application : **a=1.65**

I : Indice thermique annuel qui est égal à la somme des douze valeurs de l'indice thermique mensuel. Cet indice est calculé par la formule suivante:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,5}$$

K : Coefficient de correction, qui dépend de la latitude.

Les résultats de calcul de l'ETP par cette méthode sont présentés dans le tableau

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

Les valeurs de l'ETP ne sont pas corrigées, donc il faut faire le coefficient de correction « **K** » qui dépend de la latitude, prend en considération la durée d'insolation thermique tirée d'un abaque, notre station se trouve à une altitude de **1063 m**.

ETP corrigé=ETP. K

Les résultats obtenus sont: **I = 72,08** et **a = 1,65**

Tableau n°13: Coefficient de correction K dépend du site considéré (climat semi aride)

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84

II.5.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle c'est la quantité d'eau réellement évaporée. Elle représente la quantité de vapeur d'eau relativement dégagée vers l'atmosphère par les sols et les végétaux.

Des méthodes peuvent être proposées :

- La méthode de Turc.
- La méthode de Thornthwaite.

On a choisi la méthode de TURC afin de déterminer l'évapotranspiration réelle (ETR)

➤ **Formule de TURC**

C'est la méthode la plus répandue, elle tient compte des précipitations et des températures moyennes annuelles.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETR : évapotranspiration réelles (mm).

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

L : $300 + 25T + 0.05T^3$ où

T est la température moyenne annuelle en C°.

***Application numérique : L= 889.10, ETR= 447.67mm.**

II.6.1.3. Le bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite

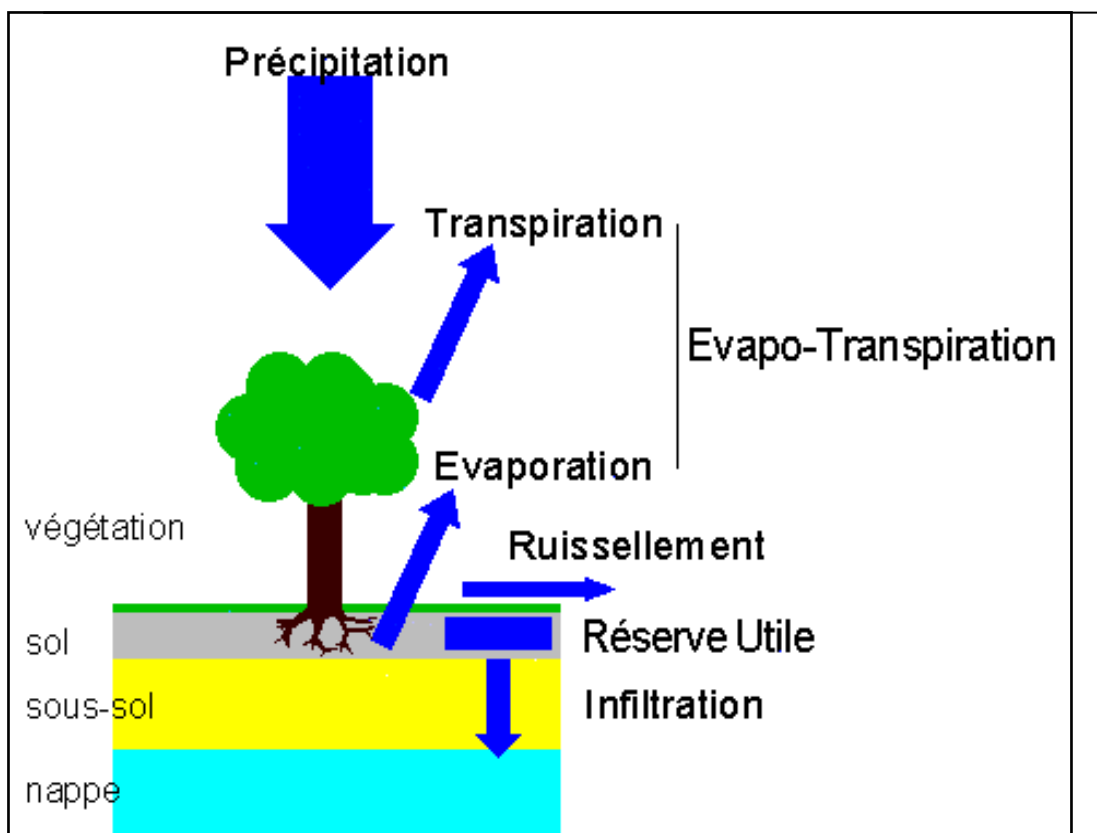


Figure n°12: Utilisation de l'eau du sol par les végétaux lors du cycle de l'eau.

Le bilan hydrique est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Il tient aussi compte de la constitution de réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. Les apports d'eau sont effectués par les précipitations.

Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l'évaporation et la transpiration des plantes, que l'on désigne sous le terme d'évapotranspiration.

Le bilan est évidemment positif lorsque la différence est positive ou que le rapport est supérieur à un. On choisit l'un ou l'autre expression en fonction de commodités ou de diverses. L'écoulement à partir d'une unité de surface sera compté dans les pertes.

L'infiltration est considérée comme une mise en réserve sous forme de nappes souterraines ou d'eau capillaire dans le sol. Les précipitations solides constituent des réserves immédiatement constituées.

La détermination de l'ETR en fonction de L'ETP et de la quantité d'eau disponible (pluie+RFU)

ETR peut être évalué par l'établissement du bilan comme par l'application de certaines formules empiriques, ce paramètre peut être calculé d'après G.Thornthwaite en utilisant les conditions suivantes :

1- Si : $P > ETP \rightarrow ETR = ETP \rightarrow RFU = P - ETP$.

2- Si : $P = ETP \rightarrow$ Les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol mais il n'y aura pas de surplus pour alimenter la RFU $\rightarrow [RFU = 0]$.

3- Si : $P < ETP \rightarrow$ il y aura épuisement des réserves, dans ce cas on aura un déficit du bilan ($ETP - ETR$), ou encore ($ETP - P$) qui représentera la quantité d'eau qu'il faudra ajouter à l'ETR pour atteindre l'ETP,

L'application de la méthode de Thornthwaite pour l'année moyenne a donné les résultats qui sont mentionnés dans les tableaux suivants :

Tableau n°14: Bilan hydrologique moyen (1994-2011) de la station de Khenchela, par la méthode de Thornthwaite

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P (mm)	55.1	41.7	38.39	40.5	47.88	28.6	38.6	50.09	62.6	31.49	16.3	36.6	487.96
T (°C)	21.3	16.5	11.15	7.64	6.8	7.52	10.4	13.33	18.3	23.17	26.7	26.2	
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
ETP (mm)	98.49	60.86	28.26	14.79	12.64	14.59	30.18	48.10	90.06	132.93	170.76	156.09	857.75
P-ETP	-43.39	-19.16	10.13	25.71	35.24	14.01	8.42	1.99	-27.46	101.44	154.46	119.49	
RFU (mm)	00.00	00.00	10.13	35.84	71.08	85.09	93.51	95.50	68.04	00.00	00.00	00.00	
ETR (mm)	55.1	41.7	28.26	14.79	12.64	14.59	30.18	48.10	90.06	99.53	16.3	36.6	487.19
EX (mm)	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	
DA (mm)	43.39	19.16	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	33.4	154.46	119.49	369,9

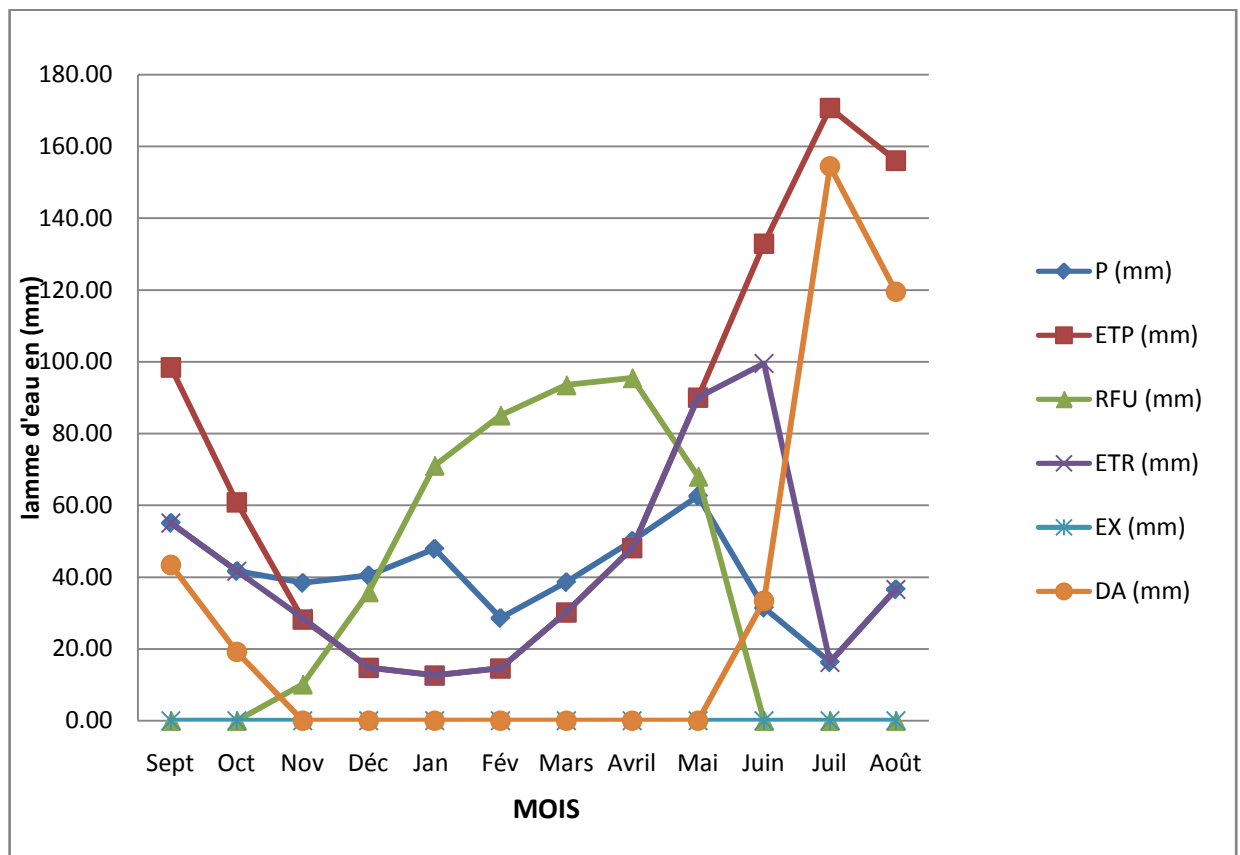


Figure n°13 : Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite .

➤ **Interprétation du bilan hydrologique moyen :**

D'après le graphe du bilan hydrologique on constate qu'il existe deux périodes :

- **La première** est déficitaire où l'ETP est importante à partir de mois de Mai jusqu'au mois d'octobre, avec des valeurs atteignant les 170.76 mm au mois de juillet, dans cette période les sols sont secs et leur niveau de la réserve hydrique est nul, rendant la nécessité de l'irrigation.
- **La deuxième** période est humide qui commence à partir du mois de septembre où les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de Janvier et Avril. Toute la pluie non retenue par la couche superficielle du sol, s'infiltré et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

Le bilan hydrologique permet d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants de ce bilan, à savoir : l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

Le bilan est établi selon la formule suivante : $P = ETR + R + I$

Où : **P** : La précipitation moyenne annuelle en (mm).

ETR : L'évapotranspiration réelle en (mm).

R : Le ruissellement en (mm).

I : L'infiltration en (mm).

II.6.1.3. Ruissellement superficiel et l'infiltration:

Il est estimé à partir de la formule de **Tixeront-Berkaloff** qui est la suivante :

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

L'infiltration est le passage de l'eau à travers la surface du sol, il est exprimé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I \rightarrow I = P - (ETR + R)$$

Tableau n°15: Répartition de précipitation en (mm, %) à la station de Khenchela :

Précipitation (P)		Evapotranspiration réelle (ETR)		Ruissellement (R)		Infiltration (I)	
(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
487,96	100,00	488,19	100,00	52,64	10,79	-52,87	-10,83

III. 1. La région étudiée

La précipitation est enregistrée au niveau de barrage Foug El Gueisse elle enregistre un maximum de pluie de 51 mm au mois de Mai et un minimum de 12 mm au mois de Juillet. Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations représentées sur le tableau n°16 et la figure n°14.

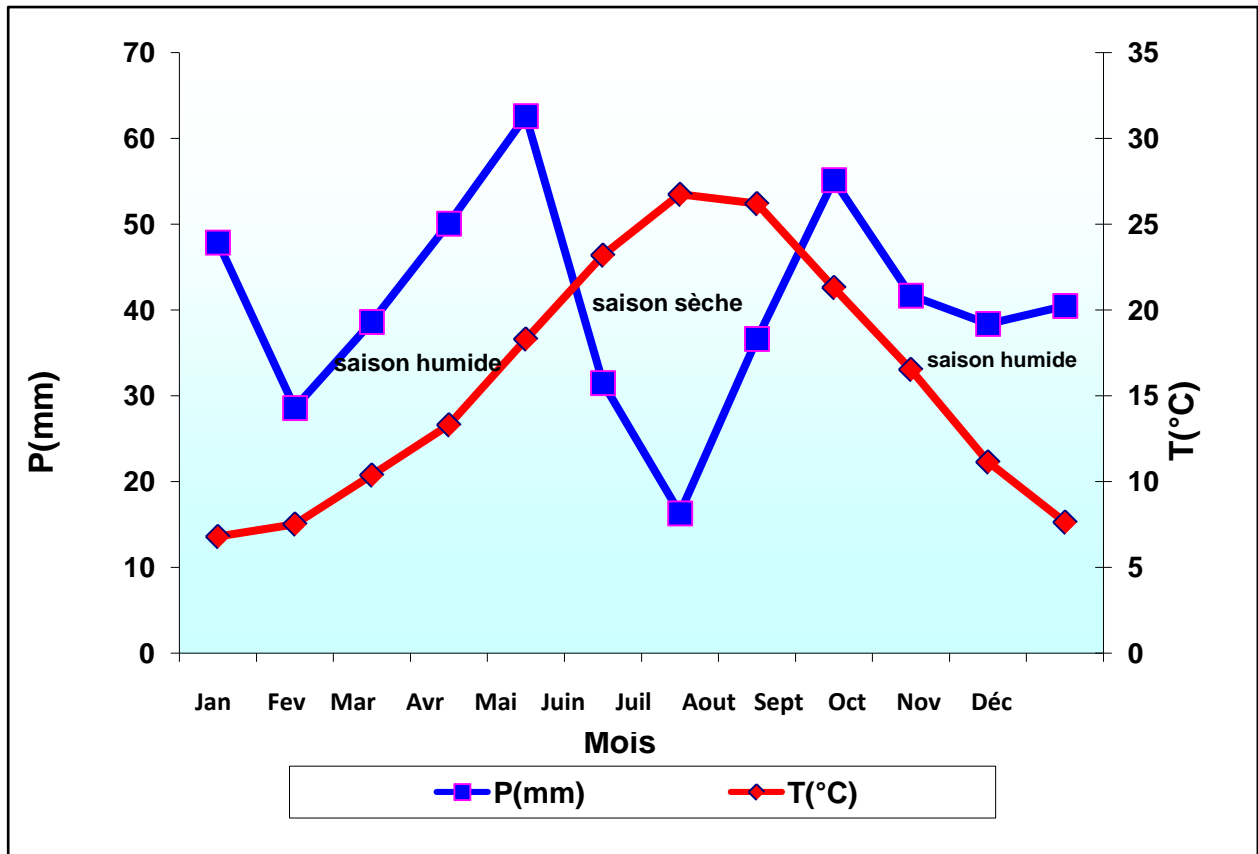


Figure n°14: Diagramme Pluvio-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN.

Tableau n°16: Précipitations moyennes mensuelles de barrage foug El gueiss (1996-2013)

Mois	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
P(mm)	59	43	26	23	30	28	31	46	34	15	8	20
	128			81			111			43		

Source : BFG, 2014.

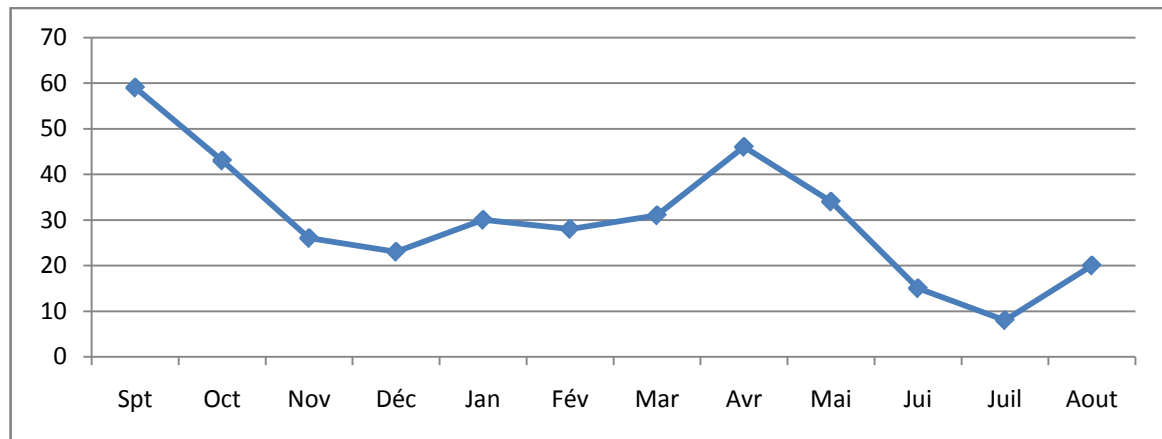


Figure n° 15 : Répartition des précipitations mensuelles de la Station de Barrage Fom El Gueiss (1996-2013).

La répartition des précipitations selon les saisons se fait comme suite:

- Une période humide s'étendant du mois de Mars au mois de Mai, c'est à dire pendant les trois mois avec une moyenne maximale de 131 mm en Printemps.
- Une période sèche qui correspond aux mois de Juin au mois d'Août avec une précipitation moyenne de 84 mm.
- Une période subhumide s'étendant du mois de Septembre au Décembre au mois de Février, c'est à dire pendant les deux saisons hiver et Automne avec une moyenne maximale de 108 mm.

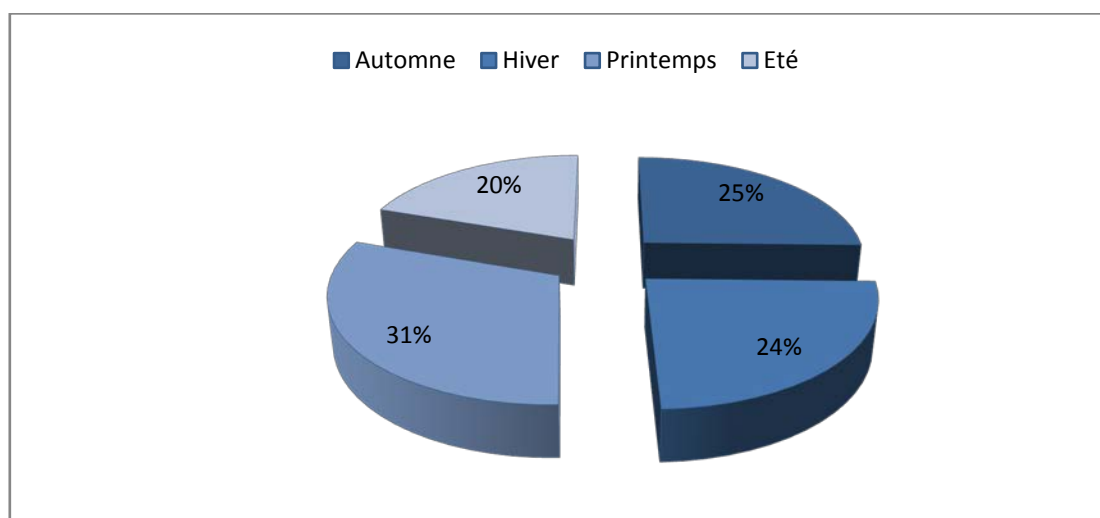


Figure n°16 : Répartition saisonnières des précipitations de barrage Fom El Gueiss (1996-2013).

Conclusion

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

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de **18 ans** (1994 – 2011), sont estimées à **487,96 mm**, leurs répartitions mensuelles montrent deux grandes saisons bien distinctes, le premier est humide, qui s'étend du mois de Septembre à Mai. La deuxième est sèche, qui s'étale sur les mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre.

L'évapotranspiration réelle est estimée à **487.19 mm** mobilisant **100%** des précipitations de la région de montagne.

Les températures moyennes mensuelles varient entre **7°C** et **26°C**, avec une moyenne annuelle de **15.77°C**. Le mois de juillet étant le plus chaud avec **26.7°C**, et le mois de Janvier est le plus froid avec **6.8°C**.

Le ruissellement ne représente que **10,79%** des précipitations, ce qui représente **52,64 mm**.

L'infiltration est estimée à **-10,83%**. Ce qui permet de percoler **-52,87mm** dans la région de montagne.

Le déficit agricole estimé est de **369,9 mm** étalé sur la période allant de Juin jusqu'à Octobre.

Notons que le bilan hydrologique est déficitaire.

CHAPITRE 4

Pédologie

Chapitre 4 : Pédologie

Les études pédologiques de la plaine de Remila a été réalisée par Aissoug 1973, les sols ont été classés suivant la méthode française (C.P.C.S) (Zouaoui, 1989).

1. Aperçu pédologique sur les principaux sols de la wilaya :

Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la wilaya, il en résulte un large éventail de sols, dont la formation est conditionnée par la couverture végétale. La carte pédologique de l'Algérie, établie par JH DURAND, confortées par des études ponctuelles plus récentes, permet de cerner d'une manière assez générale les principaux sols rencontrés au niveau de la wilaya (DEW, 2009). La Carte N°12 des sols, dressée à l'échelle du 1/500 000 par JH DURAND, a dénombré six classes de sols, auxquelles il convient d'ajouter la classe des sols minéraux brut (affleurement de la roche mère) et la classe des sols halomorphes (sols salés) :

- **Les sols calcaires humifères** : Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres.
- **Les sols insaturés humifères** : Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.
- **Les sols calciques** : Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Faïs en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.
- **Les sols éoliens d'ablation** : Ces sols sont rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Nementchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.
- **Les sols éoliens d'accumulation** : Ils sont localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux).
- **Les sols alluviaux basiques** : Ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est à dire les zones où la pente devient plus douce. on les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gâaret et Tarf, cuvette du bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouhmama et de la plaine de Guentis.

- **Les sols salins ou solontchak** : Ces sols caractérisant les dépressions sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoréique ou de la présence de roches triasique (gypse : roche saline).
- **Les roches mères** : Ces roches, résultat d'une érosion intense due a une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nementchas.

1.2. Caractéristique Pédologie de la plaine de Remila :

D'après les donné morphologique et analytique la plaine de Remila présente des caractéristique spécifique à elle de manière générale les données dégagé sont semblable et typique des sols salés des zones aride et semi-aride de l'Algérie (Zouaoui, 1989).

La texture dominante est argileux sur certains sols la présence d une stratification entre plusieurs texture est évidente.

L'aspect texturale dominant sur ces sols est une contrainte à ne pas négligé car il limité le choix de culture ainsi que leur croissance l impact est ressenti au niveau de la production ; Deux autre aspects limitant aussi sont dégagé le taux élevé de calcaire totale ainsi que la salinité ils sont caractéristique de la plupart des sols en zone semi-aride (Halitim, 1973), les dépôt de calcaire sous forme d amas et d'efflorescence sont très évidant au delà de 50 cm l'apparition en surface des sels est remarqués en période sèches ou après irrigation nous avons des remontés en nappe c'est le cas de tous les sols situé au Nord de la plaine chez certains unités cas de celles situés au centre de la plaine nous avons rencontrés des amas de cristaux de sels. Sur la plupart des sols la répartition des sels semble être homogène le long des profils la prédominante des sels des profils la prédominante des sels est liée aux ions Cl^- et SO_4^- (chlorure et sulfate).

D'après Halitim, 1971. Le risque de salinisation et alcalinisation sont favorisé par l'action de nappe par la topographie plane ne permettant pas un bon drainage et par la texture fine à très fins (mauvaise perméabilité) ce ci est le cas des unités situées dans des dépressions larges du Nord-Est. La capacité d'échange cationique (T) est très élevé (18 meq/100 de sols).

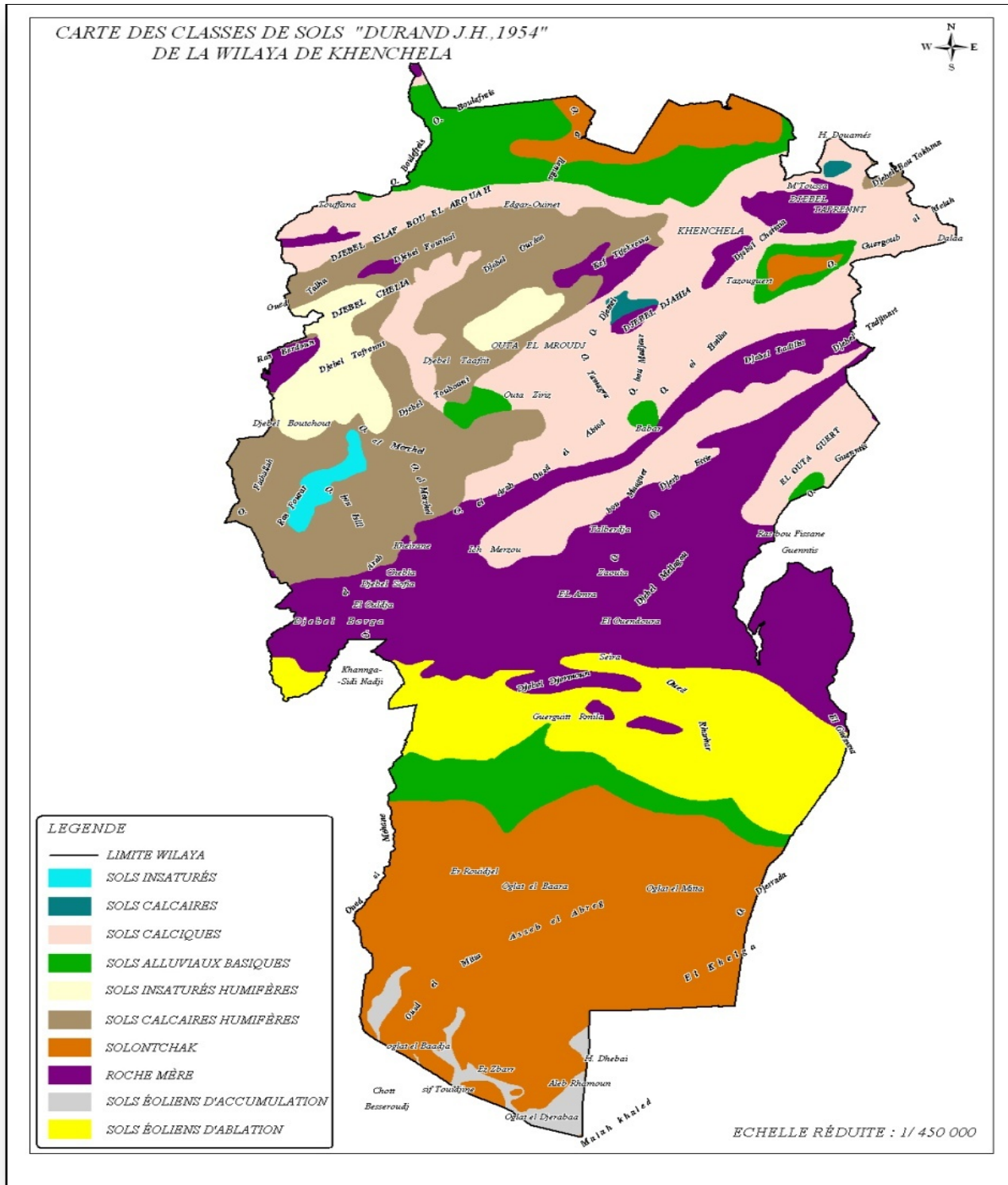
D'après Halitim, 1973. Elle est particulièrement à la prédominance d'argiles 14 A et de la teneur d'argiles des sols. Pour les sols le complexe absorbant (v) est saturé par le cation Ca^{++} , Mg^{++} et a degré moindre de Na^+ le taux de saturation étant supérieur à 80%.

1.2.1. Répartition des sols dans le plain :

D'après Zouaoui, 1990. Une faible répartition des sols peu évolués ils sont situés au Nord-Ouest et à un extrême Sud est de la zone d'études ; ils présentent moins de contrainte pour les cultures.

Du point de vue géomorphologique ils sont situés soit sur un glacis terrasse soit dans des terrasses cuvettes d'autres ont été localisés dans les zones alluviales de l'Oued gueis au Sud-Est. Le matériau parental est limono argileux sur alluvions fines calcaire .d ou la présence D'une teneur élevée de CaCO_3 total. Les vert sols situés dans des terrasses alluviales occupent eux aussi de faibles superficies (6.86 % par rapport à la zone étudiée).

Comme c'est le cas des sols peu évolués le taux de MO est faible (1.5%) alors que le taux de CaCO_3 totale dépasse les 25%. Les sols Calcimagnésique sont répartis sur des superficies relativement importantes certaines unités présentent une salinité et une alcalinité très nuancée le taux de MO est faible supérieure le 01% et le taux de CaCO_3 très élevé supérieure le 80% .Ces sols sont situés dans des glacis terrasses et glacis de colline. L'hydromorphie est présente en profondeur supérieure 50cm la présence de croûte inférieure le 80cm et d'encroûtement supérieure 50cm caractérise les unités à l'extrême de la zone. Enfin la dernière classe de sols d'écrite est celle des sols halomorphe ils dominent dans la plaine avec environ 49,2% de la superficie étudiée. Les unités halomorphiques sont réparties un peu partout dans la plaine elles sont situés dans les glacis de colline et dans les terrasses de faible pente il présente un taux de CaCO_3 total élevé supérieure 23.00% ils ont une bonne capacité d'échange cationique (T) le taux MO est faible inférieure le 2% leur texture est argileuse limono-argileuse le caractère halomorphe est le plus dominant. Dans les zones trop déprimées se sont formés des chotts leur conductivité est très élevée et leur salure est du type Na Cl.



Source : CCF, 2011.

Carte n°10 : Carte des classes de sols de la Wilaya de Khenchela

Conclusion :

En conclusion il est possible de dégager les points suivant :

- la pente est faible sur pratiquement toute la plaine ormis certains microreliefs de faible étendue et dont la pente varie entre 2 % et 4%.
- la présence d'encroûtement calcaire (sol du sud-est) ainsi, que la teneur élevée en CaCO_3 total supérieure 25% peut être à l'origine de la chlorose chez les fruitiers.
- La texture est fine à très fine sur la majeure partie des terres de la plaine les travaux de sols sont recommandés.
- la salure est du type $\text{Na Cl. Na}_2\text{SO}_4$ avec un PH alcalin la salure provoque la sécheresse physiologique et la dégradation des argiles.
- on générale la nappe superficielle est touchée par le problème de la salinisation.

CHAPITRE 5

Etude de la salinité des sols.

Chapitre 5 : Etude de la salinité des sols.

Les sols salés ou sols halomorphes appelés actuellement sols salsodiques représentent un pourcentage important de la surface totale des sols dans le monde (Cherbuy, 1991). Ils se différencient naturellement sous les climats plus ou moins aride, mais aussi tempérés, maritimes ou continentaux, là où l'évaporation excède, les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire (Bouteyre et loyer, 1992). Par ailleurs le développement mondial de la culture irriguée entraîne et toujours une extension secondaire des terres salées liée à la dégradation chimique et physique des sols et à une mauvaise conduite de l'irrigation (Shainberg I, et Shalhevet J, 1984 ; Sumner, 1993 ; Gassemi et al, 1995 ; Cheverry et Bourrie ; 1998) cités par (Claud et al, 2005).

I. Définition et Dénomination des sols salés :

I.1.les sols salés :

Sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de forte quantités de sels solubles plus solubles que le gypse ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure, qu'ils rendent diffuse. Ces deux caractères de ces sols modifient également et diminuent le développement de leur végétation et des cultures que l'on peut y faire. Certains des sols « salés » n'ont que l'un de ces caractères, d'autres présentent les deux à la fois (Aubert, 1983).

On parlera en général de sol salé lorsque la concentration en sels des solutions dépasse 0.5 g/l cette concentration est le plus souvent mesurée par la conductivité électrique (CE) de la solution du sol saturée exprimée en mmhos/cm ou actuellement en décisiemens ds/m (Aubert, 1983).

Selon Calvet (2003), un sol est dit salé quand la conductivité électrique, est supérieure à 4 dS/m. Cependant la salinité d'un sol s'apprécie plus par le comportement des plantes de sorte que cette limite peut être très différente selon la sensibilité des espèces végétales. Car Servant, 1975. Un sol dit saler quand la CE dépasse 10 dS/m.

I.2. Les sels :

Les sels solubles sont tous les sels plus solubles à l'eau que le gypse. Leur concentration globale est généralement exprimée par la conductivité électrique qui représente en réalité la conductivité électrolytique (Halitim, 1988). Les sels solubles sont essentiellement ; Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- , CO_3^- et NO_3^- (Mermoud, 2006).

Les plus fréquents dans les régions arides et semi- arides sont surtout les chlorures et les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (Servant, 1978 ; Halitim, 1988).

I.2.Origine de la salinité des sols :

I.2.1Facteurs intervenant dans le processus de salinisation :

Selon Wyn- jones et Gunston, 1991. La salinisation des sols peut être due a :

- Lixiviation des sels solubles et / ou à l'évaporation qui déposent leurs sels dans les sols.
- En régime, non saturé, la remonté capillaire entraîne un transport des sels par flux de masse vers la surface du sol ou ils s'accumulent après évaporation de l'eau (Raju et al, 1993). Dans les mêmes conditions cité in (Djili et Daoud, 1999) ont étudié expérimentalement la remonté capillaire et l'accumulation des sels en surface. Ils suggèrent que cette accumulation dépend de la profondeur de la nappe et la texture du sol.

D'après Cherbuy, 1991 et Mermoud, 2006. La salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

I 2.2- Salinisation primaire :

I 2.2.1- Salinisation géologique :

Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques. En région arides et semi-arides, ces sols se concentrent sur place ; dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc., les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaire (Trias, Terraines et Quaternaire).
- Soit de l'altération des roches volcanique.

I. 2.2.2 -Salinisation marine et lagunaire :

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux Oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines ou les déposent à leur surface (Gaucher et Burdin ; 1974).

D'après Szabloucs (1986) et la FAO cité in Robert (1996), la superficie totale concernée par cette salinisation naturelle est proche de mille millions d'hectares (995 ha) soit près de 5 % de la surface du globe.

I. 2.3 - Salinisation secondaire :

Dans les zones à climat aride et semi- aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire.

Actuellement il y a environ 350 millions d'hectares irrigués dans le monde (Szablocs, 1994). 10 à 15% des surfaces irriguées souffrant de la salinisation (Mermoud, 2006). En effet, Hamdy et al, 1995. Ont constaté que les terres irriguées affectées par la salinité correspondent à 27% de la surface irriguées dans le monde. Plus de la moitié des terres irriguées du monde sont salées, sodiques ou sujettes à l'engorgement. Cette menace selon Chevery, 1995. Occasionne, chaque année des pertes de terres de 10- 12 millions d'hectares.

En Algérie, près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes. Bien que le problème d'alcalinisation (Daoud et Halitim, 1994).

I. 3-principales caractéristiques des sols salsodiques :

I.3.1- Salinité globale :

Pour caractériser la salinité des sols, on met habituellement l'accent sur la détermination de la composition ionique de la solution d'un extrait aqueux de sol (Halitim, 1988). Obtenir à partir d'un échantillon de terre, soit une pâte saturée en eau distillée (méthode de Richards,1954), soit une solution d'extraction aqueuses en prenant soin de veiller à ce que le rapport sol/eau soit constant (1/ 5 ou 1/ 10) exprimée en mm hos/ m à 25°C, actuellement mS/cm (Tableau N°2).

Tableau n° 17 : Classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °c cité in Mathieu et al (2003).

mmhos.cm ⁻¹ dS.m ⁻¹	0,6	1	2	3	4
CE _{1/5}	non salé	légèrement salé	salé	très salé	
CE _{1/10}	non salé	légèrement salé	salé	très salé	extrêmement salé

-Echelle de salinité d'après l'extrait de pâte saturée :

Tableau n° 18 : classement de la salinité suivant les de la conductivité électrique

CE (mmhos/cm)	0-2	2-4	4-8	8-16	>16
qualification	Non salin	Très faiblement salin	Salinité modérée	Fortement salin	Très fortement salin

I. 3.2 :pH :

Le pH est indicateur de la réaction du sol, les sols salés présentent des pH basiques (> 7) car les hydroxydes sont plus prépondérants que les hydrogènes. Certains auteurs ont établi que

l'accroissement du pH reflète la saturation du Na^+ sur le complexe d'échange et l'état de la saturation du sol (Aubert, 1983 ; Bridges, 1978 ; Duchauffour, 1969)

- Un pH compris entre 8 et 9 est retenue, généralement comme limite de la dégradation de la structure (Aubert, 1983 ; Bridges, 1978)
- La valeur de 9 atteintes lorsque Na^+ représente 30 % de la CEC et la pH 10 correspond à une ESP) 15 % (Aubert, 1983).
- Le pH peut dépasser 10 ; après précipitation du carbonate de calcium, les ségrégations salines sont fortement sodiques et renferment des sels alcalins (NaHCO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4) (Servant, 1975).

I. 3.3 - Composition en sels :

Les sels les plus couramment représentés sont les sels sodiques qui sont également les plus solubles.

A partir de la composition ionique, les solutions peuvent être classées sur le diagramme de piper (Cherbuy, 1991), qui permet de déterminer différents faciès selon le type anionique ou cationique de la salure.

I. 3.4 - SAR (Sodium adsorption ration):

Il représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux autres cations (Ca^{+2} et Mg^{+2}). La relation entre les trois cations est proposée par le laboratoire de Riverside (Richards, 1954), et s'exprime comme suit :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} exprimés en meq/l de la Solution dosée.

Le SAR est un critère utilisé pour prévoir l'évolution de la composition du complexe d'échange et on peut distinguer deux cas (Cherbuy, 1991).

* Si le SAR > 10, il y a sodisation * SAR < 10 , il y pas enrichissement du complexe d'échange en sodium

D'après Rieu et al, 1992. Le SAR constitue un critère d'appréciation de la qualité des eaux d'irrigation car il définit leur pouvoir alcalinisant.

I. 3.5 : ESP (échange sodium pourcentage) :

Il s'agit du pourcentage de sodium échangeable sur le complexe d'échange est exprimé par la formule qui suit (Richards, 1954) :

$$\text{ESP} = \frac{\text{Na}^+}{\text{CEC}} \times 100$$

Na^+ : exprimé en meq/100 g

CEC : exprimé en meq/ 100g

La norme retenue par l'USSSL (1954), pour le taux de sodium échangeable est de 15 % de la capacité d'échange cationique (CEC). Selon la FAO (1984) la limite de classe pour le taux de sodium échangeable est donnée comme suit :

- ESP < 5% alcalinité légère
- 5% < ESP < 20 % alcalinité modérée
- 20 % < ESP < 45 % alcalinité grave
- ESP > 45 % alcalinité très grave.

De nombreux travaux ont tenté d'établir une relation entre ESP et SAR (Richards, 1954 ; Servant, 1970 ; Creusi, 1970). Ces relations sont en fait peu fiables pour déterminer précisément la composition chimique du complexe d'échange (Claud et al, 2005

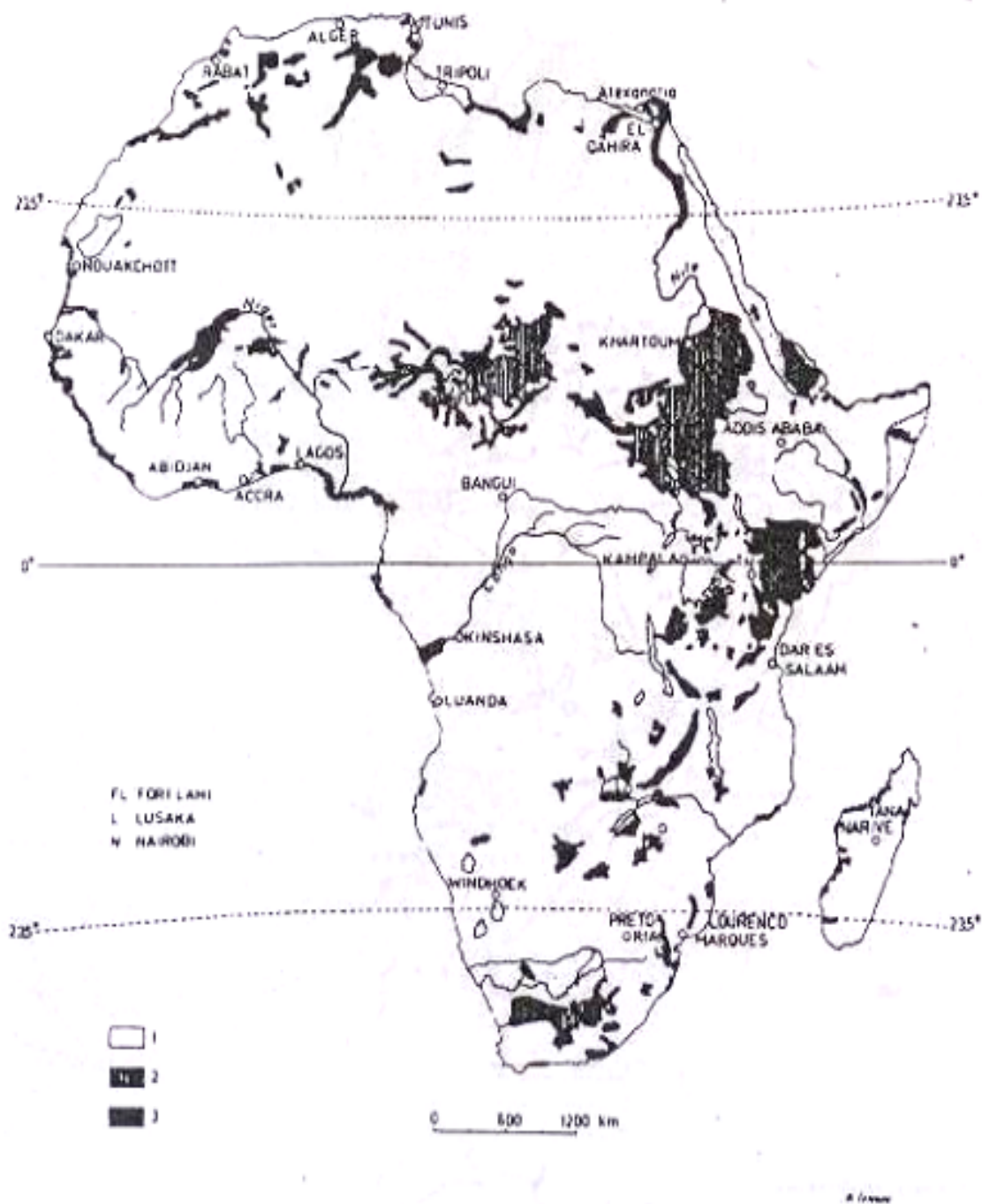
- I.4. Répartition des sols salés :

- I. 4-1 Dans le monde :

Les estimations de la superficie totale représentée par les sols salsodiques dans le monde sont très variables d'un auteur à l'autre: pour Szablocs (1994), elle atteint 954 832 millions d'hectare, pour Claud et al (2005), la superficie est estimée à environ 9.55 millions de Km^2 , soit 6.4 % des continents. Tous les continents présentent de vaste surfaces de sols salsodiques figure(4). D'après Szablocs, 1994. La répartition de ces zones sur les continents serait dans le tableau n°3.

Tableau n° 19: Répartition des sols salés dans le monde (Szablocs , 1994).

Sols affectés par les sels des différents continents et S/ continents (10 ³ hectares)	
* Amérique du Nord	15755
* Mexique et Amérique centrale	1965
* Amérique du sud	129163
* Afrique	80608
* Asie du sud	87608
* Asie du Nord et du centre	211686
* Asie du Sud est	19983
* Australie	357330
* Europe	50804
Total	954832



- 1. Potentially salt affected soils
- 2. Alkali soils
- 3. Saline soils

Carte n°11 : Distribution des sols salés en Afrique (Classification de Aubert, 1970) .
In herbuy,1991.

Les sols salés ont un caractère azonal. Ils se rencontrent dans toutes les parties du monde (servant, 1976 ; Durand, 1983)

L'Afrique présente de vastes régions affectées par les sels (notamment les zones arides et a proximité des grands fleuves) (Cherbuy, 1991)

I.4.2 : En Algérie :

Selon le Houerou, 1993. Les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Ils sont localisés au Nord qu'au Sud ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques (Djili, 2000).

Selon FAO, 2005. On rencontre plusieurs types de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides (Figure n° 17).

I.5 : Classification des sols salsodiques :

La classification Française paraît la plus appropriée dans les zones arides et en particulier pour les sols salés, puisque selon Halitim (1988), la classification Américaine est pragmatique et classe les sols dans des ordres différents en fonction d'une faible variation de l'évapotranspiration ou de la pluviométrie.

Dans la classification Française, les sols salés sont rangés dans la classe des sols salsodiques, elle – même subdivisée en deux (02) sous classes :

A. Sous classe des sols sodiques à structure non dégradée :

Ce sont des sols salins (solonchak), soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riches en sels de sodium, caractérisés par une conductivité électrique supérieure à 4 mmhos/cm (Duchauffour, 1988).

A-1. Sols salins à complexe calcique (solontchaks) :

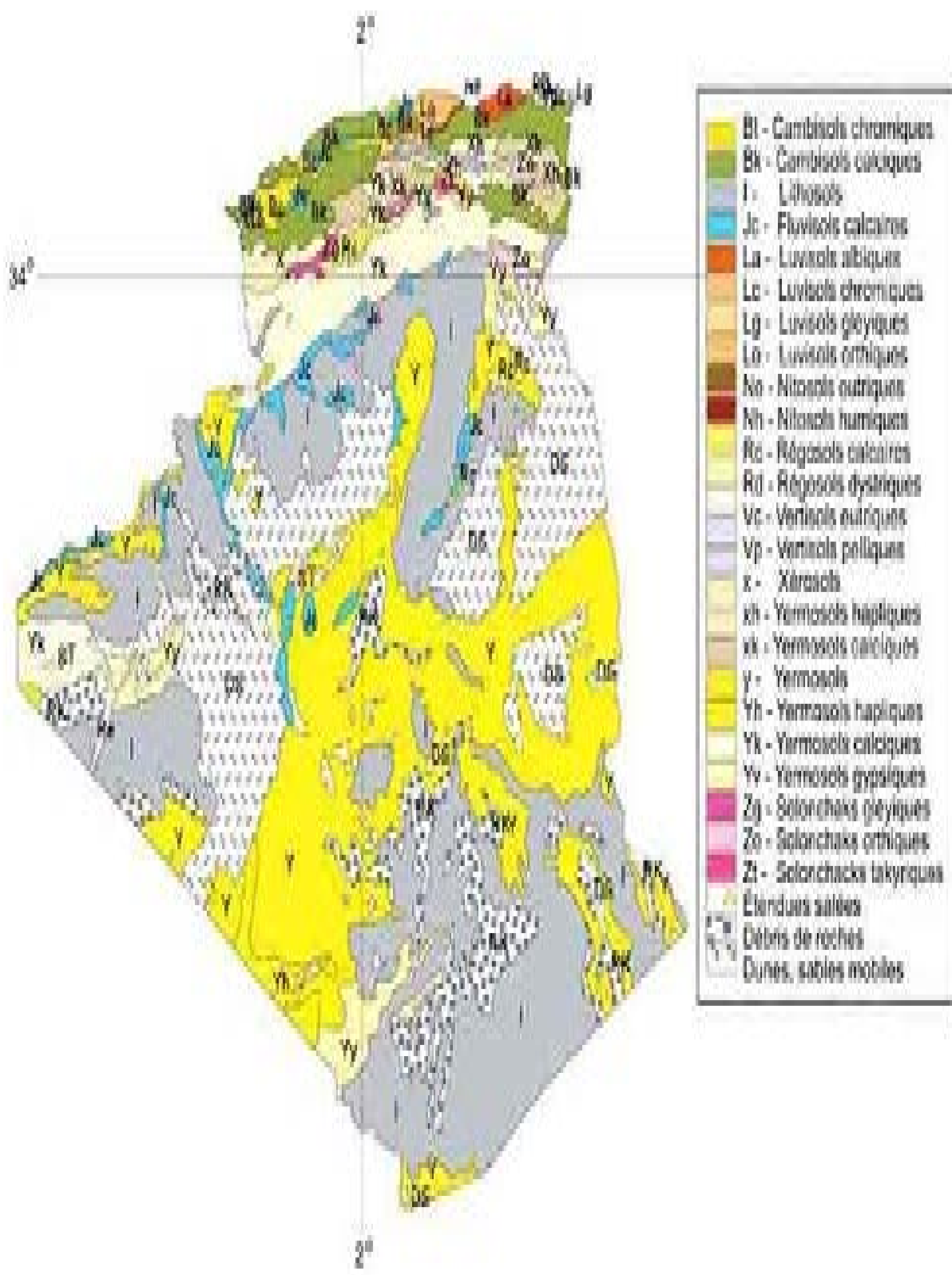
Très fréquents en Algérie (FAO, 2005), caractérisés par :

ESP < 15% et un profil peu différencié (Servant, 1975 ; Duchauffour, 1976) .

Ils se rencontrent dans les zones steppiques ou désertiques dans les quelles des nappes salées contiennent à l'instar des sels solubles, une quantité importante de calcium qui alimente le profil (Halitim, 1973).

A-2 Sols salins à complexe sodique (Solontchak sodique) :

Ce type de sol est caractérisé par un ESP) 15% se rencontre en bordure de mer, ou dans les lagunes cotières, sa structure tend à se dégrader et devient poudreuse (Duchauffour, 1988).



Carte n°12: Type de sol en Algérie (FAO, 2005) Première Partie

B. Sous classe des sols sodiques à structure dégradée :

Ce sont des sols alcalins, et une structure détruite (Duchauffour, 1976). Selon, on distingue trois (03) groupes selon les étapes d'évolution des profils (Duchauffour, 1988):

B- 1 : Sols alcalins non lessives (slontchaks solonetz) :leur profil est de type AC ou A (B) C. Ils sont fréquents en Algérie (Durand, 1983).

B-2. Sols alcalins lessives de type ABC : L'horizon de surface A, pauvre en argile (migration par l'effet de lessivage) (Duchauffour, 1983) . Ces sols existent en Algérie, mais sont très localisés dans les zones humides (Durand, 1983).

B-3. Sols alcalins dégradés (Solods) :

Présentent une structure dégradée complètement en surface avec un pH de 4 à 5 en profondeur un pH élevé de 9 à 10.

Selon Loyer, 1995. L'appellation de ces sols salés, sols « Halomorphes » est remplacée par une autre appellation « Solums salsodiques » et on distingue selon le référentiel pédologique Français (Baize et Girard, 1995) Sept (07) références : Sali sols (1 référence), et salisodisols (1 référence),Salisols (2 références), sodisols (3 référence).

I. 6-Effet de la salinite sur le sol et les végétaux :

I .6.1. Effet sur le sol :

Une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés pédologiques, notamment la dispersion des colloïdes, la stabilité structurale et la chute de la perméabilité hydraulique (Servant, 1970 ; Chevery, 1972 ; Aubert 1983 ; Halitim, et al 1984 ; Daoud, 1993).

1-6-2- Effet sur les végétaux :

La richesse en sels solubles ou les mauvaises qualités physiques des sols salsodiques conduisent à une spécialisation de la végétation, et même à sa disparition totale lorsque, dans la solution du sol, la pression osmotique créée par les sels (FAO, 1988) ou la toxicité spécifique de certains ions devient trop élevée comme le bore et surtout l'ion chlore (Ayers, 1978 ; Bernstein, 1964, 1965 ; Calvet, 2003).

Les plantes résistantes appartiennent à un nombre limité d'espèces et occupent assez peu le sol. Les halophytes les plus caractéristiques sont les salsolacées, à coté de zones encore plus salées, les composées et les graminées fournissent bon nombre d'espèces moins résistantes, qui sont souvent qualifiées de préhalophytes.

-Conclusion:

Les sols salés présentent vis-à-vis de leur environnement naturel ou anthropisé des contraintes variées dans leur intensité et leur extension.

La salinité des sols présente trois manifestations :

- Soit une hypersalinité de la solution du sol qui limite le développement des végétaux.
- Soit une dégradation de la structure généralement associée à une alcalinisation.
- Soit une destruction des minéraux argileux et une toxicité vis-à-vis de la végétation (Cherbuy, 1991).

Partie expérimentale

CHAPITRE 1

Présentation de la zone d'étude et méthodologie

Chapitre1 : Présentation de la zone d'étude et méthodologie.

1. Choix de la zone :

La plaine de Rémila (W. Khenchela) est caractérisé par sa vocation agricole et qui couvrir une superficie de 25 000 ha au Nord de la wilaya, sa position géographique au Nord dans l'étage bioclimatique Semi-aride, sa topographie plaine, ces ressource en eau souterrain importante et le risque de salinisation des sols par la présence de formation géologique favorisent la salinisation primaire, la mise en valeur des terres par différents projet, qui demandent d'énormes efforts pour développé la plaine. Ce la est traduit par le nombre des forages qu'est multiplier dans ces dernières décennies qui attendre plus de 400 et qui irrigue une superficie de 4513 ha, et un nombre des puits de 178 qui irriguée une superficie de 588 ha, et surtout après la lancement de programme de PNDA en 2000 (DSA, 2011). La plaine de Rémila pourra se transformer en un véritable grenier dans la région des hauts plateaux Constantinoise. Une fois adaptée aux conditions hydro-agricole approprie (CPH, 1977). Tous ces facteurs, nos ont motivé de focalisé notre étude sur cette région et sur la qualité de ces sols.

2. Présentation de la Zone d'étude :

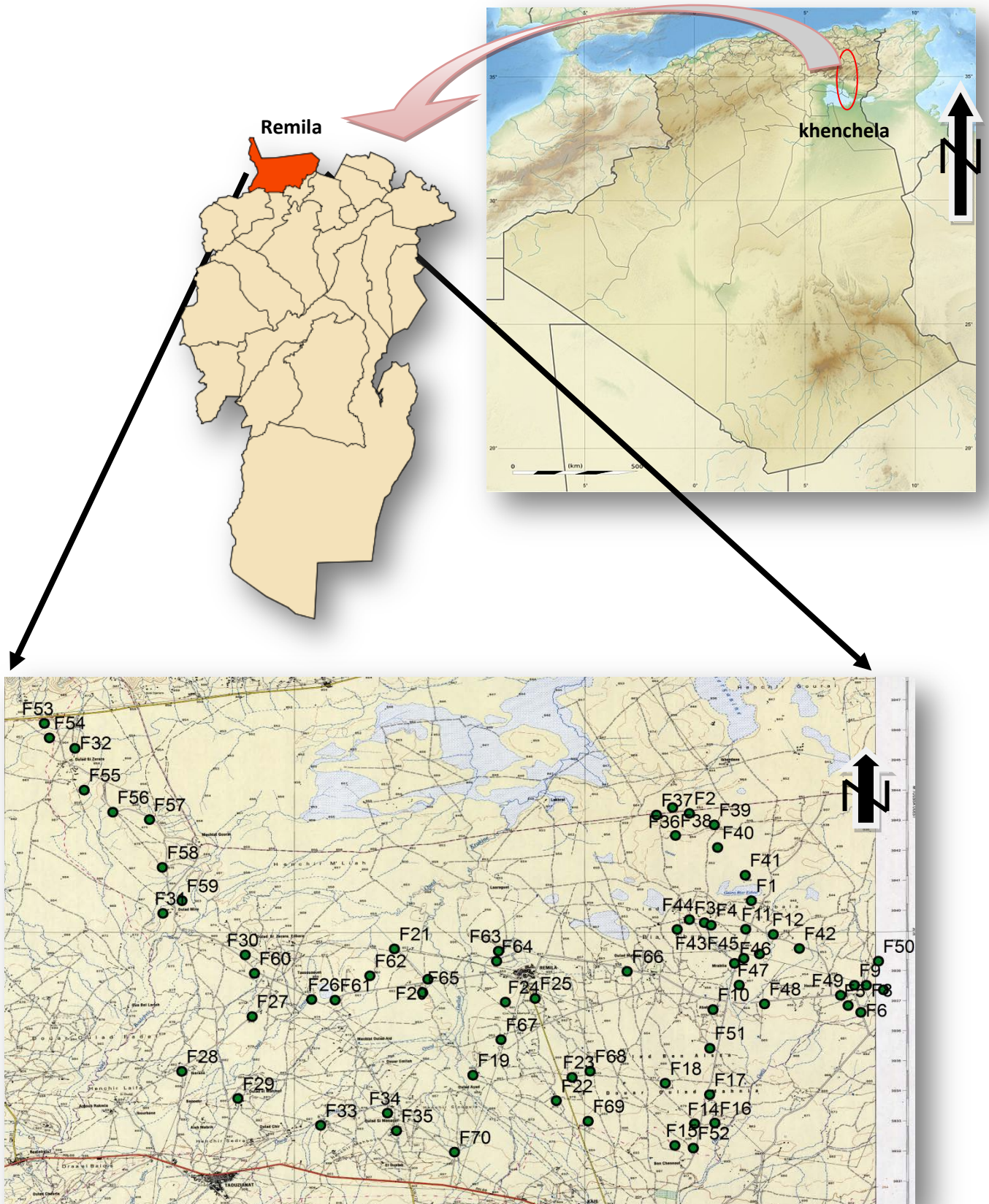
2.1. La Situation Géographique :

La plaine d'étudiée est située à l'Est Algérien, approximativement entre les parallèles 35°25' et 35°40' et les méridiens 06°30' et 07°05' (CPH, 1977). Elle est limité au Sud par le versant Nord d'Aurès ; au Nord par la chaine des montagnes du Djebel Fadjoudj et chat Gareat et Tarf ; à l'Est par Oued El Hamman et à l'Ouest par Djebel Bouarif et Djebel Tragatne.

Caractérisé par une topographie plaine qui ne dépasse pas les 1000 m d'altitude, et un terrain non accidenté uniforme avec des sols profond. Est la plus dynamique au sujet de mise en valeur agricole et exploitation des eaux souterraine.

2.2. La Géologie de la Zone :

La géologie de la plaine ce distingué par deux formation prédominante : le calcaire d'âge crétacique, apparaissant des escarpements limitant la plaine occupant les côtes les plus élevées, et les sédiments d'âge quaternaire, résultants de l'action de l'érosion et de transport des roches calcaire occupent les côtes inférieurs, les efforts tectonique intenses ont marqué la géologie historiques de cette aire. De la tectonique plastique, les plis des roches calcaires en sont le résultat, formant synclinales et anticlinales la tectonique rigide est représentée par les failles et fissurements verticaux et sous-verticaux qui joint au plan de stratification donnent au



Carte n°13 : situation géographique de la zone d'étude Remila et les points de prélèvement.

roches calcaires un aspect de grands blocs détachés, caractéristiques de certain.

2.3. La Stratigraphie :

D'une façon générale la stratification de la région de Remila peut être schématisée comme une base calcaire d'âge crétacique recouverte de dépôts sédimentaires de quaternaire. Donnée par des sondages des forages de la mission Chinoise montrent une grande variabilité dans l'épaisseur et la granulométrie des dépôts sédimentaires, variant, de l'épaisseur de quelques mètres, et la granulométrie, du matériel grossier à la fraction d'argile (CPH, 1977).

2.4. Hydrologie et Hydrogéologie :

2.4.1. Hydrogéologie :

2.4.1.1. Identification de la typologie des nappes aquifères du bassin de Remila :

A. Lithologie et âge des formations aquifères :

L'aquifère le plus important est d'âge Mio-Plio-Quaternaire, il est constitué de dépôts tels que :

- Les conglomérats.
- Les graviers plus ou moins hétérogènes.
- Les graviers sableux.

B. Présentation et nature des nappes aquifères :

B.1. Nappe phréatique :

La nappe aquifère est contenue dans le remplissage quaternaire dans des intercalations argilo-sableuse et dans des sable et graviers. C'est un aquifère multicouches séparés par des argiles et des marnes (Houha, 1997).

Les zones d'alimentation se situent :

- Principalement au Sud, à partir du versant Nord du Massif de l'Aurès et à l'Ouest, à partir du Djebel Amrane.
- L'alimentation par le Djebel Fedjoudj au Nord est considérablement plus réduite.
- Il faut noter que le rôle joué par les Oueds est conséquent sur l'alimentation de la nappe phréatique. Il semblerait que certaines eaux s'échappent des Oueds, Gueiss, Boulfreis et Baghai, pour alimenter la nappe (Houha, 1997).

B.2. Profondeur de la nappe :

La nappe est dans l'ensemble de la plaine peu profonde et se situe vers 5 m dans toute la partie centrale et Ouest de la plaine. On remarquera une anomalie importante dans la région

de Kais, où la nappe est profonde et atteint jusqu'à 30 m pour se trouver très rapidement à 5 m de profondeur à quelques kilomètres au Nord (CGG, 1970 et ANRH, 2002).

B.3. Nappes profondes :

Nappe profonde à porosité de fissure constituée par les calcaire et des marno-calcaires d'âge crétacé formant une nappe libre et par fois captive, qui peuvent être un grand réservoir en eau souterraines (Houha,1997).

B.4. Les eaux des calcaires et des grès miocènes de la bordure Sud :

Le versant Nord du massif des Aurès, constitué par les calcaires crétacé et les grès miocènes ont un pendage dirigé vers la plaine (direction des couches SE) assurent une réalimentation par vidange latérale et profonde sur la bordure Sud de la plaine, avec un débit de 1.11 m³/s (A.N.R.H, 2002). L'écoulement alimente les nappes des alluvions de la plaine. Comme les formations, crétacé et miocène, plongent sous le recouvrement plio-quadernaires ; ces dernières constituent un grand front d'alimentation (Kebbache, 2011).

2.5. Pédologie :

2.5.1. Caractéristique Pédologie de la plaine de Remila :

D'après les données morphologique et analytique de la plaine de Remila présente des caractéristique spécifique à elle de manière générale les données dégagés sont semblables et typiques des sols salés des zones arides et semi-arides de l'Algérie (Zouaoui, 1989).

La texture dominante est argileuse sur certains sols la présence d'une stratification entre plusieurs textures est évidente. L'aspect textural dominant sur ces sols est une contrainte à ne pas négliger car il limite le choix de culture ainsi que leur croissance l'impact est ressenti au niveau de la production ; Deux autres aspects limitants aussi sont dégagés le taux élevé de calcaire total ainsi que la salinité ils sont caractéristiques de la plupart des sols en zone semi-aride (Halitim, 1973), les dépôts de calcaire sous forme d'amas et d'efflorescence sont très évidents au-delà de 50 cm l'apparition en surface des sels est remarquée en période sèche ou après irrigation nous avons des remontés en nappe c'est le cas de tous les sols situés au Nord de la plaine chez certaines unités cas de celles situées au centre de la plaine nous avons rencontrés des amas de cristaux de sels.

2.5.2. Répartition des sols dans la plaine :

D'après Zouaoui, 1989. Une faible répartition des sols peu évolués ils sont situés au Nord-ouest et à un extrême Sud est de la zone d'études il présente moins de contrainte pour les cultures.

Du point de vue géomorphologique ils sont situés soit sur un glacis terrasse soit dans des terrasses cuvettes d'autres ont été localisés dans les zones alluviales de l'Oued Gueis au Sud-est. Le matériau parental est limono argileux sur alluvions fines calcaire. Les vert sols situés dans des terrasses alluviales occupent eux aussi de faibles superficies (6.86 % par rapport à la zone étudiée).

2.6. Agriculture :

L'agriculture et l'exploitation forestière sont les activités traditionnelles de la wilaya. La vaste plaine de Rémila est connue par sa grande activité agricole et pastorale (ancien grenier de Rome). Elle est située sur la route principale qui relie les hauts plateaux à la aux basses plaines steppiques, passage obligé de l'axe commerciale Sahara-Tell.

La plaine de Remila est située au Nord de la wilaya, cette zone abrite l'essentiel du potentiel en superficie agricole utile (SAU), ainsi que les meilleures terres agricoles de la wilaya. En effet, elle se distingue par une SAU relativement importante, qui s'étend sur 137 178 ha et de SAU irriguée de 1796 ha. Les sols de cette zone sont principalement d'apport alluvial et sa topographie est plane à modérée (DSA, 2011). L'agriculture est essentiellement tournée vers la céréaliculture, l'arboriculture et l'élevage. L'élevage intensif, avicole, ovin et bovin, tient une place prépondérante dans le tissu socio-économique de Rémila.

Cette zone, domaine d'une céréaliculture rendue aléatoire à cause d'un climat semi-aride et de surcroît soumis à de fortes variations annuelles et saisonnières des pluies, est confrontée à nombreux handicaps et menaces, parmi lesquels on cite :

- L'insuffisance et l'irrégularité des pluies, qui font de l'agriculture pluviale une activité aléatoire ;
- La présence de formations triasiques, associée aux faibles précipitations, qui augmente la salinité des sols, notamment à proximité des dépressions ;
- L'insuffisance de drainage, un processus de blocage de l'écoulement naturel des eaux de pluies, ce se traduit ainsi par la formation de dépressions artificielles où se développe une végétation halophile.

Tableau n°20 : Répartition générale des terres agricoles de Remila (2013_2014)

Commune	S.A.W				total	Pacage et parcours	alfa	forets	impord	urb	Superf totale
	SEC										
		céréale	maraich	Plant							
REMILA	18286	107	195	1113	19701	3957	0	172	417	46	24293

Source : DSA, 2014

Méthodologie de Travail :

Les méthodes pour étudier les milieux avant d'agir sont nombreuses. Depuis quelques années, le mot « Diagnostique » a tendance à remplacer l'ancien mot « étude de milieu ». Le diagnostic est donc un terme d'origine l'acte qui permet au médecin d'établir les causes d'une maladie et prescrire le traitement le plus approprié. Dans le développement le diagnostic est de préparer l'action (Jouve et al, 1994).

Notre étude portera sur la plaine de Remila au Nord de la wilaya de Khenchela, où l'on a enregistré une dynamique agricole et une occupation et la mise en valeur des terres importantes, pour développer l'agriculture intensive dans la région d'étude tendent vers une agriculture productiviste qui repose sur des quantités importantes en eau de qualité. A travers ce travail nous cherchons à décrire la qualité des sols, du côté salinité et avoir déterminé la répartition spatiale de ce phénomène dans la région. Car ce problème de la salinisation des sols touche surtout les zones Arides et Semi-aride et aussi les terres irriguées.

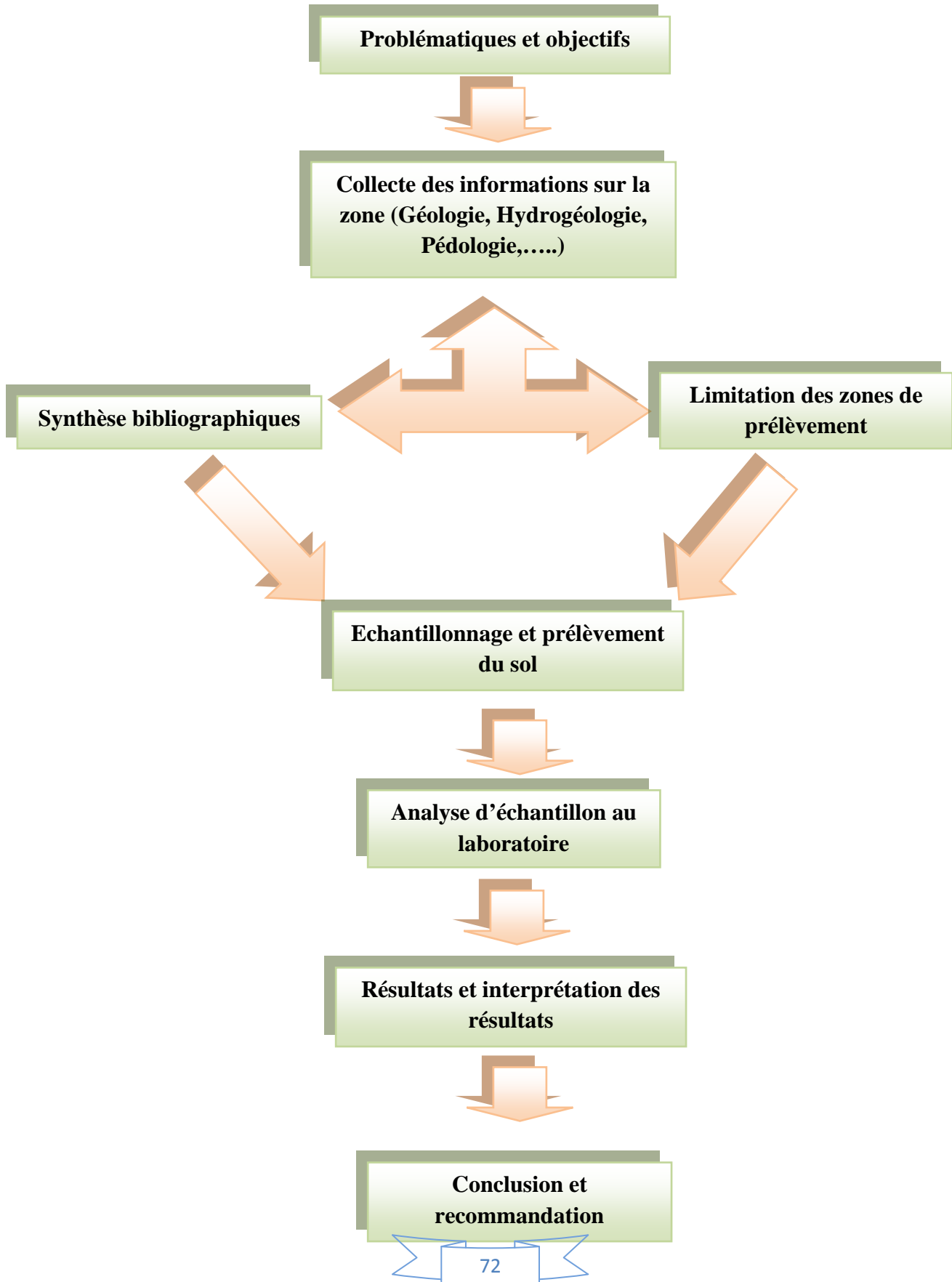
Pour réaliser ce modeste travail, nous sommes dans l'obligation de tracer une démarche bien précise, qui nous servira d'attendre nos :

- Commencent par définir la problématique de recherche et tracer les objectifs à attendre et les hypothèses à infirmer ou confirmer.
- En deuxième lieu, la collecter du maximum d'informations sur la région d'étude et le cas d'étude, par le contact de différentes institutions.
- Après la collecte d'information, on a réalisé un tour de pays pour faire un zonage et un plan de prélèvement et le nombre d'échantillons.
- La phase suivante consiste à réaliser de passer au laboratoire pour réaliser nos mesures des paramètres tels que (CE, pH, TDS,.....).
- Résultats et discussion et interprétation des données bibliographiques et d'analyses, avec une petite synthèse et des perspectives pour la problématique.

- Conclusion et recommandations.

Dans tous les étapes de démarche suivre, nous avons respecté les normes recommander par différentes institutions de l'échantillonnage jusque l'analyse et les résultats.

Figure n°18 : Organigramme de la méthodologie de travail de la mémoire



CHAPITRE 2

Résultats et discussion

Chapitre 02 : Résultats et discussion.

Ce travail apporte une première caractérisation de la salinité globale des sols dans la région d'étude Remila pour l'année de 2014.

La nature géologique, la pente naturelle du substratum du milieu d'étude et l'activité anthropique, les données hydroclimatiques tel que décrite au chapitre précédent, présentent des conditions favorables pour la salinisation des sols.

Dans ce chapitre, on exploite les résultats obtenus lors de la campagne de mesures en cherchant tout d'abord à caractériser la salinité des sols en utilisons deux méthodes différentes et cela par le biais de la conductivité électrique CE et TDS Ces paramètres nous permettent d'avoir une vision globale sur la salinité des sols dans la région et au même temps de faire une cartographie de répartition des sols Sali dans la région d'étude.

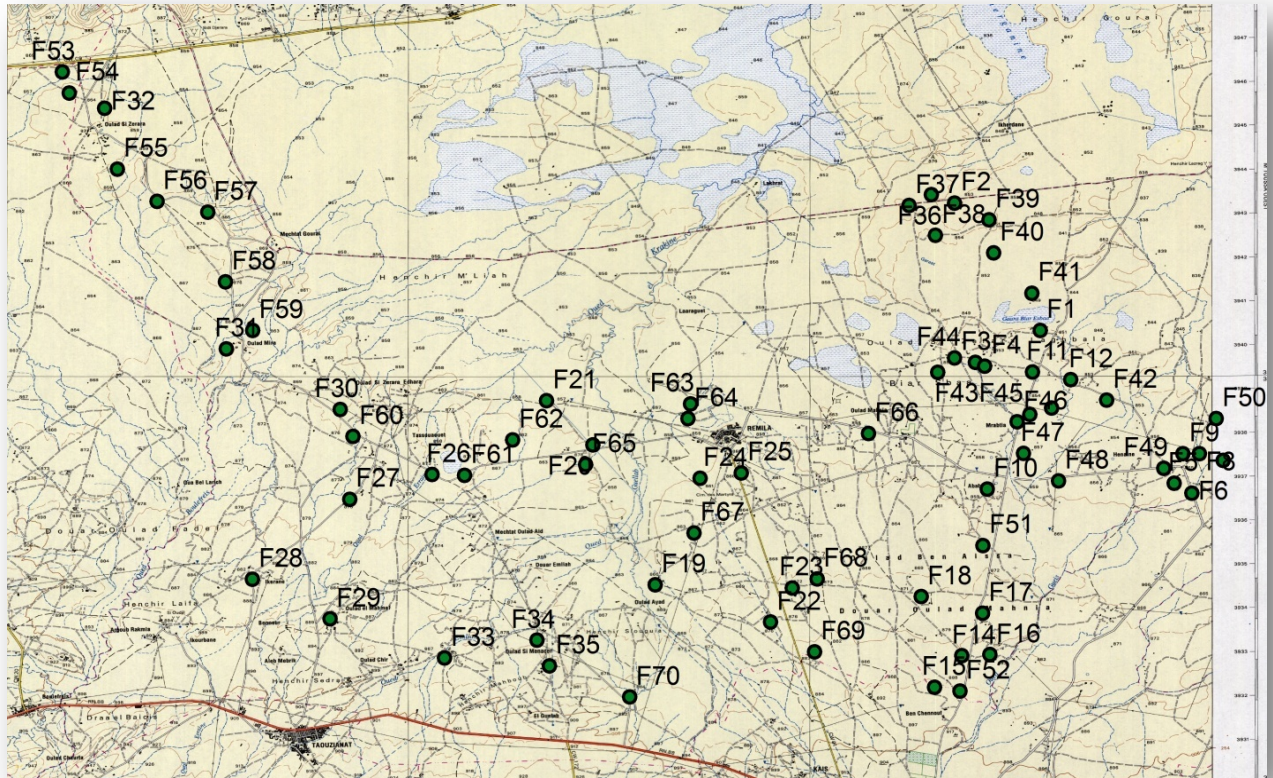
1. Echantillonnage et analyse des sols

L'échantillonnage a été réalisé au niveau de différents points dans les exploitations agricoles irriguées et dans des terres basses sur des cultures pluviales (non irriguée) d'une manière aléatoire, dont l'accès nous a été autorisé par les propriétaires d'exploitation et avec l'aide des techniciens de la subdivision agricole.

Les prélèvements des échantillons des sols comprenant seulement la zone racinaire qui est entre 0-30 cm, car les cultures dominantes sont des céréales et des fourrages, dont la localisation est reprise sur la Carte n°14. Leurs coordonnées géographiques sont reprises par un (GPS GARMIN Olathe KS, USA), et la déposition de ces points sur une carte effectuée par un logiciel de cartographie SURFER 10).

Pour éviter des surprises nous avons basé sur la méthode préconisée par (Clément et al, 2003). Pour réaliser notre échantillonnage. Les prélèvements, au nombre 70 ont été effectués manuellement par une tarière dans des sachets en matière plastique (Photos n° 1).

Pour les mesures, ont été effectuées au niveau des laboratoires de l'Universitaire de Khenchela (La Conductivité électrique CE, pH, TDS,), celle de la pâte saturée et l'extrait aqueux 1/5 des sols (Photos n° 2)



Carte n° 14 : Carte représentative de la répartition des points d'échantillonnage dans la région d'étude.



Photos n°1 : Prélèvement d'échantillons du sol par la tarière



Photos n°2 : Mesure des paramètres au laboratoire

2. Résultats d'analyse

2.1. Extrait de la pâte saturée :

2.1.1. Mode opératoire

La détermination de la salinité des sols est estimée régulièrement par la mesure de la conductivité électrique (CE mhos/cm) des pâtes saturées ou par différents dilution du sol dans l'eau distillé (Richards, 1954). La méthode de l'extrait saturé est recommandé pour apprise la salinité des sols, cette méthode est moine rapide par apport aux autres méthodes, mais ces résultats sont plus agréable (Richards, 1954).

Le mode opératoire adopter dans la préparation de notre pâte saturée, est de commencer par la préparation des échantillons comme suite :

- Séchage de l'échantillon a l'aire libre sous abris
- Broyage des échantillons du sol
- Passage au tamisage sur 2 mm (Photos N° 3, 4),

Après la préparation d'échantillon, nous suivant les démarches de mode opératoire suivent ; Nous pesons 200 g de sol sec tamisés à 2 mm. Nous les mettons dans une boite plastique de 100 ml puis nous procédons à la préparation de la pâte saturée par l'ajout progressif de l'eau distillée pour humecter le sol qu'à malaxer la solution à l'aide d'une spatule (photos n° 05 ,06). Une fois, la surface de la pâte brille et miroite à la lumière, nous y créons une fente moyennant par une spatule. Ainsi, si la fermeture de cette cicatrice se fait rapidement, nous devons cesser l'ajout de l'eau distillée (photo n°07). Nous munissons la boite d'un couvercle étanche, en laissant la pâte en repos pendant une 24 H du dans un frigo à 04 °C (Photo n°08).

L'extraction de solution du sol a lendemain matin, vérifier l'état d'humidité de l'échantillon ; la surface a gardé le même aspect comme décrit plus haut, la saturation est parfaite ; s'il y a formation d'un film d'eau, la pâte est sursaturée, ajouter de la terre jusqu'a ce que l'eau soit absorbée et malaxer, le poids de la terre ajoutée doit être connu.



Photos n° 3: Préparation et séchage d'échantillons du sol



Photos n°4: Broyage d'échantillons du sol



Photos n°5 : Pesons l'échantillons du sol



Photos n°6 : l'ajout progressif de l'eau distillée



Photos n°7 : La fente de la pâte saturée.



Photos n°8 : La pâte en repos pendant 24 H dans un frigo à 04 °C

D'après Clément et al, 2003. Pour obtenir l'extrait de saturation, plusieurs techniques ont été proposées :

- * Une extraction par la presse à membrane. (Photos n°11).
- * Une filtration sous vide avec entonnoir Buchner.
- * Une centrifugation et c'est la techniques pratique de notre étude(Photos n°11 et 12).

Car la méthode la plus commode et la plus rapide est celle de la centrifugation.

2.1.2. Les résultats des mesuré au laboratoire :

La mesure des paramètres caractérisent la salinité, à savoir la conductivité électrique CE, TDS, le pH, ont été effectuée au laboratoire avec du matériel usuel (Multi paramètre (Conductivité électrique (CE), TDS et un pH mètre pour le pH) voire (Photos n°13 ,14).

Tableau n° 21 : Les résultats des paramètres mesuré de la pâte saturé, de la plaine de Remila.

Paramètre	Conductivité électrique 25C° (CE)	TDS	Ph
Unité	mS/cm	mg/l	
Maximum	9 ,481	6,170	8,07
Minimum	0,180	0, 1	4,84
Moyenne	4,830	3,135	6,45

a. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique ; est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ) (Rodier, 2009). L'unité commun est selle de mS/cm (méli semence) est la même (dS/m) ou par μ S/cm. La conductivité électrique est mesuré aussi par 1 μ S/cm qu'est égale à 1000mS/cm (SESL, 1994).



Photos n°9 : Mesure la pâte saturée après 24h



Photos n°10: la pâte saturée dans le tube de centrifuges



Photos n°11 : Passage de la pâte saturée au centrifuges



Photos n°12: La filtration de l'extrait de la pâte saturée



Photos n°13: le pH mètre mesure (ph)



Photos n°14: Mesure de la (CE, TDS).

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité. Cette propriété électro-chimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cation et anion, porteurs de charges électriques, augmentent. La salinité globale de la pâte saturée est déterminée par la mesure de la (CE) exprimée en mmhos/cm ou (mS/cm ou $\mu\text{S/cm}$).

Notre mesure de la conductivité électrique pour nos échantillons oscille entre 180 $\mu\text{S/cm}$ à 9481 $\mu\text{S/cm}$, avec une moyenne pour tous les prélèvements 4830,5 $\mu\text{S/cm}$. D'après les travaux de Riverside, 1954. Nous pouvons les classer en quatre classes :

- Classe des sols non salés au la CE oscille entre 0 à 2 ms/cm qui présente la majorité des sols avec 66% de la région d'étude. D'après Watling, 2007. Cette catégorie de salinité a aucun effet sur toutes les cultures.
- Classe des sols légèrement salés au la CE oscille entre 2 à 4 ms/cm, ces sols viennent dans la deuxième position après la première catégorie occupent 16% des sols échantillonnés. D'après les mêmes travaux de Watling, 2007. Les rendements des plantes sensibles sont touchés par cette salinité.
- Classe des sols salés au la CE oscille entre 4 à 8 ms/cm, cette catégorie n'est pas représentée sur la région mais elle existe avec 15%, basés sur les travaux de Watling, 2007. Cette salinité peut même toucher les rendements des cultures tolérantes à la salinité.
- Classe des sols très salés au la CE dépasse les 8 ms/cm, cette catégorie n'est pas représentée seulement deux échantillons présentent 3%, d'après les travaux de Watling, 2007. Cette catégorie de la salinité quelques espèces tolérantes qui peuvent résister. (Voir Figure n°)

b. Potentiel Hydrochimique (pH)

Le potentiel hydrogène (pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) en solution ; il mesure donc son acidité ou sa basicité. Le pH est le paramètre servant à définir si un milieu est acide ou basique. Il est la mesure du nombre d'ions d'hydrogène (H^+) présents dans le sol. La mesure est effectuée sur une suspension sol/solution soit dans le témoin soit dans des solutions normales de KCl par la méthode électro-métrique au moyen d'un pH-mètre à lecture directe. Le pH est un mode d'expression de la concentration en ions hydrogène dans un rapport terre fine/eau (1/5) . (Rodier, 2009).

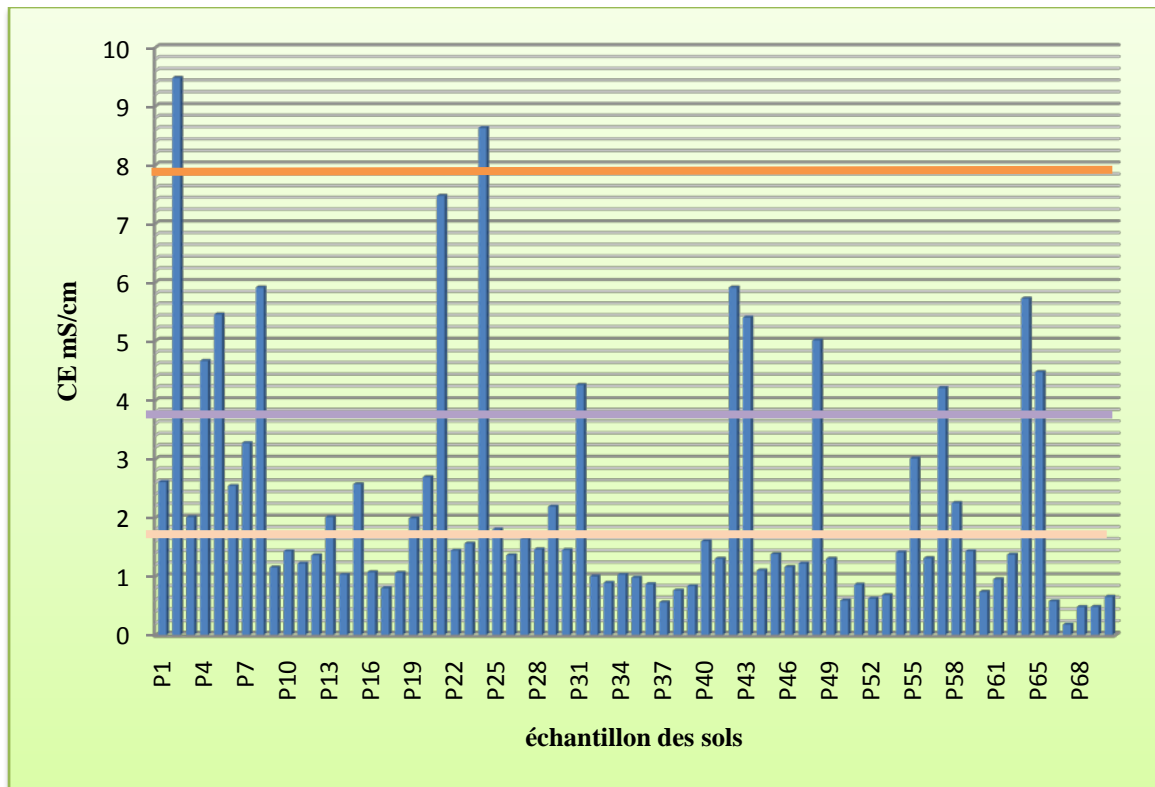


Figure n°18 : Répartition de mesure de CE ms/cm des échantillons de la plaine de Remila

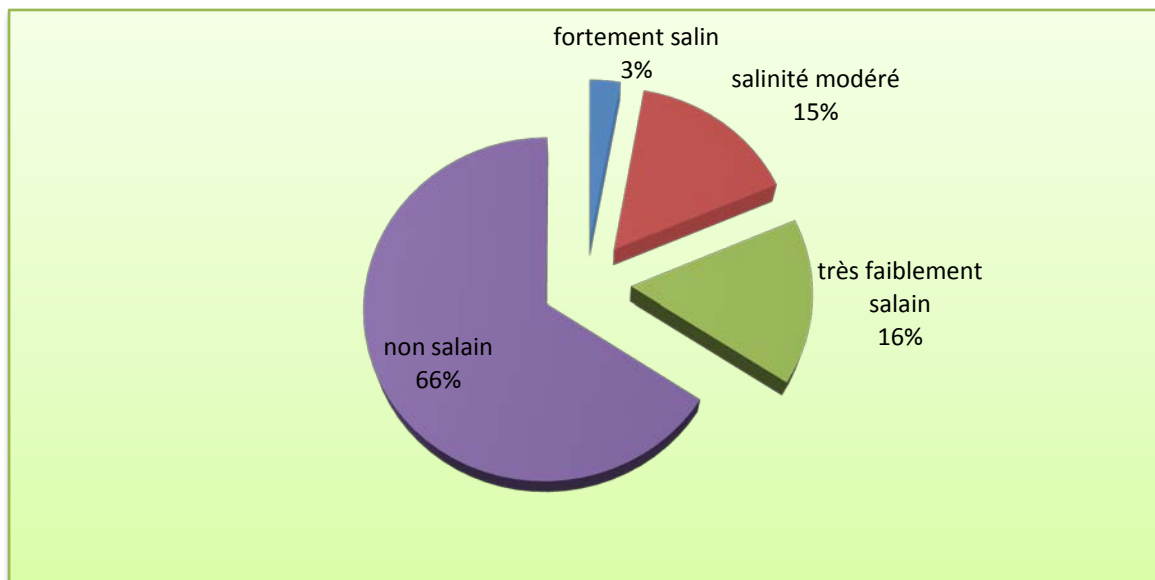


Figure n° 19: Répartition de mesure de CE de 70 échantillons de pâte saturée des sols de Remila.

Nos résultats de pH mesuré pour les échantillons oscillent de 4,84 au 8,07. Avec une moyenne de 6,45 pour toute la région échantillonnée. D'après les travaux Scianna et al, 2007. On peut classer nos sols en quatre classes:

- Classe des sols très fortement acide PH oscille entre 4,5 et 5,5 et dans la plaine de Remila ;a le point le très fortement acide 4,8 cette catégorie n'est pas rependue seulement un échantillon présente 1%
- Classe des sols acide le PH entre 5,5 et 6,5 qui présentent 3% des sols de la région d'étude de la plaine de remila
- Classe entre 6,5 et 7,5 neutres qui présentent la majorité des sols avec 69% de la région d'étude de la plaine de remila .Les sols neutres sont considérés comme étant de bonnes terres de jardin, la plupart des plantes s'acclimatent bien dans ces types de sol.
- Classe des sols basiques le PH supérieur à 7,5 et 8 qui représentent 27%. La vie du sol est également ralentie (sol acide) par suite d'une faible activité biologique (minéralisation, dégradation de la matière organique, nitrification...) due à un mauvais développement des bactéries (voir les figures n° 20 ,21).

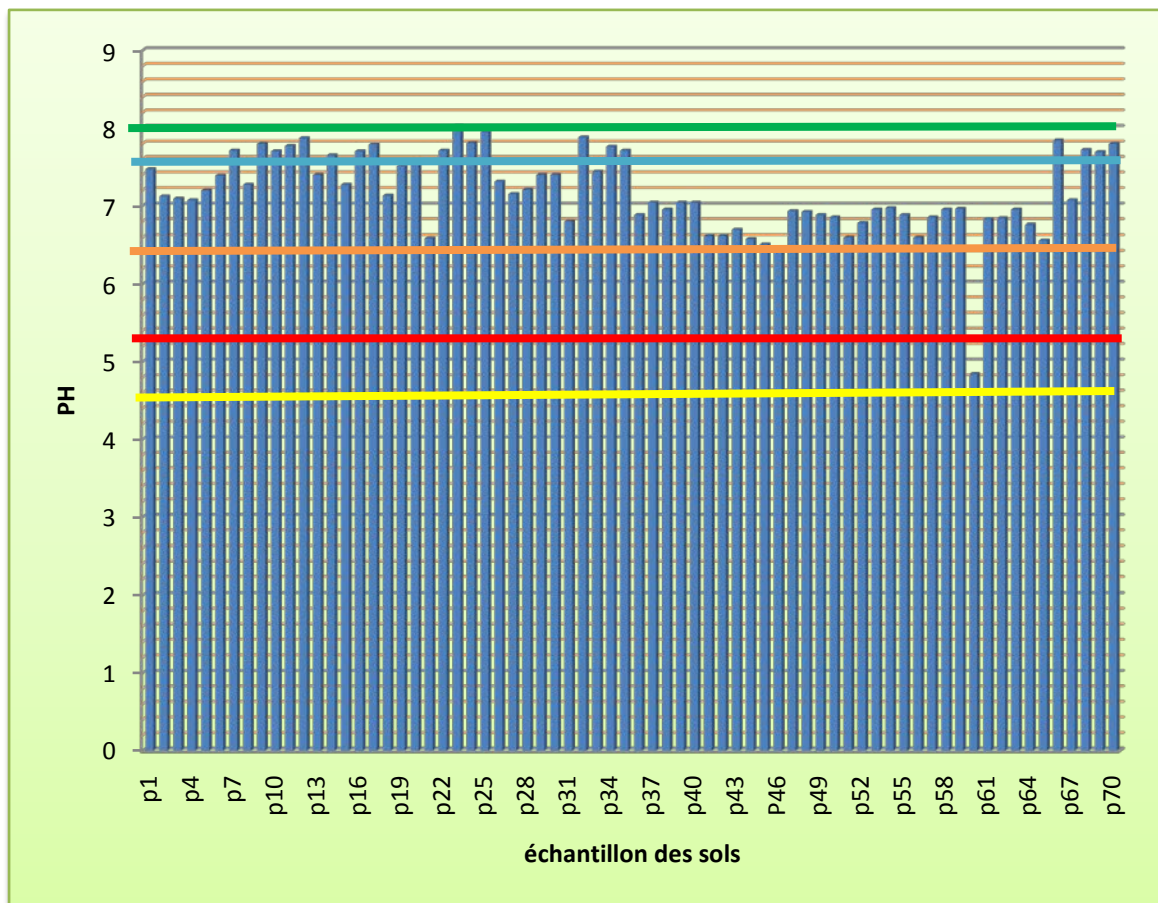


Figure n° 20: Répartition de mesure de PH de 70 échantillons de pâte saturée des sols de Remila.

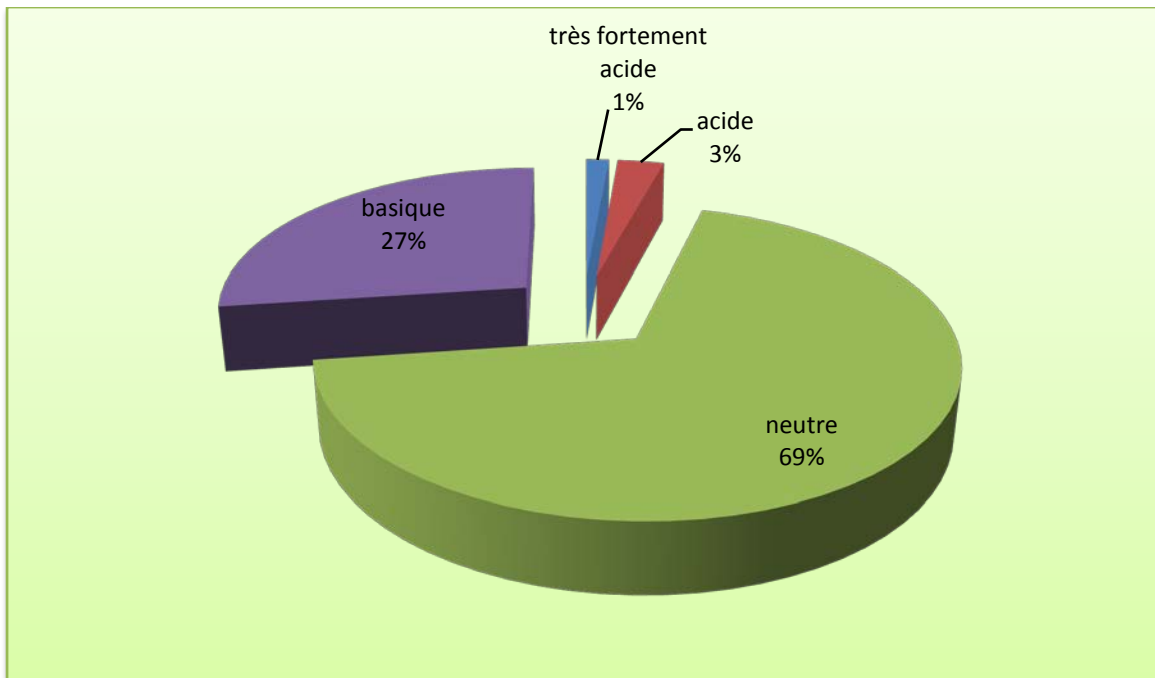


Figure n °21 : Répartition de mesure de PH de 70 échantillons de pâte saturée des sols de Remila.

c. Total Dissolved Salt (TDS).

Nos résultats de la TDS de la pâte saturé oscillent de 100 à 9680 mg/l, avec une moyenne pour la totalité d'échantillons de 4582 mg/l, qui veule dire que en peut trouver des problèmes physiologique chez les plante, car elle dépasse les 450 mg/l. pour cela en peut classer nos sols en trois classes d'après les travaux de Watling, 2007 :

- Classe des solutions des sols en une TDS oscille entre 0 à 450 mg/l, caractérisé par aucun effet sur les fonctionnements de la plante. Et qui présente une marge très limité avec 01% seulement des échantillons.
- Classe des solutions des sols en une TDS oscille entre 450 à 2000 mg/l, caractérisé par apparition des problèmes chez les cultures et qui présente 16% des sols échantillonner.
- Classe des solutions des sols en une TDS dépassent les 2000 mg/l, caractérisé des vraies problèmes chez les cultures donc demande d'utilisation des cultures tolérante à la salinité, cette catégorie des sols présente 83% des sols échantillonnée voir (Figure n° 22 et 23).

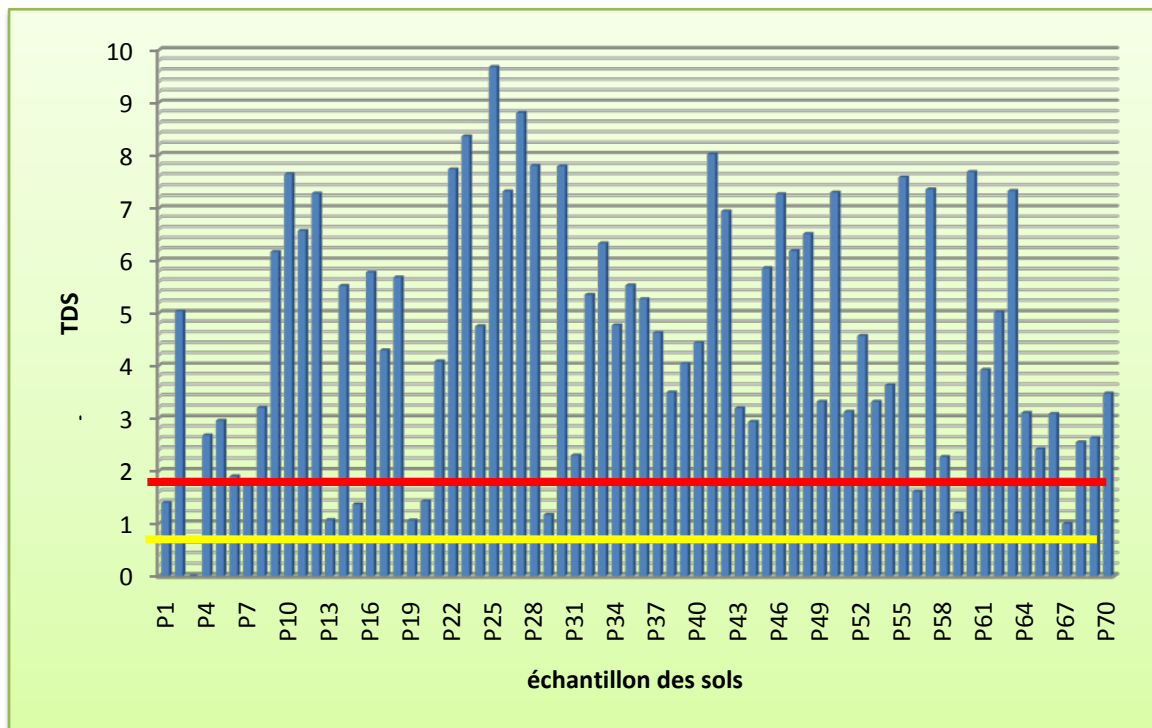


Figure n °22 : Répartition de mesure de TDS de 70 échantillons de pâte saturée.

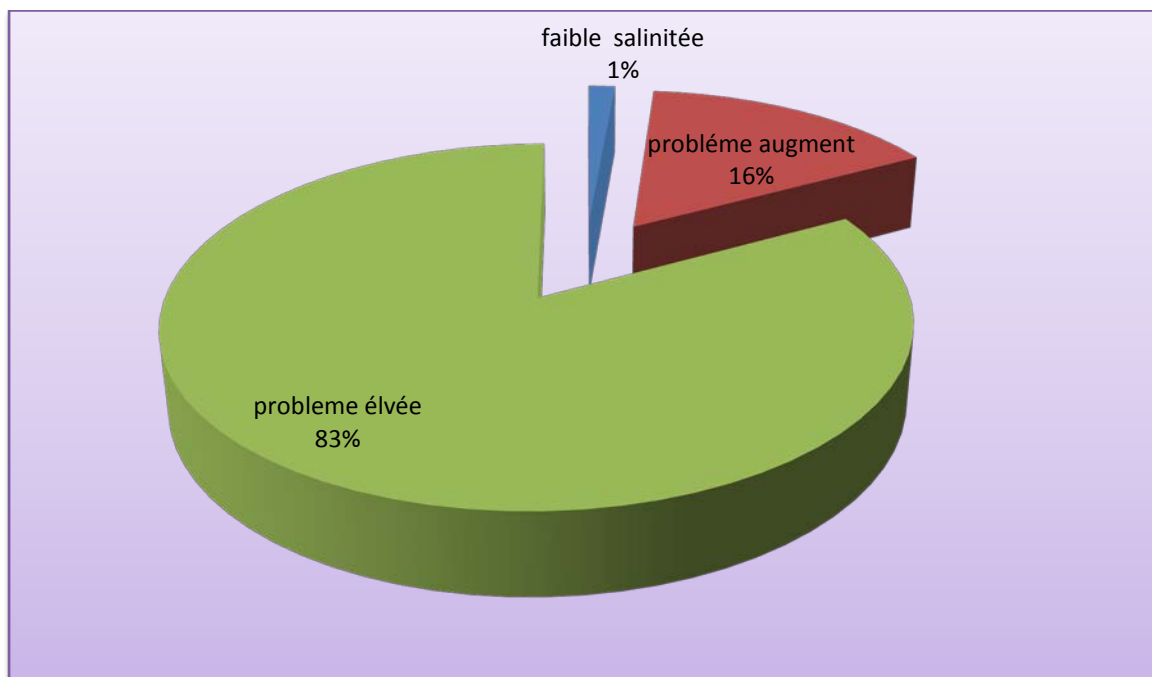


Figure n°23 : Répartition de mesure de TDS de 70 échantillons de pâte saturée.

2.2. Extrait aqueuse de 1/5 :

D'après Clément et al, 2003. La méthode consiste à faire des extractions aqueuses de rapport sol/eau (m/v) fixé pour obtenir des fortes dilutions (sol/eau de 1/5 ou 1/10, le rapport de 1/5 est le plus souvent utilisé) ; ce rapport reste constante quelle que soit la nature de l'échantillon et, notamment, sa granulométrie.

La mesure des paramètres physico-chimiques, à savoir le pH, la conductivité électrique, TDS, a été effectuée en laboratoire à l'université de Khenchela avec du matériel usuel (analyseur multi paramètres et un pH mètre). D'une manière générale, la mesure est présentée dans le tableau n° 22.

2.2.1. Mode opératoire :

Le mode opératoire adopter dans la préparation de l'extrait aqueuse 1/5, est de commencer par la préparation des échantillons comme suite

- Séchage de l'échantillon a l'aire libre sous abris
- Broyage des échantillons du sol
- Passage au tamisage à 2 mm,

Après la préparation d'échantillon, nous suivant les démarches de mode opératoire suivent ; Nous pesons 10 g de sol sec tamisés à 2 mm dans un bécher de 100 ml. Nous ajoutons 50 ml d'eau distillée puis nous agitons et laissons la solution en contact pendant 2 heures par l'agitateur rotatif. Ensuite, nous faisons étalonner le pH-mètre avec les solutions tampons. Enfin, nous mesurons la solution à l'aide de pH-mètre(PH).et conductimètre (CE, TDS) (Voir Les Photos n°15,16).



Photos n°15 : L'agitation de solution (2h).



Photos n°16: Mesure de CE, TDS, PH.

2.2.2. Les résultats des analyses au laboratoire

Les résultats des mesures effectuées au laboratoire de l'université de Khenchela sont présents dans le tableau n° 22.

Tableau n° 22: Les résultats des paramètres mesuré de Extrait aqueuse de 1/5, de la plaine de Remila .

Paramètre	Conductivité électrique 25C°	TDS	Ph
Unité	mS/cm	g/l	
Maximum	4,28	1,790	8 ,18
Minimum	0 ,251	0, 134	6,94
Moyenne	2 ,265	0,962	7,56

a. La conductivité électrique (CE) :

La salinité de l'extrait aqueuse 1/5 est déterminée par la mesure de la conductivité électrique (CE) exprimée en mS/cm. Notre mesure de la conductivité électrique pour nos échantillons oscille entre 4,28 mS/cm à 0,251 mS/cm, avec une moyenne pour tous les prélèvements 2,265 mS/cm. D'après les travaux de Riverside, 1954. Nous en peut les classer en cinq classes (Figure n° 24 et 25) :

- Classe des sols non salé au la CE oscilles entre 0 à 0,6 mS/cm qui présente la majorité des sols avec 71% de la région d'étude. D'après Watling, 2007. Cette catégorie de salinité à aucun effet sur toutes les cultures.
- Classe des sols légèrement salé au la CE oscille de 0,6 à 1 mS/cm, ces sols viens dans la deuxième position après la première catégorie occupe 10% des sols échantillonner. D'après les mêmes travaux de Watling, 2007. Seulement les rendements des plantes sensibles sont touchés par cette salinité.
- Classe des sols salé au la CE oscille de 1 à 2 mS/cm, cette catégorie n'est pas rependue sur la région mai elle existe avec 9 %, basons sur les travaux de Watling, 2007. Cette salinité peut même touchés les rendements sensible au salinité.
- Classe des sols très salé au la CE oscille de 2 à 4 mS/cm, cette catégorie n'est pas rependue qui présente 9% seulement d'échantillons. Cette salinité peut toucher le rendement des cultures tolérantes.

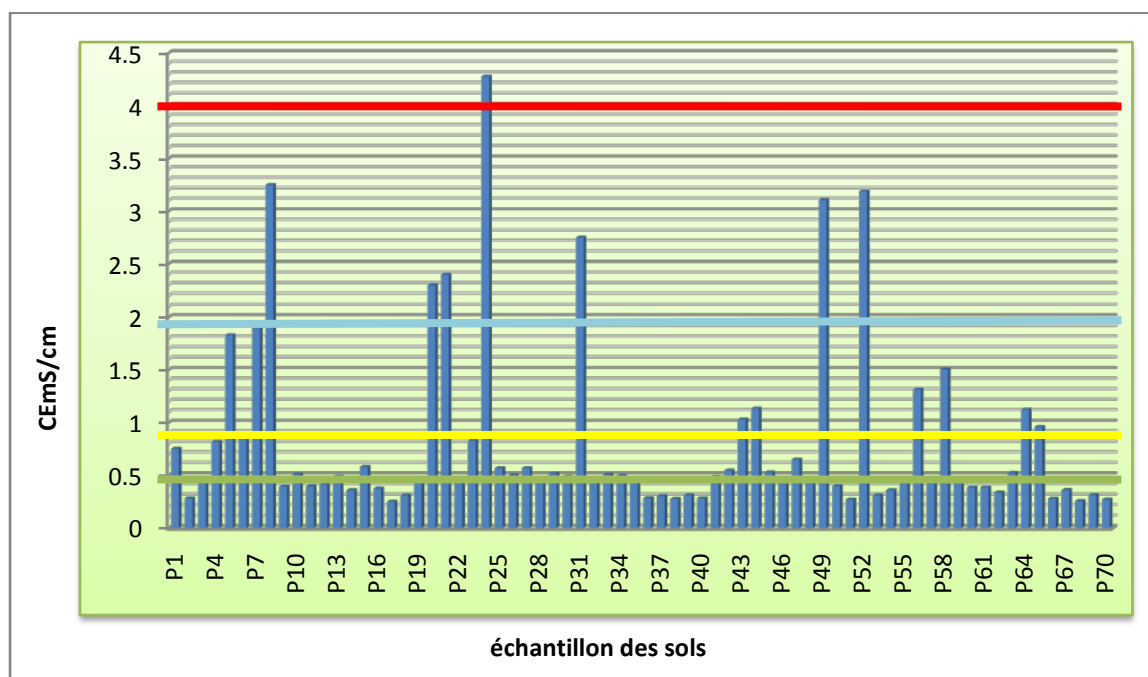


Figure n° 24: Répartition de CE de 70 échantillons de extrait aqueuse 1/5.

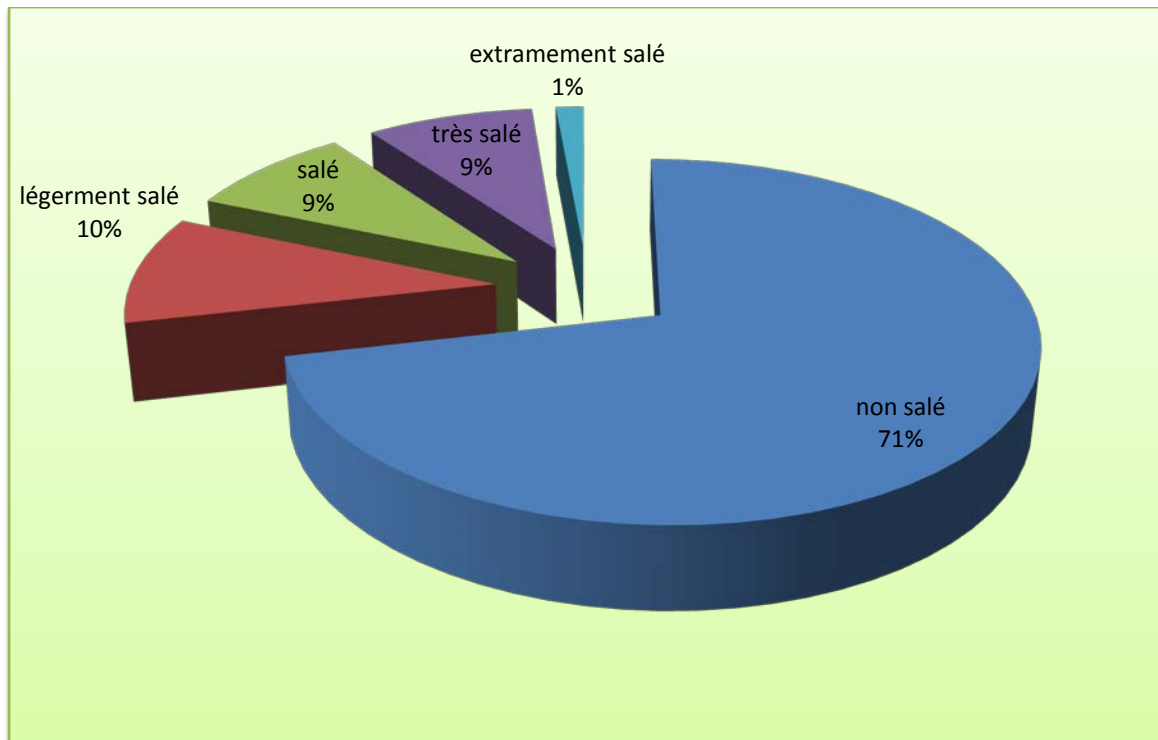


Figure n° 25 : Répartition de CE de 70 échantillons de extrait aqueuse 1/5.

- Classe des sols extrêmement salé CE dépasse les 4 mS/cm, cette catégorie n'est pas rependue seulement un échantillon présente 1%, d'après les travaux de Walting, 2007. Cette catégorie de la salinité c'est les espèces tolérante qui peut le résisté.

b. Potentiel Hydro- chimique (pH) :

D'après Clément et al, 2003. L'acidité, la neutralité et l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière facilité cette expression, on utilise le logarithme décimale de l'inverse de la concentration on ion H^+ : c'est le pH

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

Nos résultats de pH mesuré pour les échantillons de l'extrait aqueux de 1/5 oscillent entre 6,94 au 8,18. Avec une moyenne de 7,56 pour toute la région échantillonnée. D'après les travaux Scianna et al, 2007. On peut classer nos sols en trois classes:

- Classe des sols neutres entre 6,5 et 7,5 ; qui représentent 57% donc plus de la moitié des points échantillonnés de plaine de Remila. D'après les travaux Scianna et al, 2007. Cette catégorie des sols sont idéale pour toutes les plantes, mais la disponibilité de quelle que éléments va démunie (Phosphore et Bor).
- Classe des sols légèrement alcalins avec un pH entre 7,5 et 8 cette catégorie occupe 42% des sols échantillonné. D'après les mêmes travaux de Scianna et al, 2007. La disponibilité de calcium Ca et magnésium Mg va diminuer.
- Classe des sols légère à forte alcalinité avec un PH supérieur a 8 qui représentent seulement 1% sont des sols pour des espèces résistant au alcalinité. D'après les mêmes travaux de Scianna et al, 2007. Aussi la disponibilité de Ca et Mg va diminuer encore (Figure n° 26 et 27).

c. Total Disolved Salt (TDS) (1/5).

La salinité ou Total Disolved Salt (TDS), c'est la mesure de la totalité de concentration des ions soluble à la solution des sols. La TDS estimer par la mesure au laboratoire de la conductivité électrique (CE) de l'extrait aqueuse (Bookman, 1999).

Nos résultats de la TDS de l'extrait aqueuse 1/5 oscillent de 0,13 à 1,79 g/l, avec une moyenne pour la totalité d'échantillons de 0,69 g/l, qui veule dire que sols sont modérément salé en peut rencontrer des problèmes physiologique chez les plante sensible, car elle dépasse les 0,69 g/l. pour ce la en peut classer nos sols en deux classes d'après les travaux de Watling, 2007 (Figure n° 28 et 29) :

- Classe des solutions des sols en une TDS oscillent entre 0 à 0,8 g/l, caractérisé par aucun effet sur les fonctionnements de la plante. Et qui caractérise les majorités des points échantillonnés avec 97%.
- Classe des solutions des sols en une TDS oscillent entre 0,8 à 3,5 g/l, caractérisé par apparition des problèmes chez les cultures sensible et un peut chez les plantes tolérantes et qui présente 03% des sols échantillonner.

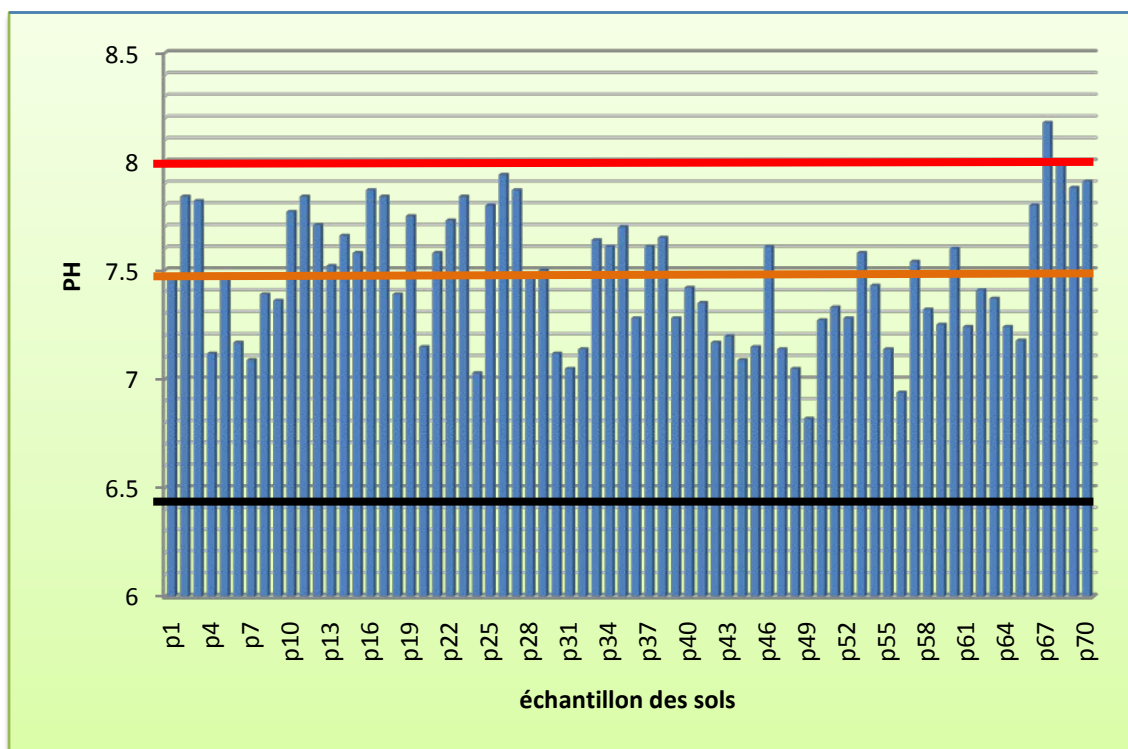


Figure 26: répartition de mesure de PH de 70 échantillons de extrait aqueuse1/5.

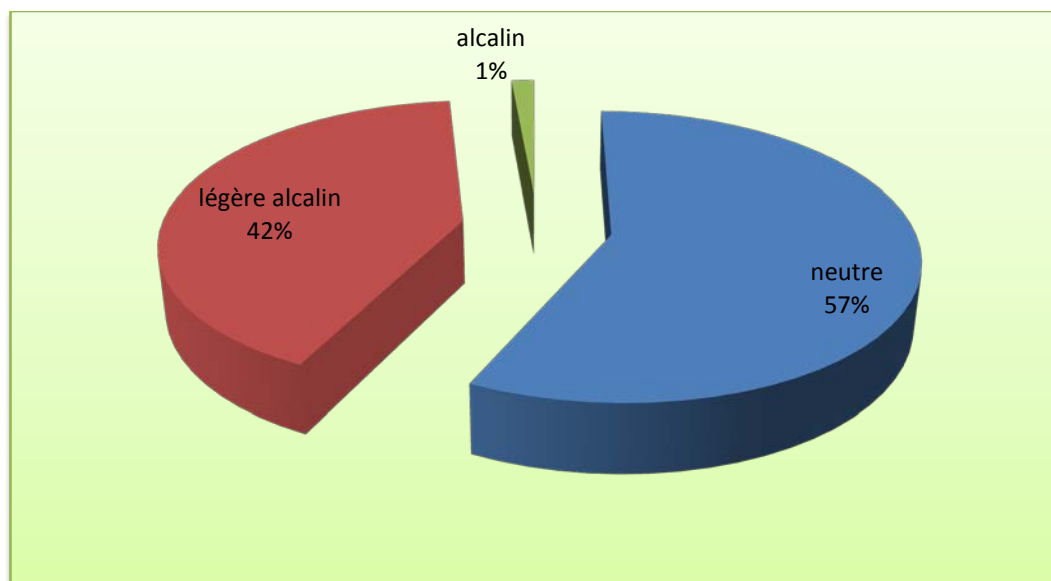


Figure n • 27: Répartition de mesure de PH de 70 échantillons de extrait aqueuse1/5

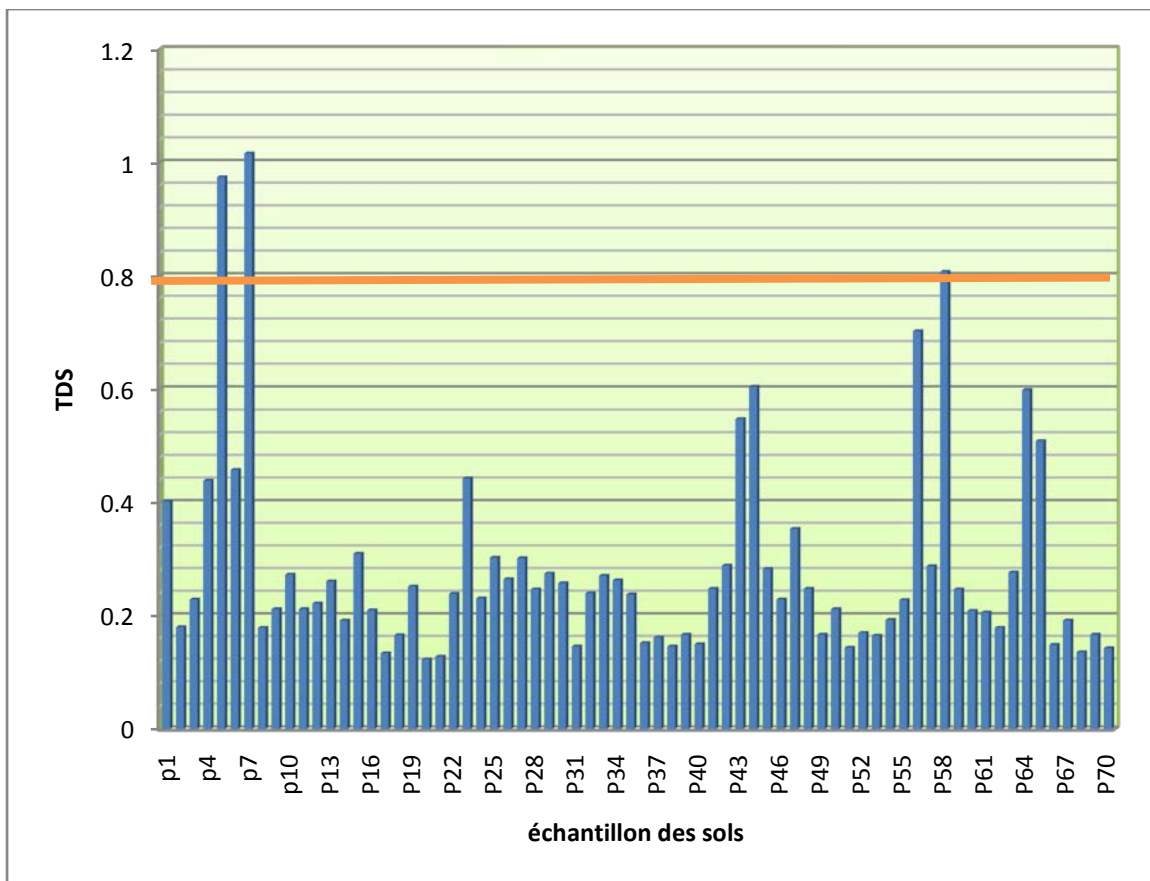


Figure n °28: Répartition de mesure de TDS de 70 échantillons extrait aqueuse 1/5.

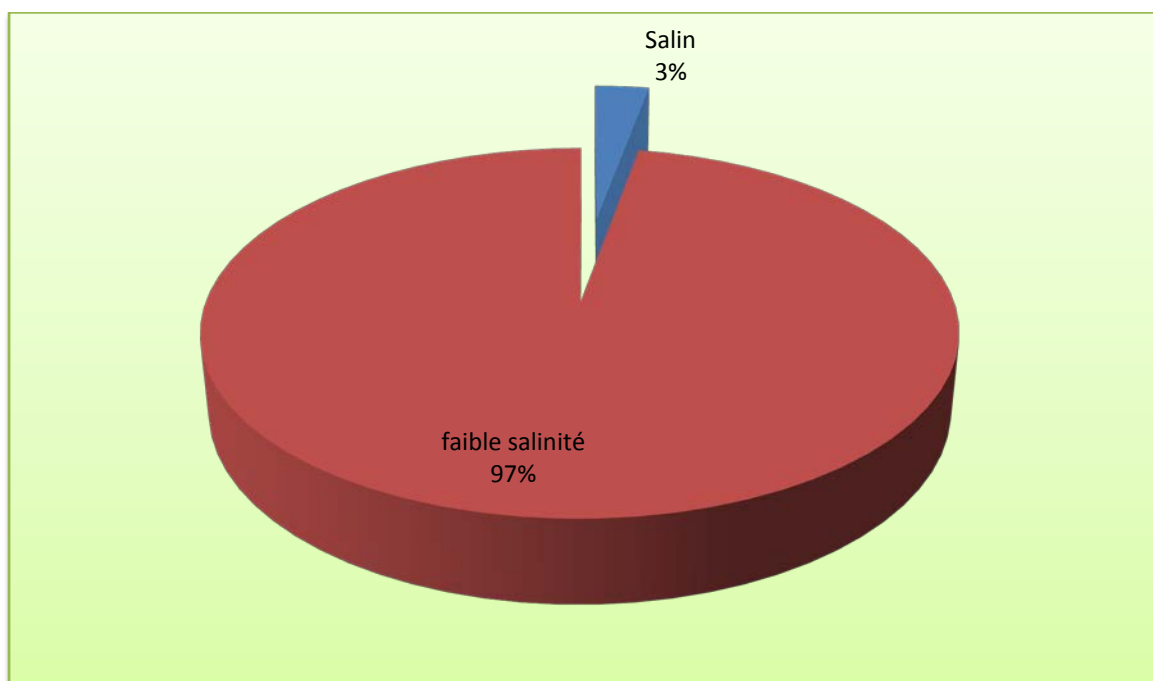


Figure n °29: Répartition de mesure de TDS de 70 échantillons extrait aqueuse 1/5.

3. Comparaisons entre les deux méthodes

Pour extraire les sels solubles et apprécier la salinité du sol. La première méthode cherche à ce rapproché, de façon standardisée, de ce qui se passe dans le sol en place, donc utilisons la méthode d'extrait de la pâte saturée.

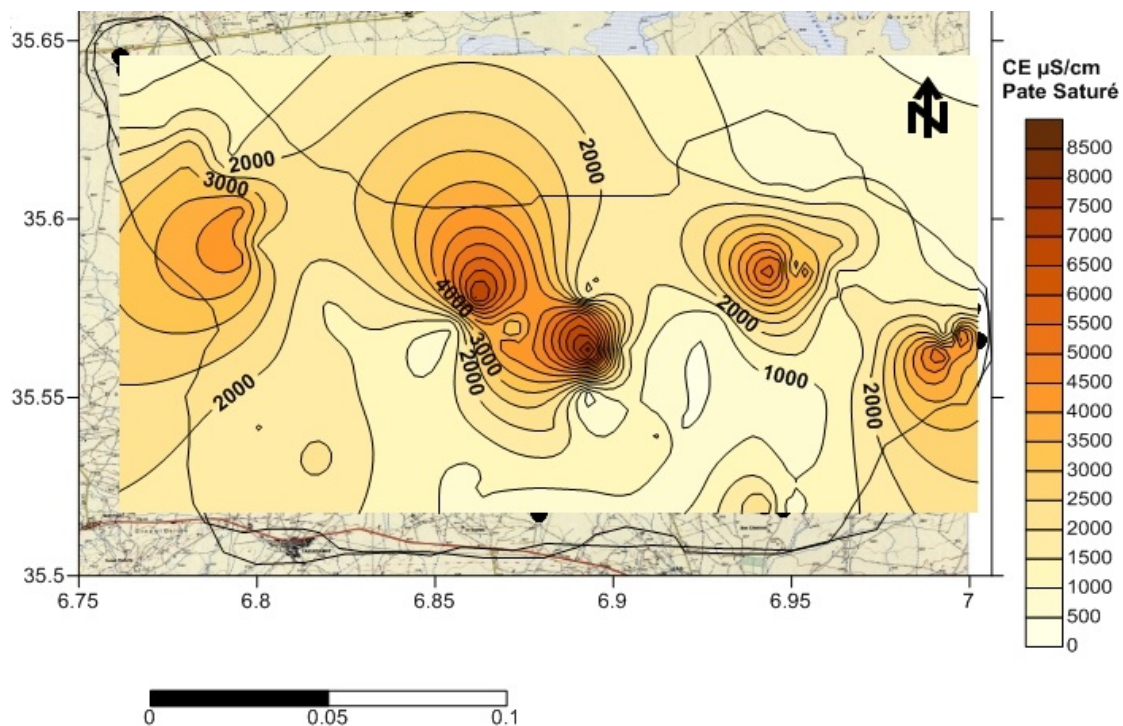
Généralement la deuxième méthode la plus pratiquée dans les laboratoires et celle d'extraits dilués est spécifiée en ajoutant le rapport sol/eau, car cette méthode est plus rapide et moins consommatrice de quantité d'échantillons.

De très nombreuses références internationales existent pour les deux méthodes mais pour la plupart des agronomes et les pédologues préfèrent ce référer, si possible, à la méthode des extraits de pâte saturée, d'autant plus que cette méthode est utilisée d'une manière internationale pour la classification de la salinité des sols (Clément et al, 2003).

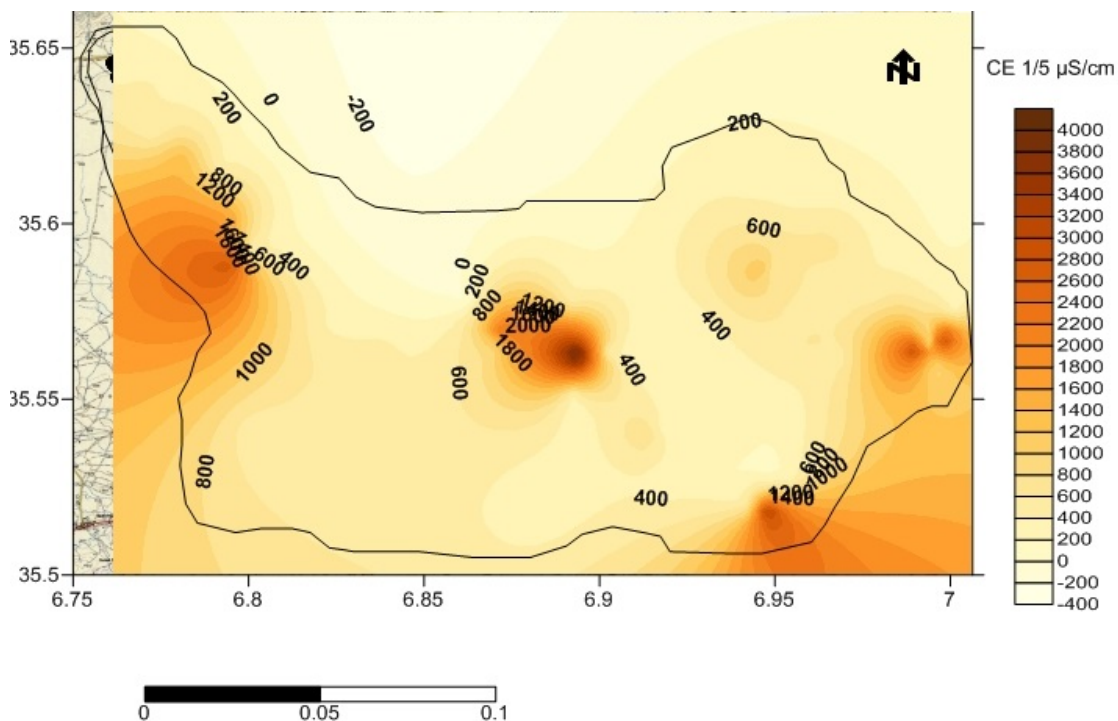
D'après Watling, 2007. La détermination de la tolérance en salinité est basée toujours sur EC_{es} (Pâte saturée) que pour $EC_{1/5}$, car est généralement le EC_{es} est plus grande 2 à 4 fois que celle de $EC_{1/5}$. Et cela fluctue avec la texture voire le Tableau :

Soil type	Multiply $EC_{1:5}$ by
Sand	23
Sandy loam	14
Loam	10
Clay loam	9
Light clay	7.5
Heavy clay	6

C'est la même remarque que nous avons vue dans nos résultats, car les résultats de la CE pâte saturée multiplier en 2 (0 à 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) par rapport à celle de l'extrait aqueuse 1/5 (est de 0 à 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), même du côté la répartition spatiale les résultats de la pâte saturée montrent que les sols touchés par la salinité sont plus importants que par rapport à celle de l'1/5, donc les sols au centre de la plaine et au Nord-est et au Nord-ouest sont salins (Carte n15 e16).



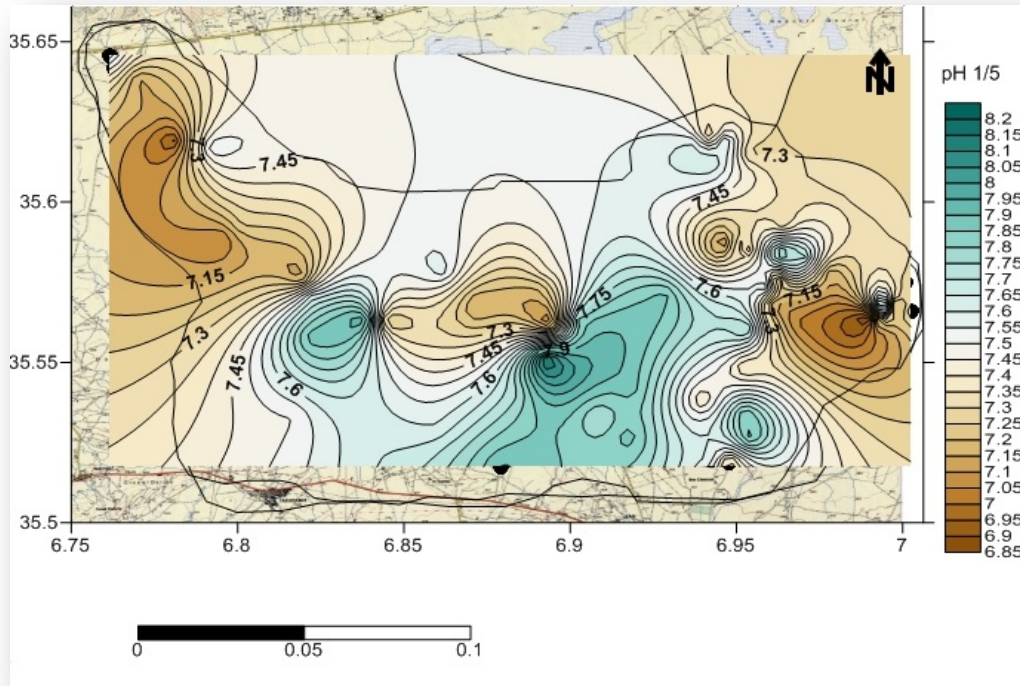
Carte n°15 : Répartition spatiale de la salinité des sols de la plaine de Remil, par la mesure de la CE de la pâte saturée.



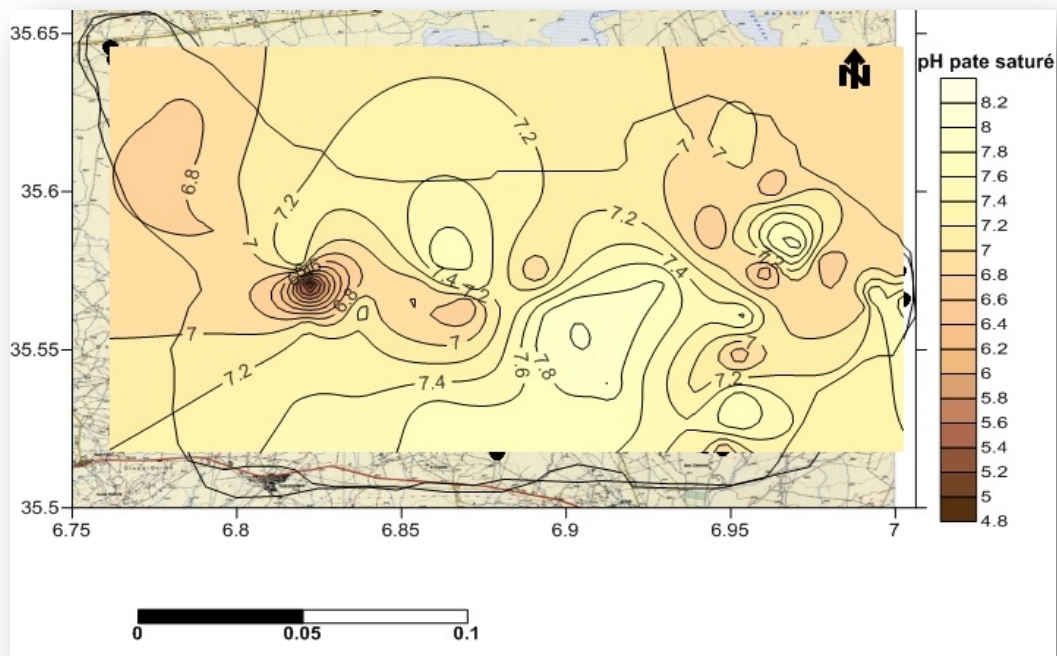
Carte n°16 : Répartition spatiale de la salinité des sols de la plaine de Remil, par la mesure de la CE d'extrait aqueuse 1/5.

Concernent le pH du sol de la plaine, nous remarquons à partir des résultats de mesure que l'intervalle de variation de pH chez la méthode de la pâte saturée est importante (8,07 à 4,84) par rapport à celle de l'extrait aqueux 1/5 (8,18 à 6,94), mais par contre la fluctuation de pH d'un échantillon à l'autre est plus importante chez le 1/5 que pour la pâte saturée. Par rapport à la répartition spatiale de Ph du sol on peut dire que la majorité des sols sont des sols à pH neutre, mais les sols au pH du sol tendent vers l'acidité sont surtout les terres agricoles caractérisées par un élevage intensif au nord-est rencontrées dans la partie Sud-ouest et Nord-est de la plaine. La différence entre la répartition de pH spatialement pour les deux méthodes le 1/5 et pâte saturée est non remarquable mais on remarque que les sols à pH neutre sont plus dominants chez l'extrait de pâte saturée que chez l'extrait aqueux 1/5 (Carte n° 17 et 18).

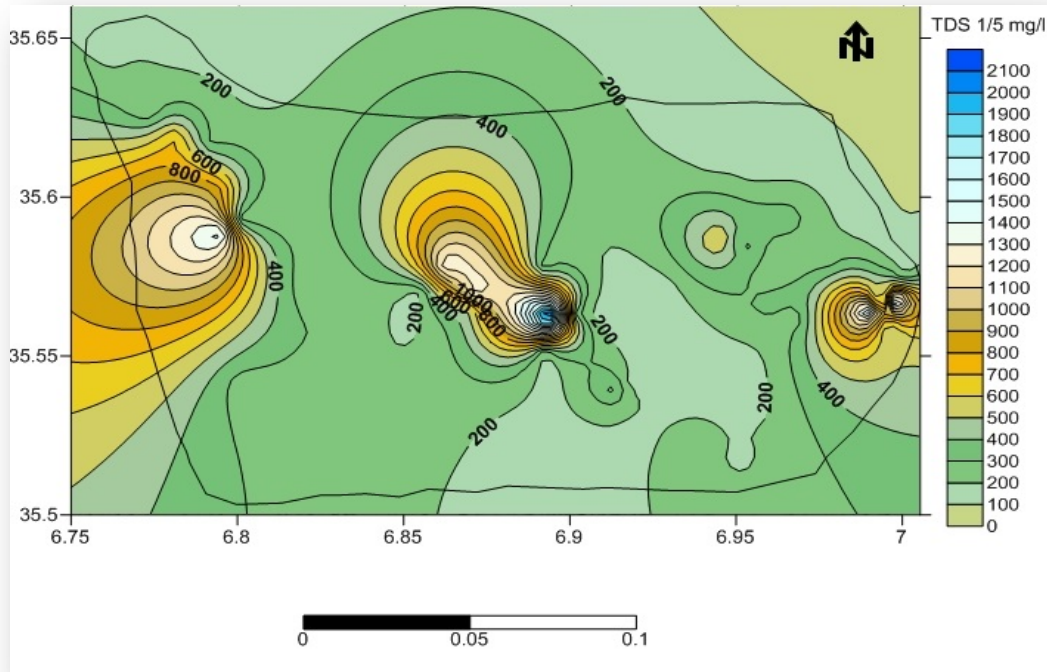
Concernent les mesures de la TDS par les deux méthodes on peut déduire que les valeurs TDS de la pâte saturée sont multipliées plusieurs fois par rapport à celle de l'extrait aqueux 1/5, même la fluctuation des valeurs est très importante chez la pâte saturée que celle chez l'extrait aqueux 1/5. Ajoutant à cela, la répartition spatiale de TDS ou la salinité globale chez la pâte saturée montre que la totalité de la partie Nord-est et l'extrême Ouest Nord-Ouest est touchée par la salinité, par contre chez l'extrait aqueux de 1/5 on montre que la répartition de la salinité globale n'est pas régulière, car on la rencontre dans la partie Nord-est et un peu dans les terres du centre de la plaine et un peu dans l'extrême Ouest (Carte n° : 19 et 20).



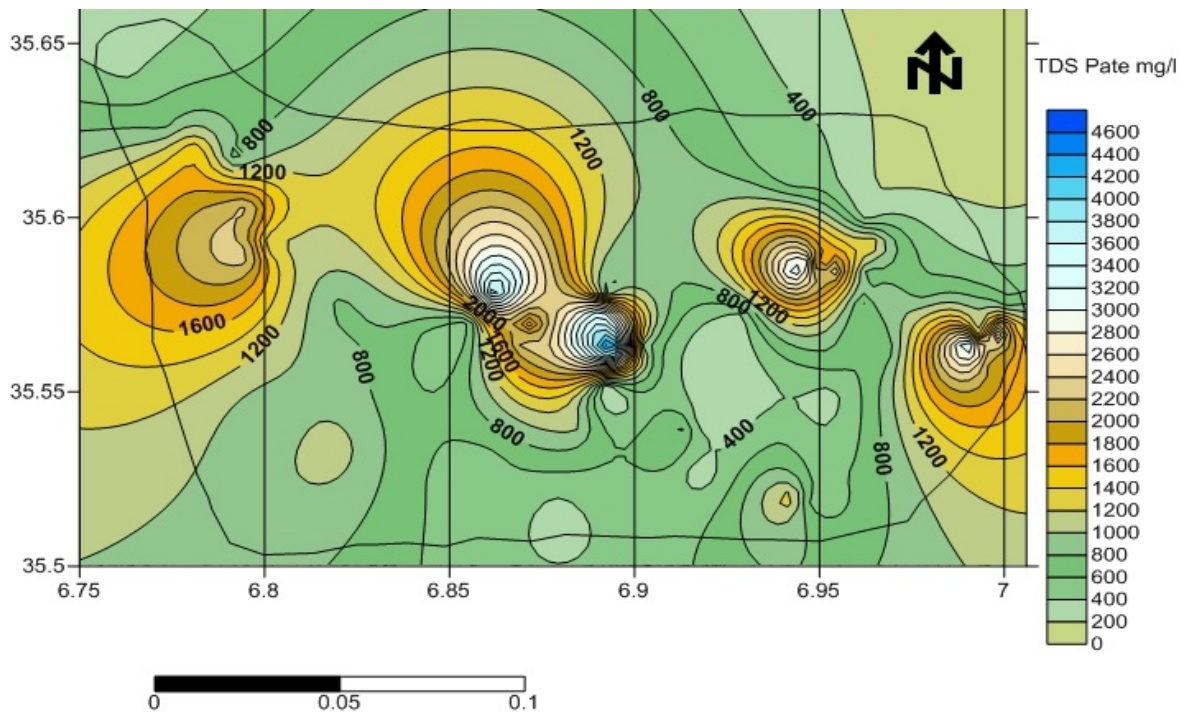
Carte n°17 : répartition spatiale de pH des sols de la plaine de Remila, Extrait aqueuse 1/5.



Carte n°18 : répartition spatiale de pH des sols de la plaine de Remila, Extrait Pâte saturé.



Carte n°19 : répartition spatiale de TDS des sols de la plaine de Remila, Extrait aqueuse 1/5.



Carte n°20 : répartition spatiale de TDS des sols de la plaine de Remila, Extrait de la pâte saturée.

Conclusion:

Dans ce chapitre ont été présentés les résultats de 70 échantillons traités par deux méthodes recommandées par différents laboratoires pour l'analyse du sol, sont celle de l'extrait de la pâte saturée et l'extrait aqueuse de 1/5.

Les résultats des mesures ont montré une différence remarquable entre les deux méthodes, car la conductivité électrique chez l'extrait de la pâte saturée oscille entre 0,18 à 9,48 mS/cm par contre chez l'extrait aqueuse 1/5 varie entre 0,25 à 4,28 mS/cm. C'est la même chose pour les autres paramètres, le pH au l'intervalle de variation est plus grand chez l'extrait de la pâte saturée que chez l'extrait aqueuse 1/5. La même pour la salinité globale (TDS) on remarque que les valeurs de TDS sont très et même plusieurs fois chez l'extrait de la pâte saturée que chez l'extrait aqueuse 1/5.

En combinaison entre tous ces paramètres et ces résultats, on peut déduire que la méthode la plus proche de la réalité est celle qui utilise l'extrait de la pâte saturée, car elle donne des données précises et attend des valeurs plus basses et les plus hautes pour le pH, CE et TDS, Par contre l'extrait aqueuse de 1/5, l'intervalle de ces valeurs est plus réduite. Donc l'extrait de la pâte saturée est plus représentatif de la réalité que pastille dans le sol.

Conclusion Générale

La présente étude, qui a porté sur les sols de la plaine de Remila, située au Nord de la wilaya de Khenchela au Nord-Est de l'Algérie, a abouti aux conclusions suivantes :

Les études géologiques de la région d'étude à montré que, la géologie de la zone, ce distingué par deux formation prédominante : le calcaire d'âge Crétacique, apparaissant des escarpements limitant la plaine occupant les côtes les plus élevées, et les sédiments d'âge quaternaire, résultants de l'action de l'érosion et de transport des roches calcaire occupent les côtes inférieures. Les sols de la plaine de Remila, semblable et typique des sols salés des zones aride et semi-aride, avec une texture argileuse. De coté ressource en eau, L'aquifère le plus important est d'âge Mio-Plio-Quaternaire représenté par trois nappe (Phréatique, profond et de miocène). Pour les ressources superficiel, est drainé par différente Oued : Oued Boulefraï à l'Ouest, Oued Baghai à l'Est, traversent la plaine et aboutissent dans la dépression salée, et à l'intérieur de ce terrain Oued Marouf, Oued Gueiss qui coupent la zone d'étude du Sud au Nord.

Le climat de la zone d'étude est de type semi-aride avec une composante d'altitude influencée par les courants d'air froid et humide en provenance des massifs des Aurès (maximum des précipitations en hiver et au printemps, couverture neigeuse peu durable mais parfois importante, saison sèche à orages brutaux en été, effet de barrage des reliefs, favorisant les précipitations) le temps de remplissage des aquifère est limité pour les trois mois seulement Mars, Avril et Mai, et le reste des mois marquent une déficit agricole qui faire appelle au ressource souterrains.

Dans le cadre d'étude de la salinité des sols de la plaine, ont à mesuré quelle que paramètres tel que : CE, TDS et pH. Les résultats des mesures ont montré une différence remarquable entre les valeurs de deux méthodes, car la conductivité électrique (CE) chez l'extrait de la pâte saturée oscille entre 0,18 à 9,48 mS/cm par contre chez l'extrait aqueuse 1/5 balance entre 0,25 à 4,28 mS/cm, nous donne une vision claire sur la qualité des sols modérément salé, donc seulement les cultures tolérantes qui donne des bon rendements. C'est la même chose pour les autres paramètres, tel que le pH au l'intervalle de variation est plus grand chez l'extrait de la pâte saturé (4,84 à 8,08) que chez l'extrait aqueuse 1/5 (6,94 à 8,18). La même pour la salinité globale (TDS) au en remarque que les valeurs de TDS sont très élevé et même plusieurs fois chez l'extraits

de la pâte saturée (0,1 à 6,17 g/l) que chez l'extraits aqueuse 1/5 (0,96 à 1,79 g/l) ces valeurs montrent toujours la salinité des sols de la plaine.

Pour une meilleurs valorisation de nos mesures, nous avons procédé à l'utilisation d'autres outils tel que ; surfer 10 comme un logiciel de cartographie. Pour identifier la répartition spatiale de la salinité dans la plaine d'étude Remila, cette répartition à confirmer que les deux parties Nord-ouest et Nord-est sont les plus salé, donc la salinité des sols dans la plaine arrange d'une façon croissante du Sud ver le Nord.

Pour terminent par des recommandations visent à élucider cette problèmes qui ont été observés, à préciser les incertitudes résultant de l'étude actuelle et à proposer des interventions en conséquence :

- Encourager les agriculteurs à améliorer leurs pratiques agricoles, qui diminuent le pouvoir salinisant des eaux, avec l'utilisation de matière organique et un drainage satisfaisant des sols et c'est nécessaire pratiquer les doses de lessivage adéquat.
- Maîtriser le stockage et l'utilisation des matières organiques résultant de l'élevage animal.
- Arrêter le déversement direct des rejets urbains et industriels au niveau de la plaine en réalisant un traitement préalable de ces effluents avant qu'ils atteignent la plaine à cause de phénomène d'endoréismes.
- utilisation des culture plus tolérante au salinité dans les zone très saline pour ne pas avoir des perte importante en rendement.

Références

Bibliographique

Références Bibliographique

AUBERT G., 1983 : Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou sals sodiques. Cash. ORSTOM.ser. ped. Vol xxx n°1, pp = 73-78.

AYERS R.S., 1978 : Aspects de salinité et de la qualité de l'eau de l'irrigation goutte à goutte. Ann.INA. vol I n°3, pp = 109- 113.

AGROCHIMICA, XX, 4-5, pp : 313 – 323.

A.N.R.H, 2002. Etude de modélisation de la nappe de la plaine de Rémila réalisé par un bureau d'étude ; Agence nationale des ressources hydrique (2002).

BNEDR,1993.:Schéma directeur d'aménagement de la Wilaya.87P.

BOUTEYRE G ET LOYER Y., 1992 : Sols salés eaux saumâtre des régions arides tropicales et méditerranéennes in l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM, Paris

BERNSTEIN L., 1964: Salt tolérance of plant. USDA. Agricultural information Bulletin, p283.

BRIDGES E. M., 1978: World soils. Cambridge University. Press. 2 eme edition,pp :95- 97
CGG (1970) 1969. Les prospections Géophysique de la plaine de Rémila. La Direction d'Hydraulique de la wilaya de Khenchela, Réalisé par Compagne Générale de la Géophysique 1969.

Baize D et Girard B., 1995 : Guide pour la description des sols. INRA. Paris, 375p.

CHERBUY B. (1991), Les sols salés et leur réhabilitation cas de la Comarca. Editeur

CEMAGREF. FAO, 1984: Prognosis of salinity and alkanity. FAO soils Bulletin 31, 268 p.

CREUSI T., 1970 : Recherche et formation en matière d'irrigation avec les eaux salées. 1962- 1969. UNESCO. Paris. Rapport technique, 243 p.

CLAUD G., Malher C., Claud Remy J., Berthelm J., Louis Morel j., 2005 :

Sol et environnement. Dunod . Paris, pp= 609-625.

CHEVERY C., 1995 : Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de l'acad d'agric. De France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol = 81 (2). Paris, pp = 42-46.

CHERBUY B., 1991 : Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.

CALVET R., 2003 : Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 p.

CPH, 1977. Proposition de réalisation d'étude et projets d'aménagement hydro-agricole de la plaine de Rémila. Rapport de CONSORTIUM PROJECTUM-HIDROESB, Rio de Janeiro Janvier 1977. 100 p.

CLÉMENT M ET AL, 2003. Analyse chimiques des sols méthodes choisies. Edition La voisier, 2003. ISBN : 2-7430-0620-X N° 620. 389 p.

CHEVERY C., 1972 : Exemple d'application des travaux de l'U.S.S.L (1963 – 1968) sur l'alcalinisation des sols soumis à l'action bicarbonatée. Cah.

CHERBUY B., 1991 : Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique.

CEMAGRAF, école. Nat. Renne, 170p.

CLAUD G., Malher C., Claud Remy J., Berthelm J., Louis Morel j., 2005 : Sol et environnement. Dunod . Paris, pp= 609-625.

CGG, 1969. Les prospections Géophysique de la plaine de Rémila. La Direction d'Hydraulique de la wilaya de Khenchela, Réalisé par Compagne Générale de la Géophysique 1969.

DEWK, 2009. Plan d'aménagement et de développement durable de la wilaya de Khenchela ; Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela (2009).

DHWK, 1984. Schéma Directeur de planification d'aménagement ; Direction de l'hydrolique de la Wilaya de Khenchela p.

DPAT, 2011. Services des statistiques, Direction de la planification et l'aménagement du territoire) de la wilaya de Khenchela.

DHWK, 1984. Schéma Directeur de planification d'aménagement ; Direction de l'hydrolique de la Wilaya de Khenchela p.

DPAT, 2011. Services des statistiques, Direction de la planification et l'aménagement du territoire) de la wilaya de Khenchela.

DSA ,2011 Service de statistique ; Direction des services agricoles de la wilaya de Khenchela février 2011Pp.

DSA, 2013 Service de statistique ; Direction des services agricoles de la wilaya de Khenchela AVREL 2013.

Djili K., 2000 : Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie.

DURAND J.H., 1983 : Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.

DUCHAUFFOUR PH 1969, Précis de pédologie. ed. Masson. Paris, 192 p.

DUCHAUFFOUR PH., 1976 : Principes d'une classification écologique des sols

DUCHAUFFOUR PH. SOUCHIER B., 1977 : Pédologie 1, Pédogenèse et classification. Masson. Paris.

DUCHAUFFOUR PH., 1988 : Abrèges de pédologie. 2 eme édition. Masson. Paris. Milan. Barcelone. Mexico, 224 p.

DAOUD Y., 1993 : Contribution à l'étude des sols des plaines de Cheliff, le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèses doctorat d'état.INA. Alger, 193 p.

DJILI K ET DAOUD Y., 1999 : Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA. Chélif. Le 01 02 juin, n° 99, pp : 25- 44.

DSA, 2011. Service de statistique ; Direction des services agricoles de la wilaya de Khenchela février 2011Pp15-31.

FAO, 1988 : La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin d'irrigation et de drainage, 29 Revel, 181 p.

FAO. 2005: Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome,61 p.

GAUCHER G ET BURDINS S., 1974 : Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés.ed.p.u.f.paris,231p.

GUIRAUD R, 1973. Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin de Hadna et de régions voisines. Thèse de doctorat ; Université de Nice ,270 p.

HOUHA B, 2007. Etude des fonctionnements hydrogéochimique et salin de bassin semi-aride de Remila Kkenchela.thèse de doctorat ; Institut hydrogéologique, Université de Annaba, 165p.

Houha ; 2007. Etude des fonctionnements hydrogéochimique et salin de bassin semi-aride de Remila Kkenchela.thèse de doctorat ; Institut hydrogéologique, Université de Annaba,

HALITIM A., 1973 : Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3^{ème} cycle. Univ de Renne, 176 p.

HALITIM A., 1985 : Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse doctorat. univ Renne, 384 p .

HALITIM A ET ROBERT M., 1987 : Interaction du gypse avec les autres constituants du sol, analyse microscopique de sols gypseux en zone aride (Algérie) et études expérimentations. In Fedoroff et al (Ed): Soil Micro morphology. Afes, pp: 179 – 186.

HALITIM A., 1988: Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p

HAMDY A., LASRAM M ET LACIRGNODA C., 1995 : Les problèmes de salinité dans la zone méditerranéenne compte rendu. Acad. D'agri. De France action (1).vol 81 (2). Paris. Séance spécialisée du 22 Mars 95, pp : 47- 60.

HERRERO J ET PORTA J., 1993: Micromorphology and genesis of soils enriched with gypsum. CIHAM. Jamz (Zaragoza).

HALITIM, 1973 HOUHA B, 2007. Etude des fonctionnements hydrogéochimique et salin de bassin semi-aride de Remila Kkenchela.thèse de doctorat ; Institut hydrogéologique, Université de Annaba, 165p.

JOSEPH SCIANNA ET AL ;SEPT 2007,plant materials technical not, testing and interperiting Salt-Affected soil for terr and shrub plantings.United States Departement of Agriculture Natural Resources Conservation Service Plant Materials Technical .Not No.MT-60. P 5.

KEBBACH Rima, 2011.Mécanisme de salinisation des eaux souterraines cas du plain alluvial de Remila(Wilaya de Khenchela),80p.

LAFFITTE R, 1939. Etude Géologique de l' Aurès. Publier par Les services des cartes Géologique. Algérie, Alger, 2^{ème} Série. Bull. N° 15.

Mermoud, 2006. Maitrise de la salinité des sols. Cours de physique du sol. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Janvier 2006. 15 p.

MATHIEU C ET PIELTAIN F., 2003 : Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 292 p.

OULDJAOUI Mounia & DJOUDI Salima ,2011. Contribution à la question de l'origine du fer dans les eaux de la station de déminéralisation par osmose inverse d'El Ouldja (Sud de Khenchela) Thèse de Master Académique en Ecologie 2011.Pp 24-66.

ORSTOM. Sér. pédo. 10 (2), pp : 193-203

RIEU M., TOUMA J., GUEY R., 1992 : Sodium – calcium exchange on Brazilian soils : modeling the variation of selectivity coefficients. Soils . sci. Ann. J , pp: 1294-1300.

RAJU R.T., JINNO K. ET Wada S.I., 1993 : exchange process at the land surface for a range of space and time scales proceedings of an international symposium held at yokohama, Japon, 13-16 July 1993.

RICHARDS L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil and water conservation research branch agricultural research service. Agriculture handbook N° 60 february 1954 USA. 158 p.

SERVANT J.M., 1970 : Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques. Sci. Du sol.2, pp : 87-103.

SERVANT J.M ., 1975 : Etude pedologique des sols halomorphes. Thèse. Doc. Uni. Montpellier, 194p.

SZABLOCS I., 1994: Prospects of soil salinity for the 21 st century trans. Int cong of soil sc, pp: 123- 141.

SZABLOCS I., 1994: Prospects of soil salinity for the 21 st century trans. Int cong of soil sc, pp: 123- 141.

SUMNER M.E., 1993: Gypsum and acid soils: the world science. Advances in Agronomy. 51, pp: 1-32.

SAMOLOYA E.M., 1979 : Saline soils, classification and diagnostic. unep. URSS. Acad. Sci. seminar on soil salinity.

VILA, 1980 J.M VILA, 1977. La chaine alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse sciènes, pierre et marie curie, Paris 4. 450 p.

WATLING KRISTIE, 2007. Measuring salinity. Natural Resources and Water, Managing Queensland's natural resources...for today and tomorrow. Queensland the Smart State June 2007. 5 p.

WYN JONES G ET GUNSTON H., 1991: Completament a ryor conflicting approaches to Salinity DDU. B ulletin n 23, pp 7-9.

ZOUAOUI A, 1990. Contribution à l'étude de l'évaluation des terres de la plaine de Remila (Kais W-Khenchela). Thèse de Magister en sciences Agronomique, université de BATNA, Institut d'Agronomie juin 1990. 200 p.

Résumé

La plaine de Rémila est caractérisé par sa vocation agricole au Nord de la wilaya, sa position géographique au Nord dans l'étage bioclimatique Semi-aride, sa topographie plaine, ces ressource en eau souterrain importante et le risque de salinisation des sols par la présence de formation géologique favorisent la salinisation primaire, la mise en valeur des terres par différents projet, qui demandent d'énormes efforts pour développé la plaine.

L'objectif de notre étude est de déterminé la salinité des sols dans la plaine de Remila, ont comparaisent entre les résultats de deux méthode les plus utilisé ; extrait de la pâte saturée et extrait aqueuse 1/5, et avoir sont répartition spatiale dans la région d'étude.

L'analyse des sols utilisés pour La détermination de la salinité est estimée régulièrement par la mesure de la conductivité électrique CE, TDS ,et pH. Ces paramètres nous permettre d'avoir faire une vision globale sur la salinité des sols dans la région et au même temps de faire une cartographie de répartition des sols Salés dans la région d'étude. D'après nos résultats les sols sont classé en trois une classe des sols qui ne costituer uccun problème de salinisation, une catugirée des sols modèrément salin les rendements des espèces sensibles sont touchez et en fin une catégories des sols au la salinité est très élevée généralement sont autroure des déprission de Sebkha seulement les espèces tolérantes qui risite.

Mots clés: Salinité, Sols, Remila, cartographier des sols.

Summary

Plain Rémila is characterized by its agricultural north of the province, its geographical position in the North Semi-arid bioclimatic stage, its plain topography, these large underground water resources and the risk of soil salinization by the presence geological formation contribute to the primary salinization, land development by different project, which need huge efforts developed the plain.

The aim of our study was determined salinity in plain Remila have comparisent between the results of two methods most used; saturated paste extract and aqueous extract 1/5, and are having spatial distribution in the study area.

The analysis of the soils used for the determination of salinity is estimated regularly by measuring the EC, TDS, pH and electrical conductivity. These parameters allow us to have a global vision of soil salinity in the region and at the same time to a distribution map of Salty Soil in the study area. Our results soils are classified into three class of soils that costituer uccun problem of salinisation, a moderately saline soils catugirée yields are touch sensitive species and an end to the categories of soil salinity is very generally high are autroure of déprission Sebkha only tolerant species risite.

Keywords: Salinity, Soils, Remila, mapping soil.