



Mémoire MASTER ACADEMIQUE

Domaine : science de la nature et de la vie

Filière : écologie et environnement

Spécialité : protection des écosystèmes

Présenté par :

Oukba Kounta Dahmani

Zeraoulia Rayane

THEME

Cartographie de risque de salinisation du sol (Cas de bassin versant de Garaet El Tarf NE Algérie)

Devant le jury :

Présidente : Mme. Dib Dounia MCA Université de Khenchela

Encadreur : Mr. Boulabeiz Mahrez MCA Université de Khenchela

Examinatrice : Mme. Berkani Cherifa MCB Université de Khenchela

Année universitaire : 2021/2022



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

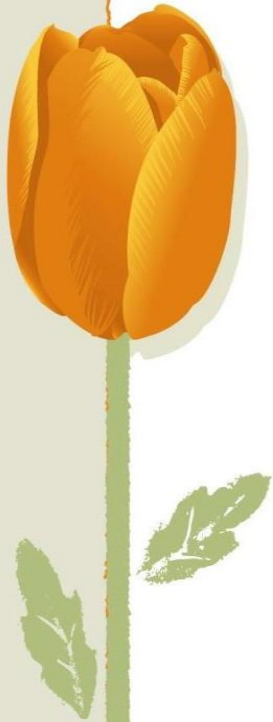
Avant tout, nous rends grâce à ALLAH -Sublime soit Le Glorifié- le très Miséricordieux de nous a donné la patience, le courage et la force pour accomplir ce travail, et qui nous guidé dans tout ce que j'ai entrepris.

*Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement mon encadreur, Monsieur **Boulabeiz Fouad** pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance, qui n'a ménagé aucun effort pour la bonne réussite de ces recherches. Nous disons merci.*

*Nous remercie tout particulièrement messieurs les membres de Jury **Dib Dounia** et **Berkani Cherifa** d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

Un autre grand merci va à l'université d'Abess Laghrour khanchela, en particulier à tous les enseignants du département de l'Ecologie et Environnement .

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près où de loin à la réalisation de ce mémoire



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Celle qui a souffert pour moi et qui s'est sacrifiée corps et âme pour m'offrir un milieu favorable pour ma croissance morale : Ma mère Ma grand-mère Mon père Sid Mohammed qui m'a soutenu et veillé à mon éducation.

A mes sœurs : Cherifa, Zineb.

A tout ma famille

A mes très chères et fidèles amies : Slimane, Chouaib, Redoune, zouhir, nadhir, mouhammed, hossain.

A tout l'équipe écologique MY LAND

A tous les amis que je n'ai pas mentionnés sans exception.

A mon binôme : Rayane et toutes la famille Zeraoulia.

A tous mes enseignants de tous les cycles d'étude.

A toutes mes collègues de ma promotion de protection des écosystèmes sans exceptions.

A ceux qui m'ont connu de près ou de loin.

OUKBA KOUNTA DAHMANI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Celle qui a souffert pour moi et qui s'est sacrifiée corps et âme pour m'offrir un milieu favorable pour ma croissance morale : Ma mère Zouhra Mon père Rachid qui m'a soutenu et veillé à mon éducation.

A Ma petite soeur : Marwa qui est la chose la plus précieuse de ma vie.

A mes frères AbdElhak, Zakaria.

A mes très chères et fidèles amies : Amina, loubna, Manel.

A tous les amis que je n'ai pas mentionnés sans exception.

A mon binôme : Dahmani et toutes la famille Oukba kounta.

A tous mes enseignants de tous les cycles d'étude.

A toutes mes collègues de ma promotion de protection des écosystèmes sans exceptions.

A ceux qui m'ont connu de près ou de loin.

Zeraoulia Rayane

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT

DEDICACES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude	3
1. Introduction	3
2. Situation géographique.....	3
3. Climat	4
3.1. Choix de la station référence	4
3.2. Les facteurs climatiques	5
3.2.1. Les précipitations.....	5
3.2.2. Les températures.....	7
3.2.3. L'humidité	8
3.2.4. Le vent.....	9
4. Facteurs orographiques.....	10
5. Le relief du bassin	11
6. Réseau hydrographique	12
7. Cadre morphométrique.....	13
8. Couvert végétal.....	15
9. Conclusion.....	15
Chapitre II : Cadre géologique	16
1. Introduction :	16
2. Cadre général :.....	16
2.1. La série stratigraphique :	16
2.2. Lithostratigraphie du bassin de Gareat El Tarf :	16
2.2.1. Trias :.....	17
2.2.2. Crétacé :.....	18

2.2.3	Eocène :	21
2.2.4.	Miocène :	21
2.2.5.	Le Mio-pliocène :	22
2.2.6.	Quaternaire :	22
3.	Conclusion :	25
CHAPITRE III : Synthèse bibliographique.....		26
1.	Salinité des sols	26
1.1.	Définition.....	26
2.	Types de la salinité des sols.....	26
2.1.	Salinisation primaire (ou Naturelle)	26
2.2.	Salinisation secondaire (ou d'origine humaine) :	26
3.	La salinité et la texture du sol.....	26
3.1.	La texture su sol.....	26
3.2.	Infiltration de l'eau en fonction de la nature du sol :	27
4.	Problème de salinité des sols	28
5.	Méthodes d'évaluation de la salinité des sols	28
5.1.	Méthodes de laboratoire	28
5.1.1.	Extrait de la pâte saturée.....	29
5.1.2.	Extrait dilué	29
5.2.	Méthodes géophysiques.....	30
5.2.1.	La conductivité électrique apparente du sol CEa	30
5.2.2.	La résistivité électrique.....	30
5.2.3.	Les capteurstime-domainre flectometry(TDR).....	30
5.2.4.	Induction électromagnétique :	31
CHAPITRE IV : cartographie du risque de salinisation du sol.....		32
1.	Introduction	32
1.	Méthodologie utilisée dans l'élaboration des cartes d'indice de risque de salinisation (IRS) :	32
1.1.	Aquisition des donées et mode de traitement :	34
1.2.	Logiciels utilisés :	36
1.3.	Organigramme :	37
2.	Résultats et discussion :	37
2.1.	Indice d'aridité AI :	37
2.2.	Occupation du sol :	38
2.3.	Drainage du sol :	39
2.4.	Topographie :	40
2.5.	Qualité des eaux pour l'irrigation :	41

3. Risque de salinité des sols :	42
4. Conclusion :	44
Conclusion générale :	46
Recommandation	46
Résumer :	47
Abstract :	47
: ملخص	47
Références bibliographiques	48

LISTE DES FIGURES

N° de figure	Titre de figure	Page
CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude		
Fig.01	Situation géographique de Gareat El-Tarf.	4
Fig.02	Précipitation moyenne mensuelle pour une période de 20 ans (1998-2018).	6
Fig.03	Précipitation moyenne annuelle pour une période de 20 ans (1998/2018).	6
Fig.04	Température moyenne mensuelle pour une période de 20 ans (1998/2018)	7
Fig.05	Humidité moyenne mensuelle en %	9
Fig.06	la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la période de 20 ans (1998/2018).	9
Fig.07	Visualisation 3D du bassin versant de Garaet El Tarf	11
Fig.08	Le relief du bassin versant Gareat El Tarf.	11

Fig.09	Le réseau hydrographique du bassin versant Gareat El Tarf.	13
Chapitre II : cadre géologique		
Fig.10	Litho stratigraphie du bassin de Gareat El Tarf.	17
Fig.11	Carte géologique du sous bassin versant Gareat El Tarf.	24
CHAPITRE III : Synthèse bibliographique		
Fig.12	Variabilité de la disponibilité de l'eau en fonction de la nature du sol.	27
CHAPITRE IV		
Fig.13	Organigramme présentant les étapes de la réalisation de la carte de l'indice de salinisation	37
Fig.14	la carte de climat de la zone d'étude.	38
Fig.15	la carte de Occupation du sol de la zone d'étude.	39
Fig.16	la carte de drainage du sol de la zone d'étude.	40
Fig.17	La carte de Topographie de la zone d'étude.	41
Fig.18	carte de conductivité électrique de la zone d'étude	42
Fig.19	Module Map Algebra utilisée pour calculer l'indice de salinité des sols	43
Fig.20	carte de indice de risuede salinté	44
Fig.21	comparaison statistique entre les degrés de risque	44

LISTE DES TABLEAUX

N° de tableau	Titre de tableau	page
CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude		
Tab.01	Les coordonnées de station météorologique	5
Tab.02	Répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (en mm) dans la station d'El Hamma (1998/2018).	5
Tab.03	Températures moyennes mensuelles à la station d'El Hamma (1998/2018).	7
Tab.04	température moyenne mensuelles station d'El Hamma (1998-2018).	8
Tab.05	Humidité moyenne mensuelle de la station d'El Hamma.	9
Tab.06	la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la période de 20 ans (1998/2018).	9
Tab.07	Caractéristique morphométrique du BV de Garaet El Tarf (DFOB 2017)	14
CHAPITRE III : Synthèse bibliographique		
Tab.08	Echelle granulométrique de la texture du sol	27
CHAPITRE IV		
Tab.09	Critères, indicateurs, limites de classe, et leur note pour évaluer le risque de salinisation du sol en les zones d'irrigation de l'indice de risque de salinisation (IRS).	34
Tab.10	Sources de données brutes et mode de traitement de chaque paramètre Logiciels utilisés.	36
Tab.11	Classes de drainage en relation avec la classe texturale et la conductivité hydraulique saturée.	39

LISTE DES ABREVIATIONS

NO	Nord-Ouest
NE	Nord-Est
SO	Sud-Ouest
DFOB	Direction des forets d'Oum El Bouaghi
BV	Bassin Versant
P	Précipitation
T	Température
SI	L'indice de susceptibilité
SIG	Système d'Information Géographique
IRS	indices de risque de salinité
MNT	Modèle numérique de terrain Télécharger
ESRI	Institut de recherche sur les systèmes environnementaux
NCGIA	le National Centre of Géographic Information and Analysis



Introduction générale

Introduction générale

La salinisation du sol est le processus d'enrichissement du sol avec des sels solubles, qui se traduisent par des informations sur le sol affecté par le sel. La salinité des sols dans les zones irriguées devient un problème sérieux pour l'agriculture. Les conditions de sol salin ont entraîné une réduction de la valeur et productivité de vastes superficies de terres à travers le monde (Elhag, 2016). La salinité se produit couramment dans les sols irrigués dus aux accumulations de sels solubles résultant de l'utilisation continue d'eaux d'irrigation contenant des quantités élevées ou moyennes quantité de sels dissous. (Jingwei et al. 2008 ; Allbed and Kumar, 2013).

Les principaux problèmes associés aux régions arides et semi-arides sont la salinisation et la désertification. La salinisation des sols est une forme majeure de dégradation des terres dans les zones agricoles, où des informations sur l'étendue et l'ampleur de la salinité des sols sont nécessaires pour une meilleure planification et mise en œuvre de programmes efficaces de remise en état des sols. L'humidité de la surface ou des faibles profondeurs à l'intérieur du profil du sol et les précipitations insuffisantes pour lessiver les sels de la zone racinaire de la plante favorise une accumulation excessive de sels solubles dans les sols des régions arides et semi-arides, rendant ces terres marginale. La salinité des sols a limité l'utilisation des terres agricoles. Il s'agit d'un grave danger pour l'environnement qui affecte la croissance de nombreuses cultures. Les zones touchées par le sel représentent en moyenne 20% des terres irriguées du monde alors que ce chiffre dans les zones arides et les pays semi-arides augmente à plus de 30% (Newer et al. 2013).

Sur les six millions et demi d'hectares cartographiés en Algérie, un million est concerné par sols salés (Chabane et Benreda, 1997). Selon le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 4 % de la S.A.U est affectée par la salinisation secondaire. Dès lors, ce phénomène ne cesse de se développer rapidement. Vue l'importance de ce phénomène, de nombreux travaux ont étudié la salinité et la sodicité des sols d'Algérie (Durand, 1954 ; Halitim, 1973 ; Daoud, 1983 ; Daoud et al. 1993 ; Djili, 2000 ; Touaf, 2002). Il ressort de ces travaux que la salinité en Algérie est d'origine primaire et que la salinisation secondaire contribue à son extension spatio-temporelle. De même les différents travaux concordent sur le fait qu'il s'agit de sols salés par la voie saline neutre et que la salinité des sols s'accompagne généralement d'une sodisation du complexe adsorbant. L'essentiel des recherches sur les sols salés a été axé principalement sur leur fonctionnement salin et les processus physico-chimiques qui les régissent. Ainsi, malgré l'importance des sols salés en Algérie et leur impact sur la production agricole, peu de travaux se sont intéressés à leur typologie et à leur caractérisation morphologique et analytique fine.

L'objectif du présent travail est de calculer l'indice de risque de salinité dans le bassin versant de Garaet ElTarf (Nord est Algérien). Cette région est connue par le phénomène de salinisation des sols a cause du climat semi-aride en premier degré. L'indice de risque est calculé selon une méthode multicritère en se basant sur les principaux paramètres qui intervient dans le processus de salinisation telle que la topographie, le climat, la lithologie, drainage des sols et l'occupation du sol. Ces paramètres sont intégrés dans un environnement SIG pour facilité la gestion et l'intégration des données.

Le document est présenté sous forme de quatre chapitres :

- Introduction générale
- Chapitre 1 : cette première partie de mémoire expose le contexte physique et hydrologique et géographique dans lequel s'inscrit notre étude.
- Chapitre 2 : description géologique de la zone d'étude et les principales formations lithologique.
- Chapitre 3 : ce chapitre on concernant une synthèse bibliographique sur la salinisation et définition de quelque Méthodes d'évaluation de la salinité du sol.
- Chapitre 4 : consacré à la cartographie de risque de salinité du sol de bassin versant de Garaet El Tarf NE (Algérie) par une méthode multicritère dans un SIG.

Le mémoire se termine par conclusions générales et perspectives.

CHAPITRE 01:

Présentation de la zone D'étude

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude**1. Introduction**

La présentation de la zone d'étude est importante et indispensable avant chaque étude pour bien formuler des hypothèses, définir la recherche et par conséquent bien analyser les résultats obtenus.

Dans ce chapitre on présente les principales caractéristiques physiques, hydrologiques et morphologiques du bassin versant Gareat El Tarf (Relief, couvert végétale, réseau hydrographique, réseau orographique, climat etc...).

2. Situation géographique

Le bassin versant de Gareat El Tarf est une entité hydrographique des bassins versants des hauts plateaux constantinois (9578 km² de superficie) .le Situé à l'extrême Nord-est Algérien entre l'Atlas Talien et l'Atlas saharien Le bassin versant de Gareat El Tarf est une entité hydrographique des bassins versants des hauts plateaux constantinois (massif des Aurès).

IL s'étend sur une superficie de 2432 km² l'un des sous bassins des hauts plateaux constantinois se situe entre longitudes 6°49'et 7°34' Est, et latitudes 35°22'et 35°56' Nord à l'extrême Est des hautes plaines steppiques entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud.

Ce bassin caractérise par la présence d'une Sebkhia qui s'appelle Gareat El Tarf (lac salé) (35°42'N ,7°8'E) cette zone humide était classée depuis 2004 sur le site Ramsar représente la plus grande superficie des étendues d'eau de la région avec 33'460 ha. Elle est située aux piedmonts du Djebel El-Tarf (1180 m) et limitée entre les villes d'Oum El-Bouaghi, d'Ain El-Beida et de Baghaï. A l'Est elle est limitée par la plaine de Bled El Meniri, au Sud par le douar de M'Toussa, à l'Ouest par Henchir Goraï et au Nord par Djebel El-Tarf et la plaine de Medfoune.

Cette Sebkhia est alimentée par Oued Boulefriess, Oued Maarouf, Oued Remila et Oued Gueiss et entourée de plusieurs Chotts dont les plus importants sont :

- Le Chott El-Melah (875 ha).
- Le Chott El-Oussera (135 ha).
- Le lac Timerganine (570 ha).
- GareatBiar-Es-Sebaa (200 ha).

Dans Garaet El-Tarf la végétation entièrement entourée par des champs de culture céréalière et renferme une richesse floristique peu importante, dissimulée dans les touffes de *Juncus Acutus* et *Juncus Aaritimus* entourant le plan d'eau (Saheb, 2003).

Le bassin versant Gareat El Tarf est limité par :

- ❖ Au Nord, la ligne de crête de direction NW-NE des massifs de Sidi Reghis et Ammamret El-Kbir.
- ❖ Au sud, la ligne de crête de direction SE-SW des Djebels Feraoun, Aurès, El Aoud.
- ❖ A l'Est, la ligne de crête de direction NE-SW des massifs de Djebel Fedjidjet, Djebel Tafrennet et Chettaia.

A l'Ouest le talweg d'OuedGueiss, Djebel Fedjoudj et Djebel Tarf.

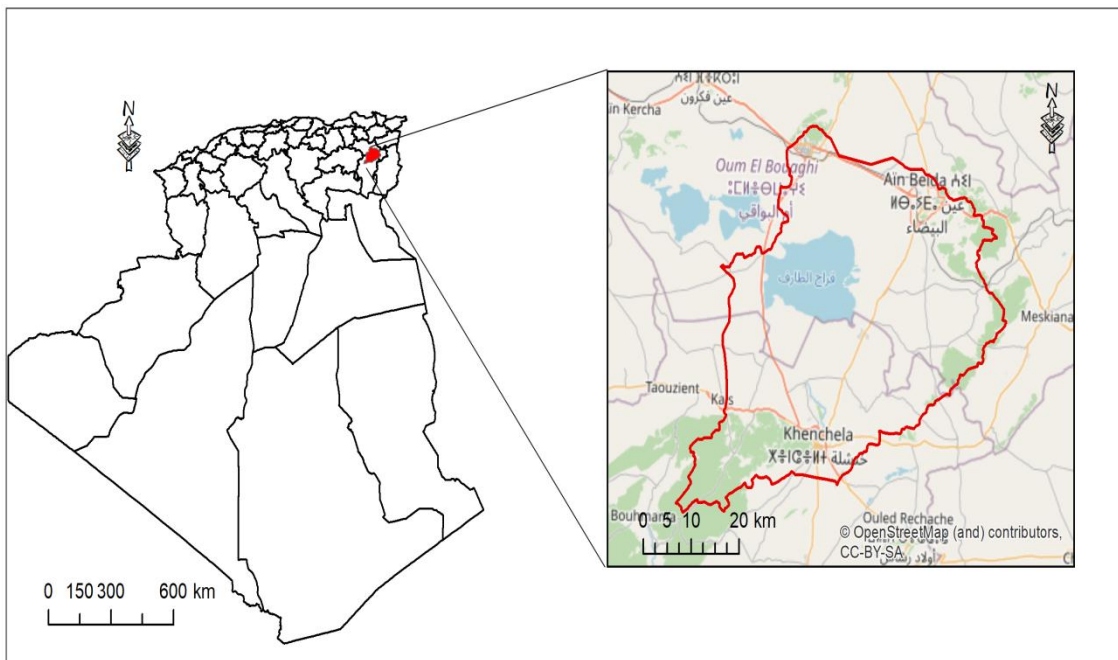


Figure 1: Situation géographique de Gareat El-Tarf. (Source : auteurs)

3. Climat

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu c'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement les précipitations, la température et le vent .Ce climat se place en amont de toutes études relatives au fonctionnement des écosystèmes écologiques (Thinthoin, 1948).

3.1. Choix de la station référence

L'étude des paramètres climatiques nécessite un traitement détaillé des observations hydroclimatologiques. A cet effet, il s'avère nécessaire, dans ce chapitre, de quantifier et d'analyser les principaux apports d'eau du bassin. Pour ce faire, nous disposons la station météorologique d'El Hamma gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation va de 1998 à

2018 pour la station d'El Hamma, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

Tableau 1: Les coordonnées de station météorologique

Stations	Altitude	Période d'observation	Coordonnées géographiques	
			Latitude Nord	Longitude Est
D'El Hamma	981 m	1998-2018 ans	35°28'N	7°05'E

3.2. Les facteurs climatiques

3.2.1. Les précipitations

Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle d'eau. Elles permettent le renouvellement total ou partiel des nappes par le biais des infiltrations et elles conditionnent l'écoulement saisonnier et le régime des cours d'eaux. En général, quatre aspects sont discutés répartitions saisonnières, mensuelles et annuelles.

Tableau 2: Répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (en mm) dans la station d'El Hamma (1998/2018).

		Automne			Hiver		
Station d'El	MM	S	O	N	D	J	F
hamma (1998.2018)	466,84	50.47	49.96	27.75	27.84	38.96	36.48
		Printemps			Eté		
Station d'El	MM	M	A	M	J	JT	A
hamma (1998.2018)	466,84	48.44	48.45	66.9	22.58	16.63	35.55

- La pluviométrie moyenne annuelle dans ce tableau est de l'ordre de 466.84 mm.
- On observe deux périodes, une pluvieuse s'étendant de septembre jusque mai, une autre sèche de juin à août.

- Mois correspondant aux plus fortes précipitations : Mai 66,9 mm.
- Mois correspondant aux plus basses précipitations : Juillet 16,63 mm.

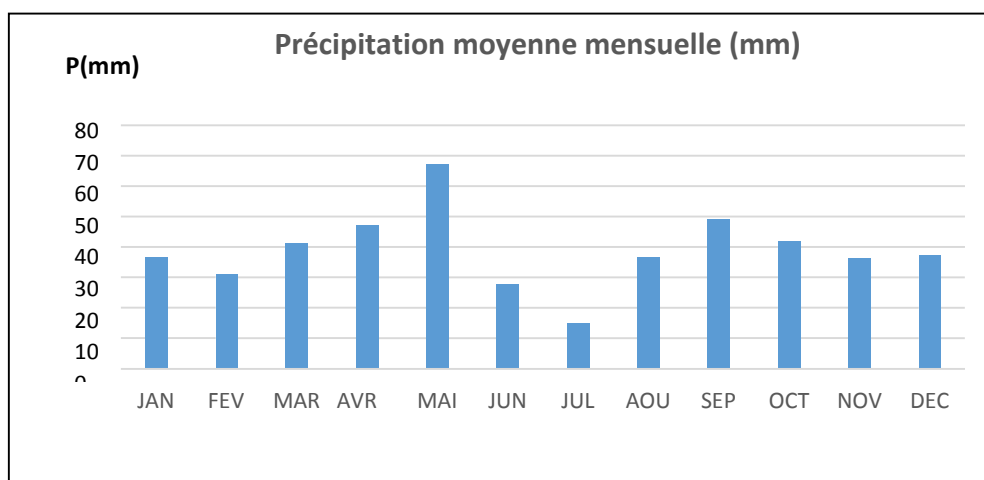


Figure 2: Précipitation moyenne mensuelle pour une période de 20 ans (1998-2018).

Le mois de Mai est le plus arrosé avec une moyenne de 66.90 mm. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de 16.63 mm.

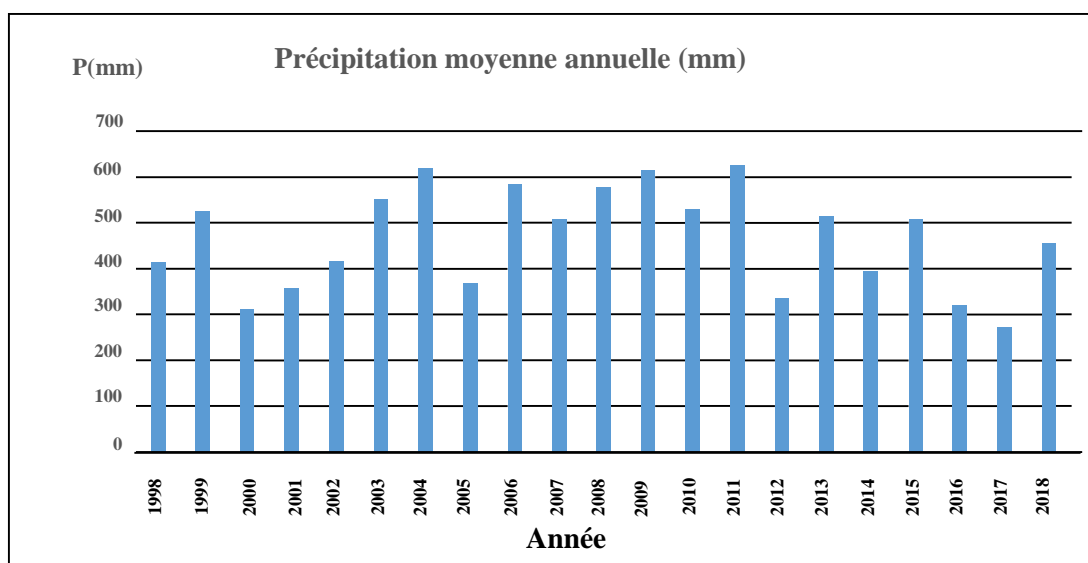


Figure 3: Précipitation moyenne annuelle pour une période de 20 ans (1998/2018).

L'année la plus pluvieuse étant 2011, avec une moyenne annuelle de 626.3 mm.

L'année 2017 étant la plus sèche avec une moyenne de 273 mm.

3.2.2. Les températures

La température est un facteur très important dans l'évolution du déficit d'écoulement qui entre dans l'estimation hydrologique, ce paramètre est indispensable à la climatologie, vu son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. Il est généralement admis que la température baisse avec l'altitude (Seltzer, 1946).

L'analyse des températures est basée sur des observations effectuées au niveau de la station suivante : la station D'el Hamma (Rahmoune et al, 2019).

Tableau3: Températures moyennes mensuelles à la station d El Hamma (1998/2018).

Mois	J	F	M	A	M	J
T (°C)	6.60	6.90	10.10	16.00	18.30	22.10
Mois	JT	A	S	O	N	D
T (°C)	27.10	26.10	21.40	17.20	10.80	7.20

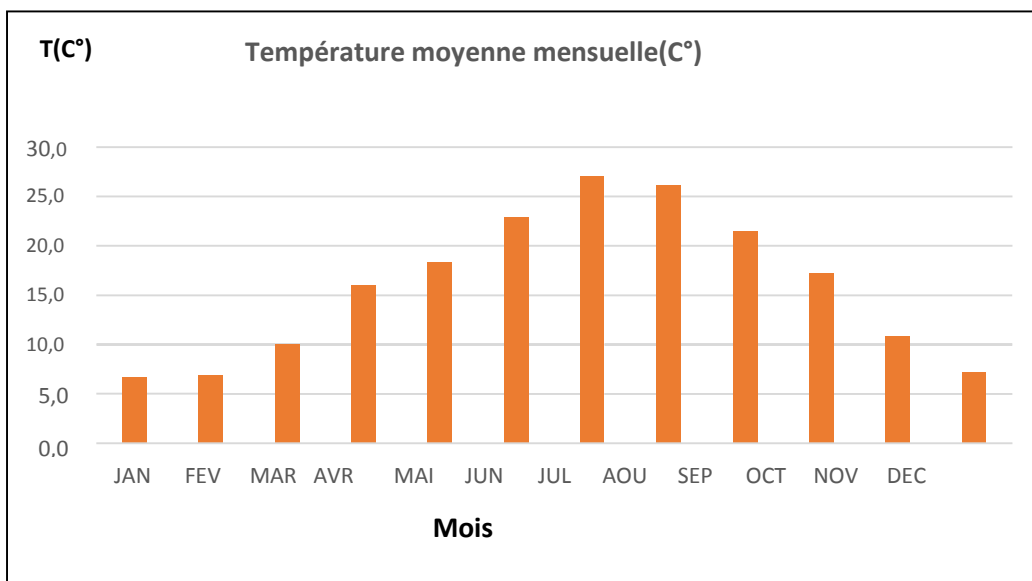


Figure 4: Température moyenne mensuelle pour une période de 20 ans (1998/2018).

Tableau4:température moyenne mensuelles station d'El Hamma (1998-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F
T°Max (C°)	27.8	22.2	16.2	11.93	12.01	11.84
T°min (C°)	15.1	11.3	6.22	3.39	2.67	2.25
M+m/2(C°)	21.3	18.8	11.81	7.7	6.66	7.14
M-m (C°)	12.7	10.86	9.96	8.45	9.34	9.59
T°Max (C°)	M	A	M	J	JT	A
T°min (C°)	15.82	20.18	24.7	30.5	35.0	33.6
M+m/2(C°)	4.86	7.76	11.1	19.4	18.9	18.1
M-m (C°)	10.3	13.85	17.8	22.5	226.9	25.8
T°Max (C°)	10.96	12.43	13.0	11.01	16.0	15.4

L'histogramme des variations des températures moyennes mensuelles montre que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec 6,6 °C et le mois de Juillet est le plus chaud avec 27.1°C (Rahmoune et al, 2019).

3.2.3. L'humidité

L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau ci-dessous où on remarque un minimum enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 39,59 % et un maximum enregistré pendant le mois de décembre avec une valeur de 71,58 % (Rahmoune et al,2019).

Tableau 5: Humidité moyenne mensuelle de la station d'El Hamma.

Mois	J	F	M	A	M	J
L'humidité%	69.6	67.72	63.19	61.61	57.42	48.32
Mois	JT	A	S	O	N	D
L'humidité%	39.59	46.62	56.84	56.8	65.59	71.58

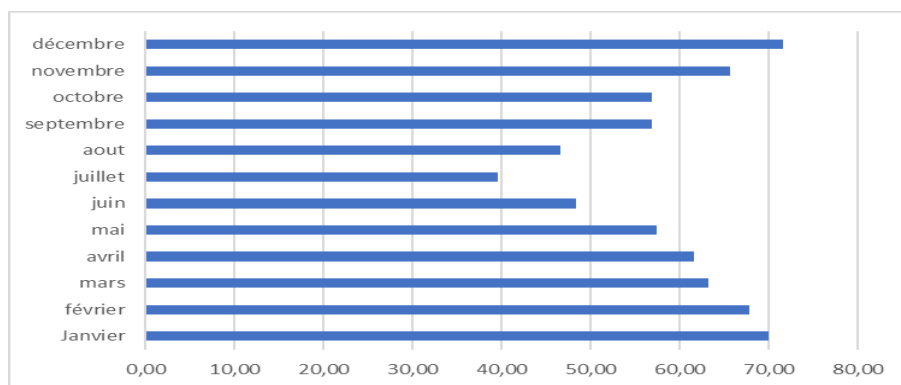


Figure 5 : Humidité moyenne mensuelle en %

3.2.4. Le vent

Généralement, les vents chargés de pluie soufflent du Nord-Ouest pendant l'automne, l'hiver et une partie du printemps. Le sirocco, vent sec et chaud souffle du Sud avec un maximum de fréquence chute en Juillet Août et provoque une augmentation notable de la température et une brutale de l'humidité atmosphérique (Abdessemed ,1981).

Tableau6 : la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la période de 20 ans (1998/2018).

Mois	J	F	M	A	M	J
Vitesse (m/s)	3.46	4.0	4.21	3.68	3.34	3.29
Mois	J	A	S	O	N	D
Vitesse (m/s)	2.99	2.89	2.76	2.76	3.2	3.1

Le tableau 6 montre que la vitesse minimale de vent est de 2.79 m/s en mois d'Aout et maximale 4.21 m/s en mois de Mars (Rahmoune et al, 2019).

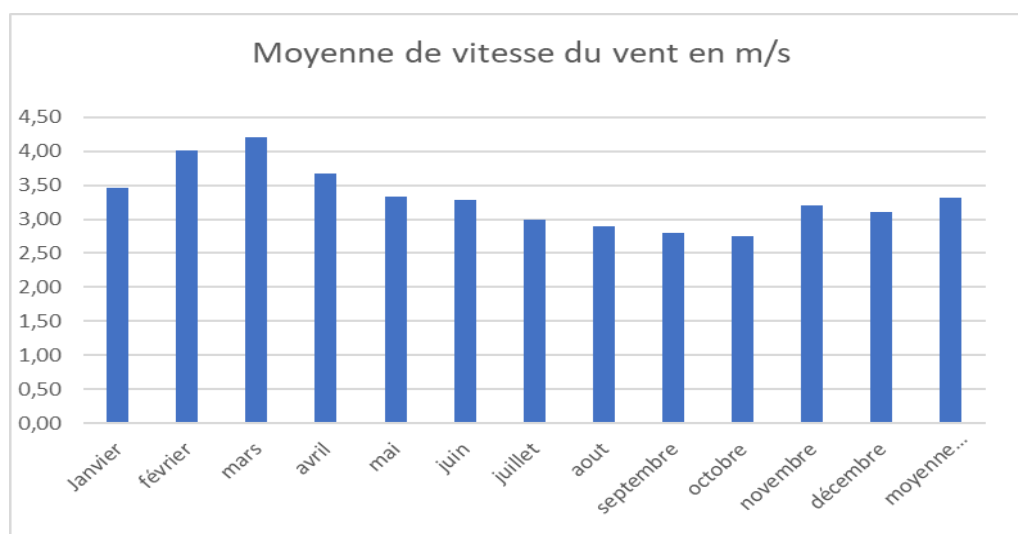


Figure 6 :la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la période de 20 ans (1998/2018).

La synthèse des données climatiques nous permet de distinguer que la région est caractérisée par un climat semi-aride.

La répartition des précipitations mensuelles montre deux saisons bien distinctes. Une saison sèche, qui s'étale sur six mois, de mai à octobre, et une saison humide du mois de Novembre à Avril.

Les températures moyennes mensuelles présentent de très importantes Variations Saisonnières l'été est chaud la température atteint son maximum au mois de Juillet, avec 27,1 °C. L'hiver est relativement doux les températures restent supérieures à 6°C et inférieures à 8 °C, janvier étant le mois le plus froid la température descend jusqu'à 6,6 °C.

L'humidité atteinte son maximum enregistré pendant le mois de Décembre avec une valeur de 71,58 %. et un minimum au mois de Juillet avec une valeur de l'ordre de 39,59 % (Rahmoune et al, 2019).

4. Facteurs orographiques

Dans la région, il existe une multitude de montagnes qui bordent la plaine à l'Est, au Nord et au Sud, leurs altitudes sont supérieures à 1000m (Dali, N. 2009), les plus importantes sont:

- ✚ Djebel Guern Ahmar (1200m).
- ✚ Djebel Fedjijet (1291m).
- ✚ Djebel Boutekhma (1349m).
- ✚ Djebel Djazia (1192m).
- ✚ Djebel Bardo (1110m).
- ✚ Djebel el Gala (1200m).
- ✚ Djebel el Zorge (1129m).

Ces Djebels donnent la naissance des Oueds temporaires avec un écoulement de l'Est à l'Ouest et composent un réseau hydrographique les plus importants de ces Oueds sont les suivants:

- Oued Nini.
- Oued Oulmene.
- Oued Isfer.

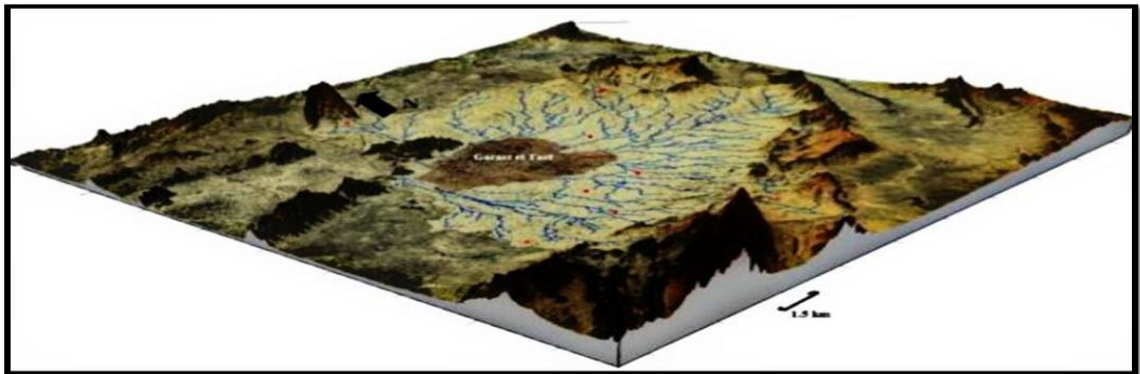


Figure 7: Visualisation 3D du bassin versant de Garaet El Tarf. (Dib. D 2020)

5. Le relief du bassin

Le bassin de Garaet El Tarf constitue une dépression endoréique très étendue et relativement élevée, environ 960 m, qui a reçu tous les apports d'érosion des reliefs environnants.

La géomorphologie est dominée par des hautes plaines parsemées des dépressions constituant le chott (Garaet El Tarf), avec une altitude d'environ 830 m ce dernier s'étend sur 20 km de long et 15 km de large dont seulement le 1/4 est inondé, tout autour, on trouve des chotts satellites qui fusionnent avec celui d'El Tarf lors des grandes crues. Les périmètres de ce lac salé sont caractérisés par un niveau plat. Les massifs qui encadrent le bassin dépassent les 2000 m. Les bordures sud et nord du bassin sont marquées par des inclinaisons relativement importantes conséquence d'une activité tectonique ayant affecté ces régions, permettant un écoulement superficiel plus important (Guiraud ,1973).

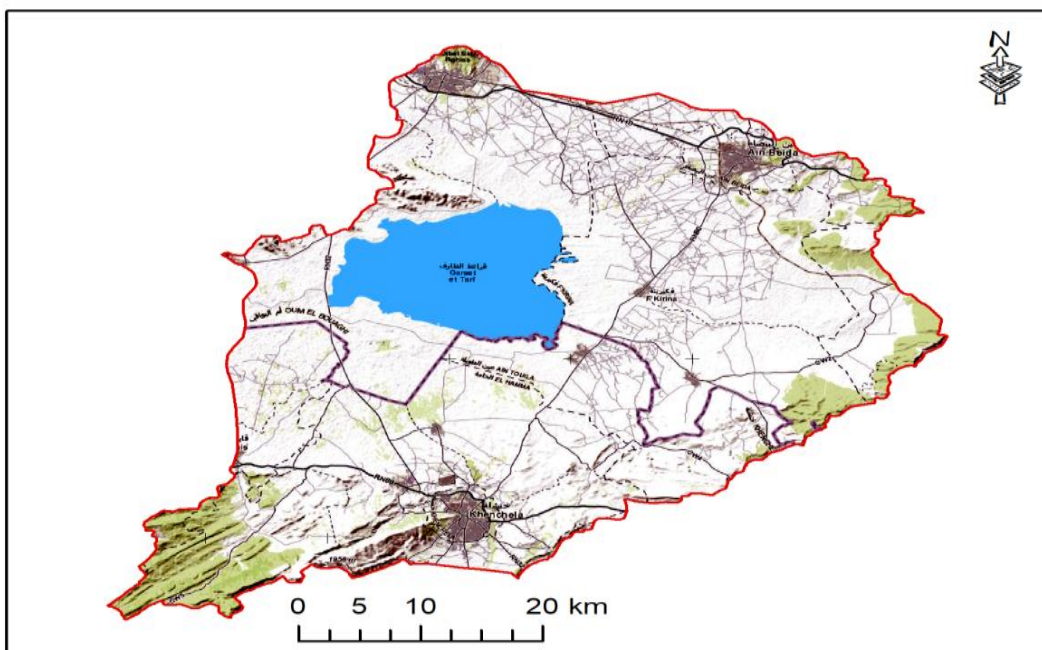


Figure 8: Le relief du bassin versant Garaet El Tarf. (Source : auteurs)

6. Réseau hydrographique

La majorité des oueds sont endoréiques, ils coulent en direction des lacs salés, ces derniers sont alimentés principalement par Oued Boulefreiss, Oued Maarouf, Oued Remila et Oued Gueiss qui prennent naissance dans les Aurès.

Généralement le réseau est représenté par :

- ❖ **Oued Boulefreiss** : est un flux important dans le bassin versant reçoit plusieurs oueds et orienté SO-NE passe par le Chott El Melah et se jette dans Gareat El Tarf.
- ❖ **Oued El-Hammam** : il est situé à (1297 m) d'altitude sort du Kef El Biod (1815 m) par une étroite vallée sous le nom d'oued El Kissane.
- ❖ **Oued Gueiss** : il est situé à (853 m) d'altitude sort du djebel Noughiss, il va se jeter dans la Garaet el Tarf sous le nom d'oued Marouf (Lakhzoume et al.,2020).
- ❖ **Oued Baghai**: il est situé à (829 m) d'altitude et prend source à Djebel Chellalaia, arrose la plaine de kenchela, ksar Baghaï et va se jeter dans Gareat El Tarf. Il reçoit à gauche de petits affluents alimentés par des sources et qui sourdent du djebel Chabor (1216 m).Oued Aimer, Oued Aissaoui, Oued Nini et Oued El Hassi ces oueds prennent sources successivement des massifs de Djebel Chettaia (1455 m), Djebel Knif (1224 m) Djebel Fedjidjet (1291 m) et Djebel Galaa (1135 m) et se déversent à Gareat El Tarf .

Caractéristiques du réseau hydrographique :

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques (Bouanani, 2004).

La forme et la densité de ce dernier représentent les deux caractéristiques importantes d'un bassin versant.

Sa différenciation est due à plusieurs facteurs dont les plus importants sont : La géologie, Le climat, La pente du terrain, La présence ou absence d'agglomérations (Dib, 2018).

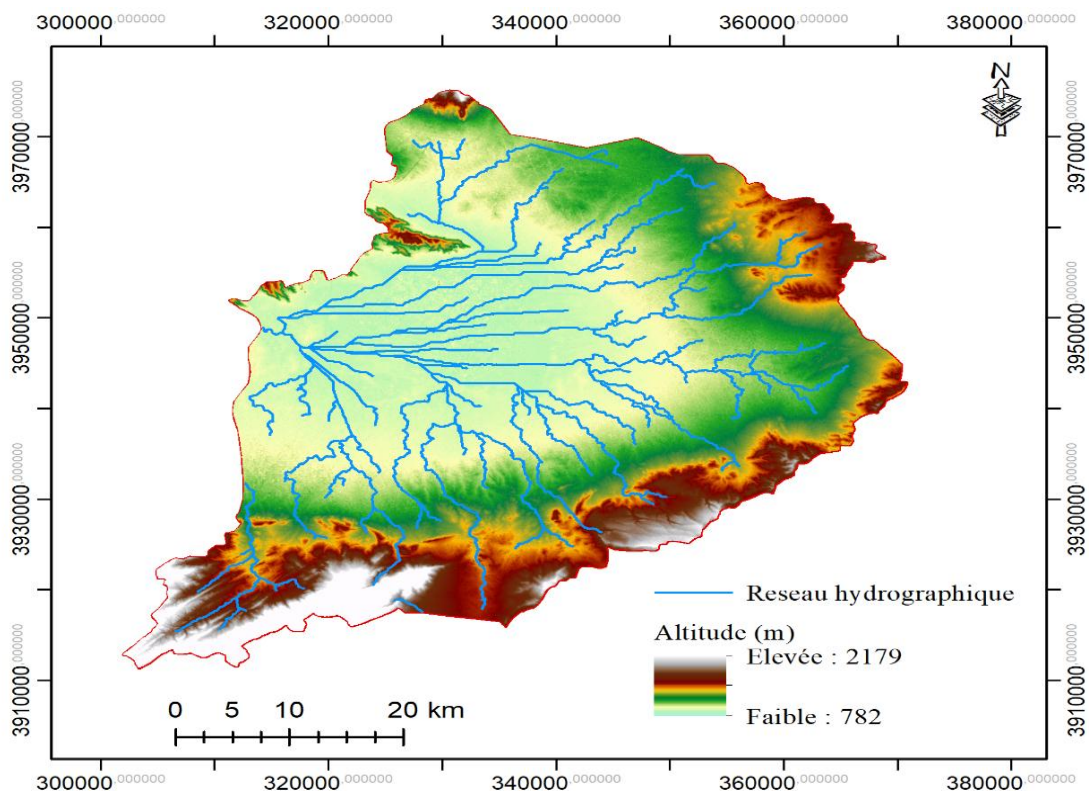


Figure 9 : Le réseau hydrographique du bassin versant Garaet El Tarf. (Source : auteurs)

7. Cadre morphométrique

Tableau 7: Caractéristique morphométrique du BV de Garaet El Tarf (DFOB 2017)

Grand bassin versant	Code	Bassin Versant	Sous-Bassin Versant	Périmètre du bassin versant (Km)	Surface du bassin	Sup Fortement Sensible l'érosion	Longueur du bassin versant (Km)	Largueur du Bassin Versant (km)
Hauts Plateaux Constantinois	0707	Garaet El Tarf	Oued Faïd	62,38	8270	2138,26	22,83	8,36
			Oued Faïd					4,21
			Solar	47,7			19,63	
			Oued Medfoun					

			Oued Isfer	81,74	24193		33,69	7,18
			Oued Nini	107,78	50275		41,89	12
Totale		65104,00	2138,26		165104,0	2138,26	4942,00	4060,94

Altitude Moyenne(M)	Nombre de cours d'eau	Nombre des cours d'eau (M)
999,42	240	333,38
899,22	167	88,1
975,22	610	421,22
962,04	1258	1232,79
	4942,00	4060,94

8. Couvert végétal

La végétation ne trouve pas des conditions favorables (lumière, température, humidité de l'air, composition chimique de l'eau...), pour sa croissance, la couverture végétale est xérophile (adaptée à l'aridité), l'arbre est absent, seules les plantes steppiques comme le Diss (*Ampelodesmamauritanica*). En revanche, les cultures de blé et de l'orge peuvent se faire sans irrigation sur ces vastes hauts plains.

Le sud du bassin de Gareat El Tarf dispose en altitude de belles forêts constituées essentiellement par de pin d'Alpes, genévriers, ifs, à partir de 1500 m des forêts de cèdres. Les prairies sont bien représentées, et les périmètres irrigués sont développés surtout dans la plaine de F'kirina et Remila.

Tout autour de la Sebkha subsiste une végétation herbacée composée essentiellement d'Armoise blanche et d'Atriplex (Dali.N.2009).

9. Conclusion

Le bassin versant Gareat El Tarf avec une superficie de 9578 km² est situé à la partie nord orientale de l'Algérie entre l'atlas tellien et l'Atlas Saharien ce qui est donne un climat semi-aride.

Le bassin versant Gareat El Tarf est caractérisé géomorphologiquement par la dominance des hautes plaines et bordé par plusieurs montagnes avec des altitudes varies entre 1110 m (Djebel Bardo) et 1349 m (Djebel Boutekhma).

Le réseau hydrographique est peu dense où la majorité des oueds sont permanents.



CHAPITRE02:
Cadre géologique

Chapitre II : Cadre géologique**1. Introduction :**

La lithologie joue un rôle très important dans le processus de salinisation des eaux souterraines et les eaux de surface et par conséquent dans la salinisation des sols.

Le matériau géologique, par le biais de l'altération, peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, des produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore, ou encore dissolution des évaporâtes, qui sont des accumulations salines anciennes). Ce chapitre, on s'expose les principales formations géologique locale et régionale du bassin versant de Gareat El Tarf.

2. Cadre général :

Le bassin de Gareat El Tarf appartient au domaine des hauts plateaux, et se dispose à la jonction entre celui-ci et la terminaison septentrionale du massif des Aurès. La Gareat est bordée au sud -ouest et sud-est par deux plaines : Remila et Fkirina de remplissage plio-quadernaire. Et au Nord par Djebel El Tarf. A l'extrême Nord par Djebel Sidi Reghis, et au Sud par l'Anticlinal des Aurès. La sédimentation tertiaire est essentiellement marneuse, probablement du créacé supérieur.

2.1. La série stratigraphique :

D'après les études antérieurement réalisées par plusieurs géologues dans la région Laffitte (1939), Herkat (1982), Marmi (1995) et Guiraud (1997), l'inventaire stratigraphique dressé a révélé que les séries les plus anciennes affleurant dans le secteur sont attribuées au Trias. Les dépôts les plus récents sont d'âge Quaternaire.

2.2. Lithostratigraphie du bassin de Gareat El Tarf :

La lithostratigraphie à été tirée pour l'essentiel, des notices explicatives des cartes géologiques au 1/ 50 000 ; Khenchela, Gareat El Tarf, Oum El Bouaghi, Ain El Beida, F'kirina, Gareat El Tarf, Delâa et des coupes géologiques et la carte géologique de Constantine 1/2000000 (Vila 1977).

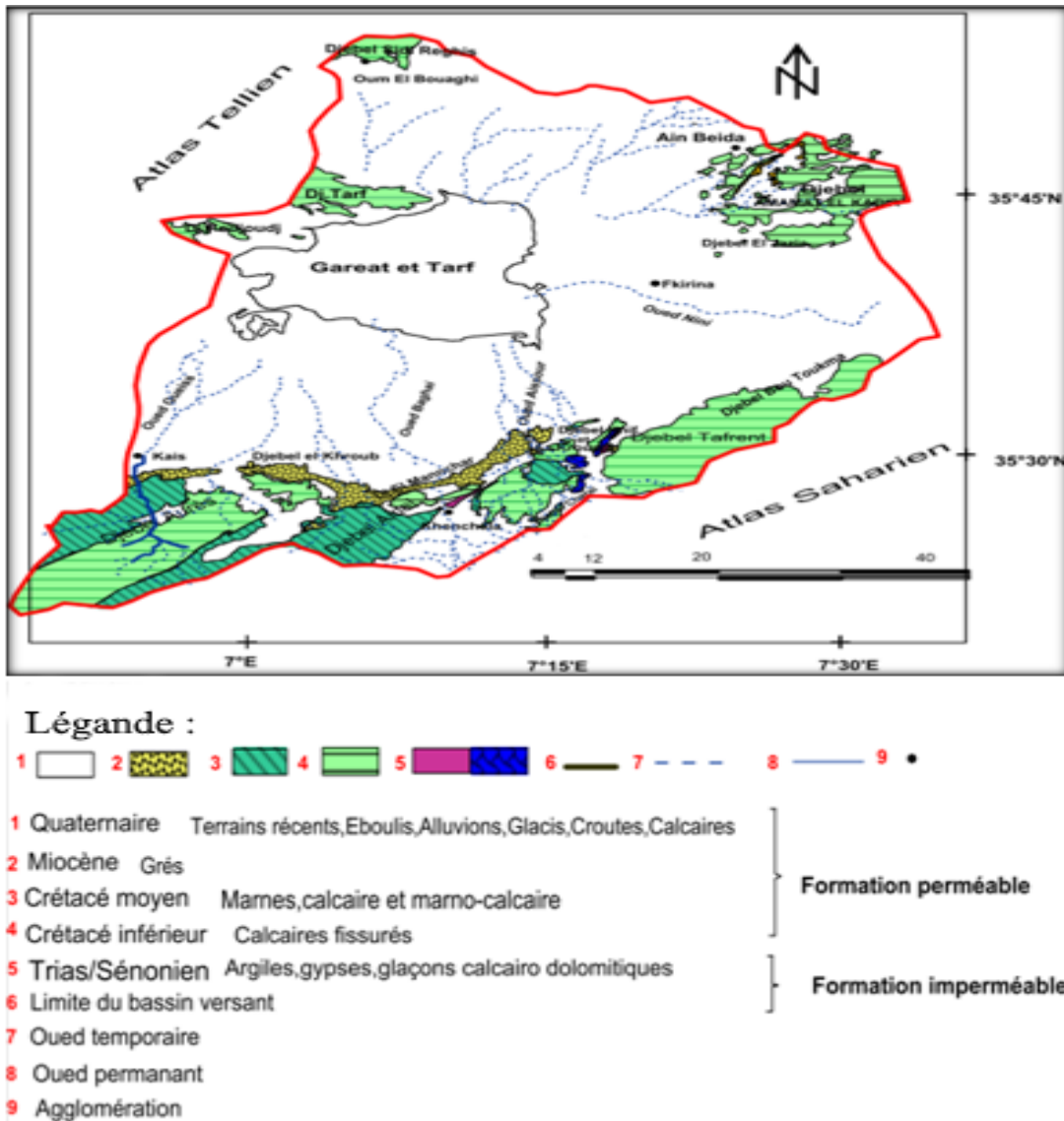


Figure 10 : Litho stratigraphie du bassin de Gareat El Tarf.

2.2.1. Trias :

En géologie, affleurement c'est un lieu, un endroit, où le substratum rocheux (induré et meuble) est visible, c'est à dire affleure. Dans les zones montagneuses ou désertiques, presque tout est un affleurement. Dans le cas de cette photo, leur examen permet facilement de reconnaître la structure géologique.

Les affleurements triasiques sont assez nombreux et très localisés à proximité de Khenchela, ou il isole le Miocène du Crétacé, suivant une bande de 4 à 5 Km de long et de 300 à 400 m de large et, sur Djebels El Krouma et Knif en contact anormal avec l'albien, le Cénomaniens et le Sénonien.

La série triasique comportait probablement à l'origine, de la base vers le sommet : une formation évaporitique épaisse, en particulier sous forme d'amalgame intensément replissés, représentent les indices les plus sûrs de la présence du trias. L'abondance du sel caractérise cet affleurement, visible dans les diapirs de Khenchela et Krouma, mais cela tient, non pas un caractère original particulier au Trias de cette région, mais au fait que ce pointement étant récent (post-miocène), le sel n'a pas eu le temps d'être dissous, tandis que dans les autres pointements, qui sont anté-miocène, il a disparu depuis longtemps (R.Laffite, 1939).

Les argiles et marnes bariolées de couleur verdâtre, rougeâtre à violacée ; constituent les roches les plus abondantes à l'affleurement. Des passées calcaro-dolomitiques, de couleur gris bleuté à noirâtre, généralement bien stratifiés et présentant parfois quelques passées marneuses, sont fréquemment emballés dans les complexes triasiques.

2.2.2. Crétacé :

Les formations crétacées affleurent largement dans la région d'étude et ses environs formant l'ossature de la région. Il correspond à une bande grossièrement orientée SW-NE, formée essentiellement de calcaire et de marnes.

Laffitte a subdivisé le Crétacé en deux ensembles distincts, sur la base de critères faciologiques :

- ✓ Le crétacé inférieur : (Barrémien, Aptien et Albien).
- ✓ Le crétacé supérieur : (Cénomaniens, Turonien, Coniacien, Santonien, Campanien et Maestrichtien).

a. Le Crétacé inférieur :

- **Barremien supérieur :**

C'est une série essentiellement composée de grès blancs fins, à ciment argilo carbonaté, à tendance quartziteuse. Leur base n'est visible qu'au Sud du Djebel Touzzeline.

- **Aptien marneux (inf) :**

Au Sidi Reghiss l'Aptien marneux est représenté par environ 100 m de marnes gris noir à débris schisteux et à minces intercalations de marno-calcaire gris à cassure noire (Dali, N. 2009).

- **Aptien supérieur :**

Calcaire bien lité à Orbitoline Ces couches forment l'essentiel de la masse calcaire du Djebel Sidi Reghiss et du Djebel Tarf. Au Djebel Sidi Reghiss la série est épaisse d'environ 250 à 300 m.

Au niveau de la coupe géologique prise à Djebel El-Krouma, nous avons la succession suivante de bas en haut :

- ✓ Marnes gypseuses.
- ✓ Calcaires sombres en bancs métriques, alternant avec des marnes beiges dont l'épaisseur dépasse les cinquante mètres.

Sur le versant Nord-Ouest du Djebel Sidi Reghiss, seuls quelques bancs gréseux quartzitiques sont visibles (Dali.N.2009).

b. Crétacé moyen (Albien) :

• **Albien :**

L'Albien de l'Aurès, et de Djebel el Krouma est caractérisé par une alternance marno-gréseuse à la base et au sommet associée à des calcaires à Ammonite, des dolomies et des biosparites. L'Albien entoure régulièrement l'anticlinal de Khenchela en formant une ceinture plus ou moins continue au-dessous de l'Aptien.

Ces caractères impliquent des mouvements d'affaissement du fait du dépôt d'une sédimentation épaisse (300 m) dans un fond ne dépassant pas 200 m.

Sur le versant nord-ouest du Djebel Sidi Reghis, seuls quelques bancs gréseux quartzitiques sont visibles.

c. Crétacé supérieur :

• **Cénomaniens inférieurs :**

Il est essentiellement calcaire-marneux. La partie supérieure est constituée de bancs calcaires massifs mais peu épais, qui s'intercalent dans des marnes gris-bleu ou beiges, avec une épaisseur variable peut atteindre 500 à 600 m.

Aussi appelé Woodbinian, est le premier étage stratigraphique du Crétacé supérieur.

• **Turonien (basal) :**

Le Turonien occupe de grandes surfaces dans les Aurès. Il est à noter que les faciès du Cénomaniens et du Turonien sont très comparables (Marmi, 1995). Il est à dominante marneuse avec des niveaux de calcaires marneux en plaquettes bitumineuses. La base de cet ensemble est constituée par quelques mètres de marno-calcaire blanchâtres en plaquettes fines à cassure noirâtre. Au-dessus 200 m de marnes grises ou noires montrant des intercalations de marno-calcaire blanchâtres.

- **Turonien (moyen et supérieur) :**

Ce sont des alternances de marnes grises à beiges et de calcaire en bancs métrique. La prédominance des intercalations calcaires crée une barre bien visible dans la morphologie.

- **Coniacien :**

Au Djebel Knif, sous la discordance des formations brèchiques Santoniennes le coniacien est formé à la base par 90 m d'alternances de marnes beiges ou grises et de calcaire gris au-dessus au Djebel Bardo (Ain Beida) des talwegs isolés montrent sur une centaine de mètres, des formations composées essentiellement de marnes grises alternant avec des calcaires noduleux beiges.

- **Santonien :**

Visible aux alentours du Djebel Knif. Il correspond à 250 m de marnes gris bleutées avec à la base et au sommet des marno-calcaires en bancs décimétriques riches en débris d'inocérames, il repose en discordance sur les argiles vari colores du trias et sur le Coniacien.

Ces formations santoniennes contiennent des algues et des débris de rudistes ainsi que des fragments d'hippuritides, à la base des formations récifales contiennent une microfaune pélagique.

- **Campanien :**

Le Campanien est très bien visible aux environs des Djebels Chettaia et Knif et dans le synclinal du Djebel Aurès.

Au Djebel Aurès le Campanien formé de marnes gypseuses à intercalations de calcaires légèrement phosphatés. L'épaisseur de cet étage est de 170 m Au Djebel Knif, on retrouve à la base du Campanien une séquence calcaire de 12 m d'épaisseur. Ce sont des calcaires crayeux en bancs décimétriques à élément triasique remaniés (argiles va ricolores). Au-dessus, des marnes noires ne dépassent pas 80 m d'épaisseur.

- **Maestrichtien inférieur à dominante marneuse :**

Ce sont des formations atteignant une épaisseur estimable à 40 m. Représenté par des alternances de marnes de teint gris-beige à débris de mollusque et de calcaires massifs, beige en bancs décimétriques à débris de lamellibranches, d'échinides et de brachiopodes, inocérames réguliers.

- **Maestrichtien supérieur : calcaire à Inocérames :**

Ce sont des formations calcaireuse, massives blanchâtres, granuleuses, en bancs décimétriques à centimétriques avec une stratification oblique auprès du Djebel Knif, la cassure des calcaires est un peu plus sombre de teinte grise, bleue, au contraire au Djebel Bardo et Djebel Boutoukhma, les formations d'une centaine de mètres, ce sont des bancs de calcaires marneux métriques à plurimétriques avec une cassure blanchâtre passé noduleuses et à rognons de silex.

Ces formations contiennent des fragments d'Inocérames L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95 m (Vila, 1977).

2.2.3. Eocène :

a. Montien :

Formation d'une épaisseur de 70 m, présentant des marnes gris verdâtre en concordance sur le maestrichtien.

b. Yprésien et Thanetien :

Ces formations sont d'une épaisseur approximative à 85 m, présentent une séquence marneuse gris beige à la base et une séquence carbonatée au sommet. Les roches sont bitumineuses, elles contiennent des silex, des petits nodules phosphatés.

2.2.4. Miocène :

a. Miocène inférieur :

- **Aquitano-Burdigalien :**

C'est le terme basal correspond à une formation continentale rouge, formée de conglomérats, d'argiles rouges, de poudingues à gros éléments arrondis de calcaires, d'argiles silteuses rouges et de rares marnes. Épais de 60 m à 80 m environ. Cette série se développe surtout au sud d'Ain Hammam. Quelques minuscules affleurements de cette formation ont été repérés sur le versant sud du Djebel Guellif.

- **Langhien-Serravalien :**

C'est le terme moyen, correspond à une formation marine à niveaux biocritiques et gréseux. Cet ensemble complexe et discordant est visible au sud de Djebel Knif et à l'Est de Djebel Chettaâ ou il repose directement en transgression sur le Trias et surtout au Nord du Kef Tifkressa et du Ras Serdoun. Ce paquet est de 36 m d'épaisseur en moyenne.

- b. Miocène supérieur :**

- **Tortonien gréseux blanc :**

Cette formation est composée de grés blancs grossiers en bancs plurimétriques, à abondance de dragée de quartz (diamètre allant jusqu'à 2 cm).

- **Tortonien supérieur continental :**

Argiles silteuses beiges et rouges, grés, Cette formation affleure aux alentours de Baghai.

2.2.5. Le Mio-pliocène :

Il s'agit d'un remplissage des paléo-reliefs. Au sud de djebel sidi Rhélis se rencontre l'une des rares formations mio-pliocène connues dans la région. Elle est connue au niveau de Argoub Kemellal et elle est représentée de bas en haut par :

- des argiles de 10 m d'épaisseur.
- des sables jaunes avec des passées argileuses .
- Des calcaires lacustres en barres métriques qui se suivent jusqu'à Ain Beida.

2.2.6. Quaternaire :

Les dépôts quaternaires sont la couverture blanche dans la région d'étude. Ces formations sont d'origine continentale et occupent d'importantes surfaces. Ils se sont développés essentiellement dans les parties bordant les massifs montagneux.

On y rencontre des éboulis à blocs, éboulements et glaciaires polygéniques. Dans les zones basses telles les vallées et les sebkhas. Si l'épaisseur générale ne dépasse pas la moyenne de quelques mètres, le quaternaire est connu sous différents aspects en fonction du lieu de gisement de la formation (Villa J.M., 1977).

- Formations dunaires : elles sont localisées à la périphérie des chotts. Elles correspondent à l'agrégation de poussières, de sables fins et de petits débris. Elles sont généralement ravinnées ou fixées par une maigre végétation herbacée.

- Sols salés : se rencontrent aux alentours des chotts sous forme de vastes espaces plats surélevés exceptionnellement inondés. S'y développent des croûtes de sels épisodiques. Se sont d'anciens sols hydro morphes salés.

- Alluvions récentes ce sont des limons, des graviers et des galets roulés constituant les alluvions actuelles (lits majeurs des oueds) ou récentes.

- Sebkhah de Gareat El Tarf :

La lithologie est singulièrement marquée par d'importants affleurements triasiques, des formations calcaires résultant du Quaternaire et du Mæstrichtien supérieur et de conglomérat du Miocène. Le sol, constitué par des limons et des argiles, est déstabilisé par la présence de sel qui disperse ses éléments de sorte qu'il perd totalement sa structure initiale pour donner des structure sa faible perméabilité.

La sebkhah n'est recouverte que épisodiquement, après des périodes pluvieuses, par une faible couche d'eau (quelques mètres au maximum dans les secteurs les plus déprimés) qui subsiste quelques semaines ou quelques mois. Dès l'assèchement de la cuvette, les sédiments fraîchement déposés sont emportés par le vent (phénomène de déflation) ou recouverts par une mince pellicule saline résultant de l'évaporation des eaux superficielles ou souterraines.

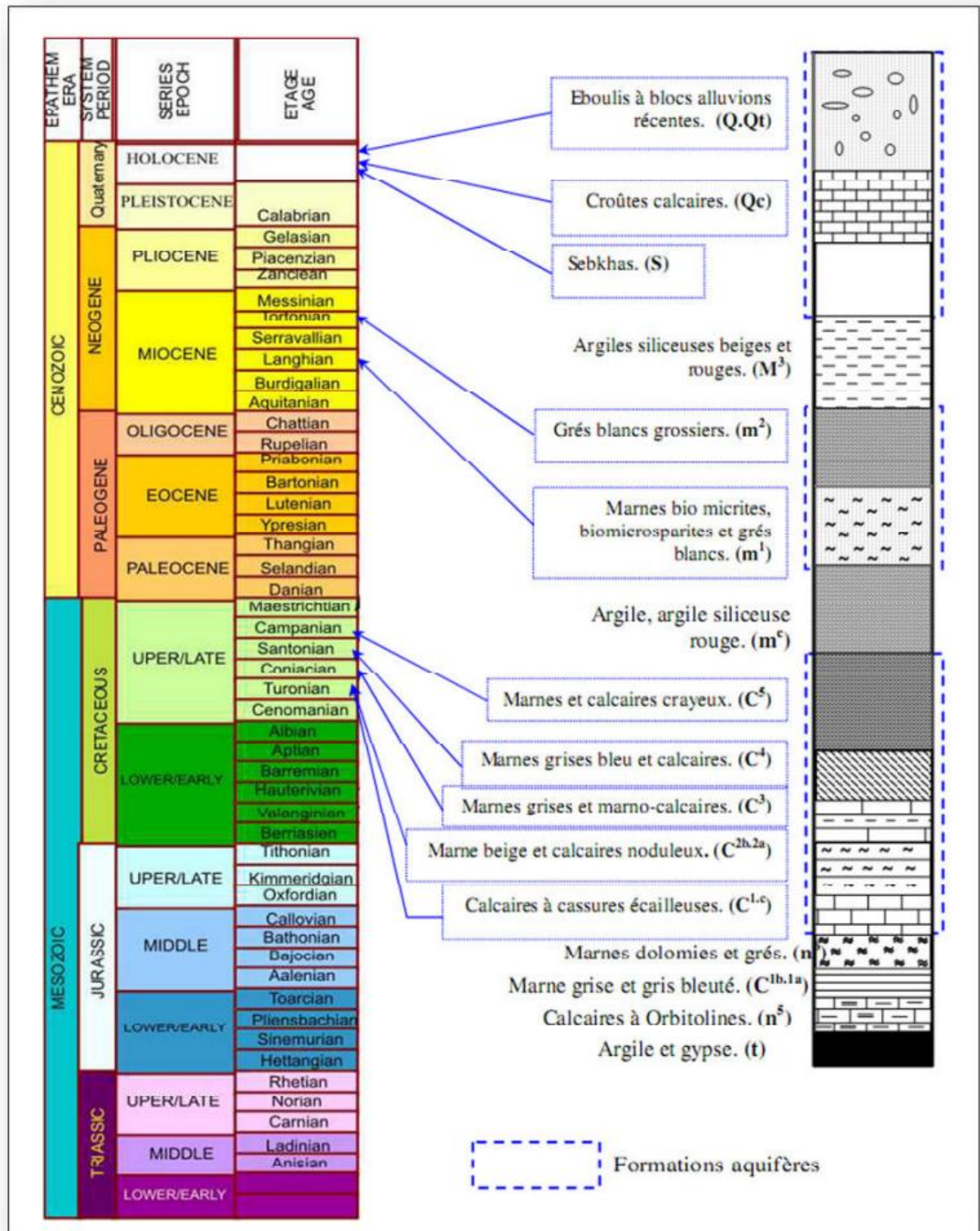


Figure 11: Colone lithostratigraphique des principales formations de la zone d'étude.

3. Conclusion :

En conclut ce chapitre par des résultats sur la diverse formation géologique du bassin versant de Gareat El Tarf. Donc La zone d'étude comprend essentiellement par les formations :

- Le crétacé inférieur : à dominante gréseuse. C'est une série essentiellement composée de grés blancs fins, à ciment argilo carbonaté, à tendance quartziteuse
- Le Miocène : (Tortonien supérieur continental) argiles silteuses beiges et rouges, grés, Cette formation affleure aux alentours de Baghai 150 m sont ici visible.
- Crétacé supérieur : (Maestrichtien supérieur) le calcaire du Maestrichtien supérieur constitue l'élément essentiel de la partie sud et ouest de la région : calcaire, massifs blanchâtres, granuleux, en bancs décimétriques à centimétriques avec une stratification oblique auprès du Djebel Knif, la cassure des calcaires est un peu plus sombre de teinte grise, bleue, au contraire au Djebel Bardo et Djebel Boutoukhma, ce niveau assez épais (d'une centaine de mètres), ce sont des bancs de calcaires marneux métriques à plurimétriques avec une cassure blanchâtre passées noduleuses et à rognons de silex. Ces formations contiennent des fragments d'inocérames, L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95 m.
- Quaternaire : Agrégats, poussières, sables fins et de petits débris, limons, des graviers et des galets, constitue l'essentiel de ces formation. Ces horizons perméables. Le quaternaire constitue la majorité de la surface de la plaine.



CHAPITRE03:
Synthèse bibliographique

CHAPITRE III : Synthèse bibliographique**1. Salinité des sols****1.1. Définition**

La salinisation des sols présente deux origines, une naturelle et affecte 80 % des terres salinisées, dites salinisation primaire. La seconde est d'origine anthropique, due essentiellement à l'irrigation et appelée salinisation secondaire (Djili, k. 2010).

Ce phénomène constitue une menace réelle pour la sécurité alimentaire mondiale. En effet, la salinisation affecte déjà 400 millions d'ha et menace gravement une surface équivalente (Djili, k. 2010).

2. Types de la salinité des sols**2.1. Salinisation primaire (ou Naturelle)**

Le mécanisme de la salinisation des sols se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage insuffisant, altération des minéraux et accumulation...). Au-delà de ce seuil, les végétaux subissent une sécheresse physiologique due à une pression osmotique très forte et à une toxicité en certains éléments (Djili, k. 2010).

2.2. Salinisation secondaire (ou d'origine humaine) :

Lorsque l'eau souterraine est la seule source disponible pour l'irrigation, sa trop grande salinité peut causer une accumulation des sels dans la zone racinaire des cultures. Ce phénomène est généralement accentué lorsque le drainage interne du sol est restreint et que le lessivage par les pluies ou par les doses d'eau appliquées est inadéquates (Djili, k. 2010).

3. La salinité et la texture du sol**3.1. La texture du sol**

La texture du sol est caractérisée par la taille et la distribution des particules. La composition granulométrique du sol permet de déterminer sa texture. La composition s'exprime en pourcentage des trois principales fractions minérales > 2 mm de diamètre. La texture du sol est une propriété constante dans le temps et peu variable spatialement (Noomene Hamza, 2011).

Tableau 8: Echelle granulométrique de la texture du sol

Terre fine				Terre grossier		
Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sable fins	Sable grossiers	Graviers	Cailloux
<2µm	2µm à 20 µm	20µm à 50µm	50µm à 200µm	200µm à 2mm	2mm à 20mm	>20mm

Source: (U.S.D.A., 1996).

3.2. Infiltration de l'eau en fonction de la nature du sol :

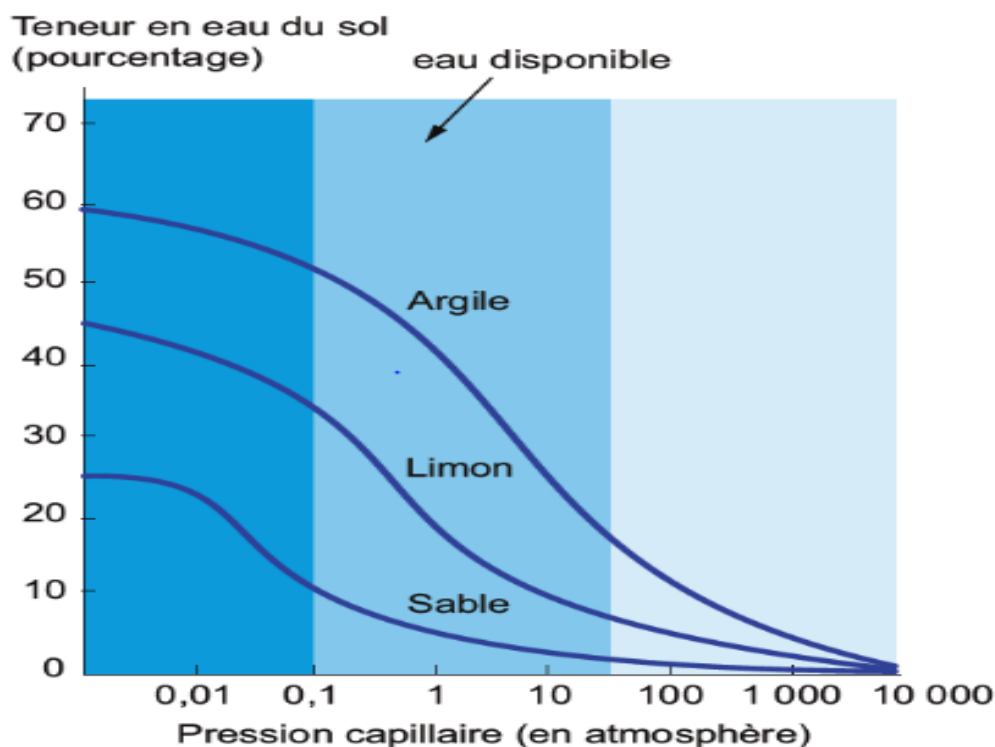


Figure12: Variabilité de la disponibilité de l'eau en fonction de la nature du sol.

Après une pluie, le sol saturé d'eau présente sa capacité maximale de rétention. Une partie va s'en écouler spontanément vers le bas par drainage : c'est l'eau dite de gravitation qui alimente les nappes phréatiques (Noomene Hamza, 2011).

L'eau dont la pression capillaire excède au moins de 1/10 d'atmosphère représente la capacité de rétention du sol dite « au champ », dont une fraction importante constitue l'eau disponible, que les végétaux peuvent extraire par aspiration jusqu'à une quinzaine d'atmosphères (Noomene Hamza, 2011).

4. Problème de salinité des sols

Plus de 95% des sols des régions arides sont soit calcaires, gypseux ou Salso sodiques. Du fait des hautes températures qui sévissent pendant une longue période de l'année, les précipitations subissent après leur infiltration, une forte évaporation entraînant la remontée vers la surface du sol, des particules dissoutes qui se concentrent en croûtes et stérilisent le sol. On trouve deux types de dépressions salées aux niveaux des régions arides et semi-arides dont les termes vernaculaires sont Chott et Sebkh; la différence entre ces deux noms réside dans le mode d'alimentation. Les sebkhas sont sous la dépendance d'apport des eaux de crues et les Chotts sont alimentés respectivement par les apports de ruissellement et aussi par les nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources et/ou des suintements. Les Chotts seraient de véritables «machines évaporatoires», en période pluvieuse normale (hiver, printemps) une couche d'eau de quelques centimètres, saturée en sel (300-400 g/l) recouvre la surface, laissant après évaporation des dépôts surtout de chlorure de sodium, parfois exploitables. Après de fortes pluies, les Chotts peuvent constituer de véritables lacs de plusieurs mètres de profondeurs; quelques mois après, l'évaporation très forte assèche complètement la surface. Le vent balayant cette surface desséchée et dénudée peut, dans certaines conditions, entraîner des particules argileuses et des cristaux de sels (chlorure de sodium, gypse) qui s'accumulent en bordure de la dépression tout autour de ces systèmes, la présence d'une nappe phréatique plus ou moins salée et inégalement profonde contribue à la formation de sols halomorphes (Nedjimi, Bouzid, and G. U. I. T. Brahim. 2012) .

5. Méthodes d'évaluation de la salinité des sols

5.1. Méthodes de laboratoire

La conductivité électrique est l'aptitude d'une solution à faire passer un courant électrique entre deux électrodes. Le courant est transporté par des ions, c'est à dire que la conductivité augmente avec le nombre et la mobilité des ions présents en solution et aussi avec la température. Une solution contenant très peu d'ions ne favorise pas le transport du courant, elle est dite peu conductrice ou résistive. L'inverse de la conductivité est la résistivité (Djili, k. 2010)

Les principaux sels responsables de la salinité sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifiant la présence d'une grande quantité d'ions en solution permet d'estimer la teneur globale en sels dissous. Elle est exprimée

en millisiemens /centimètre (mS/cm), l'ancien nom de cette unité est le mmho. Un mmho est l'équivalent de 1mS/cm qui est l'équivalent de 1dS/m et en moyenne à 640mg/l de sel. Au laboratoire, pour évaluer la quantité de sels contenus dans un échantillon de sol, il faut extraire ces sels de l'échantillon. Pour cela, différentes méthodes sont utilisées (Djili, K 2010).

5.1.1. Extrait de la pâte saturée

C'est la méthode de référence internationale préconisée par le laboratoire de Riverside (US Salinity Laboratory Staff ; Richards, 1954) (Mathieu et Pieltain, 1998). Devant la difficulté d'obtenir un extrait représentatif de la solution du sol à un instant donnée et qui soit compris entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent, cette méthode standardisée consiste à amener l'échantillon à saturation, c'est-à-dire proche de sa limite de liquidité. En opérant ainsi, on cherche à se rapprocher au mieux d'une réalité agronomique, l'humidité étant à proximité de la capacité de rétention, la plus efficiente pour la plante. La méthode de l'extrait de pâte saturée est lourde à mettre en œuvre du fait de la difficulté de confection de la pâte et de l'extraction de la solution parfois impossible mais qui reste une méthode de référence internationale pour la classification des sols (Djili, k. 2010).

5.1.2. Extrait dilué

Cette méthode consiste à faire des extractions aqueuses de rapports sol/eau (m/v) fixe pour obtenir de fortes dilutions. Le rapport poids sol/poids eau est en général de 1/5 ou 1/10 d'où le nom d'extrait 1/n et reste le même quel que soit la texture de l'échantillon.

Or, on constate souvent que la conductivité mesurée sur les extraits dilués est inférieure à la conductivité de pâtes saturée. Ceci tient au fait que certains extraits, surtout les extraits salin 1/10, apportent une importance redistribution des sels par rapport à l'extrait saturée. Cette relation n'est pas toujours proportionnelle au volume d'eau mais varie pratiquement en fonction de différents facteurs dont la texture des sols, le niveau de salinité et la composition ionique des solutés.

Sur le plan pratique, cette méthode est plus facile à réaliser et surtout utilisable dans le cas de concentration faible et une proportion de gypse peu élevée. Elle permet ainsi de faire un grand nombre d'analyses, ce qui est au contraire plus difficile par pâte saturée. De nombreux travaux de recherche ont vu l'utilisation de la conductivité électrique de l'extrait dilué pour l'évaluation de la salinité du sol (Djili, K .2010).

5.2. Méthodes géophysiques

Bien que moins précises que les méthodes décrites ci-dessus, les méthodes de mesure directe de conductivité sur le terrain sont utiles pour une cartographie rapide de la répartition des sels ou un suivi de leur dynamique. Les variations spatio-temporelles de la salinité des sols déjà sensibles dans les systèmes naturelles sont accélérées sous irrigation en raison de la forte mobilité des sels particulièrement des chlorures. Les méthodes conventionnelles de mesure sur petits échantillons peuvent difficilement rendre compte d'un tel phénomène (Djili, K. 2010).

5.2.1. La conductivité électrique apparente du sol CEa

Elle se définit comme une mesure de la capacité d'un matériel à transmettre une charge électrique exprimée en dS/m, Les mesures de la CEa du sol sont utilisées longtemps en géologie et en science de l'environnement afin de distinguer les propriétés du sol, Sur un modèle un peu plus simple à trois chemins, ont proposé une formule qui permet de calculer la conductivité électrique apparente du sol CEa comme une fonction de trois phases : liquide, solide et sol-liquide (Sudduth et al, 2003) ; liquide (2); solide (3) (Sudduth et al, 2003).(Djili, k .2010).

5.2.2. La résistivité électrique

L'appareil de mesure comprend quatre électrodes disposées horizontalement selon la configuration de WENNER (Corwin et lesch, 2003). Cette méthode est basée sur un principe simple: la capacité du sol à conduire le courant électrique est fonction de la concentration en l'ectophytes de la solution du sol. L'épaisseur du sol prospecté est en fonction de l'écartement entre les deux électrodes sources. L'appareil est un matériel encombrant à manipuler et parfois le contact des électrodes avec le sol est imparfait aux faibles humidités (Rhoadeset, al.1976). La résistivité est l'inverse de la conductivité. Les dispositifs de résistivité convertissent des mesures de la résistivité apparente en mesures de la conductivité apparente (Djili, k 2010).

5.2.3. Les capteurstime-domainre flectometry(TDR)

Au début, cette méthode a été adaptée pour mesurer les teneurs en eau. Par la suite,

- Dalton et al (1984) ont démontré l'utilité de TDR pour mesurer la conductivité électrique apparente CEa. La mesure de la CEa avec TDR est basée sur l'atténuation de la tension appliquée du signal pendant qu'elle traverse le milieu d'intérêt avec l'importance relative de déperdition d'énergie liée à la CEa (Jones, S.B et al 2002). Cette mesure présente certains
- avantages cités par Jones, S.B (2002) :

- ✓ Une nature relativement non destructive parce qu'il y a seulement interférence mineure avec le sol traité ;
- ✓ Une capacité de mesurer à la fois les teneurs en eau et la CEa;
- ✓ Une capacité à détecter de petits changements de la CEa dans la condition représentative de sol, Les possibilités d'obtenir des mesures sans surveillance continues;
- ✓ Aucun besoin de calibrage des mesures de teneur en eau des sols dans beaucoup de cas.

5.2.4. Induction électromagnétique :

La méthode FDEM (méthode électromagnétique en domaine fréquentiel) appelée aussi EM ou conductivité in situ permet de mesurer la conductivité électrique apparente du sol en utilisant la magnitude et la phase d'un courant électromagnétique d'induction (Djili, k 2010).

CHAPITRE 04:

**Cartographie du risque de
salinisation du sol**

CHAPITRE IV : cartographie du risque de salinisation du sol**1. Introduction**

L'excès de sels dans la zone racinaire des sols dans les climats arides et semi-arides est un phénomène mondial. Cependant, les problèmes de salinité et de sodicité les plus graves sont rencontrés dans les régions arides et semi-arides irriguées du monde et c'est dans ces régions que l'irrigation est essentielle pour augmenter la production agricole afin de satisfaire les besoins alimentaires. La salinité du sol est également un problème sérieux dans les zones où les eaux souterraines à forte teneur en sel sont utilisées pour l'irrigation (Zewdu et al, 2016). La salinité des sols a eu pour effet de limiter les schémas d'utilisation des terres agricoles. Il s'agit d'un grave danger environnemental qui affecte la croissance de nombreuses cultures. Les zones touchées par le sel représentent en moyenne 20 % des terres irriguées du monde alors que ce chiffre dans les pays arides et semi-arides augmente à plus de 30 % (Newer et al., 2013). En plus des sols classés comme salins ou sodiques en raison de leurs conditions de genèse, comme les Solonchaks et les Solonetz, il existe d'autres sols dont les caractéristiques les rendent plus sensibles à la de D'autre part, l'irrigation est souvent coûteuse, techniquement complexe et nécessite une gestion qualifiée. Développement de la salinisation secondaire. C'est le cas des sols mal drainés (sols avec nappe phréatique permanente ou temporaire proche de la surface) ou des sols aux propriétés hydro physiques défavorables (faible perméabilité, faible porosité, couches ou horizons à texture fine). Une liste systématisée des sols salins ou à tendance saline, selon la base de référence mondiale des ressources en sols (Legrain et al.2015), a été présentée par (Daliakopoulos et al.2016).

Dans ce contexte, la présente étude se fixe comme objectif de cartographier le risque de salinisation des sols dans le bassin versant de Garaet ElTarf. Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté l'approche multicritère (pédologiques, climatiques, hydrologiques et de salinité). La superposition des variables mises en jeu et leur pondération ont été réalisées à l'aide des SIG. Dans cette étude il s'agit du logiciel ArcGis 10.3 (ESRI Inc).

1. Méthodologie utilisée dans l'élaboration des cartes d'indice de risque de salinisation (IRS) :

Les chercheurs ont récemment montré un intérêt significatif pour l'évaluation et la cartographie de la salinité des sols dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones arides et semi-arides qui sont fortement affectées par la salinisation. Pour l'évaluation et la cartographie de risque de salinité du sol, les données doivent être recueillies à l'aide de

méthodes traditionnelles d'échantillonnage du sol et d'analyse en laboratoire. Cependant, ces méthodes sont longues et coûteuses, limitant ainsi les enquêtes à de petites zones (Asfaw E et al, 2018. Farifteh J et al 2006. Fernandez-Buces N, et al 2006. Ibrahim M 2016)

Pour surmonter cette limitation, plusieurs techniques ont été développées pour évaluer la salinité du sol. Une de ces techniques est basée sur une approche multicritère basée sur la pondération des critères à partir de la méthode Processus de hiérarchisation analytique (PHA), qui permet d'attribuer des poids aux différents critères en fonction de leur importance (Tableau 09).

Les méthodologies d'évaluation des risques peuvent être réalisées à différents niveaux d'échelle et niveaux de détail de l'information, dans chaque cas en utilisant différents types d'approches, à savoir une approche qualitative, quantitative, ou approche modèle.

Pour obtenir les indices composites de risque de salinisation, un ensemble d'indicateurs a été adopté (Topographie, climat, qualité des eaux d'irrigation, occupation du sol et drainage des sols), basé sur une approche de niveau 2 (Eckelmann, W et al. 2006), (basée sur Masoudi et al.2006). L'indice de risque de salinisation (IRS) comprend un ensemble de quatre critères et indicateurs respectifs, représenté en classes (I à V ou I à III, selon la gamme de valeurs ou les classes considérées), auxquels une note de notation (1 à 5) était assigné.

Tableau 09 : Critères, indicateurs, limites de classe, et leur note pour évaluer le risque de salinisation du sol en les zones d’irrigation de l’indice de risque de salinisation (IRS).

Critère	indicateur	Class et intervalle respective des valeurs				
		I	II	III	IV	V
Climat	(1)AL		0.50–0.65 (subhumide)	0.20–0.50 (Semi-aride)		
Score d’évaluation			2	3		
topographie	La pente	> 8		2-8		0-2
Score d’évaluation		1		3		5
Drainage du sol	Classe de drainage du sol	Très bonne	Bonne	Modéré		Faible
Score d’évaluation		1	2	3		5
Conductivité électrique du sol	ECW (dS m ⁻¹)	Non restriction		Léger à modéré restriction		restreint
Score d’évaluation		1		3		5
Occupation du sol	Class de l’occupation du sol	Maquis Foret Zone nue Zone bâtie		Lichen Prairie		Terre cultivé Surface d’eaux
Score d’évaluation		1		3		5

L’indice de risque de salinité est calculer en utilisant la formule suivante :

$$IRS = \sum_{i=1}^5 Si = S_{pente} + S_{climat} + S_{sol\ drainage} + S_{qualité\ d'eaux} + S_{occupation\ du\ sol}$$

où Si est la note attribuée à chacune des classes d’indicateurs

1.1. Aquisition des données et mode de traitement :

Les données utilisées dans le cadre de cette étude ont été collectée de plusieurs sources :

- La carte des pentes (topographie) est générée a partir du modèle numérique de terrain MNT de 30 mètre par pixel télécharger depuis <http://earthexplorer.usgs.gov>

- Le type de climat (indice d'aridité IA) est calculer a partir de la moyenne annuelle des précipitations et l'évapotranspiration.
- Drainage des sols ; digitaliser a partir de la carte des sols de l'Algérie (Tebessa 1/1000000)
- Qualité des eaux déstnées a l'irrigation : Mesure insitu de la conductivité electrique ($\mu\text{s/cm}$)
- Occupation des sols a partire de la classification supervisée des données de la télédetection (Sentinel 2A, 2020)

Les paramètres citez précédemment sont utilisées sous formes des couches thématiques intégrés au sein d'un SIG (ArcGis 10.3), permet l'analyse de leurs relations logiques, thématiques, statistiques ou géométriques par diverses fonctions (calcul de distances ou de surfaces, interpolation, analyse multivariée, ...).

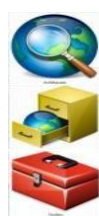
En utilisant une approche intégrée d'analyse de superposition pondérée, toutes les couches thématiques sont combinées en attribuant un rang à chacune des couches thématiques (tableau 1O). L'analyse de superposition pondérée est une méthode simple d'analyse de cartes multi-classes basée sur l'importance relative de chaque couche thématique et d'une classe de couches

Tableau 10 : Sources de données brutes et mode de traitement de chaque paramètre Logiciels utilisés.


Paramètre	Type de Données	Mode de Traitement	Sources des données
Climat	Polygone	Digitalisation	Carte de type de Climat (Nord Est Algérie)
Topographie	Polygone	Digitalisation	MNT (earthexplorere.usgs.gov)
Qualité des eaux d'irrigation	Points	Interpolation	Analyse physico chimique
Occupation du sol	Polygone	Digitalisation	LandCover 20m of Africa (Sentinel 2A)
Densité de drainage	Ligne	Digitalisation	MNT (earthexplorere.usgs.gov)


1.2. Logiciels utilisés :


Dans l'étude de le risque de salinité de bassin de Garaet El Tarf le logiciel ArcGis version 10.3 a été utilisé. ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.).



ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées :

 p : pour analyser les données, réaliser des produits cartographiques;

 catalog : pour la gestion et la navigation dans les bases de données ;

 toolbox : pour effectuer la conversion, la manipulation, le traitement et l'analyse de données.

À l'aide de ces trois applications, on peut effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée

1.3. Organigramme :

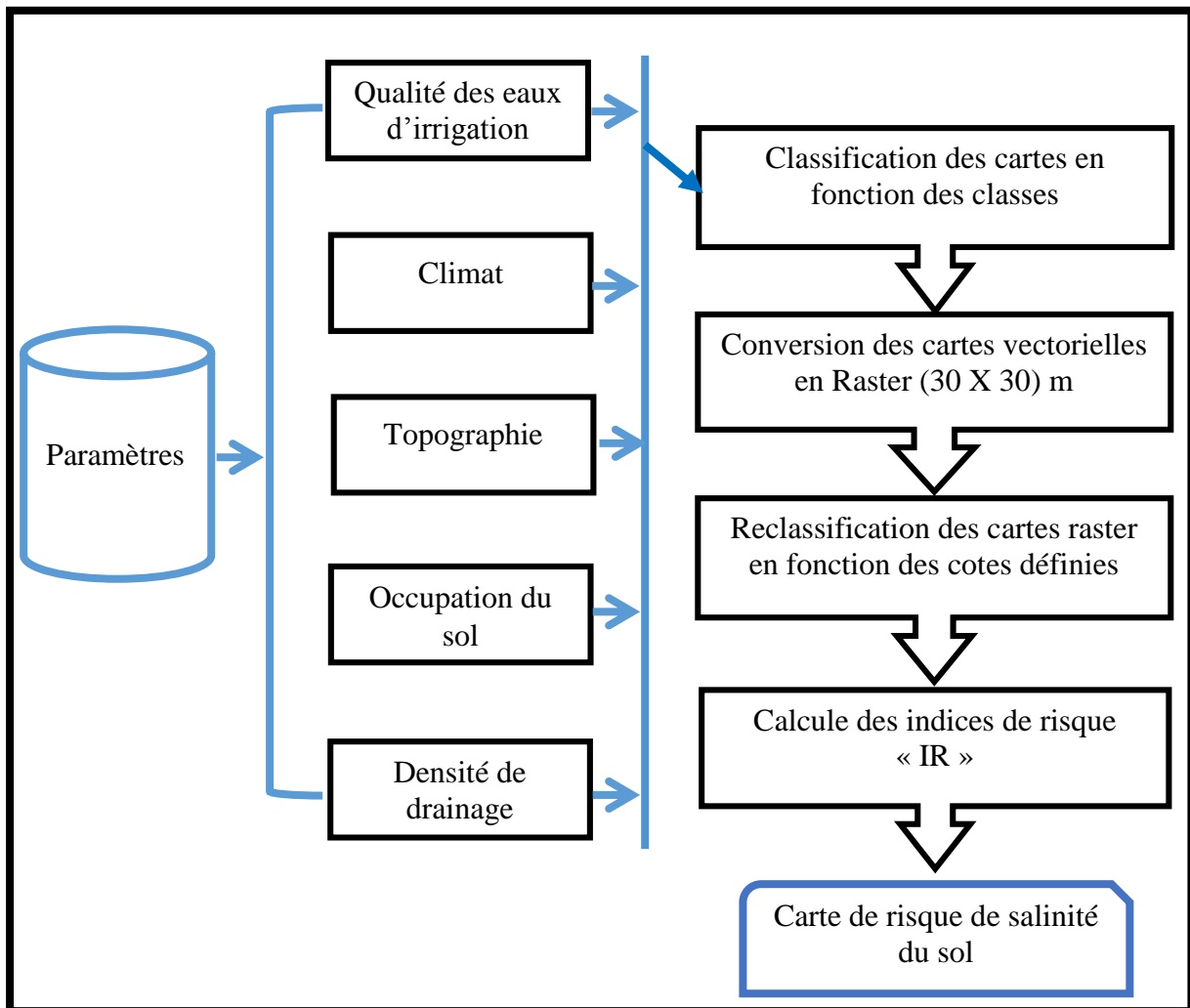


Figure13 : Organigramme présentant les étapes de la réalisation de la carte de l'indice de salinisation.

2. Résultats et discussion :

2.1. Indice d'aridité AI :

Un indice d'aridité (AI) est un indicateur numérique du degré de sécheresse du climat à un endroit donné. Les conditions climatiques changeantes déterminées par le réchauffement climatique et l'augmentation de l'aridité contribueront à la salinisation des sols hydromorphes. Les régions les plus sujettes à la désertification et à la salinisation des sols sont les régions arides.

Le climat de la zone d'étude (Fig14) est typiquement semi-aride ou la moyenne annuelle des précipitations n'excède pas les 400 mm/an. Le sud-ouest du bassin versant de Garaet El

Tarf (massif de Chelia) le climat est classé comme sub humide ou les la moyennes des précipitations atteint les 700 mm/an. Une note de 3 et de 2 est attribuée respectivement.

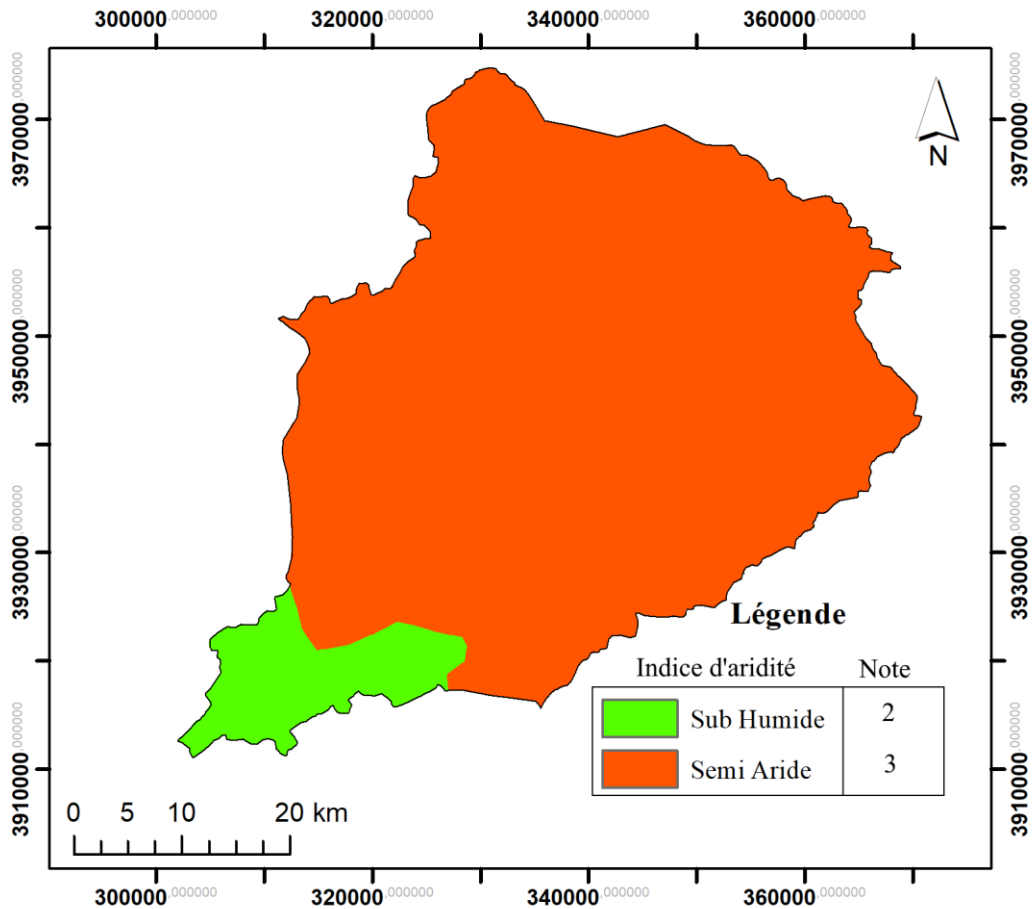


Figure14 : Type de climat de la zone d'étude.

2.2. Occupation du sol :

Les terres cultivées (céréales) couvrent presque toute la superficie de la zone d'étude ce qui augmente le risque de la salinisation suite aux pratiques d'irrigations. Les terres nues représentent aussi des surfaces importantes surtout aux alentours de Sebka où les sols sont salés par nature (Solontchack). Le couvert végétal représenté par les forêts et les maquis occupe la partie Sud et sud-ouest (massif de Chellia). Ces derniers sont un facteur de protection des sols contre la salinité. Les notes sont attribuées selon le risque potentiel engendré (Plus les notes augmentent le risque augmente).

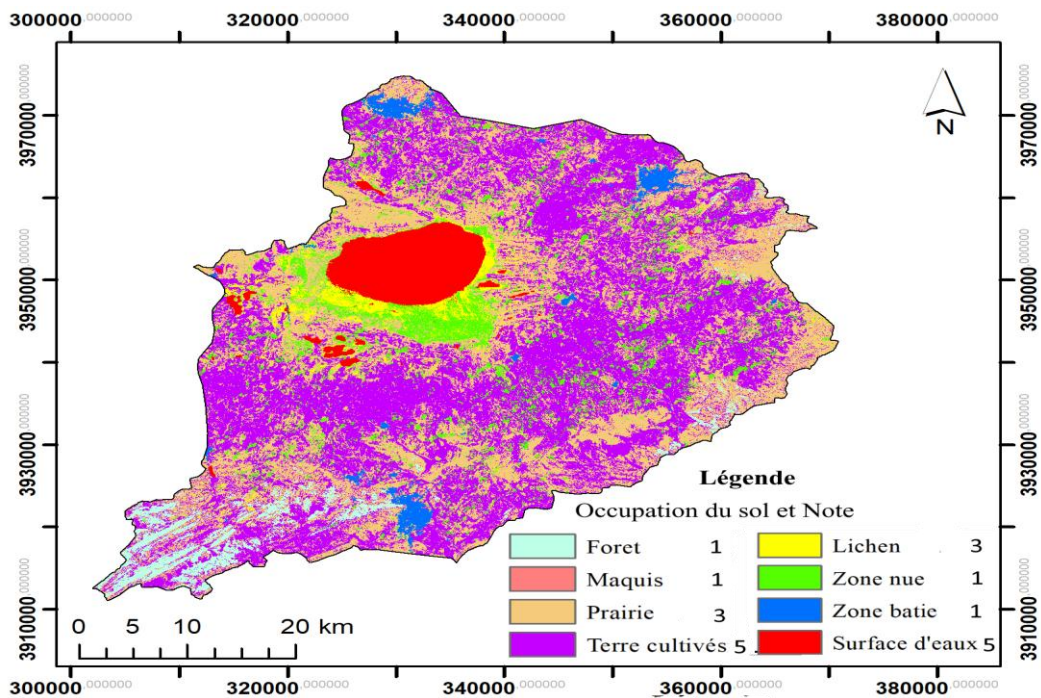


Figure 15 : L'occupation du sol de la zone d'étude

2.3. Drainage du sol :

La classification du drainage du sol peut être faite en tenant compte de sa relation avec les classes de texture (tableau 11). Les conditions de drainage sont également affectées par les niveaux des eaux souterraines. Les zones de bas-relief et les dépressions particulièrement fermées favorisent la translocation latérale dans les eaux de surface et souterraines et l'accumulation de sel (Schofield, R.V et al. 2003)

Tableau 11 : Classes de drainage en relation avec la classe texturale et la conductivité hydraulique saturée.

Classe de texture	Conductivité Hydraulique saturée (mm h ⁻¹) ²	Classe de Drainage
S, LS	>50	Bien
SL, SCL, L, CL, SiCL, SiL, Si	5-50	Modéré

S—sable; LS—sable Limoux; SL—Limon sableux; SCL—Limon sableux argileux; L—Limon; CL—Limon argileux; SiCL—Limon limono-argileux; SiL—Limon limoneux; Si—limon; SC—argile sableuse; SiC—argile limoneuse; C—argile; Classification after de Paz et al.

Dans la zone d'étude (Fig.16) les sols salins (Solontchack) argileuses occupant la partie centre et sud de la plaine, ces sols sont de nature salée à cause de l'évaporation des eaux qui s'accumule

pensant la période des précipitations (une note de 5 est attribuées). Les sols alluviaux basique (en vert) occupent les alentours de Sebkhha ils ont une bonne capacité de drainage (une note de 1 est attribuée). Les sols calciques (en jaune) occupe la bande qui s'étale du nord, est vers le sud et le sud-ouest. Ces sols on une bonne capacité de drainage ou une note de 2 est attribuée. Les sols qui ont une capacité modéré de drainage se trouvent au nord et au sud (petit portion) de la zone d'étude. Il s'agit de la roche mère (une note de 3 est attribuée).

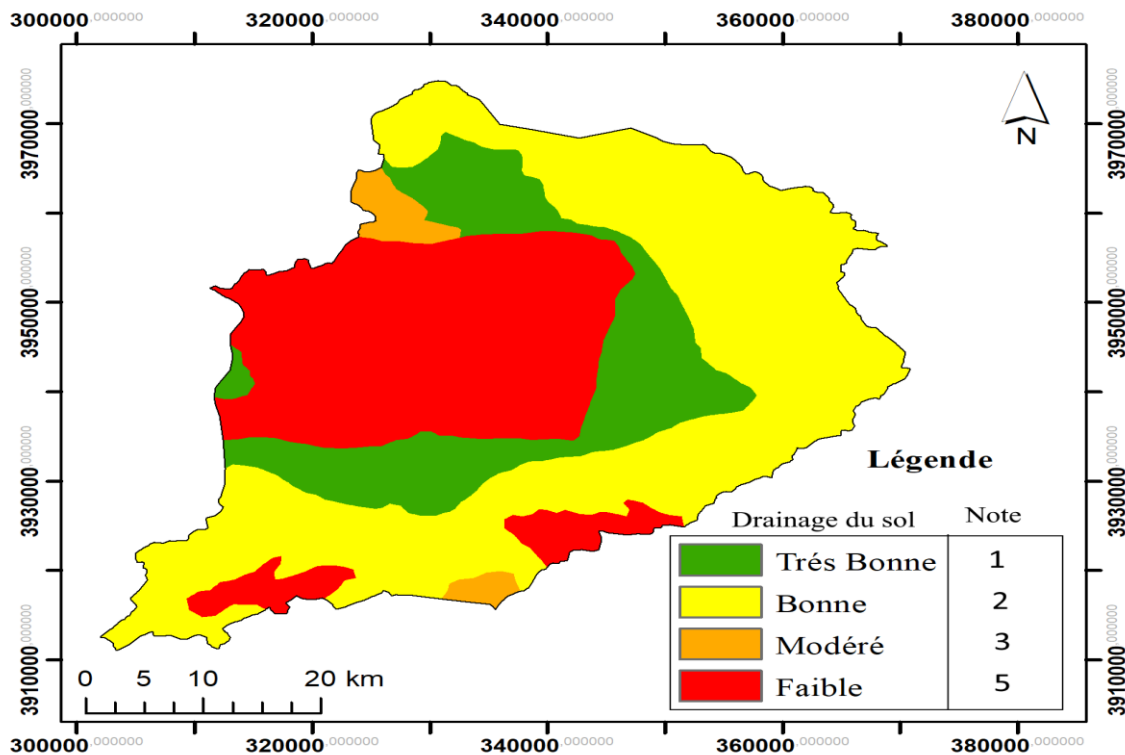


Figure 16: Capacité de drainage des sols de la zone d'étude.

2.4. Topographie :

La topographie est représentée par les pentes (en %) générée à partir du modèle numérique du terrain de la zone d'étude. Plus les terrains sont plat plus le risque de salinité augmente. Trois classes de pente sont présentes :

Class 01 : 0-2% : classe des pentes très faible représente 27,11% de la superficie totale, représenté par Sebkhata Garaet El Tarf et ces alentours. La ou se jette le réseau hydrographique et s'accumule les eaux des précipitations. Le risque de salinité est très fort avec une note de 5

Class 02 : 2-8 % classe des pentes faibles représente 45,25 de la superficie totale, occupe presque la moitié de la zone d'étude sur les périphéries du Sebkhata. Le risque de salinité est modéré avec une note de 3.

Class 03 : >8 : classe des pentes modéré a très fortes, représentent 27,62% de la superficie totale représenté par les versants et les collines qui entourent le bassin. Les pentes atteint leur maximum au massif de Chillia. Le risque de salinisation des sols est faible

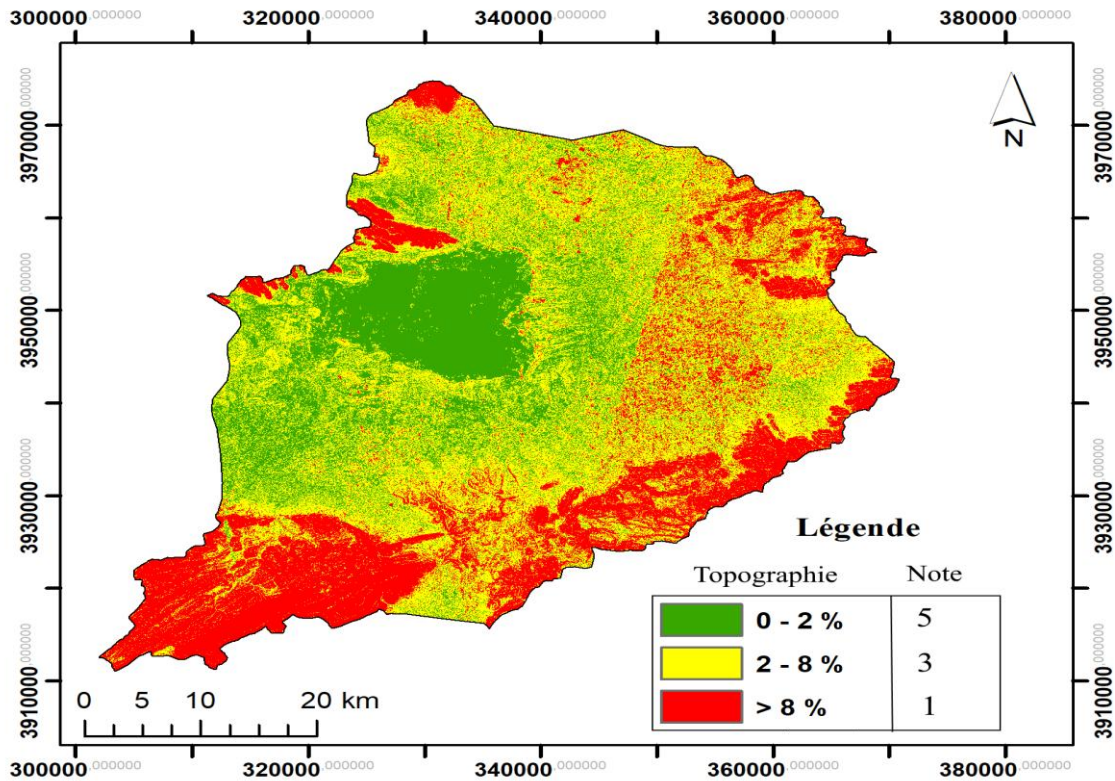


Figure 17: Topographie de la zone d'étude.

2.5. Qualité des eaux pour l'irrigation :

L'irrigation des cultures dans le bassin versant de Garaet El Tarf dépend fortement des eaux souterraines. L'excès de teneur en sel dans les eaux souterraine représente un facteur très important dans le processus de salinisation des sols. Sous l'effet d'évaporation les sels s'accumulent dans la croute superficielle du sol. Les teneurs en sels dans les eaux souterraines sont exprimées en conductivité électrique μ/cm . La mesure de conductivité électrique a été faite in situ à l'aide d'une multi paramètre de terrain. La carte (Fig. 18) de distribution spatiale de la conductivité électrique est classée en trois intervalles :

Classe 1 : 550– 1500 (μ/cm) : Les eaux souterraines sont normalement minéralisées donc le risque de salinisation des sols est faible. Une note de 1 est attribuée.

Classe 2 : 1500 – 2000 (μ/cm) : les eaux souterraines sont modérément minéralisées, donc le risque de salinisation des sols est modéré. Une note de 3 est attribuée.

Classe 3 : >2000 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) les eaux souterraines sont fortement minéralisées, donc le risque de salinisation des sols est fort. Une note de 5 est attribuée.

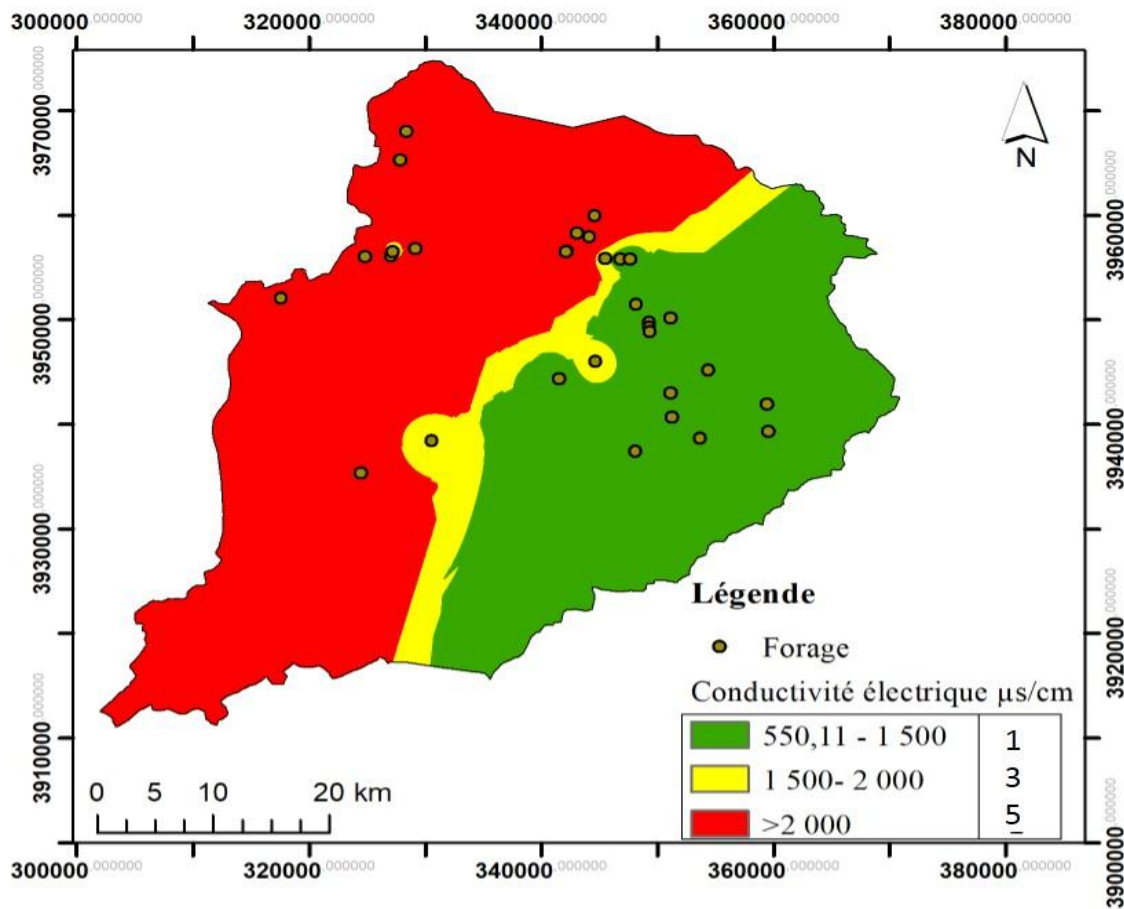


Figure 18 : Conductivité électrique des eaux d’irrigations de la zone d’étude

3. Risque de salinité des sols :

La carte de l’indice de risque de salinisation des sols (IRS) dans le bassin versant de Garaet El Tarf (Fig 20) obtenue par la superposition des cinq facteurs (Topographie, Occupation du sol, indice d’aridité, qualité des eaux pour l’irrigation et drainage des sols). La superposition est faite par le module Map Algebra (Fig 19) dans l’environnement SIG ArcGis 10.3.

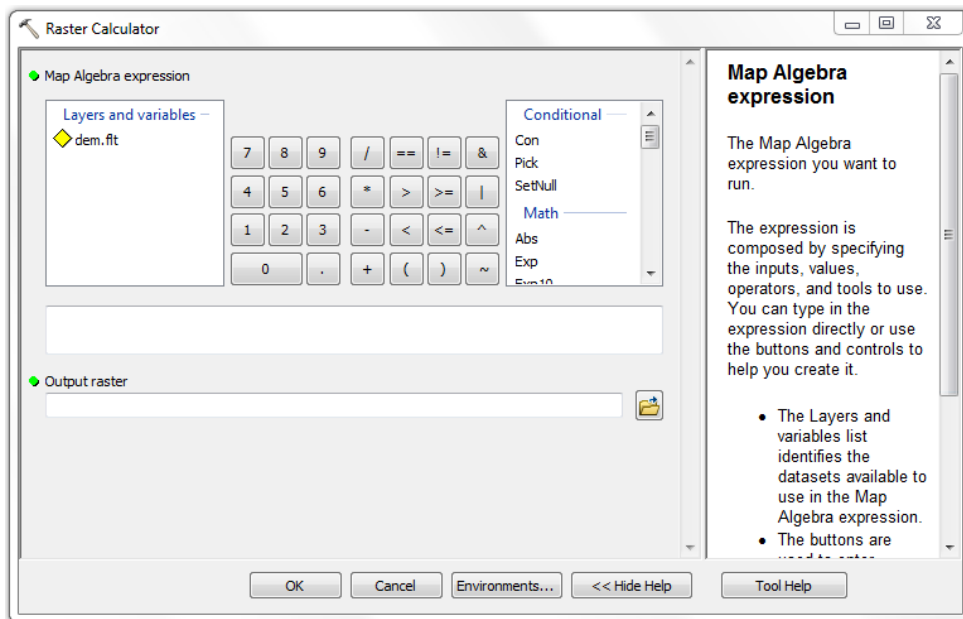


Figure 19 : Module Map Algebra utilisée pour calculer l'indice de salinité des sols

La carte d'indice de salinité des sols montre trois catégories de risque :

Risque faible : représente 30,5 % de la surface totale de la zone d'étude situé dans la partie est et sud-est avec quelque portion dans le sud-ouest. Les zones à faible risque ce coïncident avec les types des sols de bonne drainage et une pente supérieur à 8%, surtout dans la partie sud est, aussi l'abondance de couvert végétale. La qualité des eaux destinées à l'irrigation sont d'une minéralisation normale.

Risque modéré : présente la classe dominante dans la région couvrant 42,35 % des uperficie de la zone d'étude, localisée au nord et au sud du bassin étudiée. Le risque modéré est dû aux minéralisations des eaux d'irrigation (sup a 1500 $\mu\text{s/cm}$) d'un coté et d'autre coté les pentes faibles (de 2 a 8 %) et l'absence de couvert végétale

Forte risque : cette catégorie est présentée dans la partie centre (Sebkha est ces alentours) et vers l'ouest de la plaine couvrant 27,14 % de la superficie de la zone d'étude. Le risque élevé est due aux sols salin par ça nature (Solontchack), la forte minéralisation des eaux souterraines et par les pentes très faible (Inf a 2%). L'absence totale de Couvert végétale (sauf quelques espèces tolérées des sels).

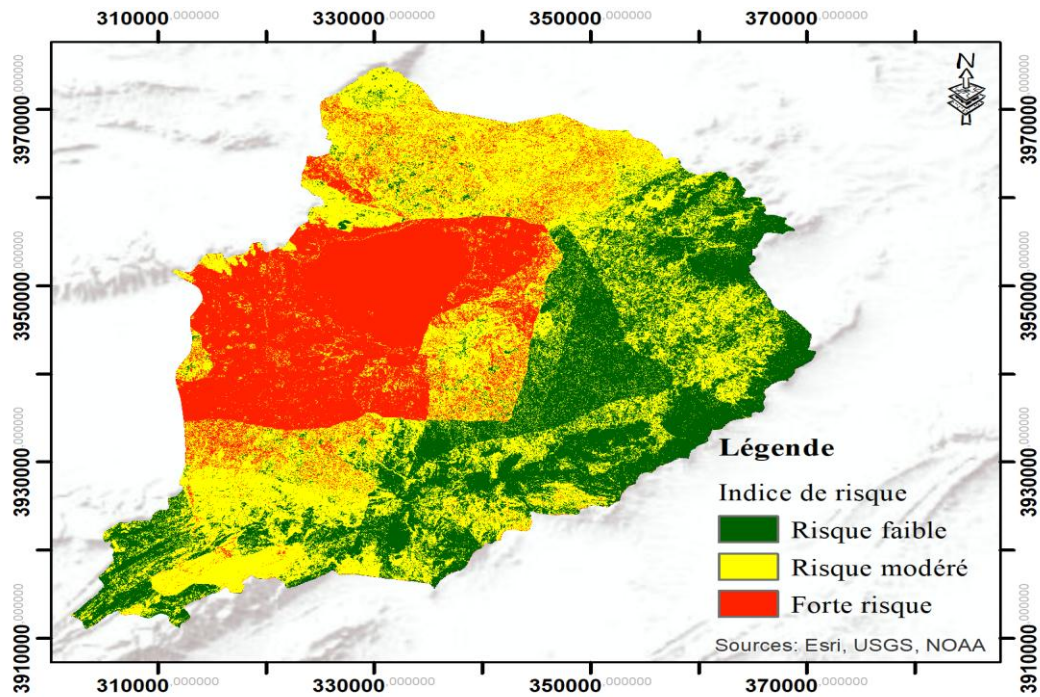


Figure 20 : Indice de risque de salinisation des sols

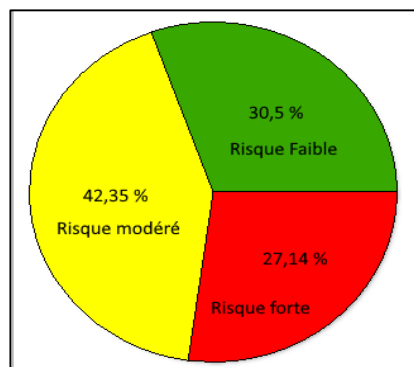


Figure 21 : comparaison statistique entre les degrés de risque

4. Conclusion :

Dans le bassin de Garaet El Tarf, l'indice de risque de salinisation des sols est calculé selon une méthode multicritère de cinq facteurs (Topographie, Occupation du sol, indice d'aridité, qualité des eaux pour l'irrigation et drainage des sols), dans un environnement SIG (ArcGis 10.3). La carte des indices obtenue montre trois catégories de risque : risque faible qui occupe 30,5 % de la zone d'étude, risque modéré représente 42,35% de la surface totale et risque forte qui représente 27,14 % de la zone d'étude. L'analyse de la carte d'indice de risque de salinisation montre une forte relation entre cette dernière et l'occupation du sol (Couvert végétale), Minéralisation des eaux souterraines destinées à l'irrigation et la carte des pentes.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le bassin versant de Gareat El Tarf est une entité hydrologique du bassin versant des Hauteurs de Constantine (9578 km²). à l'extrême nord-est de l'Algérie, entre l'Atlas Tellien et l'Atlas saharien).

Le sous-bassin Gareat El Tarf est caractérisé par un climat semi-aride. Le sud est également affecté par les courants d'air froids et humides des Aurès au-dessus de 1200 m d'altitude. Les précipitations annuelles ne dépassent pas 466,84 mm et la température moyenne annuelle est de 17 °C. Le climat semi-aride de la région se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

Des études de caractérisation géologique ont montré que la zone étudiée est principalement composée de strates sédimentaires continues. Le quaternaire constitue l'essentiel de la surface de la plaine (granulats, sables fins, limons, graviers et alluvions...). Calcaire fracturé du Crétacé moyen-supérieur et grès du Miocène.

Dans le bassin de Garaet El Tarf, l'indice de risque de salinisation des sols est évalué selon une méthode multicritère de cinq facteurs (Topographie, Occupation du sol, indice d'aridité, qualité des eaux pour l'irrigation et drainage des sols), ce modèle est couplé avec un SIG. la carte des indices obtenue montrent trois catégories de risque : risque faible qui occupe 30,5 % de la zone d'étude, risque modéré représente 42,35% de la surface totale et risque forte qui représente 27,14 % de la zone d'étude. L'analyse de la carte d'indice de risque de salinisation montre une forte relation entre cette dernière et l'occupation du sol (Couvert végétale), Minéralisation des eaux souterraines destinées à l'irrigation et la carte des pentes.

Recommandation

- Vérification de la qualité de l'eau d'irrigation.
- Gestion optimale de l'irrigation de façon à éviter la percolation hors périodes de lessivage.
- Limitation des pertes d'eau dans les canaux et les apports externes.
- Contrôle du niveau de salinité du sol (CE).

Résumer :

La salinisation des sols est l'un des processus de dégradation des terres les plus courants, en particulier dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations dépassent l'évaporation. Dans de telles conditions climatiques, les sels solubles s'accumulent dans le sol, influençant les propriétés du sol avec une baisse ultime de la productivité. Cette étude propose une méthodologie multicritère couplé avec un SIG pour estimer l'indice de risque de salinisation des sols, basé sur cinq facteurs : Topographie, Occupation du sol, indice d'aridité, qualité des eaux pour l'irrigation et drainage des sols. Cette méthodologie permet de ressortir trois catégorie de risque : risque faible qui occupe 30,5 % de la zone d'étude, risque modéré représente 42,35% de la surface totale et risque forte qui représente 27,14 % de la zone d'étude. La simplicité de ce modèle et son degré de précision acceptable en font un outil prometteur pour une utilisation dans la prédiction de la salinité du sol.

Mots Clés : salinité, SIG, méthode multicritère, semi aride, Garaet El Tarf

Abstract :

Soil salinization is one of the most common land degradation processes, especially in arid and semi-arid regions, where precipitation exceeds evaporation. In such climatic conditions, soluble salts accumulate in the soil, influencing the soil properties with an ultimate decrease in productivity. This study proposes a multicriteria methodology coupled with a GIS to estimate the soil salinization risk index, based on five factors: Topography, Land use, aridity index, water quality for irrigation and soil drainage. This methodology identifies three risk categories: low risk, which occupies 30.5% of the study area, moderate risk represents 42.35% of the total area, and high risk, which represents 27.14% of the study area. The simplicity of this model and its acceptable degree of precision make it a promising tool for use in predicting soil salinity.

Key words: Keywords: salinity, GIS, multicriteria method, semi-arid, Garaet ElTarf

ملخص :

يعد تملح التربة من أكثر عمليات تردي الأراضي شيوعا، ولا سيما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث يتجاوز هطول الأمطار التبخر. في مثل هذه الظروف المناخية، تتراكم الأملاح القابلة للذوبان في التربة، مما يؤثر على خصائص التربة مع انخفاض كبير في الإنتاجية. تقترح هذه الدراسة منهجية متعددة المعايير إلى جانب نظام المعلومات الجغرافية لتقدير مؤشر مخاطر ملوحة التربة، بناءً على خمسة عوامل: التضاريس، واستخدام الأراضي، ومؤشر الجفاف، وجودة المياه للري وتصريف التربة. تحدد هذه المنهجية ثلاث فئات من المخاطر: مخاطر منخفضة، والتي تشغل 30.5% من منطقة الدراسة،

ومخاطر معتدلة تمثل 42.35% من إجمالي المساحة، ومخاطر عالية، والتي تمثل 27.14% من منطقة الدراسة. إن بساطة هذا النموذج ودرجة دقته المقبولة تجعله أداة واعدة للاستخدام في التنبؤ بملوحة التربة.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، نظام المعلومات الجغرافية، طريقة متعددة المعالم، شبه قاحلة، Garaet El

Tarf



Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Asfaw, E., Suryabagavan, K., Argaw, M. 2018.** Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: the case of Wonji sugar cane irrigation farm. Ethiopia J Saudi Soc Agric Sci.;17:250–8.10.1016/j.jssas.2016.05.003
- **Carte géol. Algérie / SONATRACH,** (Div. Hydrocarbures, Dir. Explor.)
- **Chaabane, S., Benreda, Z. 1997.** Inventaires des sols salés d'Algérie. ANRH Pédologie. Document interne non publier.
- **Corwin, D., Lesch, S. 2003** “Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture,” *Agronomy Journal*, Vol. 95, No. 3, pp. 455-471.
<http://dx.doi.org/10.2134/agronj2003.0455>
- **Dali ,N. 2009.** Ressources et gestion intégrée des eaux du bassin de Gareat El Tarf (W.Khenchela). Mémoire de Magister. Université Badji Moukhtar. Annaba, 5p, 15p, 19p,45p.
- **Daoud, Y. 1983.** Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué du Périmètre de Haut Cheliff (Algérie). Thèse doc. ING., RENNE, 194p.
- **Daoud, Y.1983.** Contribution à l'étude des sols plaines du cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux, thèses Doct d'Eta. INA Alger,233p.
- **de Paz, J.M.; Visconti, F.; Zapata, R.; Sánchez, J. 2004.**Integration of two simple models in a geographical information system to evaluate salinization risk in irrigated land of the Valencian Community, Spain. *Soil Use Manag*, 20, 333–342.
- **Dib , D. 2018.** : « Origine et caractérisation de la pollution des eaux dans le bassin de TARF (NE-ALGERIEN) ». Thèse de doctorat, Université Oum ElBouaghi . page 30
- **Djili, K .2010.** cartographie de la salinite des sols par induction electromagnetique.
- **Djili, K . 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie : Création d'une banque de données informatises et l'utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la vectorisation des données pédologique. Thèse doc. INA. Alger. 384p.
- **Durand, J.1956.** Les sols de la station d'étude des sols salins d'El Hmadena. France-Alger éditions, Paris, 29 p.
- **Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Hrušková, B., Zupan, M. 2006.** *Common criteria for risk area identification according to soil threats*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Références bibliographiques

- **Farifteh, J., Farshad, A., George, R. 2006.** Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics. *Geoderma.*;130:191–206.10.1016/j.geoderma.2005.02.003
- **Fernandez-Buces, N., Siebe, C., Cram, S., Palacio, J. 2006.** Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: a case study in the former lake Texcoco, Mexico. *J Arid Environ* ;65:644–67.10.1016/j.jaridenv.2005.08.005
- **Guiraud, R. 1973.** Evolution post-Triasique de l'Avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Thèse Sci.
- **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.
- **Ibrahim, M. 2016.** Modeling soil salinity and mapping using spectral remote sensing data in the arid and semi-arid region. *Int J Remote Sens Appl.*;6:76–83.10.14355/ijrsa.2016.06.008
- **Jean-Olivier, J. 1992.** Introduction a la geochimie des sols sales. Grefo.doc Mission ORSTOM DE Tunis. 32p.
- **Jingwei, W., Vincent, B., Yang, J., Bouarfa, S., Vidal, A., 2008.** Remote sensing monitoring of changes in soil salinity: a case study in Inner Mongolia, China. *J. Sens.* 8, 7035–7049.
- **Jones, S.B., J.M. Wraith and D. Or. 2002.** Time Domain Reflectometry (TDR) Measurement Principles and Applications. *Hydrol. Process.* 16:141-153, DOI: 10.1002/hyp.513
- **Laffitie, R. 1939.** Étude géologique de l'Aurès. Thèse Sciences Paris. Bull. Serv. Cart géol. Algérie, (2), Stratigraphie, Bull. n° 15, 484 p., 26 fig., 1 carte 1/200.000 eh.t.
- **Legrain, X., Berding, F., Dondeyne, S., Schad, P., & Chapelle, J. 2018.** World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015.
- **Marmi, R. 1995.** Les bassins continentaux de l'avant-pays de la chaîne alpine d'Algérie nordorientale: Étude stratigraphique, sédimentaire, structurale et géochimique. Thèse, University Nancy I, France, 253p.

Références bibliographiques

- **Masoudi, M., Patwardhan, A. M., & Gore, S. D. 2006.** A new methodology for producing of risk maps of soil salinity, case study: Payab Basin, Iran. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 10(3), 9-13.
- **Mathieu C., Pieltain F., Asseline Jean (collab.), Chossat J.C. (collab.), Valentin Christian (collab.). 1998.** *Analyse physique des sols : méthodes choisies*. Paris : Lavoisier, 275 p. ISBN 2-7430-0283-2.
- **Nedjimi, B . Brahim,G. 2012.** "Les steppes algériennes: causes de déséquilibre." *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"* 2.2 12-12.
- **Newer, B., Ali A., Zarqawi, H., 2013.** Soil salinity mapping model developed using remote sensing and GIS in Libya. <<http://www.geotunis.org/wpcontent/uploads/05/>
- **Noomene, H. 2011.** Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de Kalaat Landelous en Tunisie: Cas d'une parcelle de courge. *Mastère de recherche en environnement*. Faculté des lettres, des arts et des humanités Manouba, Tunisi.
- **Nwer, B., Ali, A., & Zurqani, H. 2013.** Soil salinity mapping model developed using RS and GIS in Libya. In *Proceedings of the Annual International Conference 7th Edition of Geotunis, Southern Hammamet, Tunis* (pp. 4-12)
- **OWWDSA, 2007.** Soil survey and land evaluation report. Fentale irrigation based development project, unpublished feasibility study. Oromia Water Works Design and Supervision Authority, Addis Ababa, Ethiopia.
- **Richard, L.A. 1954.** *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkalis Soils*. Agric. Handbook 60, US Dept. Agric., Washington DC, 160 p.
- **Rhoades, J.D., Suarez, D.L. 1977.** Reducing water quality degradation through minimized leaching management, *Agricultural Water Management*, Volume 1, Issue 2, Pages 127-142, [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(77\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0378-3774(77)90036-1).
- **Sahab, S., Suhani, I., Srivastava, V., Chauhan, P. S., Singh, R. P., & Prasad, V. 2021.** Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: Current status and management strategies. *Science of The Total Environment*, 764, 144164.
- **Schofield, R.V.; Kirkby, M.J. 2003.** Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 17.

Références bibliographiques

- **Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., Bollero, G.A., Bullock, D.G., and Wiebold, W.J. 2003.** Comparison of electromagnetic induction and direct sensing of soil electrical conductivity: *Agronomy Journal*, 95, 472–482
- **Touaf, L., 2002.** Evaluation du niveau de salinité des sols du Nord de l'Algérie. Mémoire de magister, INA, Alger, 71 p.
- **UNEP. The United Nations Environmental Programme: Tomaz, A., Palma, P., Fialho, S., Lima, A., Alvarenga, P., Potes, M., ... & Salgado, R. 2020.** Risk assessment of irrigation-related soil salinization and sodification in Mediterranean areas. *Water*, 12(12), 3569.
- **Vila, J-M. 1997.** - Carte géologique de l'Algérie au 1/50.000, feuille n° 175, Garet etTarf (1ère édition) avec notice explicative détaillée (levés de S. Guellal) . Serv.
- **Zewdu, S., Suryabhagavan, K. V., & Balakrishnan, M. 2016.** Land-use/land-cover dynamics in Sego Irrigation Farm, southern Ethiopia: A comparison of temporal soil salinization using geospatial tools. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(1), 91-97.

Webographie:

- <https://m.actu-environnement.com>.(Consulté Mai 2020).
- [http://fr.getamap.net/cartes/algeria/algeria_\(general\)/_baghai_oued/](http://fr.getamap.net/cartes/algeria/algeria_(general)/_baghai_oued/) (consulté Mai2020).

