

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

Université d'Oran

Faculté des sciences de la terre, de Géographie et d'Aménagement de Territoire

Laboratoire de recherche « Espaces Géographiques et Aménagement du Territoire »

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de Magister en Géographie et Aménagement du territoire

Option : Aménagement des milieux physiques

**CARTOGRAPHIE DE L'EVOLUTION DE LA DESERTIFICATION DU CHOTT
CHERGUI**

Présenté par : KIOUS Chahrazed

Soutenu le 03 / 06 / 2009

Devant la commission d'examen :

MR. HADEID Mohammed	Maître de Conférence	(U d'Es-Senia)	Président
Mm. REMAOUN Khadija	professeur	(U d'Es-Senia)	Rapporteur
MR. SMAHI Zakaria	Chargé de Cours	(USTO)	Co-rapporteur
Mm. FEZAZI Hadria	Professeur	(USTO)	Examineur
MR. HASSANI Moulay Idriss	Maître de Conférence	(U d'Es-Senia)	Examineur

Année 2009

Dédicaces

Je dédie le fruit de ma réussite à mon père et à ma mère qui m'ont fortement soutenu depuis ma scolarisation à ce jour

A mon époux Nadji

A mes frères Youcef et Amine

A Mes sœurs Latifa et Noria

A mes belles Sœurs Mlouka et Hanène

A mon beau Frère M'hamed

A mes petits neveux: El-Hadi, Didine, Douaà et Hanène.

Et toute ma famille sans exception

A toutes mes amies : Amina pour son soutien morale, Nassima, Aicha, et Nahia

Enfin, je dédie ce travail à tous les enseignants et les étudiants de l'IGAT.

Remerciements

EN ce jour mémorable, JE témoigne toute ma gratitude, ma reconnaissance, et adresse tous mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail, en particulier ma Directrice de recherche, M^m REMAOUN Khadija pour tous les enseignements et orientations qu'elle m'a donné ainsi que son soutien durant toute la durée de mes études et la réalisation du présent mémoire ; aussi bien qu'à mon co-encadreur M^R SMAHI Zakaria, et spécifiquement à mon père M^R KIOUS Mohamed pour sa participation dans la finalisation de ce document, son soutien et son encouragement infatigable.

Il en est de même pour les personnes qui ont participé et aidé dans la concrétisation de cette étude en l'occurrence, M^m SANHADJI Hafida, M^m GOURINE Farida et LAFRID Aicha.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
PREMIERE PARTIE (LES CARACTERISTIQUES DU CHOTT CHERGUI)	
I- Situation et caractéristiques naturelles du milieu.....	06
I-1-Les hautes plaines du Chott Chergui.....	08
I-3- Chott Chergui est alimenté par un réseau hydrographique à cours d'eaux écoulant du Nord et du Sud	10
I-4- Une zone parsemée de dépressions de tailles différentes.....	10
- Les Dayas.....	10
- Les Mekmens.....	10
- La Sebkha.....	10
Conclusion.....	12
II – Y'a t-t-il une désertification dans Chott Chergui ?.....	13
II-1-Evolutions de la végétation dans les hautes plaines oranaises	14
II-1-1-Répartition de type de steppe d'après (A.Aidoud (1978)	15
II-1-2-La régression importante de la nappe alfatière dans les Hautes Plaines Sud Oranaises, échantillon de Rogassa d'après Aidoud.....	16
II-2 –Caractéristiques climatiques favorisant la désertification du chott chergui.....	20
II-5 – Le rôle de l'homme est remarquable dans la désertification	23
II-5-1- La croissance démographique.....	23
II-5-2- L'augmentation du nombre du cheptel.....	24
II-5-3- Le défrichement des parcours et les pratiques culturelles.....	24
Conclusion.....	26

DEUXIEME PARTIE (METHODES D'APPROCHES DU TRAITEMENT DES DONNEES)

Introduction	27
I- Le traitement des images satellitaires.....	27
I-1- Choix des images	29
I-2-Traitement des images satellites.....	29
I-2-1-La correction géométrique.....	29
I-2-2- Les types de classification des images satellitaires.....	30
1- Classifications non supervisées.....	31
2 -Classifications supervisées.....	31
-3- Choix des échantillons.....	31
-4- Matrice de confusion.....	32
I-3- Calcul des indices de végétation du Chott Chergui.....	40
1-3-1- L'indice de végétation NDVI.....	40
I-3-2- Indice de végétation (MSAVI).....	44
II -Approche par les relevés de terrain et la granulométrie de dépôts sédimentaires.....	48
II-1- Les relevés du terrain	48
II-2- Les types de relevés faits.....	49
II-3 – Le traitement granulométrique des échantillons prélevé dans les formations.....	51
Conclusion.....	56

TROISIEME PARTIE (RESULTATS : EVOLUTION DE LA DESERTIFICATION)

Introduction.....	57
I- Evolution du Chott Chergui d'après les images satellitaires de 1972 à 2004.....	57
I-1-Les accumulations sableuses.....	58
-1-Les formes non dunaires.....	58
-2 -Evolution des surfaces d'accumulations sableuses entre 1972, 2000 et 2004.....	62
-3- La typologie et la granulométrie les formations sableuses récentes du 2000 à 2004.....	66
3-1- Au niveau des barkhanes.....	67
3-2-Au niveau des nappages.....	73
3-3- Micro nebkas.....	74
3-4- Sur une formation superficielle.....	76
II- Evolution de la végétation du Chott Chergui d'après la classification supervisée et le calcul des indices (NDVI et MSAVI).	83
1- Selon le calcul des indices (NDVI et MSAVI).....	81
2- Selon la classification supervisée des images (1972-2000-2004).....	83
3- Est ce que la pluie est une des causes intervenant dans le changement des taux de végétation ?	85
III- Evolution des surfaces humides, dépôts de sel, les zones de déflation et les zones de reg.....	89
IV- le système éolien et sa relation avec l'extension du sable dans la région du Chott Chergui	90
IV-1- les DPS à Mecheria (1985 à1996).....	90
IV -2 Estimation théorique de la vitesse moyenne de la progression des extensions des sables de (1972 à 2004).....	91
IV -3-La vitesse de progression des amas moins de 2m de hauteur entre 2000 et2004.....	94
Conclusion.....	97

QUARTIEME PARTIE (Cartographie de la désertification du Chott Chergui)

Introduction.....	98
-1- Les procédures de la cartographie	99
-1-1- pour la délimitation du Chott Chergui (zone d'étude).....	99
-1-2- le calage des cartes topographiques, ensuite regroupement des parties d'étude dans une seule carte.....	100
-1-3- utilisation des classes tirées des images satellitaires classées	100
1-4- La légende.....	101
Conclusion.....	107
CONCLUSION GENERALE.....	108
Bibliographie.....	114
Liste des figures	116
Liste des tableaux.....	118
Liste des photos.....	119

INTRODUCTION

Devant la menace constante de la désertification et suite à l'inquiétante avancée du sable vers les terres fertiles du nord de l'Algérie, des études à l'échelle nationale ont été entreprises par différents chercheurs. Pour ma part et dans le cadre de mon étude, j'ai entrepris de cartographier la désertification d'une zone steppique des Hautes Plaines Sud Oranaises. Et tout particulièrement Chott Chergui.

Avant de développer ce thème et ses différentes composantes, il est nécessaire de donner ici une idée sur ce qu'est une désertification d'une manière générale et quels sont ses causes et ses processus.

Il existe plusieurs définitions de la désertification, on peut citer parmi elles, celles qui décrivent au mieux ce que nous avons vu sur le terrain:

La désertification est définie comme étant la diminution ou la destruction du potentiel biologique pouvant aboutir en définitive à des terres quasiment désertiques. La détérioration généralisée des écosystèmes modifie le potentiel biologique de ces dernières; c'est-à-dire la réduction voire même la disparition de la production végétale et animale et cela à un moment où l'accroissement de la productivité était nécessaire pour faire face à des populations croissantes (enquête de développement Nations Unies, 1977).

La désertification est un processus soutenu de dégradation des terres (sols et végétation) dans les régions arides, semi-arides et sub-humides. Causée du moins en partie par l'homme, elle réduit aussi bien la résilience sol que ses capacités de production à un point qui ne peut être facilement inversé par l'élimination de la cause ou être réparé sans investissement de grands capitaux (Nelson 1990).

Le terme de la désertification est souvent associé avec l'avancée du désert et au lent envahissement des régions fertiles par les dunes. Elle est définie comme étant la dégradation des sols en région aride et semi aride sous l'effet des changements climatiques et de l'activité humaine (Aubervilles 1949).

Drègne l'a définie, en 1986, comme étant l'appauvrissement des écosystèmes terrestres auquel s'ajoute l'action de l'homme. C'est le processus de dégradation de ces écosystèmes, qui provoque une détérioration accélérée des sols et fait courir de grands

risques aux occupants humains. Il peut être mesuré par une production réduite des plantes souhaitables, les altérations indésirables de la biomasse et de la diversité de la faune et de la flore tant au niveau microscopique que macroscopique.

La désertification ne consiste pas en une progression des déserts. Elle commence ordinairement dans de petites zones où, par suite de différents facteurs, la couverture végétale se réduit au point d'exposer le sol à l'érosion. Si elles sont négligées, ces petites terres continueront à croître et vont en définitive se rejoindre pour former des zones plus grandes, gravement dégradées. C'est ce genre d'observation qu'a fait Aubrevilles Elle commencent par la destruction de la végétation ou par une péjoration de celle-ci.

Les prélèvements et les surpâturages vont amener d'abord une diminution de la biodiversité et ensuite une réduction du couvert végétal. Les steppes deviennent de plus en plus clairsemées et le sol va être de moins en moins protégé, permettant ainsi aux pluies qui sont souvent violentes en zone sèche, d'entraîner une dégradation de la surface du sol et influencer sur ses capacités à absorber l'eau et à l'emmagasiner. De ce fait la désertification c'est bien d'abord la dégradation de la végétation ensuite une dégradation du sol. Cette dégradation va se poursuivre par la perte de la productivité du sol, sa stabilité et sa résistance à l'érosion éolienne et l'érosion hydrique.

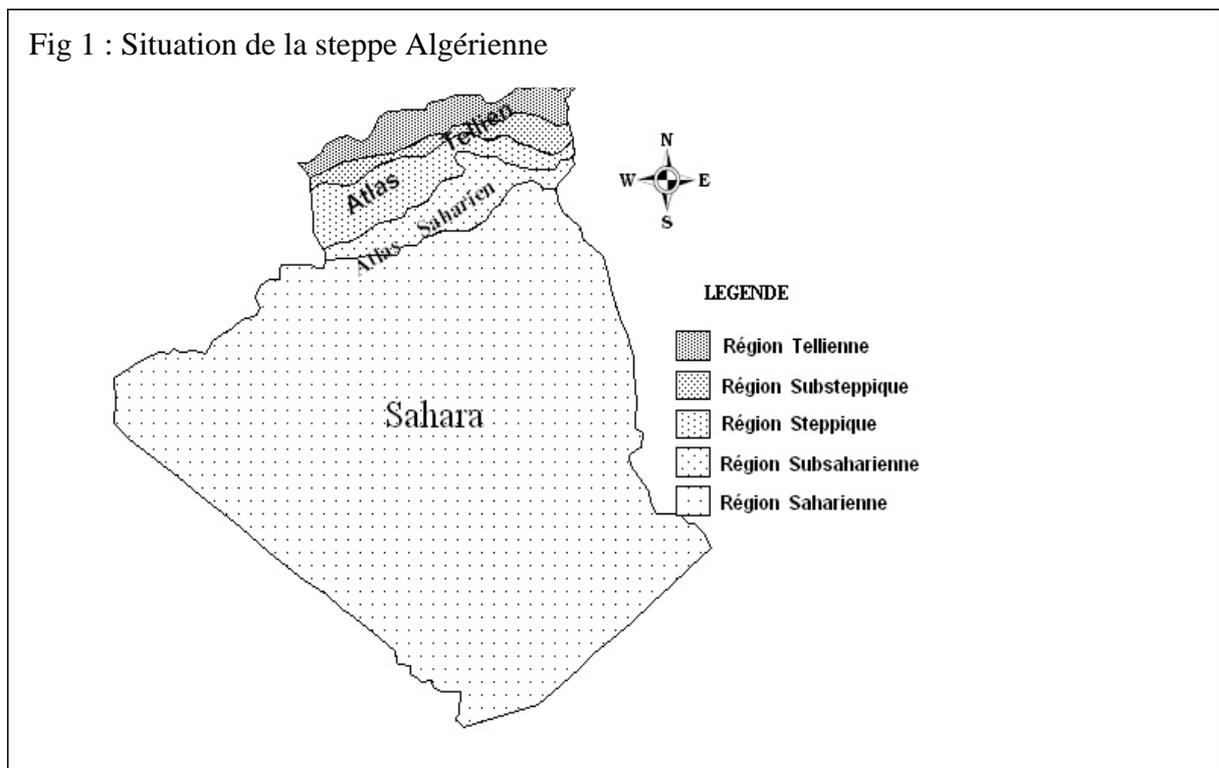
Donc, d'après ces définitions, on peut dire que la désertification est un phénomène qui passe par plusieurs étapes ; la détérioration et la dégradation des sols causés par la sécheresse prolongée, et l'action des hommes, l'érosion éolienne et hydrique qui finalement aboutissent à l'abandon des terres par la population humaine.

Ces dernières années le phénomène de dégradation de la steppe en Algérie s'est amplifié. L'ampleur de la dégradation de la steppe dans les régions présahariennes a engendré une situation nouvelle caractérisée par la réduction du couvert végétal, ainsi que l'extension de l'ensablement.

Une steppe est une formation herbacée basse à base de graminées plus ou moins ouverte et suffisamment continue pour dominer le paysage. Ces formations sont déterminées par de basses précipitations mais supposent de très grandes amplitudes thermiques.

Les Hautes Plaines Steppiques algériennes sont localisée, entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, à des altitudes de 900 à 1 200 m. Elles sont parsemées de dépressions salées, dites chotts et sebkhas, qui sont des lacs formés au Pléistocène.

La steppe est essentiellement composée d'une strate herbacée assez variée d'espèces vivaces et éphémères. Trois espèces y dominent traditionnellement, à savoir l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), l'armoïse (*Artemisia herba alba* L.) et le sparte (*Lygeum spartum*). Plus d'une trentaine d'autres espèces y végètent à différentes périodes de l'année. L'alfa et l'armoïse occupent à elles seules au niveau national près de 7.000.000 ha tandis que le *Lygeum* occupe 3.000.000 ha. Généralement, de nombreuses espèces halophiles occupent des sols salins aux alentours des chotts (Djebaili, 1984).



La zone d'étude a été choisie de telle sorte à être en complémentarité avec les études sur les Hautes Plaines Sud Oranaises .C'est aussi une région assez originale par ce que c'est une zone humide qui a été classées comme une zone protégée.

L'objet du travail c'est de démontrer l'évolution de la désertification depuis 1972 jusqu'à 2004, et la cartographier sur un fond topographique, sur cette carte seront portés toutes les données du terrain, principalement l'évolution de la végétation steppique et la mobilisation du sable

Pour cela nous nous sommes trouvé face à une problématique complexe et difficile à cerner car le dépérissement de la végétation dans les hautes plaines oranaises continue de croître malgré le retour des pluies. Les questions suivantes se posent :

- y-a-t-il a t'il une désertification des bordures W du Chott Chergui depuis 1972 ?
- quelles sont les formes de la désertification qui touchent le terrain d'étude ?
- quelles sont les caractéristiques que l'on doit étudier pour mieux identifier le phénomène ?

Ce travail concerne l'étude des processus de désertification des bordures occidentales du Chott Chergui, la limite externe est un peu délicate alors nous l'avons arrêté à l'W, au dj Antar et Amrag, au S, à la ligne passant par Bougtob à Rogassa, la limites de la zone d'étude a été finalement déterminer par la taille des images satellitaires disponibles et vu que ces dernières non pas la même tailles,nous avons délimité un extrait du terrain par cinq points portants des coordonnées géographiques (X, Y, Z).

Le deuxième problème rencontré était au niveau du CNTS. Ce fut un problème d'ordre technique qui a demandé beaucoup de temps pour l'acquisition des missions d'images satellites utiles à notre étude et également beaucoup de temps à assimiler le logiciel de leur traitement (ENVI).

Notre travail est passé par la méthode classique qui constitue la base de chaque recherche scientifique. On a commencé par la recherche et la constitution d'une bibliographique. Afin de comprendre le thème et d'avoir une idée sur les causes et conséquences de ce phénomène dans la zone d'étude choisie, on a utilisé pour cela différents types de documents :

- Premier type de documentation : thèses, mémoires, revues, rapports ainsi que des recherches sur Internet.

- Deuxième type de documentation : les cartes topographiques au 1/200.000 de Kheiter, Bayadh, Saida, Frenda. L'utilisation de ces cartes nous était nécessaire pour la délimitation de la zone d'étude et la numérisation de quelques éléments de terrain (courbes de niveau, réseaux hydrographique...). La carte pastorale au 1/100.000 d'el Kheiter (Aidoud, CRRT - ONRS 1981) a été utilisés pour inclure le croquis de l'occupation du son sol.

-En troisième lieu, c'est l'exploitation des relevés de terrain effectués lors de deux stages de terrain du 21 au 27 mai 2003, était dans le cadre du poste de graduation sur les hautes plaines, précisément les bordures Sud-Ouest du Chott Chergui et le second du 11 au 14 décembre 2004, cela nous a permis d'identifies un certain nombre de dépôts sableux et des processus indispensables pour faire une classification supervisées des images satellites. Ainsi ont été relevés les formes de dégradation du couvert végétal, les divers des dépôts sableux, des zones de déflations. Un échantillonnage a été fait selon la procédure suivante : superficiellement, en profondeur et selon la morphologie d de quelques accumulations de sable prélevé sur le terrain.

-En quatrième lieu, nous avons traité trois images satellites (une image MSS 1972, une image TM 2000 et une image Alsat 2004) en utilisant le logiciel ENVI.

-La cinquième phase était l'analyse granulométrique où nous avons traité les échantillons de sable ramenés du terrain.

La dernière phase était de cartographier la désertification dans Chott Chergui.

I- Situation et caractéristiques naturelles du milieu

Le Chott Chergui est un milieu très particulier des zones arides et semi arides de point de vue structural dynamique, c'est une zone humide la plus étendue du Maghreb non saharien. En effet le terrain qui nous intéresse dans ce travail a été délimité à l'aide d'une image satellitaire par cinq points, qui sont les coordonnées géographiques suivantes : Pt1 à une latitude de 34° 25' 17.33" N, Longitude 0° 25' 44.98" W et une altitude de 1195 m, le Pt2 se situe entre latitude 34° 38' 40.59" N et 1° 09' 52.76" E de longitude avec une hauteur de 994 m, le troisième point à une latitude de 33° 55' 59.34" N et longitude de 0° 32' 21.87" W avec 1056m d'altitude, pour le Pt4 à une latitude de 33° 42' 24.51" N et longitude de 0° 24' 39.64" W et 1079 m d'altitude, en fin le Pt5 se situe entre 33° 48' 09.72" N de latitude, 1° 12' 29.51" E de longitude et 1546m d'altitude. (Cf. Tab 1).

Tab.1 : Points de délimitation de la zone d'étude

	Latitude (x)	Longitude (y)	Altitude (z)
Point (Pt1)	34° 25' 17.33" N	0° 25' 44.98" W	1195 m
Point (Pt2)	34° 38' 40.59" N	1° 09' 52.76" E	994 m
Point (Pt3)	33° 55' 59.34" N	0° 32' 21.87" W	1056m
Point (Pt4)	33° 42' 24.51" N	0° 24' 39.64" W	1079 m
Point (Pt5)	33° 48' 09.72" N	1° 12' 29.51" E	1546m

Cet espace, qui représente le point de changement climatique et géographique entre les deux Atlas, Tellien et Saharien, est une vaste étendue constituée de plusieurs dayas (cuvettes d'extension limitée au fond en général argileux dans lesquelles l'eau de ruissellement peut s'accumuler) dont la plus importante est le Chott chergui qu'on peut définir comme une vaste dépression endoréique fermée, de faible profondeur et comportant plusieurs ceintures formées par des plantes halophiles supportant différents taux de salinité (salsolacées).

Le terrain d'étude choisi appartient aux Hautes Plaines Sud Oranaises et couvre une superficie d'environ 13840km². Le paysage change totalement après les montagnes telliennes où les espaces s'élargissent, et l'horizon devient Plat. C'est le domaine de la steppe à alfa (stipa tennassicima), très dégradée par le surpâturage et la sécheresse de ces dernières années. Certains secteurs, comme le sud de Bougtob sont franchement désertiques. Cet aspect,

d'origine surtout anthropique, a de graves conséquences géomorphologiques sur la remise en mouvement et l'exportation de sable et surtout des poussières. (cf. Fig. 2).

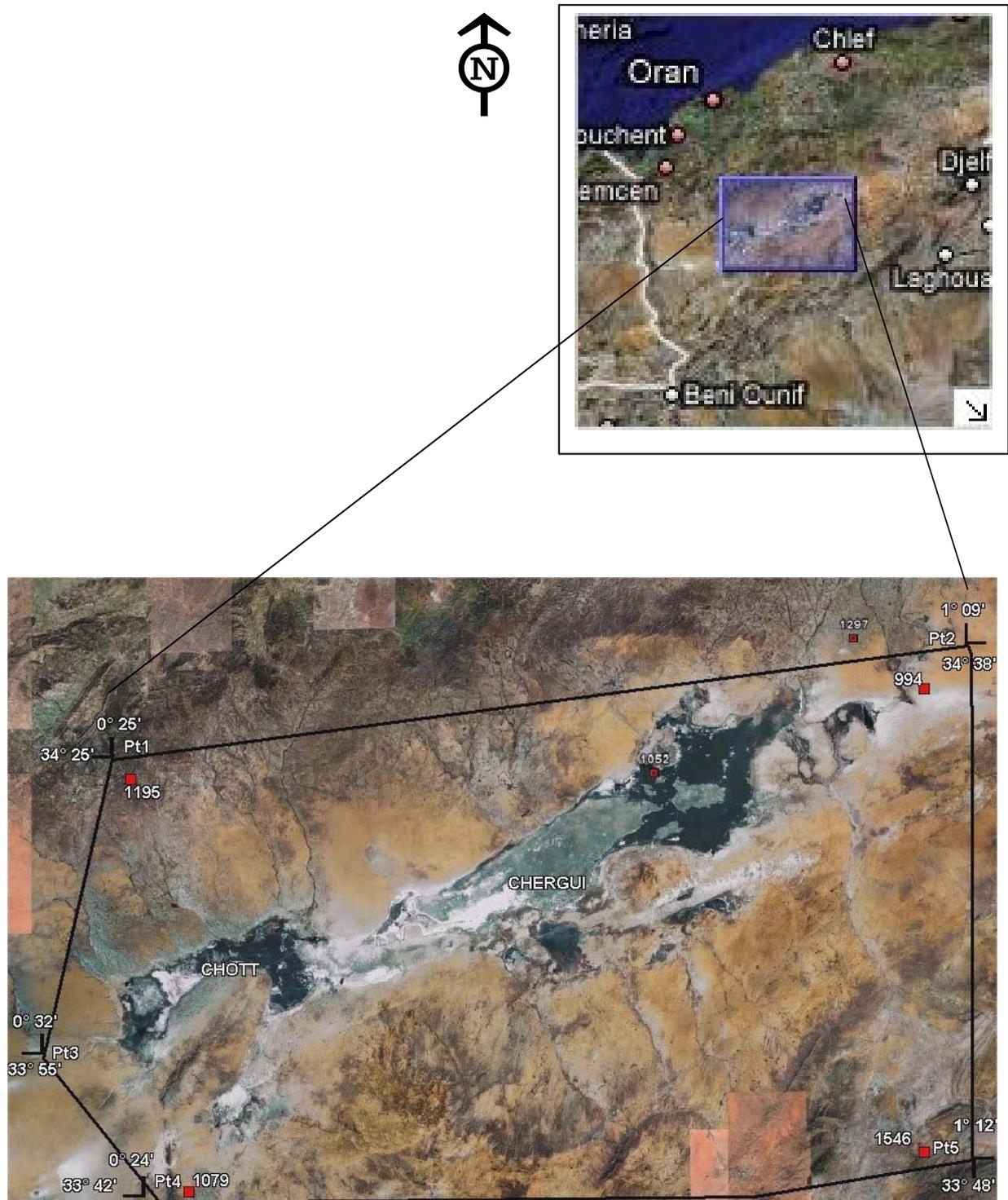


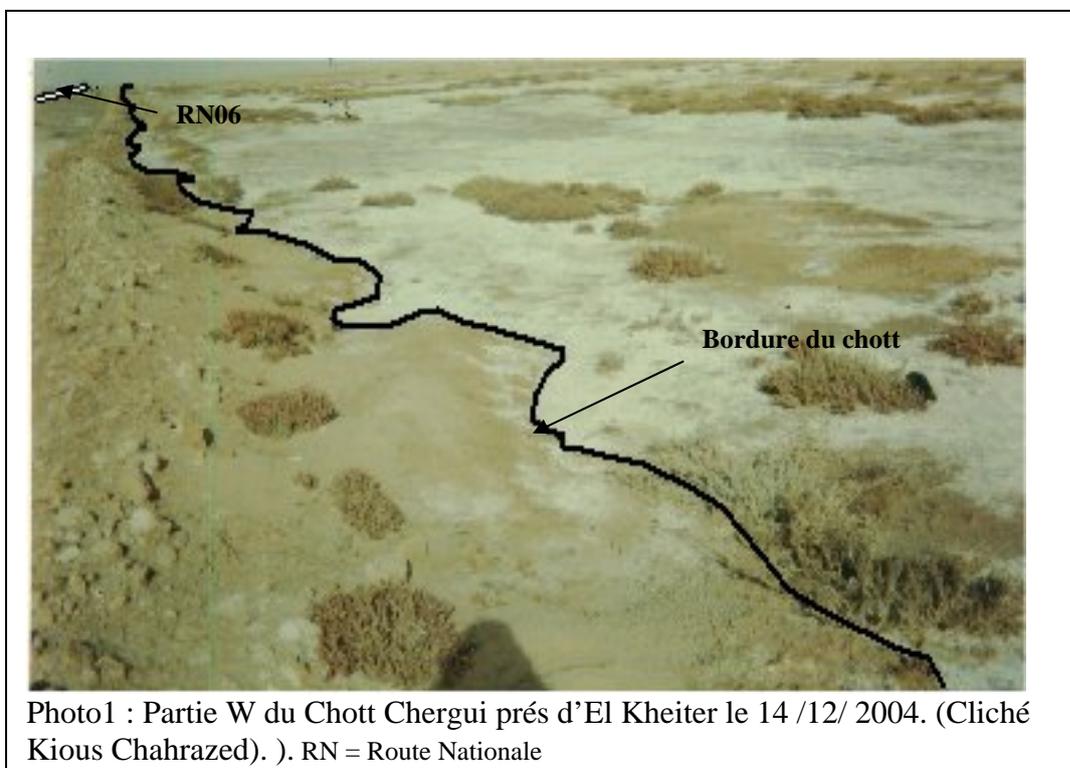
Fig. 2 : Situation du chott chergui (Image Spot 2007)

1-Les Hautes Plaines du Chott Chergui

Le terrain d'étude est constitué par de vastes étendues visibles qui, par endroits, sont parsemées de touffes de végétations, et par d'autres forment de grandes surfaces nues et caillouteuses. Il est marqué par trois unités morphologiques :

- Au nord, on remarque l'absence total de relief accidenté où la présence d'une homogénéité dans la morphologie : c'est des terrains plats réservés aux cultures adaptées aux milieux steppiques. (Cf. Fig. 3).

- La partie centrale est une cuvette qui occupe une superficie d'environ 8 555 km² soit 61,81% de la superficie totale du terrain d'étude. On note que son point le plus élevé (Krab) est à 1036m d'altitude, et le plus bas (dait el Kertch) est à 983m avec des altitudes médianes comme 1017m à Djerid el Kheiter, 1005m sebkhet sfissifa et 987m à Debdeb el Kheiter. Cette cuvette est d'une longueur de 170km, d'une largeur de 20km, et s'oriente du SW vers le NE. Ses limites ne sont pas très précises car la dépression est peu encaissée et ses bordures se confondent presque souvent avec la partie inondable. Le chott fait partie d'un système plus étendu composé par les grands chotts des hautes plaines steppiques : là où convergent les eaux provenant de l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (Cf. photo1).



- Au sud de la zone, le paysage est légèrement modifié par l'existence de reliefs structuraux correspondants aux manifestations les plus septentrionales des plissements atlasiques. On trouve des Monts au SE, S (Dj Et Tarf 1478m, Dj Zouireg 1509m, l'étendu NE du Dj Megress 1458m et enfin Dj Mekter qui culmine 1428m). Ces monts sont marqués par des versants rectilignes qui se terminent par des glacis.

-Au SW on trouve djebel Amrag à une altitude de 1230m avec un versant à pente faible exposé à l'E, tandis que le versant W est en pente modérée.

-Au SW on trouve djebel Antar qui se divise en deux parties : l'une, au Nord avec une altitude de 1397m, et l'autre, au Sud avec un point haut de 1462m. Ses versants sont caractérisés par une forte pente

On remarque la présence de formations dunaires dont l'une se trouve au S de la partie E du chott et l'autre se trouve au N du djebel Antar. Ce sont des dunes anciennes. (Cf. photo 2)

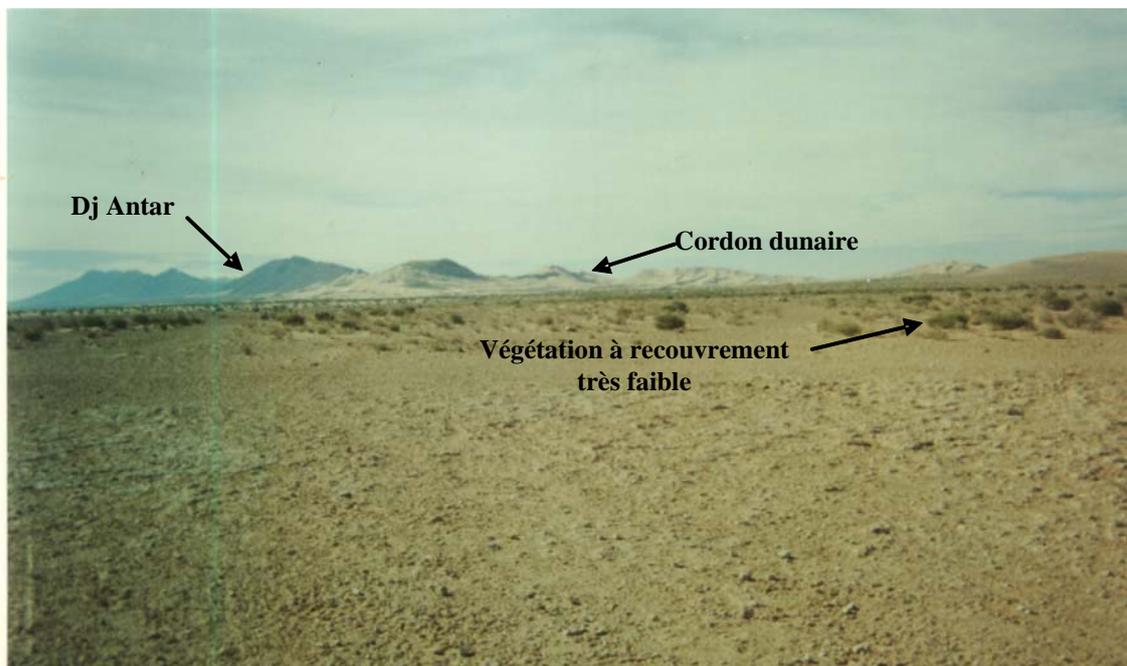


Photo 2 : Représente la morphologie de la région (djebel, dune, plaine, et végétation)

2- Le Chott Chergui est alimenté par des cours d'eaux écoulant du Nord et du Sud

Le Chott Chergui, inclut dans l'un des plus grands bassins versants de l'Algérie, est composé de sous bassins versants alimentés par d'importants oueds, parmi eux, Oued Falit, Oued el Hadjir, Oued Hammam, Oued el Mai...venant de l'Atlas tellien, et ceux venants de l'Atlas saharien comme Oued Rnen, Oued Tousmouline, Oued Mehairja. Vu sa dimension le chott contient de nombreux milieux d'eaux, douces, salées, saumâtres et thermales (Ain Skhouna qui se trouve au NE du chott).

3-Une zone parsemée de dépressions de tailles différentes

Les dépressions sont des formations concaves du terrain. Elles sont de différentes dimensions, aussi bien en surface qu'en profondeur, et dont les principales sont décrites ci-après :

- **Les dayas** : dépressions fermées rarement rocheuses et ses bords montrent des formations meubles. Ses dimensions varient entre 10 et 20m de diamètre au minimum et elles peuvent atteindre parfois le kilomètre. Caractérisées par la présence d'eau douce, elles sont nombreuses dans la région. On peut citer parmi elles : dait Arabi, dait el Biod, dait Brahim et dait Abbou...

- **Les mekmens** : sont de grandes dépressions aux abords abrupts. Ils sont souvent salés ou à eau saumâtre. Ils sont localisés principalement à l'Ouest du Chott Chergui tel que mekmens el Biod, mekmens el Hanech et mekmens Ariche.

- **Les Sebkhas** sont des dépressions fermées très peu profonde, et souvent à croûte de sel en saison sèche. Il existe sebkhet el Fekarine sur la bordure SW du Chott Chergui, et sebkhet Sfissifa sur le SE du Chott.

En résumé, le périmètre d'étude se trouve dans les Hautes Plaines Oranaises et couvre une superficie de 13840 km². Il est composé de trois unités morphologiques :

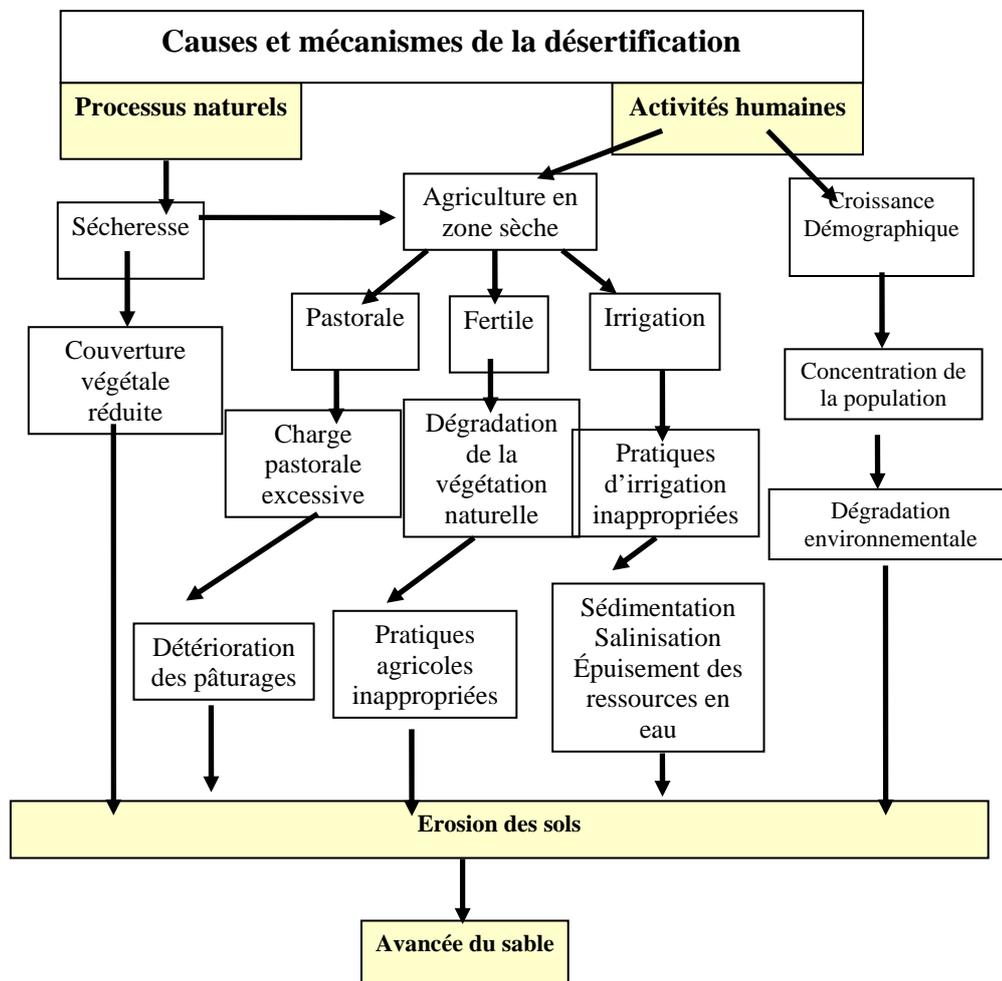
- une grande plaine au Nord réservée aux cultures annuelles,
- une grande dépression de 8555 km² occupant plus de la moitié de la superficie totale de la zone choisie, (le Chott). Cette dernière est alimentée par un réseau hydrographique et forme un des plus grands bassins versants d'Algérie.
- enfin, le Chott Chergui se trouve dans un couloir orographique orienté SW-NE suivant les Atlas Tellien et Saharien. On cite aussi des couloirs minuscules provenant du S entre Dj Antar et Amrag à l'W, et Dj Megress et Dj Mekter à l'E.

II – Y-a-t-il une désertification dans chott chergui ?

Dans ce chapitre on va présenter les différents éléments de désertification tirés des travaux déjà existants (cf. bibliographie).

Comme il a été cité au paravent dans les définitions de la désertification, plusieurs critères se combinent pour expliquer le phénomène et parmi eux, la régression et la disparition par endroit du couvert végétal ainsi que la présence de dépôts de sable avec de diverses formes.

Le développement des processus de la désertification au niveau de notre région est configuré par l'organigramme ci-dessous, qui récapitule les causes, les faits et les conséquences de ce phénomène.



1 –Evolutions de la végétation dans les Hautes Plaines Oranaises

Le Chott chergui représentait le domaine des formations végétales pérennes où l'alfa était l'espèce essentielle (cf. fig. 4). Elle couvrait des superficies importantes de la zone d'après Lacoste (1955). Mais durant ces dernières décennies, cette espèce a connu une régression considérable. Cette dégradation peut être progressive et relativement lente se traduisant par des changements qui ne sont perceptibles qu'à très long terme. C'est probablement ce qui a marqué, à l'échelle du siècle, le passage des steppes d'alfa vers d'autres formations comme celles à armoise blanche ou à sparte (Celles 1975, Djebaili, 1990 ; Aidoud-Lounis, 1997 ; Kadi-Hanifi-Achour, 1998). Cependant, les changements peuvent être relativement rapides et détectables en moins d'une décennie C'est le cas des mutations enregistrées à partir du milieu des années 1980 dans les Hautes Plaines sud Oranaises (Aidoud, 1996).

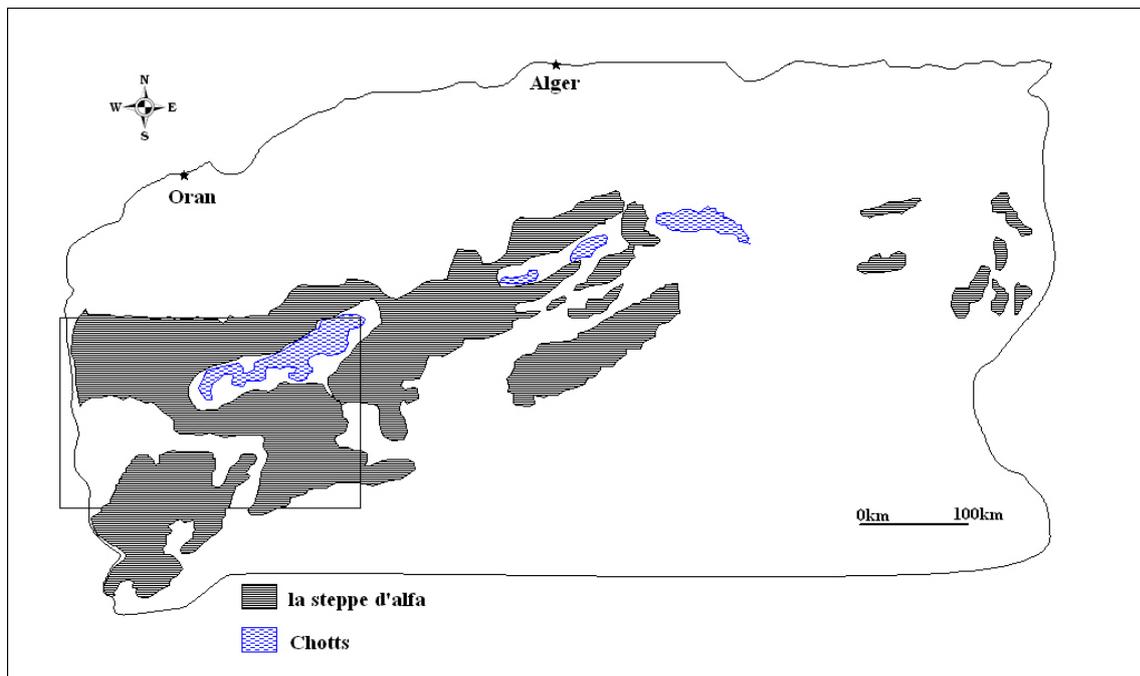


Fig. 4 : La répartition de l'alfa dans les hautes plaines steppiques en 1955

1-1-Répartition des types de steppe d'après A. Aidoud (1978)

- Les steppes à alfa (4 millions d'ha en 1975) présentent une forte amplitude écologique (Achour, 1983 ; Kadi-H, 1998). La valeur pastorale, peu importante (10 à 20 % en moyenne) permet une charge de 4 à 6ha par moutons. Elles se trouvent au SE du chott au niveau des versants et des glacis et ainsi qu'au piedmont E de dj Antar et Amrag.

- Les steppes à armoise blanche recouvrent 3 millions d'ha et sont souvent considérées comme les meilleurs parcours avec un champ de 1 à 3 ha/mouton. Elles sont situées sur la bordure NW du chott Chergui.

- Les steppes à sparte couvrent 2 millions d'ha et constituent des parcours a production pastorale importante avec une charge de 2 à 5 ha/mouton. Elles se concentrent près des dayas et sur les bordures du Chott.

- Les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*) forment des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. Leur productivité est importante avec une charge pastorale de 10 à 12 ha/mouton.

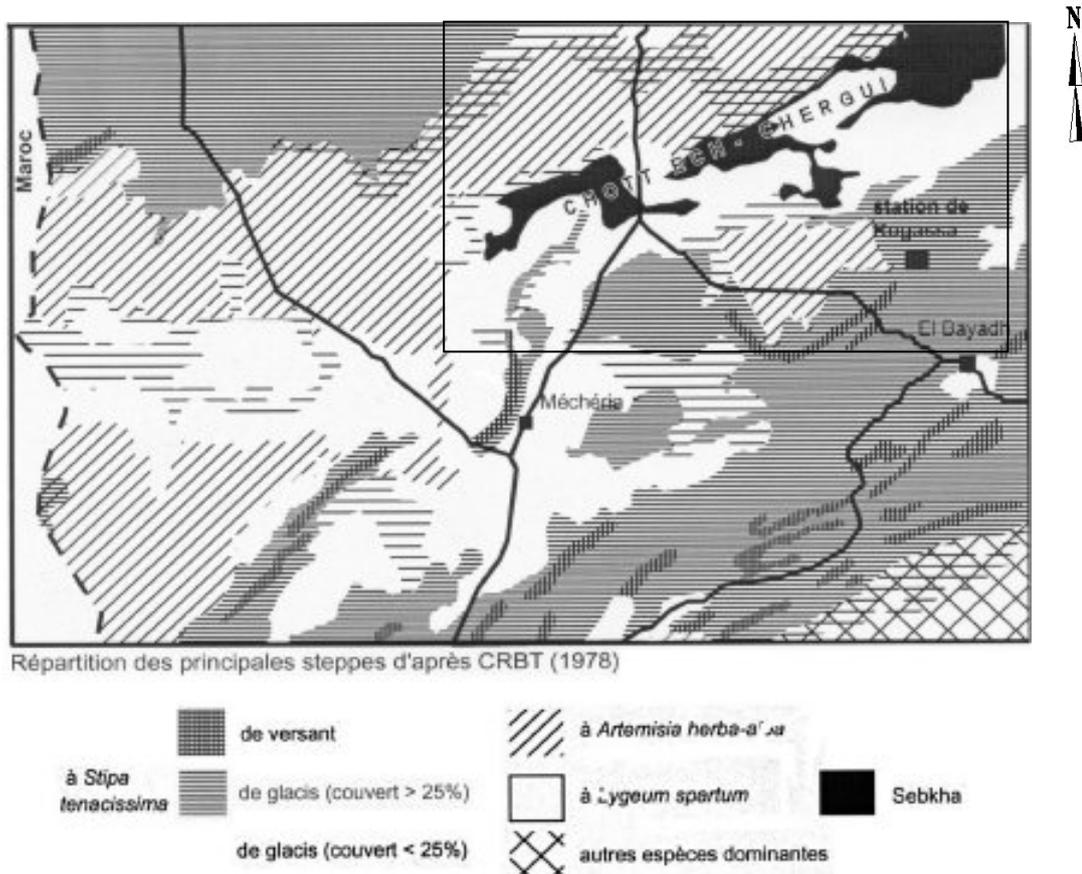


Fig. 5 : Répartition de type de steppe dans les Hautes Plaines en 1978

1-2- Une régression importante des nappes alfatières, cas de Rogassa d'après A. Aidoud (1996)

En moins de dix années, de grandes étendues de steppes denses d'alfa, ont été détruites dans les Hautes Plaines -Oranaises (Fig 6). Et c'est ainsi qu'entre 1983 et 1990, l'alfa a complètement disparue dans 1,2 millions d'hectares à taux de recouvrement élevé et dans 700000ha de peuplements clairs (Aidoud et Touffet, 1996).

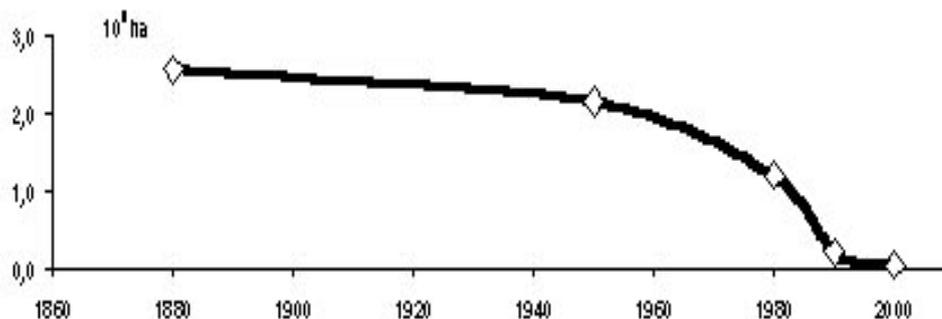


Fig. 6 : Evolution des steppes d'alfa dans les Hautes Plaines du Sud-Oranais (Rogassa)

D'après les statistiques communales de Rogassa, la charge réelle sur les parcours (0,5 à 0,75 unité ovine/ha1) dépassait nettement la charge d'équilibre vers la fin des années 1980. Le déficit fourrager serait ainsi de 50 à 70% pour une année moyenne et dépasserait 80 % durant les années sèches, ceci en admettant des conditions de résilience du système. En réalité, le parcours de Rogassa avait, en 1993, perdu 40 % de sa production fourragère par rapport au système préexistant. Il est à noter que cette baisse peut paraître relativement faible, devant l'importance de celle de la biomasse globale et elle s'explique par un gain relatif en espèces annuelles qui sont, dans un premier temps, favorisées par la dégradation (Aidoud, 1994) (Cf. Fig. 7).

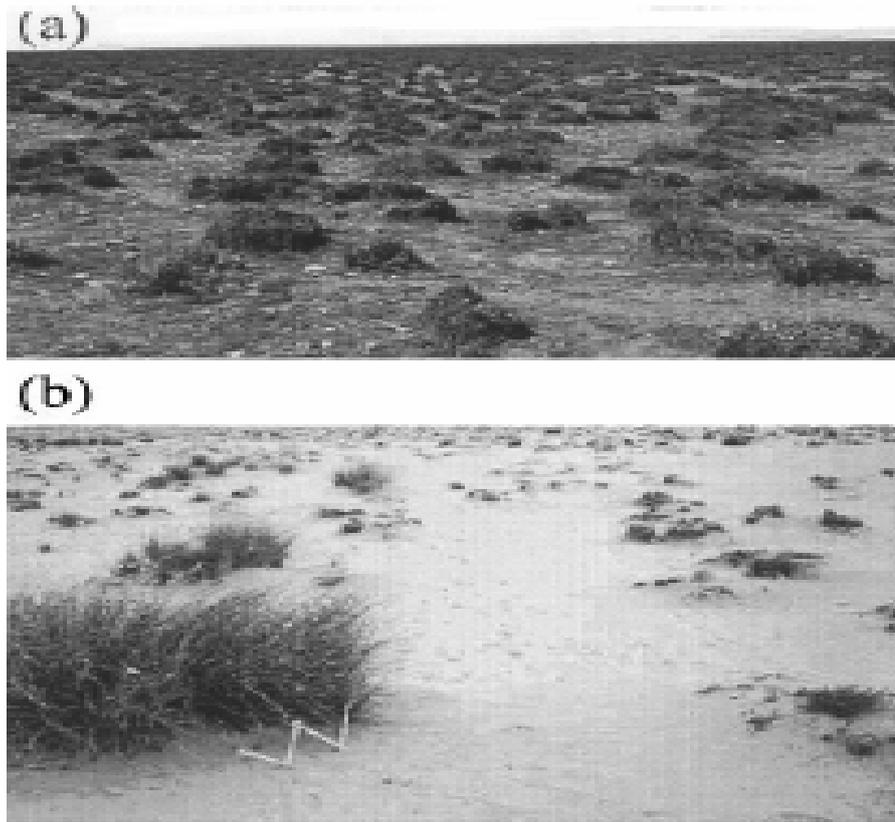


Fig. 7 : Dépérissement des touffes d'alfa sous l'effet du surpâturage

(a) Les limbes verts sont prélevés et ne permettent plus à la plante d'assurer ses fonctions biologiques. Le piétinement et l'érosion éolienne contribuent à déchausser les rhizomes (seuil d'irréversibilité)

(b) La dégradation peut s'accompagner d'ensablement (tendance la plus courante dans le Sud Oranais). Les vestiges de touffes sont colonisés comme c'est le cas ici, par des espèces psammophiles tels le sparte.

D'autres espèces végétales ont aussi connu une régression et une grande dégradation. Ce phénomène va être prouvé par plusieurs méthodes techniques dans la deuxième partie de cette étude. Ces végétations sont constituées généralement de harmel à Mosbah et Bougtob avec un taux de recouvrement très faible (5%), de sparte, de r'tem, de jujubier et de tamarix. Elles se localisent près des point d'eau et des dayas dans un état dégradé, sèches ou broutées par le bétail et parfois on ne trouve que des traces c'est-à-dire des

racines mortes qui montrent qu'il y avait eu de la végétation dans l'endroit et sert comme indication de la dégradation (Cf. Photo.3).

Le Chott Chergui abrite aussi des espèces végétales vulnérables, menacées d'extinction. Cette végétation était représentée par le genévrier oxycède (*Juniperus Oxycedrus, lentiscus*), le romarin (*Rosmarinus tournefortii*). Aujourd'hui, il ne reste encore de ces plantes que quelques vestiges dégradés. Par ailleurs, la zone abrite trois espèces caractéristiques : *Tamarix boveana*, *Tamarix gallica* et *Ziziphus lotus*. Il existe des peuplements de tamarix sous forme de broussailles dispersées dans la partie Sud-Sud-Ouest de la zone d'épandage de Aïn Skhouna jusqu'au chott salé. Mais de manière remarquable, on y rencontre un champ humide de tamarix plongé dans les eaux thermales qui proviennent de la source chaude de Aïn Skhouna.



Photo 3 : Le paysage actuel des steppes sud oranaises : couverture végétale à taux de recouvrement très faible et un sol a texture sableuse. Extrémité Ouest de Méchéria. Cliché 12 décembre 2004.



Photo 4 : Paysage situé à l'extrémité W de Dj Antar complètement dénudé de végétation

Le Chott Chergui est bordé par une végétation basse adaptée au sol salé. C'est la végétation halophile avec une couleur marron à base d'*atriplex halimus*, *atriplex glauca*, *frankenian thymifolia*, *salsola sieberi* var *zygophylla* avec un taux de recouvrement de 50%. (Cf photo 5) D'après Hadjadj Aoual (2001).

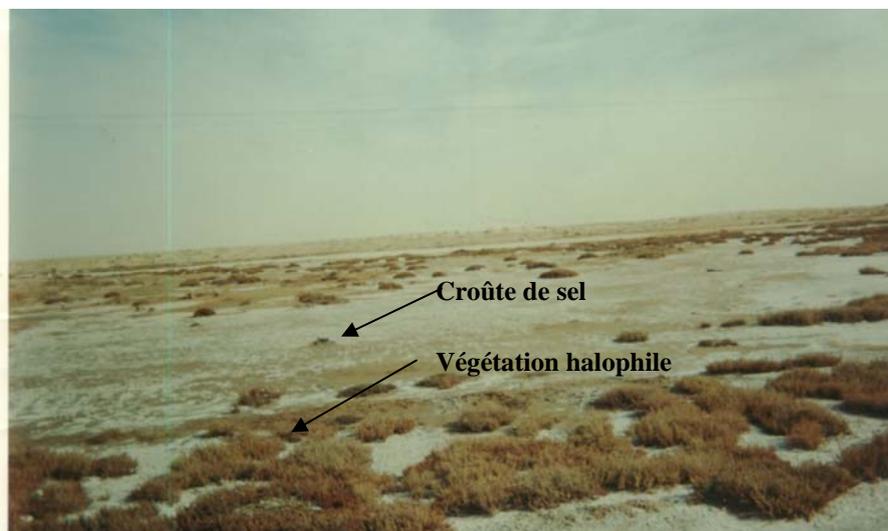


Photo5 : Bordure du chott chergui végétation halophile (en Décembre 2004).

II-2 –Caractéristiques climatiques favorisant la désertification du chott chergui

Le but de ce chapitre n'est pas de traiter les données climatiques de cette région mais de présenter des caractéristiques climatiques du chott chergui et de montrer le rôle de l'aridité et de la sécheresse dans l'accentuation du phénomène de désertification.

Le Chott chergui est caractérisé par un climat aride à semi aride de type méditerranéen. Les précipitations annuelles sont comprises entre 100-400mm. Elles sont concentrées durant l'hiver et présentent souvent un caractère orageux.

La cause majeure de la dégradation des parcours steppiques est la sécheresse. Cette dernière est caractérisée par les faibles précipitations et les fortes températures qui causent une forte évaporation et une faible infiltration d'eau dans le sol. Les conséquences sont connues. Elles se manifestent par une dégradation du couvert végétal, et à long terme, par une stérilisation des sols donnant une faible pédogenèse (processus de formation et d'évolution des sols) et l'apparition des sols squelettiques. D'après Le Houerou, la sécheresse a sévit dans la steppe durant les années 1980. Elle a été l'une des causes de la dégradation des parcours.

D'après les résultats de calcul des indices d'aridité de De Martonne, les stations choisies sont classées comme suit :

Tab2: le classement des stations

Stations	1923-1938	1971-1995
El Bayadh	Semi aride	Semi-aride
Mecheria	Semi aride	aride
Saida	Semi aride	semi aride

D'après M^{elle} (Triki N, mémoire de magister en cours d'exécution) que depuis 1889 les Hautes Plaines Oranaises ont connu trois phases de sécheresse. On définit la sécheresse climatique comme l'occurrence de faibles précipitations pendant une période suffisamment longue. Notre étude se base sur les résultats des données des stations météo de Mecheria qui se trouve Sud Ouest de la zone à une altitude de 1170m, d'el Bayadh à 1341m et de Saida 804m sur une série de données enregistrée pendant 91 ans, soit de 1913 à 2004. Des séries d'observations consignées par les services de l'Office National de Météorologie

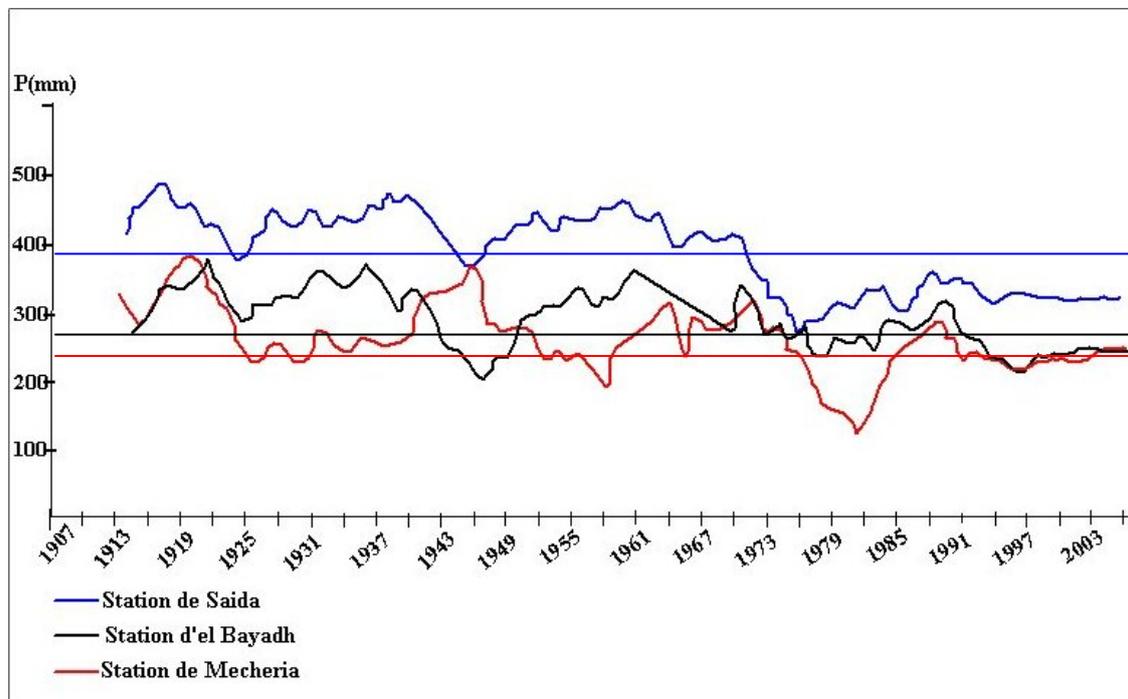
(ONM) montre que les précipitations moyennes fournies par les stations des Hautes Plaines sont de 392,1 mm pour Saida, 263mm pour Mecheria, 287,5 pour El Bayadh, (Cf tab 3).

Les coefficients de variation sont assez proches entre Saida (26,7 %), El Bayadh (31,3 %) et plus élevés à Mecheria (43,2 %). Ces deux dernières stations présentent une grande variabilité, ce qui les rapproche des stations présahariennes.

Tab 3 : Paramètres statistiques des séries pluviométriques de chaque station météorologique (1013-2004)

Stations	Moyenne (mm/an)	Médiane (mm/an)	Min	Max	CV %
Saida	392,1	393,6	112,8	605,4	26,7
El Bayadh	287,5	274,5	97	492,9	31,3
Mecheria	263	246,7	107,9	582,2	43,2

Fig 8 : variations des moyennes annuelles des stations météo de Saida, Mecheria et Bayadh depuis 1913 à 2004.



La figure 8 montre que de 1913 à 1973, la moyenne de pluviométrie à Saida au dessus de la médiane exceptionnellement en 1925 et 1946, et en dessous de 1973 à 2004.

Pour les stations de Bayadh et Mecheria, les moyennes interannuelles pluviométriques ont connu beaucoup de variations. A El Bayadh, elles sont passées par plusieurs périodes : de 1913 à 1943 au dessus de la médiane, de 1943 à 1952 au dessous de la médiane, de 1952 à 1976 les précipitations ont été supérieures à la médiane, de 1979 à 1997 au dessous de la médiane à l'exception des années allant de 1985 à 1991. Une légère augmentation a eu lieu à partir des années 2000.

Quand à Mecheria les moyennes de précipitations étaient supérieures à la médiane de 1913 jusqu'en 1958 avec une petite baisse en 1925 et 1931 et puis une diminution de 1958 à 1961. Une autre diminution importante a été enregistrée de 1976 à 1985 avec une baisse qui est arrivée à 100mm en 1981. De 2000 jusqu'à 2004, là aussi l'augmentation a dépassé les moyennes.

Le tableau 4 représente les moyennes pluviométriques de la station de Saida, Mecheria et Bayadh de 1907 à 2004 réparties en deux périodes. La première de 1907 à 1961 et la seconde de 1961 à 2004. Les résultats montrent que les moyennes interannuelles des trois stations ont diminués dans les deux périodes, d'où le coefficient de variation s'est élevé augmentation expliquant ainsi les variations qu'a connu Chott chergui durant cette période.

Tab 4 : Les variations des moyennes de précipitation de 1907-2004.

Stations	Saida	Mecheria	Bayadh
Moy (mm) 1907-1961	427,99	290,28	313,20
Nbr d'années 1907-1961	47	46	41
Coefficient de variation (%)	21,74	39,26	27,37
Moy (mm) 1961-2004	352,91	232,58	252,88
Nbr d'années 1961-2004	43	41	30
Coefficient de variation (%)	29,49	45,96	33,82

A partir de l'an 2000 et jusqu'à 2004, selon les données existantes, la région a connu une amélioration où les moyennes calculées pour les trois stations dépassent la médiane sauf pour la station de Saida. Cette amélioration va expliquer certaines modifications qui ont eu lieu sur le terrain et surtout vis-à-vis de la végétation que l'on abordera dans la deuxième partie.

3 –Rôle de l’homme dans la désertification

La complexité des facteurs socio-économiques qui sont à l’origine de la dégradation des parcours steppiques est liée à la méconnaissance de ces derniers. Les différentes études menées sur l’environnement et la dégradation des ressources naturelles ont négligé le côté socio-économique.

Vu la complexité qui caractérise les parcours steppiques nous tenterons dans ce volet d’indiquer les principaux facteurs socio-économiques responsables de leur dégradation. En effet, certains facteurs peuvent être considérés comme causes et effets en même temps.

3-1- La croissance démographique

La croissance démographique galopante semble être parmi les principales causes de la dégradation des parcours steppiques. La population vivant dans ces zones a évolué à un rythme considérable.

La composition de la population steppique se caractérise par la dominance de la population vivante en dispersion qui représentait 78 % de la population totale de la région en question lors du premier R.G.P.H. (Recensement Général de Population et de l’Habitat). Cependant, on assiste à la modification de cette composition. Les données du dernier R.G.P.H. montrent que la tendance est en augmentation pour la population vivant en chef lieu qui prend les devants avec une part de 62% de la population steppique totale.

La diminution de la population vivant en zones éparées et la baisse de la population nomade traduisent l’importance de la sédentarisation qu’a vécue la steppe ces dernières années. En effet, « la sédentarisation est le résultat ultime d’un développement du processus de dégradation de la société pastorale » (Boukhobza M., 1982). (Cf. Tab. 5).

Tab 5 : Evolution de la population des hautes plaines sud oranaises

	1966	1977	1987	1998
El Bayadh et Naâma	139209	194647	267153	354959
Pop nomade	86 947	85 998	68 708	85 506
HPSSO	196 144	260 356	346 091	435 452

HPSSO : Hautes Plaines Steppiques Sud Oranaises. (Hadeid M., 1998).

3-2- L'augmentation du nombre du cheptel

A l'image de la croissance démographique, la croissance du cheptel dans les zones steppiques a aussi sa part de responsabilité dans la dégradation des parcours et selon A Aidoud 1996, le nombre d'élevage est passé de 7890 têtes en 1968 à 19170 têtes en 1996 .

Les causes de la forte croissance du cheptel steppique sont liées à:

- au maintien d'une forte croissance démographique dans les zones steppiques;
- à la faiblesse de création d'emplois dans les zones steppiques;
- à la demande soutenue et croissante de la viande ovine
- à la haute rentabilité de l'élevage en zones steppiques du fait de la gratuité des fourrages et du fait de la disponibilité pendant une longue période d'aliments de bétail importés vendus à bas prix;
- et à l'attrait des capitaux des zones steppiques par l'élevage ovin concomitant aux facultés de ces capitaux à s'investir dans des activités non agricoles, particulièrement industrielles.

La croissance du cheptel steppique a eu des conséquences néfastes sur les parcours. L'un des spécialistes a affirmé que « la capacité de charge de la steppe algérienne n'est plus que 1/4 » (Le Houerou H. N., 1985). Ce constat date d'une dizaine d'années. Il est sûrement plus lourd actuellement. Le territoire steppique qui ne supportait en 1985 que 1/4 du cheptel qui y existait, d'après le même auteur, est exploité par un cheptel pléthorique et est donc soumis à un surpâturage. « Dans une grande partie de la steppe, le surpâturage constitue l'action la plus dévastatrice de la végétation pérenne et le principal facteur de désertification durant les deux dernières décennies » (Aidoud A., 1994). En effet, « le cheptel en surnombre détruit le couvert végétal protecteur tout en rendant, par le piétinement, la surface du sol pulvérulente et tassant celui-ci ; ce qui réduit la perméabilité donc ses réserves en eau et augmente le ruissellement » (Bedrani S., 1994).

3-3- défrichement des parcours et pratiques culturales.

L'augmentation de la population se traduit nécessairement par une hausse de la demande d'aliments, qui nécessite un accroissement de la superficie cultivée. Dans la plupart des cas, le

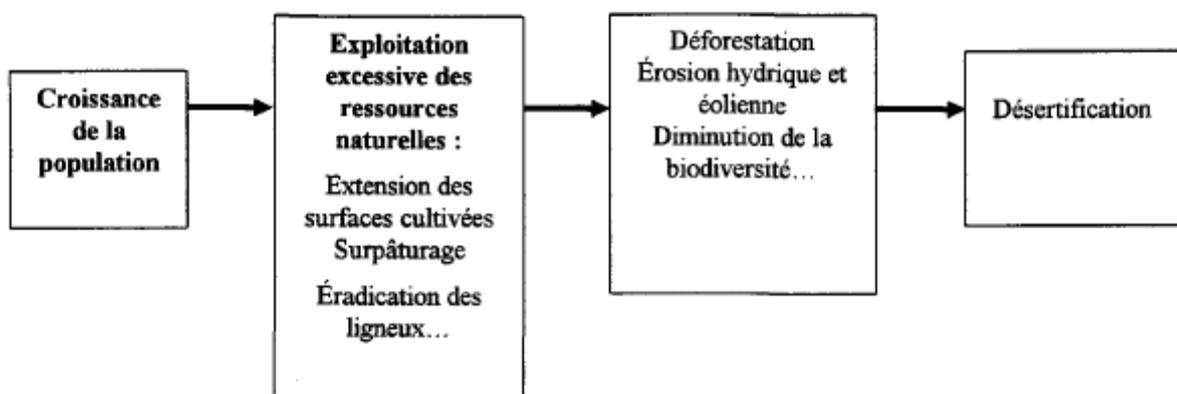
désir d'accroître les superficies cultivées, se traduit souvent par le recours à des terres marginales ou fragiles fortement favorables à la dégradation.

-Pour combler le déficit alimentaire du cheptel causé par la sécheresse, les agro-éleveurs de la steppe, au lieu d'intensifier les cultures fourragères, ont opté pour les céréales par le défrichement des parcours. Or, les terres steppiques sont réputées pour être squelettiques. La conséquence du labour sur de telles terres est l'augmentation de leur risque de dégradation par érosion.

-L'introduction des mauvaises pratiques agricoles comme l'augmentation des surfaces cultivables afin d'arriver à une satisfaction quantitative des besoins alimentaires de la population, et particulièrement l'emploi des moyens mécaniques, détériorent la structure du sol. Cette dernière pratique est considérée comme néfaste pour le milieu et empêche la régénération de la végétation et favorise la salinisation des terres par un mauvais usage de l'eau.

-Le surpâturage et l'usage incontrôlé de ces pratiques peuvent mener à la surexploitation des terres, qui est également une cause principale de la dégradation des terres sèches.

Enfin on peut résumer l'intervention de l'homme dans la désertification du milieu dans l'organigramme suivant :



Conclusion

Le Chott Chergui représente une morphologie simple il se situe dans les Hautes Plaines Oraïses. Il couvre une superficie de 13840 constituée d'une plaine et une grande dépression alimentée par un réseau hydrographique s'écoulant des Atlas tellien ainsi que saharien sous un système endoréique. Il constitue un des grands bassins versants de l'Algérie avec une superficie de 8 555 km² et comme le reste de zone steppiques des Hautes Plaines sud oranaïses, il a connu un changement dans son milieu qui a causé la disparition totale de la nappe alfatière, se traduisant par la disparition des sols.

La région a connu une diminution des moyennes pluviométriques de 1970 à 1999, ce qui a contribué à la régression de la végétation. Cette baisse de précipitation a également touché l'homme en le poussant à surexploiter les ressources du milieu, en pratiquant des cultures inadaptées au milieu sans oublier le surpâturage qui est en relation avec le cheptel.

Introduction

Cette partie concerne la mise au point de la méthodologie appliquée pour la réalisation de la carte de désertification dans le Chott Chergui. Dans notre cas, deux de types d'approches complémentaires et corrélatives ont été suivies :

-La première approche, s'appuyant sur le traitement des images satellitaires à résolution 32m, prises à différentes dates, a été employée dans le but de faire apparaître (caractériser) les changements du milieu.

- La deuxième approche s'appuie sur les relevés de terrain qui sont indispensables pour le repérage des différentes entités qu'on puisse trouver dans la région (formes diverses d'accumulations de sables, couvertures végétales à différents taux de recouvrement), et qui sont difficilement, voire impossible, à identifier avec une résolution de 32mx32m.

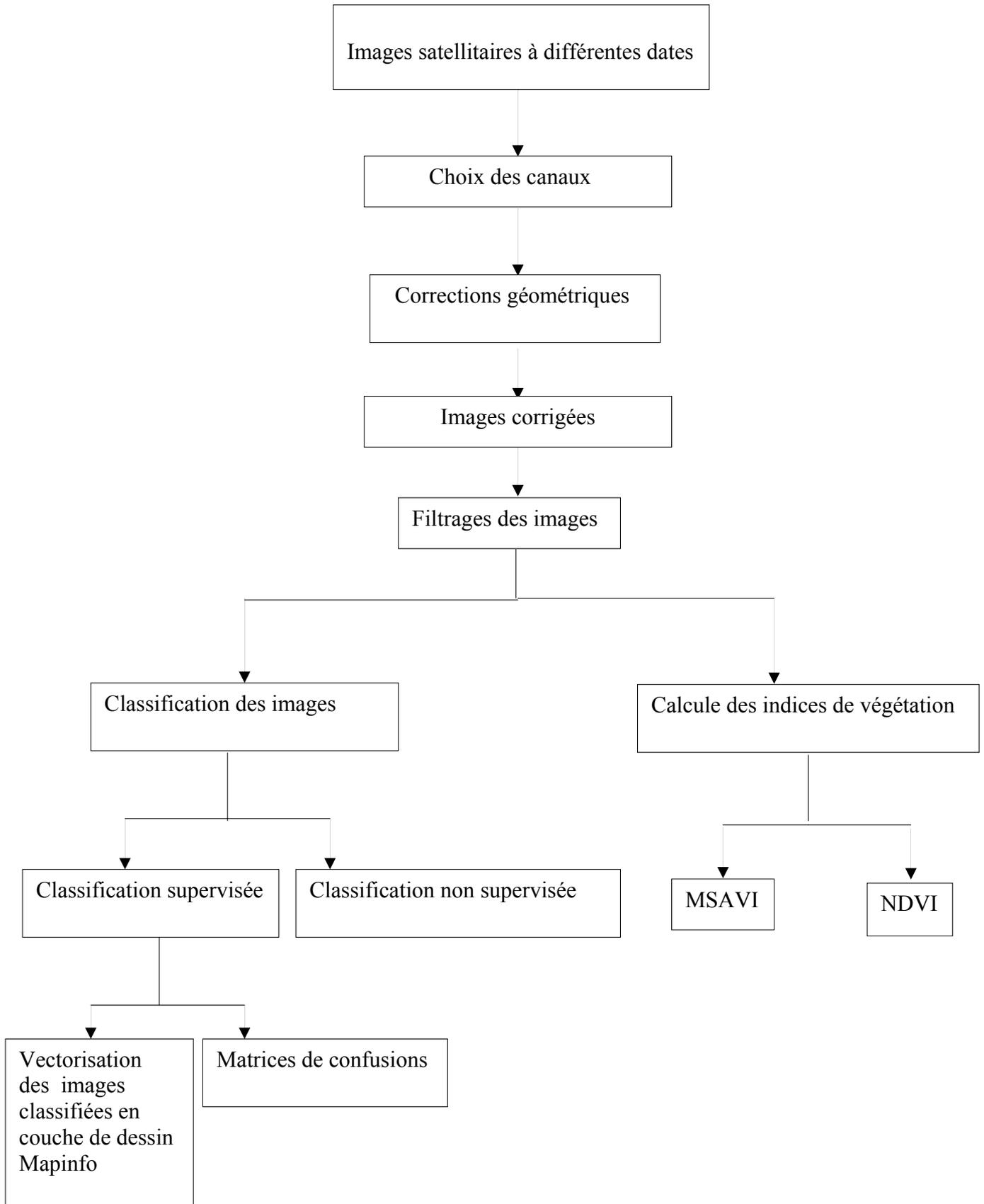
Le résultat de traitement de deux types de données permettait d'aboutir à une cartographie aussi bien de l'évolution spatiale des divers processus que de leurs traits essentiels (typologie des accumulations sableuses, les variations du couvert végétal, les espaces cultivés ainsi que salés....

D)- Traitement des images satellitaires

La télédétection est un outil très utilisé dans le domaine géographique par rapport à sa grande capacité à couvrir des terrains très vastes ainsi que de multiples avantages. Parmi ses nombreuses facultés d'utilisations, il y a la localisation et l'analyse des phénomènes naturels, l'appréciation de leur évolution (érosion éolienne et hydrique, la désertification), ainsi que de leur quantification.

- En effet, l'outil télédétection et l'utilisation des images satellites nous ont aidé à résoudre les problèmes d'échelles. Car l'utilisation des cartes topographiques n'ont pas pour objet d'identifier le phénomène mais de le localiser. En outre, l'intérêt des images satellites peut être mesuré par une comparaison entre l'apport fourni par les images et celui donné par l'ensemble des autres documents disponibles.

- Le traitement des images satellites passe par plusieurs étapes présentées par l'organigramme suivant :



I-1- Choix des images

On a utilisé pour cette étude 3 images satellites de différentes dates : la première issue du capteur MSS ancienne série Landsat datant du 1972, la seconde est celle du capteur TM (Thématique Mapper) de Landsat acquise en 2000, et enfin l'image Alsat1 qui est datée en 2004. Le choix des différentes dates a pour but de suivre l'évolution du terrain entre 1972 et 2004.

Tab 6 : caractéristiques des images satellitaires

	MSS1972	Image TM 2000	Alsat 2004
satellite	Landsat 4	Landsat 5	Alsat 1
date	15-11-1972	16-02-2000	29-03-2004
Couverture en nuage	0%	0%	0%
Canaux utilisés	4-3-1	4-3-1	3-2-1

I-2-Traitement des images satellites

Les images captées par les satellites doivent d'abord être traitées pour les rendre utilisables. Leur prétraitement intervient aux niveaux de :

- La géométrie (correction et ré-échantillonnage).
- L'assemblage (fusion et mosaïque).

La difficulté qui se posait à ce niveau était le repérage des points d'appui lors de la correction géométrique du fait que l'espace étudié ne présentait pas une morphologie diversifiée, ainsi que le réseau urbain et routier qui s'alignaient sur le même axe influant sur la bonne répartition des points de calage sur toute l'image.

I-2-1-La correction géométrique

La correction géométrique a pour but de géo référencier l'image par rapport un système géographique. L'opération se fait on se basant sur la carte topographique de la région ou sur une autre image déjà corrigée. Ceci sert à supprimer les déformations spatiales qu'elle contient et à mettre tous les documents qu'on possède (cartes, images satellites...) dans le même référentiel géographique qui permettra par la suite leur superposition. Afin de réussir notre correction géométrique on a respecté les points suivants :

-L'élément sélectionné pour la correction doit être ponctuel et interchangeable ou peu changeable dans le temps -(ex : intersection de cours d'eau ou de routes, le bâti...).

-Le nombre de points d'appui est proportionnel au degré du polynôme d'interpolation utilisé. Cette relation est décrite par la formule suivante :

$$X = (n + 1) (n + 2) \div 2$$

Où : x est le nombre de points amers

n est le degré du polynôme d'interpolation.

Dans notre cas

-On doit assurer, lors de la sélection des points, une bonne répartition sur l'ensemble de l'image.

-Il faut que l'erreur moyenne résiduelle (RMS) ne dépasse pas l'ordre d'un pixel.

On a utilisé le logiciel ENVI 3.5 pour la correction d'abord de l'image satellite TM par rapport aux cartes topographiques au 1/200.000 d'El Bayadh, el Kheiter, Saida et Frenda et ensuite l'image satellite Alsat à résolution spatiale de 32m par rapport à l'image TM à résolution spatiale de 30m, les trois images ont la même superficie et qui correspond à la surface de la zone d'étude.

La correction géométrique des images satellites utilisées dans ce travail est faite sur la base de la sélection de 14 points de contrôle pour l'image TM et l'erreur RMS est de 0.61. Pour ALSAT on a aussi sélectionné 14 points avec un RMS de 0.98 et enfin le MSS était 12 point et 0.70 de RMS. Cette étape était établie selon la projection UTM (Universal Translation Mercator), le fuseau 31, l'ellipsoïde de Clark 1880. Le modèle polynomiale utilisé est de degré 2.

I-2-2-Les types de classification des images satellitaires

Cette étape consiste à classer et ordonner des données satellites pour permettre la confection de cartes à thèmes. Cette procédure regroupe des objets de nature similaire qui ont des propriétés spectrales similaires. C'est-à-dire regrouper dans une même catégorie tous les objets d'une image qui semblent avoir la même couleur ou une couleur proche. Plusieurs procédures de classification seront exposées. Elles diffèrent suivant le traitement qui est associé aux données d'entrée qui sont la classification non

supervisée et la classification supervisée. Dans une image numérique, les couleurs ne sont en fait qu'une transposition conventionnelle de valeurs numériques.

1-Classification non supervisée

Cette étape consiste à classer et ordonner des données satellites pour permettre la confection de cartes à thèmes. La procédure regroupe des objets de nature similaire qui ont des propriétés spectrales similaires. C'est-à-dire regrouper dans une même catégorie tous les objets d'une image qui semblent avoir la même réflectance ou une réflectance proche. Plusieurs procédures de classification seront exposées. Elles diffèrent suivant le traitement qui est associé aux données d'entrées, et qui sont la classification non supervisée et la classification supervisée. Dans une image numérique, les couleurs ne sont en fait qu'une transposition conventionnelle de valeurs numériques.

2-Classification supervisée

La classification supervisée représente un ordonnancement quand le traitement tient compte des données numériques de l'image et d'observations au sol. L'appui de références sur le terrain est donc essentiel pour cette classification et les informations requises sont données par l'objectif fixé. La technique utilisée est celle du maximum de vraisemblance sur toutes les images. Par la suite, il faudrait transférer les classes aussi que les mise aux points à partir de l'image supervisée, en couches de données par Mapinfo afin qu'elle soit cartographiée. Le résultat obtenu est une carte thématique.

L'image satellite nécessitait un filtrage après la classification c'est un nettoyage de l'image de tous les bruits résultants des défauts de l'émission. Ce filtrage, qui enlève effectivement la plupart des pixels isolés gênant la lecture de l'image, a également pour effet de modifier la forme de tous les groupes de pixels, en adoucissant les contours.

3- Choix des échantillons

Nos relevés de terrain ont servi dans la classification de l'image satellite, et nous permettre de tirer du terrain toutes les informations possibles pour rendre l'image brute identique au terrain. Notre classification correspond à un milieu steppique sur lequel on a relevé la présence de :

- Amas sableux plus de 2m de hauteur
- Amas sableux moins de 2m de hauteur
- Nappage sableux
- Terrain caillouteux nu de végétation (reg)
- Zones de déflation
- Présence des touffes de végétation (sparte, rtem, tamarix, jujubier...)
- Végétation halophile
- Champs de nebkhas
- Zone humide (Chott chergui, daïas, réseau hydrographique)
- Dépôts de sel

L'utilisation du GPS (**Global Positioning System**) a servi à effectuer des relevés sur le terrain et déterminer leur coordonnées X et Y. Les résultats obtenus permettent la validation de la classification des images satellitaires. Une fois les points de relevés du terrain tels que les détermine le GPS reportés sur l'image corrigée, on obtient les échantillons du classement

La validation de la classification des images satellites par l'utilisation des points de relevés sur le terrain par le GPS. Ces points, qui ont des coordonnées géographiques (x, y), sont reportés sur les images corrigées pour avoir les échantillons de classification.

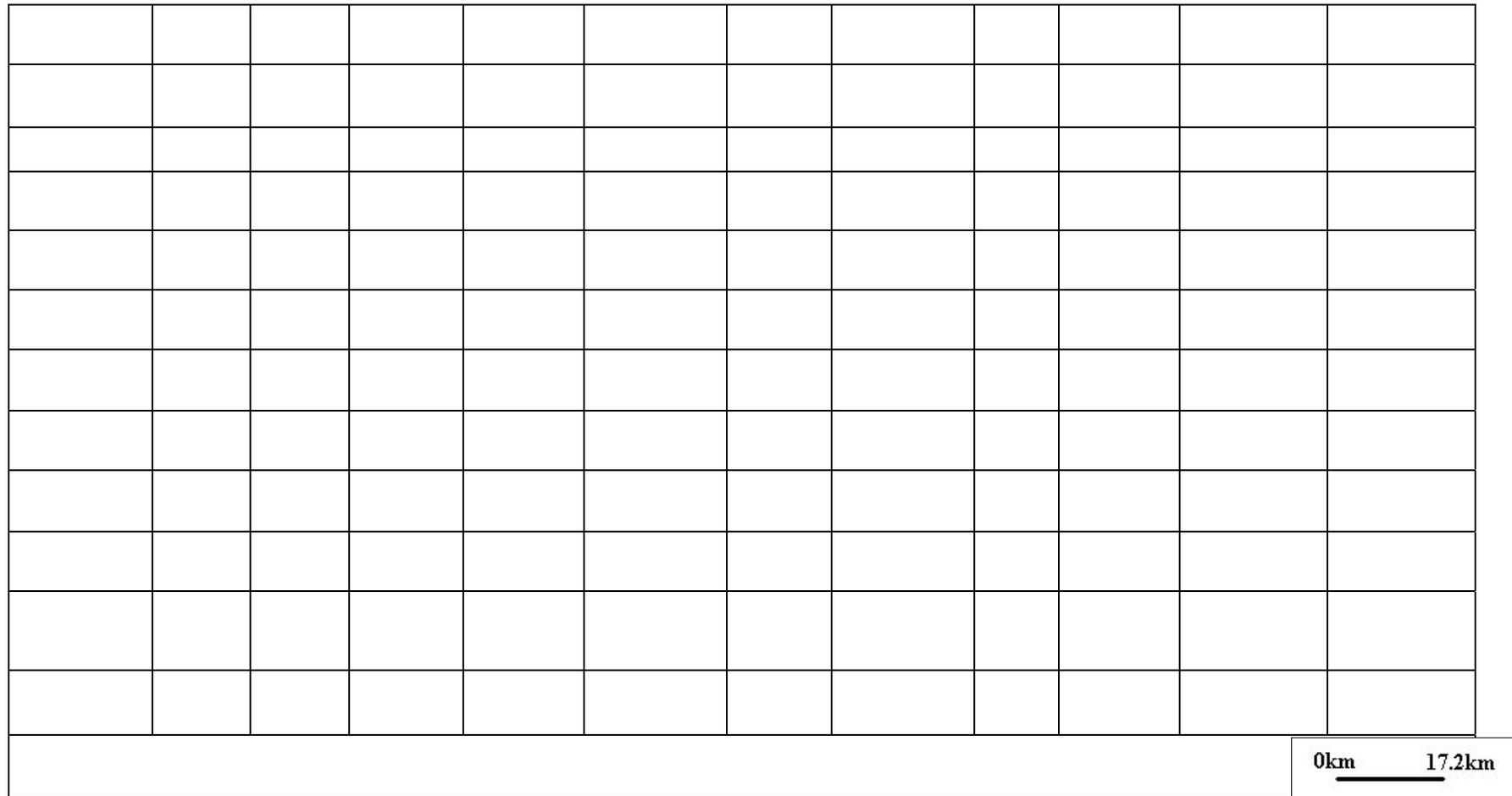
4- Matrice de confusion

C'est une matrice ou un tableau affichant les statistiques de la précision de classification d'une image et notamment le degré d'une classification erronée parmi les diverses classes. La matrice de confusion est aussi connue sous les noms de : matrice d'erreur, tableau de contingence ou matrice d'erreur de classification. Elle permet de calculer une gamme de mesures décrivant la précision de l'image classifiée par rapport à la carte de référence.

Pour générer la matrice de confusion, on extrait l'information thématique à partir d'un échantillon de pixels couvrant la même superficie sur les deux images. On obtient les données d'étalonnage à partir de la carte de référence et les données de validation de l'image classifiée.

Les matrices de confusions établies sur nos images classées affirment que notre classification est bonne, car les précisions globales des classifications de ALSAT2004, TM2000 et MSS1972 sont de 86.59%, 74, 27% et 93.47%. Mais on a remarqué toutefois quelques confusions entre les amas sableux de plus de 2m de hauteur et le sel, entre la végétation naturelle et les zones cultivées, ainsi qu'entre les montagnes et les zones humides parce qu'ils ont la même signature spectrale. (Cf Tab 7, 8 et 9).

Fig N°12 : image classée de MSS1972



I-3- Calcul des indices de végétation du Chott Chergui

3-1- Indice de végétation NDVI

L'indice de végétation est un traitement d'image satellite permettant la mise en évidence et l'analyse de la végétation chlorophyllienne (verte). Il est très corrélé avec la densité et l'activité chlorophyllienne des couverts végétaux, et dans une moindre mesure avec la biomasse (quantité de végétation).

La formule utilisée est la plus communément appliquée : (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI). C'est une formule de « différence pondérée » : plus la valeur est élevée plus le couvert végétal est dense et chlorophylliement actif, plus la valeur est faible moins il y'a de végétation. L'indice de végétation n'a pas d'unité. Il est simplement codé sur 256(0-255) niveaux de valeurs qui sont ensuite regroupés en classes pour faciliter la lecture de l'image, selon une gamme de couleurs conventionnelles allant du blanc (valeurs nulles) au noir (valeurs les plus élevées) en passant par les gradations du gris pour les valeurs intermédiaires.

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

Avec **IR**: valeur du pixel dans le canal proche infrarouge et **R**: valeur du pixel dans le canal rouge.

Pour comprendre le principe de cet indice, il faut savoir que la signature spectrale de la végétation est très particulière, car elle montre un pic très marqué dans le proche infrarouge, et une réflectance moindre dans le rouge (canal rouge).

Cet indice est très efficace pour déterminer la présence de végétation, mais il peut également servir à évaluer l'importance de la biomasse végétale ainsi que l'intensité de l'activité de photosynthèse.

L'application de cet indice n'a pas donné une bonne information dans la zone du Chott Chergui car la végétation de cette dernière à une faible activité chlorophyllienne ; alors le logiciel ne calcule que le pixel rouge, c'est-à-dire une espèce qui est en réalité verte, et il ignore les autres.

3-2- Indice de végétation MSAVI

L'indice de végétation MSAVI (Modifed Soil Adjusted Vegetation Index) est un indice conçu pour palier aux problèmes liés au sol et à l'humidité. Il permet une bonne discrimination entre la végétation et le sol sous-jacent surtout en climat aride lorsque le couvert végétal est inférieur à 25%.

Cet indice a été proposé par Qi *et al.* (1994). afin de minimiser l'effet des sols nus. C'est un indice qui possède une plus grande portée et qui minimise l'influence du sol. Il est plus sensible que le NDVI à la présence de végétation verte, il est représenté par la formule suivante :

$$MSAVI = \frac{2 \text{ PIR} + 1 - \sqrt{(2 \text{ PIR} + 1)^2 - 8 (\text{PIR} - \text{R})}}{2}$$

R = réflectance apparente moyenne du canal rouge;

PIR = réflectance apparente moyenne du canal proche infrarouge.

L'application de cet indice sur la zone du Chott Chergui a donné des résultats plus précis que l'INDVI puisque cette région appartient à un bioclimat semi aride à aride.

Les résultats tirés de l'INDVI et MSAVI seront interprétés par la suite au titre de l'évolution de la végétation du 1972 à 2004.

Conclusion

Le traitement des images satellitaires consistait l'une des approches appliquées pour effectuer notre étude. Ce traitement a pris beaucoup de temps en raison des difficultés rencontrées dans le choix de l'image et des dates devant permettre de constater quelle a été l'évolution du terrain par comparaison des étapes au cours des années 1972, 2000 et 2004. Il (traitement) doit passer par plusieurs étapes, pour obtenir une image classifiée permettant l'exploitation des données retenues.

L'étape qui suivra portera sur l'application de méthodes mathématiques dans le calcul des indices de végétation tel que NDVI et MSAVI pour avoir une idée sur l'évolution de la végétation du 1972 à 2004. Cette méthode a confirmé toutes les constatations faites sur cette zone.

II- Approche par les relevés de terrain et la granulométrie de dépôts sédimentaires

II-1- Les relevés du terrain

Pour réaliser cette étude, on a utilisé les notes de terrain de différentes sorties : celle de 2001 et 2002 faites par Mm K. REMAOUN, celle de 2003 faite par Mm Remaoun et la promotion de magister 2003 dans le cadre du stage obligatoire et la dernière en 2004 faite également par Mm Remaoun et la promotion de magister dans le but d'établir le mémoire final.

La sortie sur le terrain en 2004 nous a permis de constater la présence de certains phénomènes de désertification comme l'ensablement et le recul des couvertures végétales au profit des aires dénudées (zones de déflation par exemple). D'autre part, on a remarqué l'installation de nouvelles exploitations agricoles dans le cadre des terres mises en valeur ainsi, de nouvelles aires protégées contre le pâturage ou ce qu'on appelle les parcours ou les terres mises en défend.

Les stations d'échantillonnage se situent principalement au NE du dj Antar et la bordure SW du Chott chergui plus les bordures de route qui mène de Mecheria vers Saida

L'étude était basée sur l'observation et le prélèvement des échantillons on se basant sur le GPS, la carte topographique au 1/200.00 de Méchéria et El Kheiter, et enfin l'image satellite brute (non traitée) et la boussole

Durant cette sortie on a essayé de clarifier un certain nombre de points dans l'identification de certains sites énigmes présents sur l'image satellite. Cette identification se basait sur les points suivants:

a - identifier les formes de désertification à partir :

- des différents de taux de recouvrement du couvert végétal.
- des dépôts sableux.
- des zones de déflations éoliennes.

b - caractériser et mesurer les dépôts sableux (largeur, longueur, hauteur,) en déterminant leurs morphologies (barkhanes, nebkas...) leurs directions à l'aide d'une boussole, ainsi leur position sur le terrain à l'aide du GPS (coordonnées géographiques : X, Y), ainsi que leurs altitudes (Z).

c - Un échantillonnage des dépôts sableux :

Au niveau de barkhanes un prélèvement a été faite sur :

- le flanc au vent
- sur le sommet
- sur le flanc sous le vent
- sur le bas du versant sous le vent

II-2- Les types de relevés faits

La première station de mesure se trouve à 7 km au N de Mecheria vers El Biodh (33°34' 42'' N et 00°14'42'' W). C'est une exploitation agricole ensablée, un prélèvement des formations superficielles a été effectué.

Sur les bords de la route reliant Mecheria à el Biod nous avons remarqué que le barrage vert était en bon état par endroits et par d'autres, ensablé et dégradé.

La deuxième station : C'est une zone de déflation (33°38' 18'' N et 00°12'02'' W. terrain nu avec très peu de végétation broutée. Le terrain comporte une croûte de battance qui a été échantillonnée ; celle-ci recouvre une dalle calcaire.

En allant vers le NE (El'Biod), on note un changement du paysage avec la présence d'un certain nombre d'exploitations agricoles protégées par des brises vent (33°45' 40'' Net 00°09'31''W). Toujours au NE on sortant d'El Biod, il y'a un champ de petites nebkas (33°45' 03'' N et 00°11'33''W).

Vers l'W, d'el Biodh à Dj Antar, nous avons vu une carrière d'exploitation du tuf. Vers Dj Antar, s'étend un champ dense de nebkas sur une grande superficie comportant des espèces végétales comme le jujubier et le sparte.

Troisième station : se trouve au sein d'un autre champ de nebkas, cette fois ci moins dense où des traces d'une invasion de criquets y persistent encore ($33^{\circ}48'22''$ N et $00^{\circ}16'43''$ W). Nous avons noté la présence d'un puits de 10 à 15 m de profondeur servant à abreuver les troupeaux.



Photo 6 : Un champ de nebkas parsemé de jujubiers (cliché Kious)

Vers Dj Amrag nous avons effectué un **quatrième arrêt** la zone était marquée par 8 amas de sable bouclier, à versants escarpés, ayant une hauteur de 70 cm, une largeur 17 m et une longueur de 38 m d'environ. La dune témoin échantillonnée ($33^{\circ}48'31''$ N et $00^{\circ}18'25''$ W), comporte à sa surface des rides ayant une direction $N 240^{\text{GR}}$ et $N270^{\text{GR}}$.

L'espace inter-dunaire au niveau de cette station, comporte des nappages et des affleurements par endroit de croûte de battance (indication de formations humidifiées) comportant en surface des micros dragées significatives de déflation

De l'endroit où nous étions nous pouvions distinguer très nettement le champ de dune de Dj Antar.

Au SE d'El Biodh, s'étend sebkhat el fkarine entourée par de la végétation halophile Cela a été confirmé par l'image satellitaire sur laquelle on voyait une couleur rouge désignant la végétation et une couleur blanche désignant la sebkha

Cinquième arrêt où on a relevé la présence d'une végétation halophile sur toute la bordure Chott Chergui ainsi que la présence de sel sur sa surface.

Un peu plus loin vers Mosbah, apparaissent des mises en valeur et mises en défont.

On peut dire que les bordures du chott ont des particularités variées d'W à l'E, du Dj Antar au Chott, on passe de dense champ de dunes à l'extrémité N de Dj Antar et Dj Amrag et surtout le col situé entre ces deux chaînons, à des dunes en bouclier basses (leurs hauteurs est $\leq 1\text{m}$) mise en place dans humidifiées (zone d'épandage des oued descendants des djebels) puis à des nebkhas formées à l'abri de jujubier et enfin à des ceintures végétales halophiles et à des zones à dépôts de sel (Chott).

II-3 – Le traitement granulométrique des échantillons prélevés dans les formations

Le traitement granulométrique des échantillons prélevés sur le terrain, a porté sur 8 prélèvements effectués sur la bordure SW du Chott. On a utilisé pour compléter l'étude de toute la zone choisie, les résultats d'échantillons préexistants (K. Remaoun et H. Mediene, 2001)

L'analyse granulométrique a porté sur l'étude de fractions de 0.04 mm à 2 mm, et selon la méthode de classification d'A.wenthworth, (voir tab N°06) relative aux sables et aux limons grossiers. La technique granulométrique choisie est la méthode dite par tamisage. Elle consiste à laver, peser, tamiser l'échantillon et le soumettre par la suite à l'analyse. L'opération se déroule comme suit :

-les échantillons seront mis dans des béciers et placés dans une étuve à 110° C de température pendant 24h, ensuite on pèse 100 ou 200g.

-les 200g sont ensuite lavés sous l'eau dans un tamis à maille de diamètre 0.04 mm pour dégager les particules qui sont inférieures à 0.04mm.

- le résidu du tamis est mis dans des bécards, à sécher sous 110°C de température pendant 24h et une fois sec, on repasse à nouveau au tamis et on repèse encore l'échantillon.

- le reste de l'échantillon est tamisé grâce à une secoueuse sur mont d'une colonne verticale formée de 17 tamis montés en série, dont les mailles vont en décroissant de 2 mm à 0.04 mm de diamètre.

L'échantillon est versé en haut de la colonne, et réparti manuellement sur toute la surface du tamis supérieur ($\varnothing = 2$ mm) au moyen d'un pinceau sec. Un couvercle est mis au sommet de la secoueuse qui est mise en marche à une vitesse assez élevée, sans pour autant arriver à ce que les grains ne soient projetés contre les parois. Cette action devra durer pendant 15 à 20 minutes, à la suite de laquelle commence la pesée.....

(Ensuite, commence la pesée) des résidus de chaque tamis dans une balance électrique très sensible en retenant 200g pour l'amas et 100g pour la ride. Pour chaque échantillon il y a donc 18 résultats de pesée (1 par tamis plus celle de < 0.04 mm). Les résultats sont rejétés sur des fiches prévues à cet effet. On calcul ensuite le % de chaque fraction granulométrique. explique

Le traitement des données consiste ensuite à :

- reporter les pesées sur un papier semi-log (quoi.....)
- tracé les courbes cumulatives ainsi que des histogrammes où l'axe des X comporte les diamètres en mm.
- Ceci permet de calculer un certain nombre d'indices pour caractériser le sédiment. Ceux utilisés sont : indices granulométriques tels que la médiane (Md), l'indice de classement (S_o) de Trask, de Folk et de Krumbein, qui expriment le type de classement ou le tri de sable (bien ou mal trié). L'indice de l'asymétrie ou Skewness (Sk) qui exprime la prédominance de la fraction fine ou la fraction grossière. Il est à préciser que pour calculer les indices granulométriques, on utilise des paramètres tels que les quartiles (Q1-Q3), les centiles (1%-5%-99%), la fraction $< 64\mu$ et la fraction $< 125\mu$

- Md : la médiane est définie par la valeur de l'abscisse correspondant à l'ordonnée 50%.

- (Q1) est le premier quartile $\varnothing 25$ défini par la valeur de l'abscisse correspondant à l'ordonnée 25% et Q3) est le troisième quartile, $\varnothing 75$ (défini par la valeur de l'abscisse correspondant à l'ordonnée 75%.

- Indices de classement ou de tri

1- S_o : indice de « mauvais » classement de Trask (1930) peut se calculer de deux manières différentes :

$S_o = (Q_1/Q_3)^{1/2}$ (courbe cumulative granulométrique de la fraction fine à la fraction grossière).

Ou $S_o = (Q_3/Q_1)^{1/2}$ (c'est l'inverse).

Si $S_o < 1.24$ -----sédiment très bien classé

Si $1.24 < S_o < 2.5$ -----sédiment bien classé.

Si $2.5 < S_o < 3$ -----sédiment moyennement classé.

Si $3 < S_o < 4$ -----sédiment mal classé.

2 - Déviation standard de Flok (1964) :

$$ETF = \sigma_{84} - \sigma_{16} / 4 + \sigma_{95} - \sigma_5 / 6,6$$

$ETF < 0.35$ -----matériel très bien trié.

$0.35 < ETF < 0.50$ -----matériel bien trié.

$0.50 < ETF < 0.71$ -----matériel assez bien trié.

$0.71 < ETF < 1$ -----matériel moyennement trié.

$1 < ETF < 2$ -----matériel mal trié.

$2 < ETF < 4$ -----matériel très mal trié.

$4 < ETF$ -----pas de trie

- L'asymétrie ou Skewness :

$$Sk = (Q_3 - Q_1) / Md^2 \text{ mm}$$

Dans la quelle, Md = médiane ; Q_1 = premier quartile, phi 25 ;

Q_3 = troisième quartile, phi 75.

Cet indice permet de préciser sur quelle fraction, le classement est maximum.

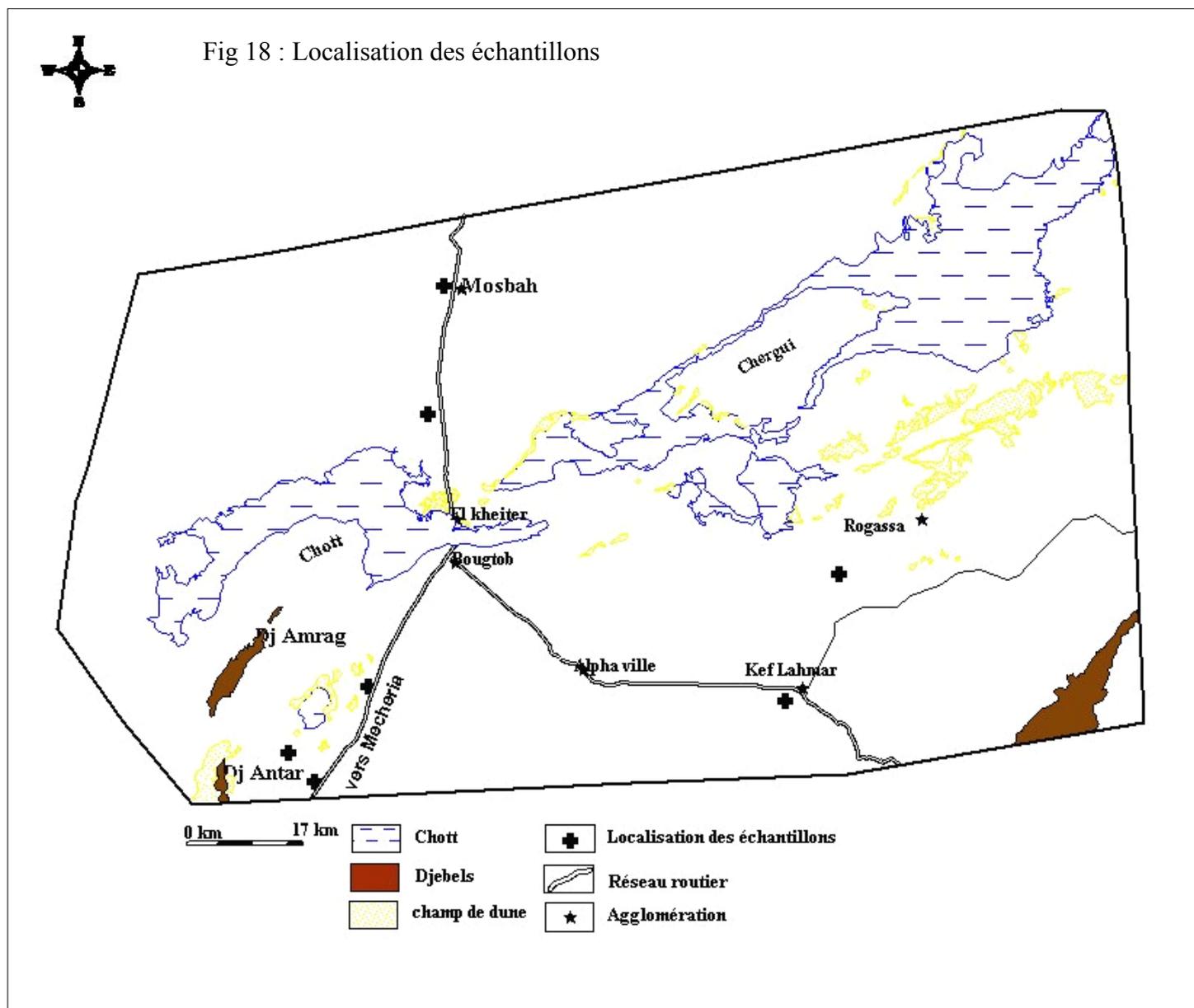
Si $Sk = 1$ -----symétrie parfaite, le mode coïncide avec la médiane.

Si $Sk > 1$ -----classement est maximum du côté des particules fines (dépôt tranquille).

Si $Sk < 1$ -----classement est maximum du côté des particules grossières (dépôt agité).

-La fraction $< 63\mu$ permet d'après Bagnold (1966) de distinguer les sables de plage de ceux des rivières : les premiers ont une fraction $\leq 0.2\%$ et les second ont une fraction $> 40\%$.

-La fraction < 125 μ représente souvent le taux de matériel qui est transporté en suspension d'après Ingle (1966) et Passega, (1957).



Tab10 : Classes granulométriques d'après A. Wenworth (1913)

mm	ϕ	classes
4096	-12	bloc
	-11	
1024	-10	
	-9	
256	-8	Gros caillou
	-7	
64	-6	
	-5	
16	-4	Petit caillou
4	-3	
3.36	-2	granule
2.83	-1.75	
2.38	-1.25	Sable très grossier
2	-1	
1.68	-0.75	
1.41	-0.5	
1.19	-0.25	Sable grossier
1	0	
0.84	0.25	
0.71	0.5	
0.59	0.75	Sable moyen
0.5	1	
0.42	1.25	
0.35	1.5	
0.3	1.75	Sable fin
0.25	2	
0.21	2.25	
0.177	2.5	
0.149	2.75	Sable très fin
0.125	3	
0.105	3.25	
0.088	3.5	
0.074	3.75	Limon + argile
0.625	4	
0.053	4.25	
0.044	4.5	
0.037	4.75	
0.031	5	
0.0156	6	
0.0078	7	
0.0039	8	
0.002	9	
0.00098	10	
0.00049	11	
0.00024	12	

Conclusion

Dans cette étude on a utilisé deux méthodes d'approche complémentaires pour aboutir à la cartographie phénomène de la désertification du Chott Chergui.

La première, c'est l'approche par l'outil télédétection. Elle est basée sur le traitement des images satellites prises à trois dates différentes 1972, 2000, et 2004 et qui comporte plusieurs étapes citées au paravent, pour aboutir à une image classée par la méthode supervisée portant toutes les informations possibles du terrain.

Nous l'avons complétée par le calcul de deux indices de végétation NDVI et MSAVI afin de donner une idée sur l'évolution de la végétation de 1972 à 2004.

Deuxièmement pour chaque type d'images les relevés du terrain sont indispensables pour valider la classification et aussi de relever les particularités du Chott Chergui du SW au NE et qui varient dans la densité des dunes, des champs de nebkas ainsi que dans les taux d'accroissement du couvert végétal.

Le traitement granulométrique des échantillons prélevés permet de caractériser les différents dépôts du terrain par le calcul de différents indices qui indiquent le classement ou le tri du sédiment, dont l'interprétation permet d'affirmer le résultat obtenu par le traitement des images satellitaires.

Introduction

Ce chapitre va comporter les interprétations des résultats obtenus lors du traitement des trois images satellites MSS 1972, TM 2000, et ALSAT 2004 ; c'est-à-dire décrire l'évolution de la région du Chott Chergui sur une durée de 32 ans répartie en deux périodes :

-La première est la plus longue de 1972 à 2000 soit 28 ans et c'est au cours de celle-ci que l'on a relevé les plus importants changements et les plus significatifs, dont les plus intéressants sont la régression de la végétation et les extensions des sables.

-La deuxième, de 2000 à 2004. Cette période, plus courte dans l'espace temps, permet de confirmer les changements constatés au cours de la première période.

- La typologie des formes d'accumulations permet de préciser le processus de désertification.

I- Evolution du Chott Chergui d'après les images satellitaires de 1972 à 2004

Le classement des images satellites était à base de couleur pour le MSS, le TM, et ALSAT. Ces couleurs représentent les éléments du terrain que l'on veut étudier, il n'y a qu'une seule différence dans classification. C'est au niveau du MSS que celle-ci décrit la zone en 1972 du point de vue des grands éléments comme la végétation et le sable bien que l'état du Chott Chergui dans son classement manque de quelques détails comme la présence du champ de nebkas.

Ces couleurs correspondent aux thèmes suivants :

- Les classes des sables sont représentées par le jaune,
- la végétation et les zones de culture sont représentées par le vert,
- les zones humides y compris le réseau hydrique par le bleu,
- le reg est représenté par le marron,
- les zones de transit ou de déflation sont représentées par l'orange,
- les champs de nebkas par le rouge,
- la végétation halophile par le magenta,
- enfin le dépôt de sel par le blanc

Le but de notre travail est d'étudier et cartographier l'évolution des formes de désertification du Chott chergui. Cela nous a fait ressortir un nombre de classes qui ont été traité en quatre catégories :

1-Les dépôts sableux :

- dunes
- amas moins de 2m de hauteur
- nappages
- champs de nebkhas

2-La végétation :

- végétation naturelle
- végétation halophile
- végétation cultivée

3-Les zones humides

- chott, sebkhas, dayas, et mekmens
- réseau hydrographique

4-Autres classes du terrain

- zones de reg,
- zones de déflation
- les terrains salés.

I-1- Les accumulations sableuses

Le Chott chergui a connu une importante évolution de dépôts de sables et l'installation d'autres dunes entre 1972 et 2004. Les images traitées nous ont permis d'estimer ce changement en superficie et l'étude granulométrique des échantillons prélevés sur terrain nous ont permis de caractériser le processus de cette évolution. .

1-1 – Formations dunaires anciennes

A partir de la carte topographique de El Kheiter de 1981 au 1/200000, avec une confirmation sur les images satellites de 1972, 2000 et 2004 auxquelles s'ajoute la description faite par Y. Callot (1987), on note que le Chott Chergui est bordé, par endroits, de dunes, peu importantes :

La région située entre El Kheiter et Bougtob., appelée Debdeb El Kheiter, présente la particularité d'être un champ de 5 * 6 km de dunes peu élevées (moins de dix mètres), de teint clair, fixées partiellement par la végétation, sans grande originalité, sauf la nature de leur sable, qui est presque gypseux « des affleurements gypseux. » Y. Callot (1987) ; ce champ apparaît bien par une couleur blanche sur les images de 2000 et 2004 ainsi que la carte topographique. Sur l'image de 1972, on a remarqué que des petites taches.

A 85 km plus au NE, et toujours sur la rive septentrionale du Chott, un autre affleurement sableux et plus petit, porte aussi ce nom : ed-Debdeb que l'on ne trouve pas sur la rive méridionale.

La connaissance exacte du fonctionnement de la sebkha, de ses parties qui s'assèchent, de celles où a lieu la cristallisation des sels favorisant la formation du pseudo-sable, permettrait de comprendre la mise en place des formes éoliennes en sa périphérie.

A 1 km à l'ouest de Bougtob gisent des sédiments distants de 300 m du bord actuel du Chott et perchés à quelques mètres au-dessus de celui-ci. Ils sont essentiellement gypseux et très blancs. (Callot, Y)

-Un petit cordon dunaire dans les bordures de sebkhat el fkarine

-Un cordon dunaire à l'extrémité nord de dj Antar.

L'évolution des formations dunaires les plus importantes est importante de 1972 à 2004 (Cf fig 19 et Tab 11).

En 1972

1- Le champs de dunes d'El Kheiter (Debdeb El Kheiter) avait une superficie de 22.6 km², et se localisent entre El Kheiter et Bougtob.

2- Champ dunaire Ed Debdeb qui se trouve sur la rive NE du chott couvrait une superficie de 61 km².

3- À l'W de Bougtob les accumulations sableuses couvraient 10 km²

4 Le champ dunaire qui se trouve en bordure N de Sebkhet El Fekarine s'étale sur 38.7 km²

5- Le champ dunaire à l'extrémité nord de dj Antar a une superficie de 24.42 km²

En 2000 :

1- Debdeb El Kheiter est passé de 22.6 km² à 30 km² en 1987 (d'après Callot), il atteint 75.4 km² en 2000 avec un gain de 52.8 km².

2- Les accumulations sableuses (Ed Debdeb) qui se trouvent sur la rive NE du Chott ont une superficie de 112 km². En 2000, avec une progression de 51 km².

3- Pour l'extension sableuse de Bougtob, on a enregistré 35 km², soit un gain 25 km².

4- La superficie du champ dunaire de Sebkhet El Fekarine est de 78.7 km² il y a donc 40 km² d'extension.

5- A dj Antar on a relevé en 2000 une superficie de 19.5 km² soit l'enregistrement d'une régression de 5 km² depuis 1972.

En 2004

1- le champ de dunes Debdeb El Kheiter a une superficie de 101.2 km² soit une extension de d'environ 26 km².

2- le champ dunaire qui se trouve à l'extrémité NE du Chott a marqué 129 km² soit une évolution de 17 km² depuis 2000

3- on remarque une extension de dunes situées à Bougtob avec un gain d'une superficie de 43 km².

4- le champ dunaire qui est installé sur les bordures de Sebkhet el Fekarine a connu une régression en 2004 de 7.5 km² depuis 2000.

5- la superficie du champ dunaire de dj Antar est de 28 km² soit une extension de 9 km² depuis 2000.

Tab. 11 : Evolution des accumulations sableuses de 1972 à 2004

Superficie des Accumulations sableuses (km ²)	En 1972	En 2000	En 2004	Observations
Debdeb El Kheiter	22.6	75.4	101.2	extension
Le champ dunaire de Bougtob	10	35	43	extension
Ed Debdeb (NE du Chott)	61	112	129	extension
Le champ dunaire de Sebkhet el Fekarine	38.7	78.7	61.2	Régression en 2004
Le champ dunaire de Dj Antar	24.5	19.5	28	Régression en 2000
Total	156.8	320.6	362.4	

FIGURE

1-2 -Evolution des surfaces d'accumulations sableuses entre (1972- 2000) et (2000-2004) (Cf Fig 20 et 21)

Dans ce volet on va étudier l'évolution de différentes formes de dépôts sableux : dunes, amas moins de 2m de hauteur, nappage, et les champs de nebkhas de 1972 à 2004, en calculant leurs superficies par rapport à la superficie total de la zone d'étude qui couvre 13840km².

En 2000 et 2004, ces dépôts sont situés généralement d'après les images satellites, au SW de Chott Chergui à Bougtob, sur la bordure de Sebkhet el Fekarine entre dj Amrag et dj Antar, à Dj Antar en bordure du Chott dans sa partie orientale et centrale et aussi entre Kef Lahmar et Rogassa. Les résultats obtenus sont les suivants :

Tab 12 : la superficie de différentes formes d'accumulations de 1972 à 2004

Formes de dépôts	MSS 1972		TM 2000		ALSAT 2004	
	Superficie(km ²)	%	Superficie(km ²)	%	Superficie(km ²)	%
dunes	523.5	3.8	1192	8.61	1234	8.91
Amas - 2m	109.3	0.8	1229	9	1420	10.26
Nappage	560	4.04	1219.5	8.81	1236	8.93
Nebkhas	-	-	1765	12.75	937	6.8

Le Chott Chergui est marqué par une évolution des surfaces sableuses qui ont enregistré une augmentation de la superficies des dunes de 1972 à 2000, avec un excédent de 668.5km² soit un taux d'accroissement de 4.83% et de 2000 à 2004 la région a connu un léger surcroît de 42 km².

Pour les amas moins de 2m de hauteur, ils se présentent sur le terrain généralement en barkhane qui est une dune de forme de croissant allongé dans le sens du vent. Elle naît là où l'apport de sable est faible et sous des vents unidirectionnels. L'augmentation de la superficie était très importante car on a enregistré 1119.72 km² de 1972 à l'année 2000 le taux était soit 8.09%. Il faut souligner que le terrain a connu d'importantes modifications dans cette période. Cette superficie à atteint en 2004 les 1420km² soit 10.26% de la superficie totale de la zone d'étude.

D'après les images et les relevées de terrain, on a constaté que le nappage est très important dans la zone d'étude. Il diffère dans son épaisseur d'un endroit à l'autre. Il représente des surfaces importantes même en 1972 où les calculs ont donné 4,04% de la superficie totale de la zone. Ce taux a augmenté en 2004 pour atteindre les 8.93 % plus de la moitié depuis 1972. Le nappage est défini comme une couverture sableuse étalée en voile plus ou moins épais et plus ou moins continu. On le trouve dans les terrain ayant des surfaces presque plates et dénudées d'obstacle, accompagnées généralement par des amas et des zone de déflation.

La nebkha est une dune asymétrique formée par la présence d'un obstacle quelconque qui fait chuter la vitesse du vent et permet le dépôt des sables. Elles se trouvent dans notre zone sous forme de champ près des point d'eau et des zones humides (dayas, Chott, Mekmen) car autour de ces points se trouvent toujours quelques touffes de végétation où le sable s'accumule. On a pas pu classé les champs de nebkhas en 1972 a cause du manque de détails sur la zone à cette époque. En 2000, la superficie qui était de 1765km² a régressé en 2004 à 937 km², soit de 12.75% à 6.8% de la surface totale.

figure

figure

1-3- Typologie et granulométrie des formations sableuses récentes du 2000 à 2004

Ce volet portera sur la typologie (morphologies et dimensions) et l'analyse granulométrique des formes d'accumulations qui ont été trouvées sur le terrain objets des prélèvements effectués en 2001 et en 2004. Parmi eux on a prélevé des échantillons sur des barkhanes, des nebkhas, nappages. L'échantillonnage a été fait également au niveau des rides, zones de déflation, et d'une formation superficielle sur le sol d'une exploitation agricole. Les prélèvements ont été effectués comme suit :

Au niveau des barkhanes qui se trouvent au :

- Au NE d'El Biod
- Bordure W du Chott Chergui à Mosbah
- Bordure SW du Chott Chergui à Kef Lahmar
- Entre Kef Lahmar et le N de Rogassa
- Au NE de Dj Antar

Au niveau des nebkhas qui sont à

- El Kheiter
- Kef Lahmar
- Au NE d'El Biod

Des échantillons d'une formation superficielle sur le sol d'une exploitation agricole à la sortie N de Mécheria, sur un nappage et une dépression inter dunaire au NE de Dj Antar.

3-1- Au niveau des barkhanes

Au NE d'El Biodh

On a trouvé des dunes barkhanoides au nombre de 7 à 8 à versants escarpés ayant une hauteur de 70 cm, une largeur 17 m et une longueur de 38m en moyenne, orientées NE/SW.

(Cf photo 9 et fig 18).

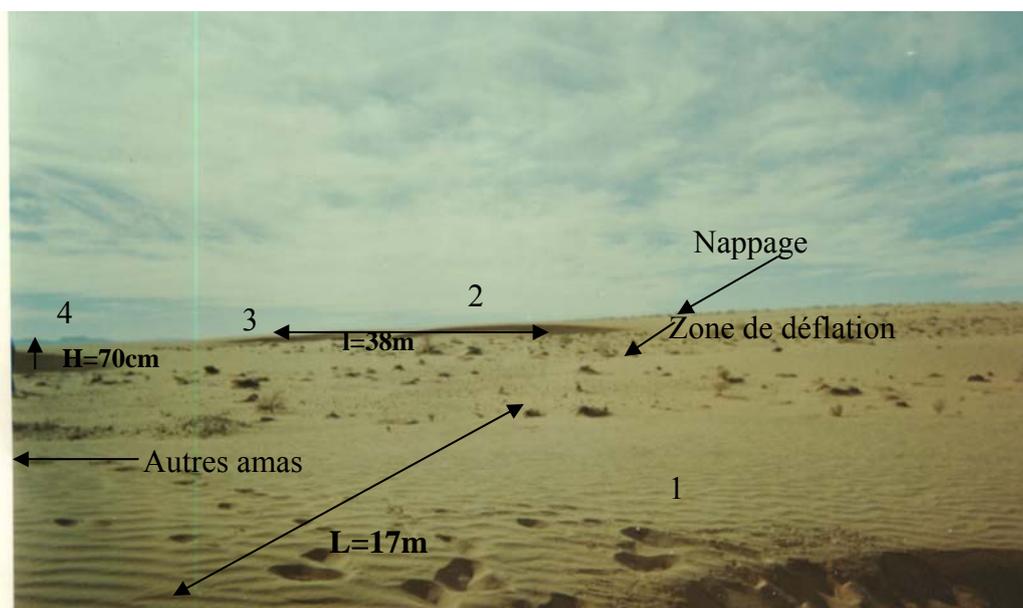
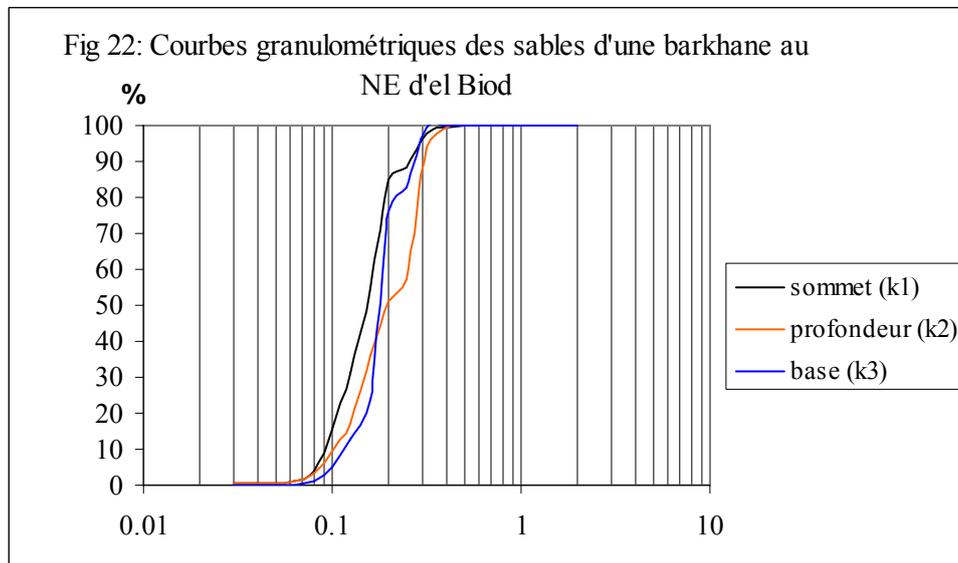


Photo 7 : Des dunes barkhanoides dans la zone d'El Biodh

Les sables prélevés à la surface de la dune (**K1**) constituent des particules fines ($Md = 0.16\text{mm}$), avec 69.85% des sables fins, une fraction fine ($f < 63\mu = 0,082\%$) et une fraction ($f < 125\mu = 15,38\%$) représente le taux de matériel transporté en suspension. Le classement est maximum du côté des particules grossières ($Sk = 0.97$), ces sables d'après les indices de classement sont bien classés ($So = 1.26$) et très bien classés ($ETF = 0.14$).

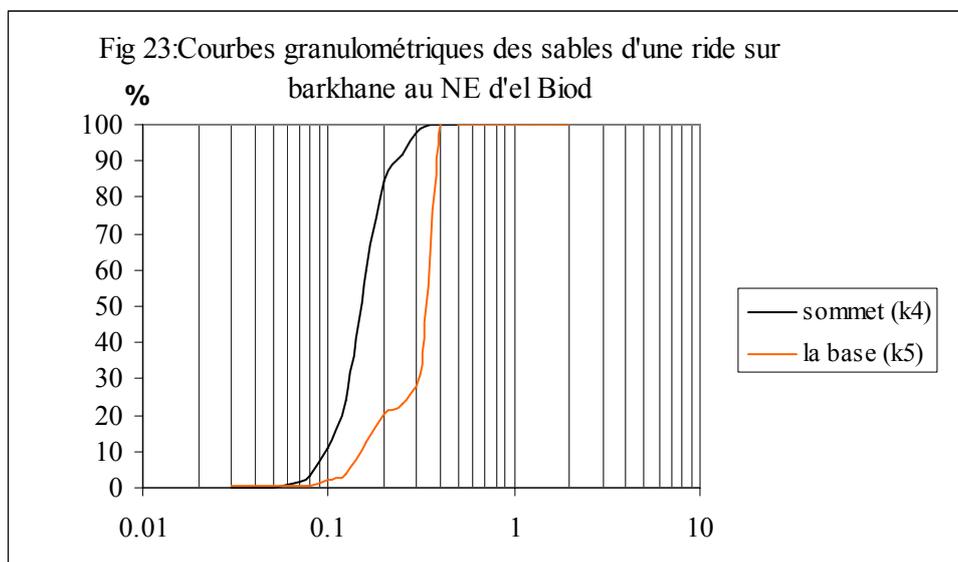
En profondeur (10-15cm) (**K2**), les sables sont fins ($Md = 0.2\text{mm}$) soit 51.05%, avec une fraction fine ($f < 125 = 9.32\%$) de sédiments transportés en suspension et une fraction ($f < 63\mu = 0.57\%$). Le classement est du côté de la fraction fine ($Sk = 1.25$) et les sables sont bien triés ($So = 1.58$) et très bien triés où ($ETF = 0.29$).

Le bas du versant sous le vent (**K3**) est constituée de sables fins ($Md=0.2mm$) soit 71.26% avec une fraction fine ($f<125\mu=5.11\%$) du matériel transporté en suspension et une fraction fine ($f<63\mu=0.09\%$). Le classement est du côté de la fraction grossière ($Sk=0.8$), l'échantillon est très bien trié ($So= 1.11$) et ($ETF = 0.19$).



La ride sur cette barkhane est constituée en sommet (**K4**) de sables fins ($Md=0.16mm$) soit 73.88% avec une fraction fine ($f<125\mu=10.96\%$) des sables transporté en suspension et une fraction ($f<63\mu=0.27$). Le classement est du côté de la fraction grossière ($Sk=0.78$). Ce sédiment est bien trié ($So=1.26$) et très bien trié ($ETF = 0.11$).

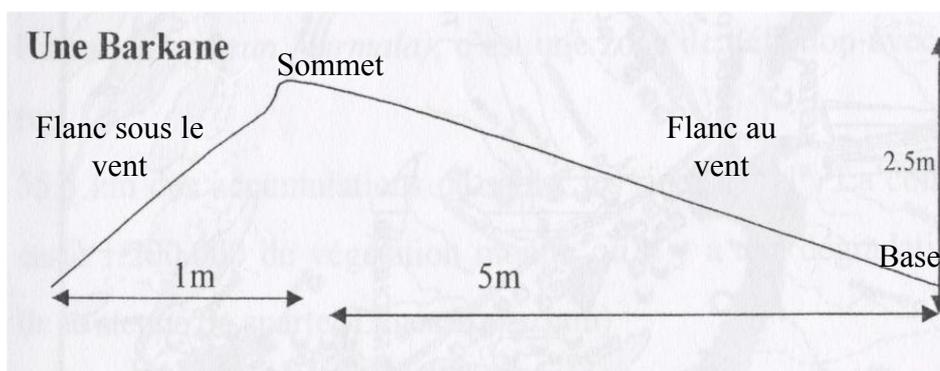
A la base (**K5**) de cette ride le sable est moyen ($Md=0.315mm$) avec 79.77%, la fraction fine ($f<125\mu=1.99\%$) et la fraction ($f<63\mu=0.295\%$). Le classement est du côté de la fraction grossière ($Sk=0.8$). C'est un sédiment bien trié ($So=1.26$) et ($ETF = 0.37$).



À l'extrémité W du Chott chergui:

A 2,4 km de Mosbah en allant vers El Kheiter, un petit champ de 6 à 7 barkhanes s'étale sur 71cm de longueur, dans le barrage vert, constituent un petit cordon dunaire. Les barkhanes ont pratiquement les mêmes dimensions avec une orientation de N 335^{gr}, soit NW/SE.

Fig 24 : Dimension de la barkhane échantillonnée



Le sable du sommet (**M6**) est très fin, ($Md = 0.1mm$), avec une fraction fine élevée ($f < 125\mu = 55.29\%$) soit le taux de sable transporté par suspension et une fraction ($f < 63\mu = 0.41\%$). Le classement coïncide avec la médiane, la symétrie est parfaite ($Sk = 1$). Le sédiment est très bien classé ($So = 0.70$) et ($ETF = 0.11$).

Le flanc au vent de la barkhane (**M7**) se caractérise par des sables très fins ($Md = 0.1$) soit 67.7% avec une fraction fine élevée ($f < 125\mu = 61.8\%$) de sables transportés par suspension et une fraction ($f < 63\mu = 13.33\%$). Le classement des sables coïncide avec la médiane, ($Sk = 1$) représente une symétrie parfaite. Ce sont des sables bien triés ($So = 1.24$) et très bien triés ($ETF = 0.09$).

Le flanc sous le vent de la barkhane (**M8**) est constitué de sables fins ($Md = 0.125mm$), avec une fraction fine moyennement élevée ($f < 125\mu = 50.49\%$) de matériel transporté en suspension et une fraction de ($f < 63\mu = 1.67\%$). Le classement présente une symétrie parfaite ($Sk = 1$). Les sable de ce flanc sont bien classés, ($So = 1.41$) et très bien classés ($ETF = 0.12$).

Les sables de la base (**M9**) sont très fins ($Md = 0.1mm$), avec une fraction fine ($f < 125\mu = 55.77\%$) de sable transporté en suspension et une fraction ($f < 63\mu = 7.33\%$). La

symétrie est parfaite ($Sk=1$) car elle coïncide avec la médiane. L'échantillon est bien classé ($So = 1.24$) et très bien classé $ETF = 0.15$).

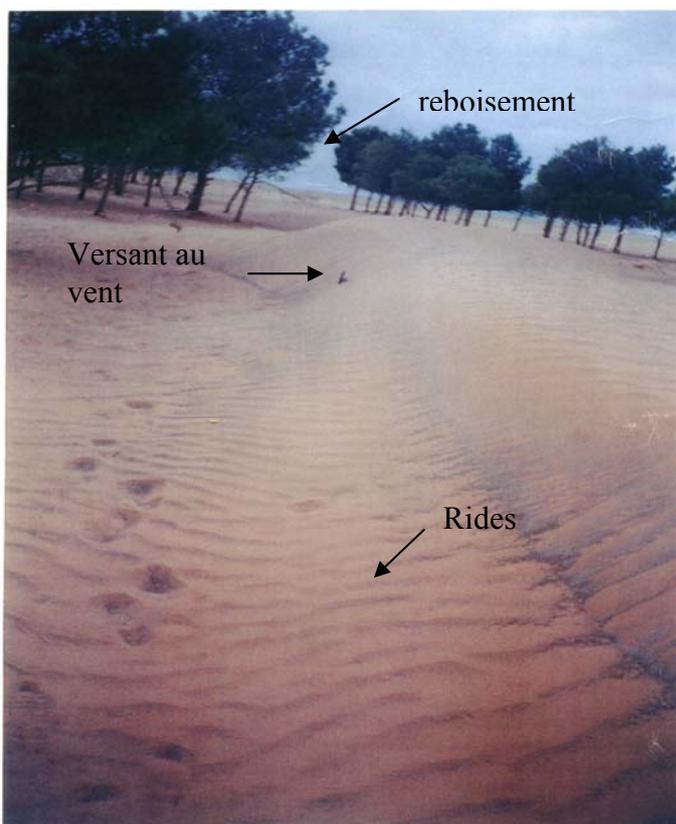
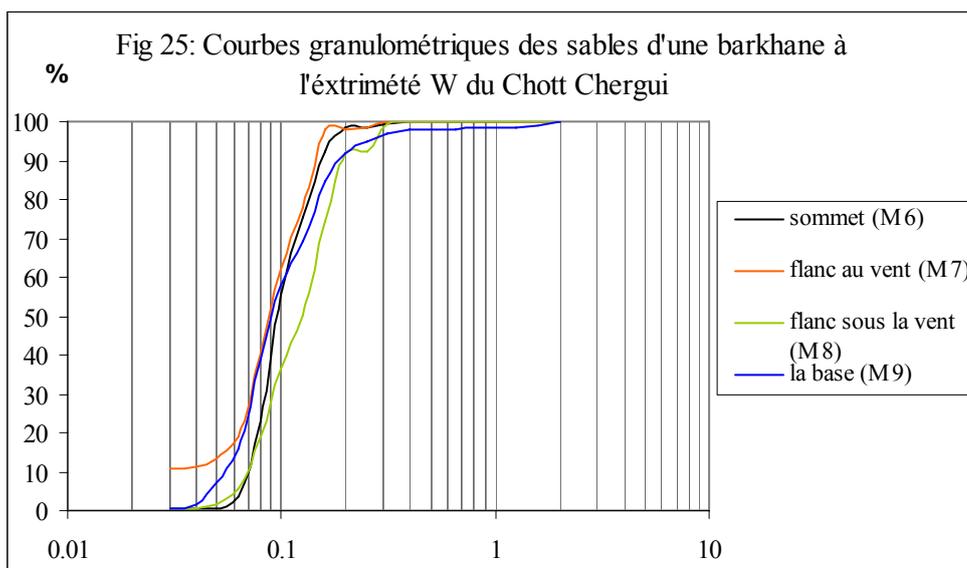


Photo 8 : une barkhane dans le barrage vert à l'Ouest de Chott Chergui à Mosbah (cliché de Mm Remaoun 2001).



Entre Kef Lahmar et Rogassa sur la bordure Sud du Chott chergui

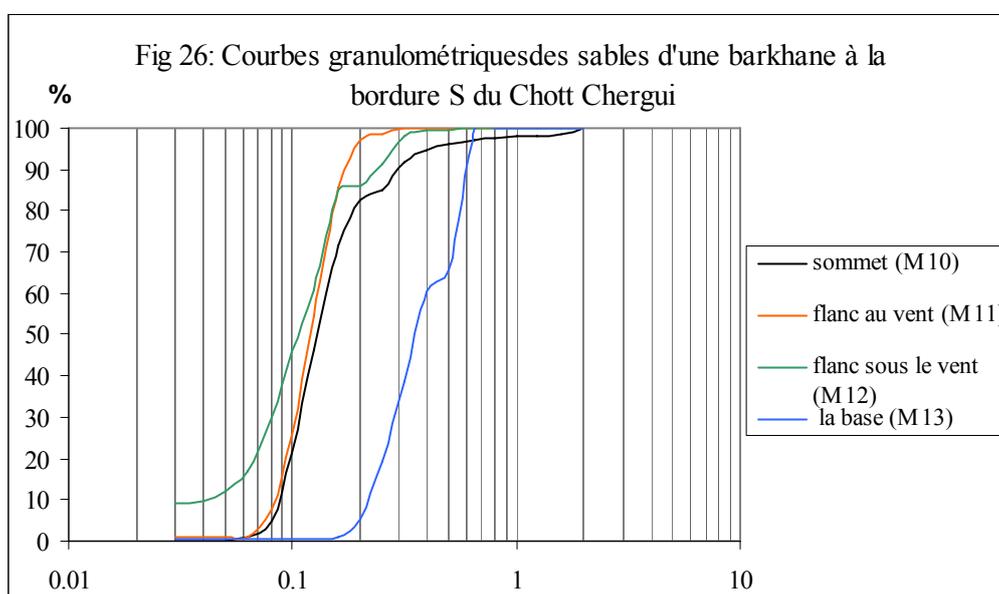
Dans une zone sans reboisement et marquée par la présence d'accumulations de sables vifs sur plusieurs formes, la forme dunaire la plus fréquente est la barkhane. Ces dernières constituent des cordons dunaires avec une orientation dominante NE / SW. Le sables de la barkhane traversant la route se décrivent comme suit :

Les sables du sommet (**M10**) de la dune sont constitués de sable très fins, ($Md=0.1mm$), avec fraction fine élevée ($f<125\mu=45.82\%$) de sable transporté en suspension et fraction ($f<63\mu=12\%$). Le classement des sables de la barkhane est maximum du côté de la fraction grossière ($Sk=0.85$). Le sommet de la barkhane se constitue de sédiment très bien trié ($ETF = 0.21$) et bien trié ($So = 1.41$).

Sur le flanc au vent (**M11**) les sables sont moyens ($Md=0.4mm$) avec une fraction fine presque nulle ($f<125\mu= f<63\mu= 0.48\%$). Le classement est maximum du coté de la fraction grossière ($Sk= 0.78$), le sédiment est bien classé ($So=1.41$) et ($ETF = 0.67$).

Sur le flanc sous le vent (**M12**) les sables sont fins ($Md = 0.125mm$), avec une fraction fine moins élevée ($f<125\mu=25.55\%$) taux de sable transporté en suspension et une fraction ($f 63\mu= 0.46\%$). le classement est maximum du coté de la fraction fine, ($Sk=1.02$); ce sont des dépôts bien triés ($So = 1.26$) et très bien triés ($ETF = 0.09$).

Les sables de la base de cette barkhane (**M13**) sont fins ($Md = 0.125mm$) soit 61.65%, avec une fraction fine moins élevée ($f<125\mu=21.02\%$) et une fraction ($f 63\mu= 0.03\%$).le matériel est maximum du côté de la fraction fine ($Sk=1.6$). Le sédiment est bien trié ($So = 1.26$) e très bien triés t ($ETF = 0.15$).



À l'extérieur du reboisement, 8km au SE de Kef Lahmar

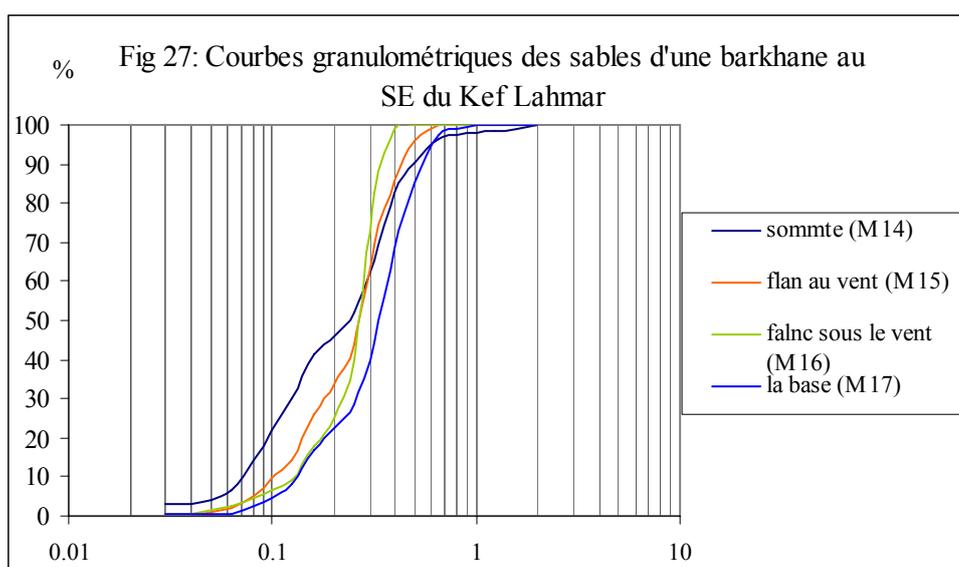
Toujours entre Kef Lahmar et Rogassa, un champ de barkhanes s'installe entre deux barrages verts, ayans un nombre de rides multiples. Ce sont des amas mobiles dont le sable échantillonné porte les caractères suivants :

Sur la sommet (**M14**), les sables sont moyens ($Md = 0.25mm$) soit 64.17% la fraction fine est faible ($f < 125\mu = 6.57%$) taux de sable transporté en suspension et la fraction ($f < 63\mu = 1.45%$). Le classement sur le sommet de barkhane est maximum du coté grossière ($Sk = 0.8$) Les sables de l'échantillon sont très bien classés ($S_o = 1.25$) et ($ETF = 0.23$).

Les sables prélevées du flanc au vent de la barkhane (**M15**) sont moyens ($Md = 0.25mm$) la fraction fine est faible ($f < 125\mu = 21.79%$) matériel transporté en suspension et la fraction ($f < 63\mu = 4.33%$). Le classement est maximum du coté de la fraction grossière ($Sk = 0.64$). Le sédiment est bien trié ($S_o = 1.78$) et ($ETF = 0.47$).

Les sables du flanc sous le vent (**M16**) sont moyens ($Md = 0.25mm$) soit 51.72% avec la fraction ($f < 125\mu = 9.69%$) et la fraction ($f < 63\mu = 0.93%$). Sur ce flanc Le classement coïncide avec la médiane, la symétrie est parfaite ($Sk = 1$). Le sédiment est bien trié ($S_o = 1.4$) et très bien trié ($ETF = 0.29$).

Les sables du bas de versant (**M17**) sont ($Md = 0.315mm$), la fraction fine est faible ($f < 125\mu = 6.64%$) et la fraction ($f < 63\mu = 0.45%$). Le classement est maximum du coté de fraction grossière ($Sk = 0.8$). Le sédiment bien trié ($S_o = 1.41$) et ($ETF = 0.5$).

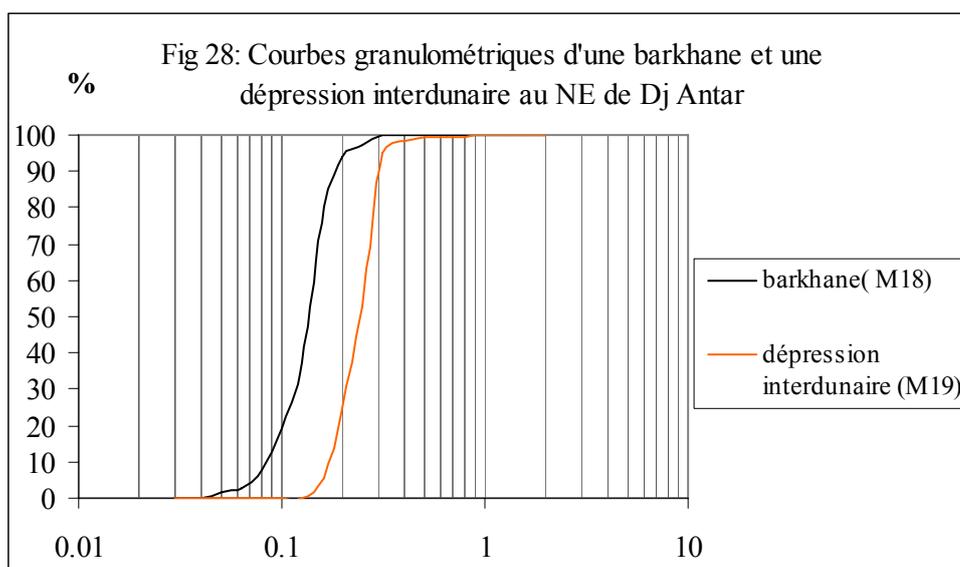


Extrémité NE de dj Antar

Dans cet endroit Se trouve un champ de dunes dont le plus part sont fixées par du rtam et forment des rides avec une direction de N 385° ; leur talus ne dépasse pas le 1m.

Les sables de la barkhane (**M18**), qui se trouve au NE de Dj Antar, sont fins ($Md=0.125mm$) soit 74.76% de sables fins et avec une fraction de fine à moyenne ($f<125\mu=19.16\%$) le taux transporté en suspension et une fraction ($f<63\mu=1.44\%$). Le classement des particules est maximum du côté de la fraction fine ($Sk=1.28$). Cet échantillon se constitue de matériel très bien trié ($ETF = 0.15$) et bien classés ($S_o =1.26$).

L'échantillon des sables de la dépression inter dunaires (**M19**) sont moyens ($Md =0.25mm$), avec une fraction fine ($f<125\mu=f<63\mu=0.05\%$). La symétrie est parfaite où le classement coïncide avec la médiane ($Sk =1$). Pour cette dépression inter dunaires les sables sont bien triés ($S_o=1.25$) et très bien triés ($ETF = 0.18$).

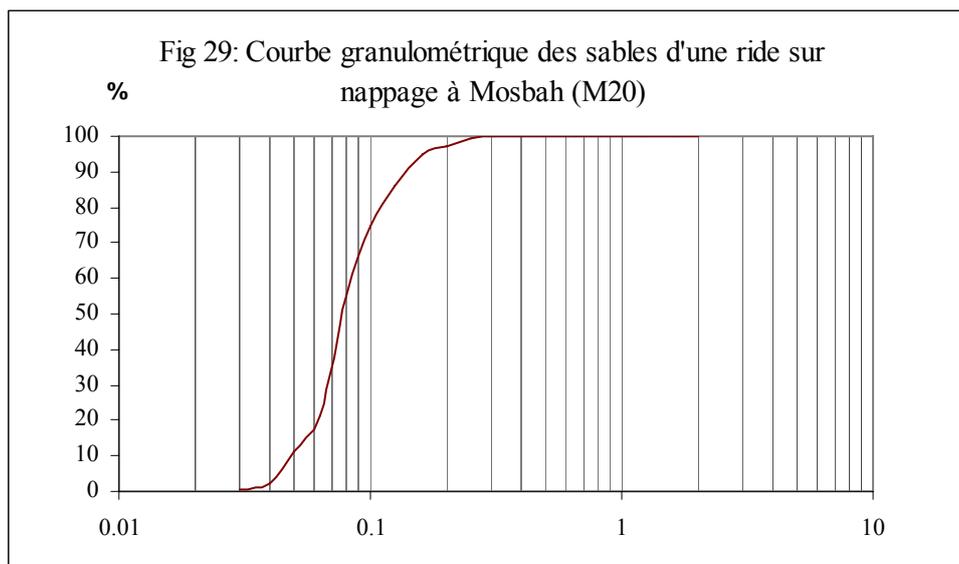


3-2-Au niveau des nappages

Notre zone d'étude est marquée par la présence d'une superficie importante du nappage car en 2000 la superficie était de 869, 5 km², et a augmenté en 2004 à 1236km² soit 8.93% de la superficie totale de la zone d'étude. Le prélèvement a été effectué sur une ride de nappage à orientation de 21°N.

Ride sur nappage

Les sables des rides sur nappage (**M20**) à Mosbah sont très fins ; ($M_d = 0.08\text{mm}$) soit 63.59% avec une fraction fine élevée ($f < 125\mu = 74.88\%$) taux de sable transporté en suspension et une fraction ($f < 63\mu = 11.29\%$). Le classement est maximum du côté de la fraction grossière ($S_k = 0.98$). Le sédiment est bien trié ($S_o = 1.25$) et très bien trié ($ETF = 0.1$).



3-3- Micro nebkhas

à El Kheiter (cf photo11)

Dans les zones de déflation, les sables des micros nebkhas (**M21**) sont moyens ($M_d = 0.315\text{mm}$) avec une fraction fine faible ($f < 125\mu = 6.67\%$) et une fraction ($f < 63\mu = 0.85\%$). Le classement des particules est maximum du côté de la fraction grossière ($S_k = 0.8$). Le matériau est bien trié ($S_o = 1.41$) et ($ETF = 0.5$).

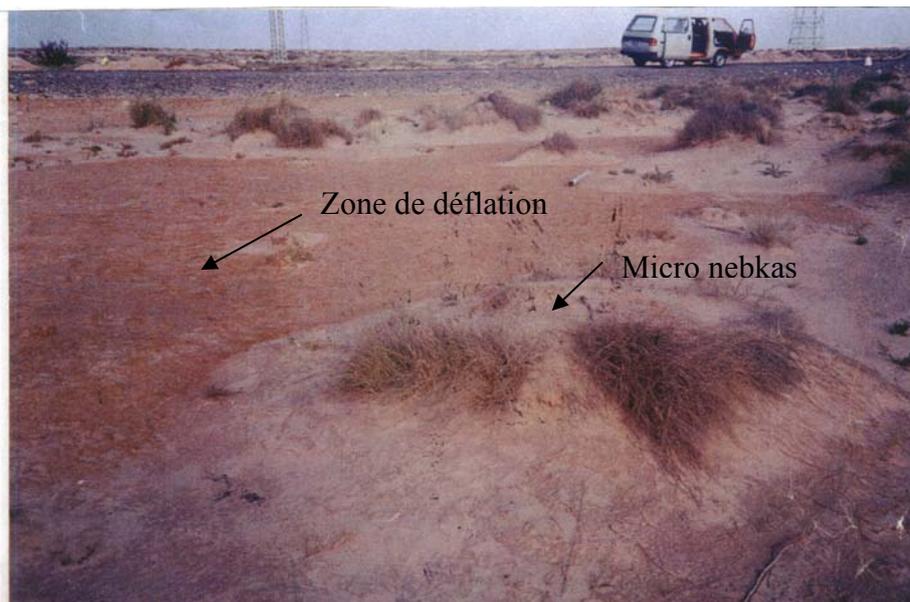
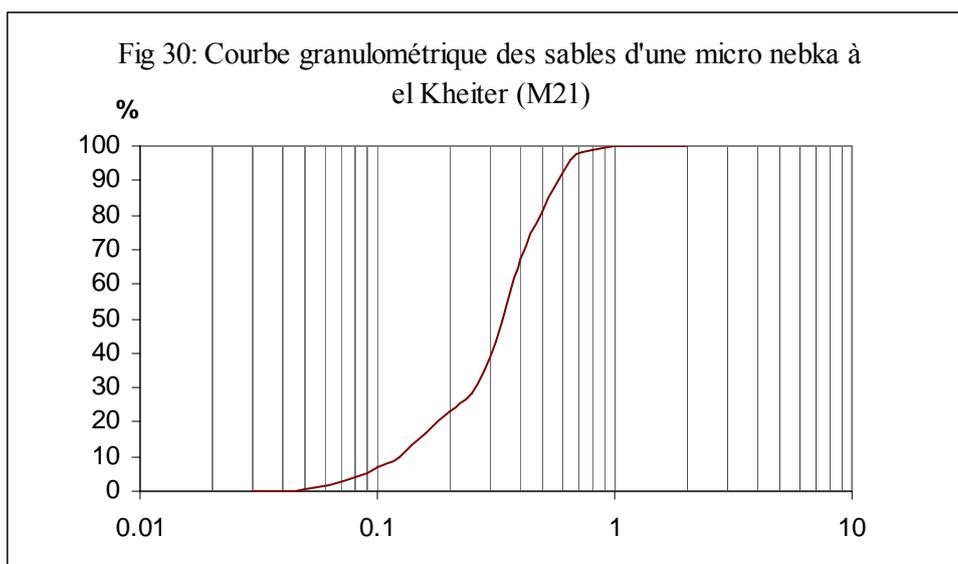
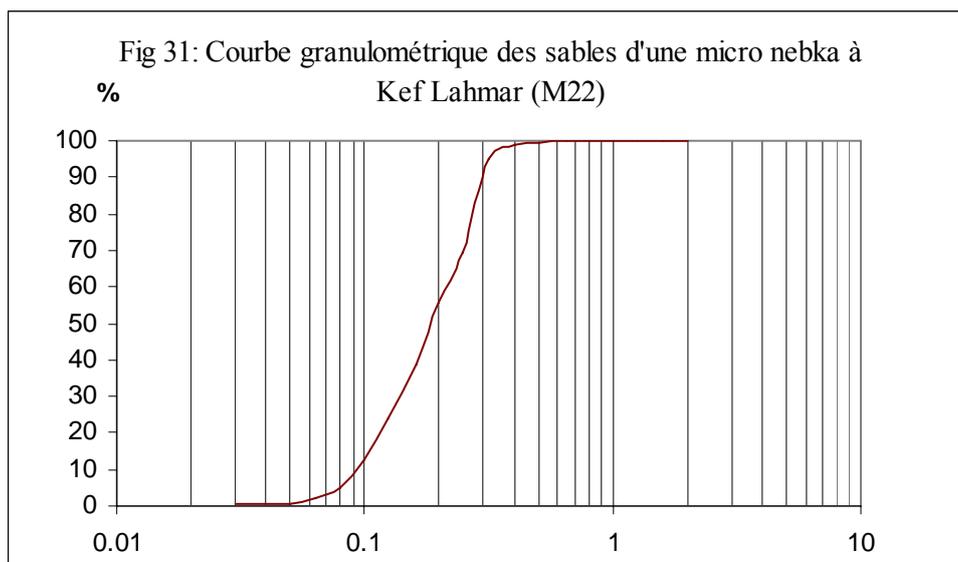


Photo 9 : un champ de micros nebkas dans une zone de déflation (cliché Mm Remaoun 2001).



À Kef Lahmar

Les sables des micro-nehkas (**M22**) sont fins ($Md = 0.2$), le classement est maximum du côté de la fraction grossière ($Sk = 0.77$), la fraction ($f_{<63\mu} = 0.78\%$), et ($f_{<125\mu} = 11.52\%$) de sables transporté en suspension. Le sédiment est bien trié ($S_o = 1.41$) et très bien trié ($ETF = 0.33$).



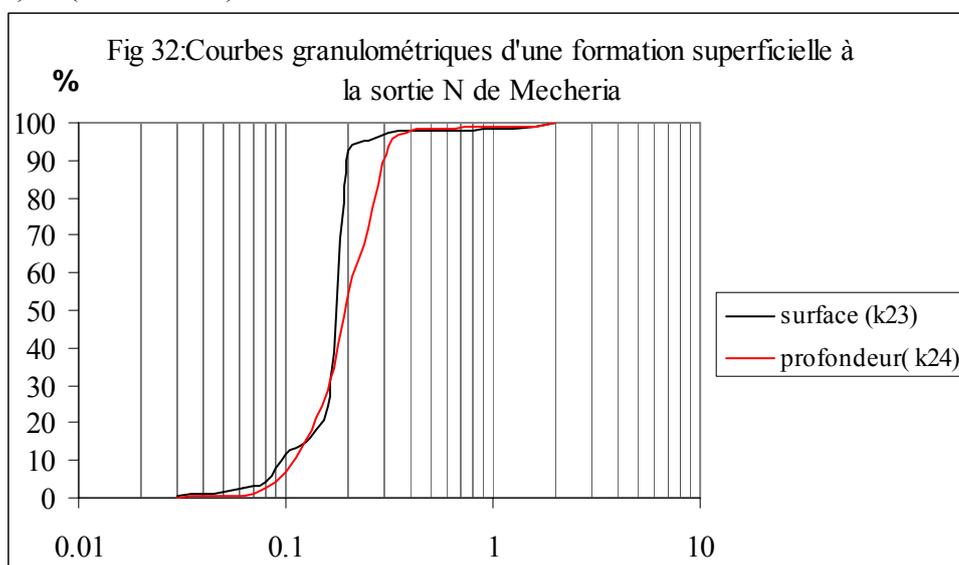
3-4-Sur une formation superficielle d'une exploitation agricole

A la sortie de N Mecheria

A 7 km de la sortie N de Mecheria se trouve une exploitation agricole dans un état ensablé. La formation superficielle de cet ensablement est constituée comme suit :

La surface (**K23**), est formée de particules fines ($Md = 0.2mm$) soit 80.96% la fraction fine ($f < 125\mu = 11.46\%$) du matériel transporté en suspension et la fraction ($f < 63\mu = 1.62\%$). Le classement est du côté de la fraction grossière ($Sk = 0.8$). Le sédiment est très bien trié ($So = 1.11$) et ($ETF = 0.23$).

La profondeur (10-15cm) (**K24**) de la croûte donne des particules fines ($Md = 0.2mm$), la fraction fine faible ($f < 125\mu = 7.14\%$) et la fraction $f < 63\mu = 0.4$. Le classement a une symétrie parfaite et coïncide avec la médiane ($Sk = 1$). Le sédiment est très bien trié ($So = 0.78$) et ($ETF = 0.29$).



Tab 13 : Typologie des accumulations et formations superficielles sableuses

Cordonnées géographiques ou situation	Etat de surface	Type de dépôt	Longueur (m)	Largueur (m)	Hauteur (m)	orientation
33°48'31'' 00°18'25'' à Biod ver dj Amrag	Présence de 8 amas dans un bas fond	Dune en bouclier	38m	17m	70cm	NW SE
33°48'22'' 00°16'43'' Biod ver dj Amrag	Champ de nebkhas envahis par le criquet	Surface de la nebkha	-	-	-	WNW ESE
33°34'42'' 00°14'42'' à la sortie de Mecheria	Exploitation agricole ensablée	Formation superficielle	-	-	-	-
A 2,4 km au S de Mosbah	Champ de barkhane dans le reboisement	barkhane	5m	1m	2,5m	NW SE
KefLahmar- Rogassa sud Chott Chergui	Des barkhanes	barkhane	-	-	-	NE SW
A 8km au SE Kef Lahmar	Champ de barkhanes dans le barrage vert	barkhane	-	-	-	NE SW
Extrémité NE de dj Antar	Champ de dunes	barkhane	-	-	-	NNW SSE
Ouest de dj Antar	Nappage épais	surface de nappage	-	-	-	NNE SSW
A35 ;9km S de El Kheiter	Zone de transit	micro nebkas	-	-	-	SE NW
A Kef Lahmar	Zone de déflation	Micro nebkas	-	-	-	SE NW

Tab 14 : la granulométrie des sables de chaque échantillon.

Situation	Type de prélèvement	Dimension et taux de la partiel %																		
		Limon + argile			Sables très fins			Sables fins			sables moyens			Sables grossiers à très grossiers						
		>0,04 mm	0,04 mm	0,05 mm	0,063 mm	0,08 mm	0,1 mm	0,125 m	0,16 mm	0,2 mm	0,25 mm	0,315 mm	0,4 mm	0,5 mm	0,65 mm	0,8 mm	1 mm	1,25 Mm	1,6 mm	2 m
33°48'31'' 00°18'25'' 33°48'22'' 00°16'43'' barkhane à Biodh	Sommet de l'amas (K1)	0.8	0	0.025	0.325	2.735	11.5	16	23.85	30	3.2	9.45	1.66	0.23	0.15	0.06	0.015	0	0	0
	Profondeur (K2)	0.455	0	0.11	0.51	2.10	6.15	8.18	18.58	14.98	5.95	37.08	5.64	0.14	0.03	0.04	0.04	0.05	0	0
	Base de l'amas (K3)	0.06	0	0.03	0.16	0.99	3.87	7.42	11.23	52.62	6.58	16.58	0.38	0.04	0.03	0.03	0	0	0	0
	sommet de ride (K4)	0.18	0	0.09	0.6	2.2	7.88	13.48	35.2	25.2	7.19	7.15	0.74	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0
	Base de ride (K5)	0.295	0	0	0.05	0.39	1.25	2.05	8.5	7.55	2.72	8.60	68.45	0.14	0.01	0	0	0	0	0
Mosbah barkhanes	-sommet (M6)	0.36	0.01	0.04	3.44	19.15	32.3	19.9	16.95	6.3	0.18	1.11	0.23	0.05	0.01	0.01	0	0	0	0
	flanc au vent (M7)	10.94	0.12	2.27	5.9	21.23	21.34	16.12	20.18	0.03	0.21	1.55	0.10	0.01	0	0	0	0	0	0
	Flanc sous le vent (M8)	0.32	0.09	1.26	4.22	13.2	17.3	14.1	23.7	17.7	0.44	7	0.61	0.04	0.02	0	0	0	0	0
	Base (M9)	0.61	0.68	6.04	8.71	22.73	19	11.61	15.43	7.03	3.25	1.83	0.82	0.09	0.24	0.2	0.25	0.18	0.09	1.21
KefLahmar- Rogassa S Chott Chergui Barkhane	-sommet (M10)	9.4	0.26	2.34	4.84	13.23	15.76	15.01	23.98	1.00	5.43	6.71	1.49	0.32	0.21	0.04	0.02	0	0	0
	-Flanc au le vent (M11)	0.465	0	0	0	0.01	0.01	0.04	0.57	4.3	13.8	19.6	21.45	5.35	34.4	0.01	0.02	0	0	0
	Flanc sous vent (M12)	1.12	0	0	0.03	6.4	18.00	29.05	31.05	11.6	1.5	1.13	0.10	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0
	La base (M13)	0.025	0	0.06	0.79	4.05	16.10	25.35	25.35	10.95	2.25	6.7	3.15	1.26	1.05	0.36	0.42	0.18	0.41	1.57
Extérieur des reboisements Kef-	sommet (M14)	0.285	0.11	1.06	1.08	2.21	1.84	2.66	8.42	7.10	14.87	43.11	16.19	0.93	0.17	0	0	0	0	0

Rogassa champ de barkhanes	-flanc au vent (M15)	2.835	0.05	1.45	2.4	7.3	7.75	8.4	11.2	4.32	6.5	13.45	17.35	7.8	6	0.94	0.77	0.49	0.55	0.8
	-Flanc sous le vent (M16)	0.35	0.02	0.57	1.06	3.03	4.4	4.38	11.78	7.91	9.95	25.47	16.43	10.4	3.79	0.18	0.04	0.02	0	0
	Base (M17)	0.325	0	0.13	0.26	1.6	2.33	3.5	8.74	5.46	6.43	15.53	24.21	16.78	12	1.92	0.71	0.11	0	0
NE et Ouest de di Antar amas sableux	barkhane (M18)	0.025	0.2	1.22	1.4	4.01	11.61	18.35	42.64	13.77	3.37	2.48	0.2	0.02	0.02	0	0	0	0	0
	Dépression interdunaire (M19)	0.055	0	0	0	0	0	0.11	5.4	19.25	27.7	42.5	3.59	0.59	0.36	0.13	0.18	0.15	0	0
A Mosbah	Rides sur nappages (M20)	0.51	1.68	9.1	10.2	33.5	19.89	10.8	9.9	2.27	2.16	0.53	0.06	0	0	0	0	0	0	0
A Kheiter zone de déflation	Micro nebkha (M21)	0.02	0.12	0.71	0.93	2.5	2.39	2.99	7.16	6.26	5.38	14.89	23.55	14.27	14.81	2.84	1.03	0.12	0.03	0
Kef Lahmar	-Micro nebkha (M22)	0.73	0	0.05	1.2	3.04	7.7	11.2	15	17	13.65	25.6	3.75	0.59	0.44	0.04	0.03	0	0	0
33°34'42`` 00°14'42`` Mecheria Exploitation agricole	En surface (K23)	0.73	0.37	0.52	0.92	1.93	7.0	3.39	9.82	67.75	2.56	2.13	0.55	0.14	0.14	0.18	0.2	0.27	0.25	1.18
	profondeur (K24)	0.255	0.035	0.115	0.355	1.93	4.455	8.54	13.035	25.545	17.435	21.74	4.36	0.57	0.225	0.13	0.13	0.14	0.115	0.84

Tab 15: Synthèses des résultats d'analyse granulométrique des échantillons (2001-2004)

localisation	Type d'accumulations sableuses	Nature d'échantillon		Fractiles							Indices de classement				symétrie		F<63μ %	F<125μ%
				Md(mm)	Q1 (25%)	Q3 (75%)	5%	16 %	84 %	95%	ETF	Carct de séd	So	Carct de séd	SK (mm)	Carct de séd		
33°48'31'' 00°18'25''	Barkhanes en forme de bouclier (l=38m, L=17m, H=70cm)	Barkhane	-Sommet (K1)	0.16 fine	0.125	0.2	0.08	0.1	0.2	0.315	0.14	T b t	1.26	B c	0.97	gross	0.82%	15.38%
			-Profondeur (K2)	0.2 fine	0.16	0.315	0.08	0.125	0.315	0.29	T b t	1.58	B c	1.25	fine	0.57%	9.32%	
			- base du versant (K3)	0.2 fine	0.16	0.2	0.1	0.125	0.25	0.19	T b t	1.11	T b c	0.8	gross	0.09%	5.11%	
33°48'22'' 00°16'43'' NE Biodh		Ride sur barkhane	-Sommet (K4)	0.16 fine	0.125	0.16	0.08	0.1	0.2	0.315	0.11	T b t	1.26	B c	0.78	gross	0.27	10.96%
			-Base (k5)	0.315 moy	0.2	0.4	0.125	0.16	0.4	0.4	0.37	B t	1.26	B c	0.8	gross	0.29%	1.99%
A Mosbah	Champ de barkhane dans le barrage vert	barkhane	-Sommet (M6)	0.1 T fin	0.08	0.125	0.063	0.08	0.16	0.2	0.11	T b t	0.70	T b c	1	Parfaite	0.41%	55.29%
			- versant au vent (M7)	0.1 T fin	0.063	0.125	0.04	0.063	0.125	0.16	0.09	T b t	1.24	T b c	1	Parfaite	13.33%	61.8%
			-Talus sous le vent (M8)	0.125 fin	0.1	0.16	0.063	0.08	0.2	0.25	0.12	T b t	1.41	T b c	1	Parfaite	1.67%	50.49%
			-base (M9)	0.1 T fin	0.08	0.125	0.05	0.063	0.16	0.25	0.15	T b t	1.24	T b c	1	parfaite	7.33%	55.77%
KefLahmar-Rogassa, S Chott Chergui	Zones sans reboisement Champ de barkhanes	barkhane	-Sommet (M10)	0.125 fin	0.08	0.16	0.04	0.063	0.16	0.25	0.15	T b t	1.41	B c	0.85	gross	12%	45.82%
			-Flanc au vent (M11)	0.4 moy	0.25	0.5	0.2	0.25	0.65	0.65	0.67	B t	1.41	B c	0.78	gross	0.48%	0.48%
			-Flanc sous le vent (M12)	0.125 fin	0.1	0.16	0.08	0.1	0.16	0.2	0.09	T b t	1.26	B c	1.02	fine	0.46%	25.55%
			-La base (M13)	0.1 T fin	0.1	0.16	0.08	0.1	0.16	0.315	0.2	T b t	1.26	B c	1.6	fine	0.03%	21.02%
Extérieur des reboisements Kef- Rogassa	Champs de 6 à 7 barkhanes (l=5m, L=1m, H=2.5m)	barkhane	-sommel (M14)	0.25moy	0.16	0.315	0.08	0.16	0.4	0.5	0.23	T B t	1.25	B c	0.80	gross	1.45%	6.57%
			-flanc au vent (M15)	0.25moy	0.1	0.4	0.05	0.08	0.4	0.5	0.47	b t	1.78	B c	0.64	gross	4.33%	21.79%
			Flanc sous le vent (M16)	0.25moy	0.2	0.315	0.08	0.16	0.315	0.4	0.29	T b t	1.4	B c	1	Parfaite	0.93%	9.69%
			La base (M17)	0.315 moy	0.2	0.4	0.1	0.16	0.5	0.65	0.5	B t	1.41	B c	0.8	gross	0.45%	6.64%

Extrémité NE de dj Antar	Champ de barkhanes	-surface barkhane (M18) -Dépression interdunaire (M19)		0.125fin 0.25moy	0.125 0.2	0.16 0.315	0.08 0.16	0.1 0.2	0.2 0.315	0.2 0.315	0.15 0.18	T b t T b t	1.26 1.25	B c B c	1.28 1	fine parfaite	1.44% 0.055%	19.16% 0.055%
A Mosbah	nappage	Ride (20)		0.08	0.063	0.1	0.05	0.06 3	0.12 5	0.16	0.1	T b t	1.25	B c	0.98	gross	11.29%	74.88%
A El Kheither	Zone de déflation	Micro nebkhas (21)		0.315 moy	0.2	0.4	0.1	0.16	0.5	0.65	0.5	B t	1.41	B c	0.8	gross	0.85%	6.67%
A Kef Lahmar	Micro nebkhas	Surface (22)		0.2 fin	0.125	0.25	0.08	0.12 5	0.31 5	0.31 5	0.33	T b t	1.41	B c	0.78	gross	0.78%	11.52%
33°34'42'' 00°14'42'' à la sortie N de Mecheria	Formation superficielle exploitation agricole	Croûte de battance	-Sommet (K23)	0.2fin	0.16	0.2	0.08	0.12 5	0.2	0.2	0.23	T b t	1.11	T b c	0.8	gross	1.62%	11.46%
			-Profondeur (K24)	0.2fin	0.16	0.25	0.1	0.12 5	0.31 5	0.31 5	0.29	T b t	0.78	T b c	1	Parfaite	0.4 %	7.14%

T b t : très bien trié

B t : bien trié

T b c : très bien classé

B c : bien classé

Carct de séd : caractère du sédiment

T fin : très fin

Moy : moyen

gross : grossière

II- Evolution de la végétation du Chott Chergui suivant le calcul des indices (NDVI MSAVI) et la classification supervisée.

1- Selon le calcul des indices (NDVI et MSAVI).

Le Chott Chergui est caractérisé par la présence de quelques espèces végétales steppiques pérennes comme l'armoise, le jujubier, le spart ...La végétation saisonnière se définit par les cultures ou quelques espèces qui s'installent près des points d'eau. Tous les travaux faits sur la steppe algérienne y compris notre région, affirment qu'il a eu une régression des taux de végétation qui a atteint 25% d'après (Aidoud, 1996), et on a enregistré, durant les sorties de terrain, des taux faibles comme à Mosbah environ 5% de harmel ainsi qu'à Bougtob, un taux de environ 5% -10% de spart et harmel.

Pour mieux développer ce thème, on a effectué le calcul des indices de végétation NDVI, MSAVI (Cf Tab 16)

La première remarque est la différence entre les résultats des deux indices car l'NDVI est fiable en zone de végétation à forte activité chlorophyllienne c'est-à-dire une végétation vraiment verte, tandis que la MSAVI est adaptée aux zones arides et aux types de végétation qui lui conviennent.

Deuxième remarque, les résultats des deux indices indiquent que la végétation a connu une diminution énorme :

De 1972 à 2000

- Le NDVI a démontré qu'il a eu une diminution de 543.3 km² par rapport au 645.7 km² en 1972, soit une régression importante de 3.92% de la superficie totale.

- La MSAVI a enregistré 1875.3 km² de régression sur 1988 km² dans cette même période soit 13.55% de la superficie totale.

De 2000 à 2004

D'après NDVI on a remarqué une régénération de la végétation faisant que la superficie augmenta de 43 km² atteignant un taux de 1.05% de la superficie totale.

Quant au MSAVI, il indique une augmentation de 106.6 km² soit 0.77% d'accroissement par rapport à la superficie totale.

Tab 16 : Superficies de végétation à partir des calculs d'indices

dates	NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)		MSAVI (Modifed Soil Adjusted Vegetation Index)	
	Superficie km ²	%	Superficie km ²	%
MSS 1972	645.7	4.66	1988	14.36
TM2000	102.4	0.74	112.4	0.81
ALSAT 2004	145.4	1.05	219	1.6

2- Selon la classification supervisée des images (1972-2000-2004)

La classification des images a donné d'autres estimations mais les résultats restent toujours approximatifs car on a classé la végétation en trois catégories : végétation naturelle, végétation halophile végétation cultivée. Tout classement de l'image prête à confusion entre les éléments du terrain, et surtout entre la végétation naturelle et la végétation halophile et également sur tout élément portant la couleur rouge. La végétation cultivée ou les terres cultivées, comportant ou pas de végétation, sont représentées à l'image sous forme de parcelles à que l'on a classé zones cultivées. La végétation halophile qui coure le pourtour du Chott, elle est représentée en marron sur l'image. En fonction de cela, on a procédé à l'échantillonnage.

D'après la classification en question, la végétation naturelle représentait 28.58% de la superficie de la zone en 1972, et en 2000 ce taux de recouvrement a régressé pour atteindre 3.3% de la surface. En 2004, il a eu amélioration atteignant 13.36%.

La végétation halophile a connu une augmentation de 4.75% 1972, à 5.57 % en 2000 pour atteindre 6.73% en 2004.

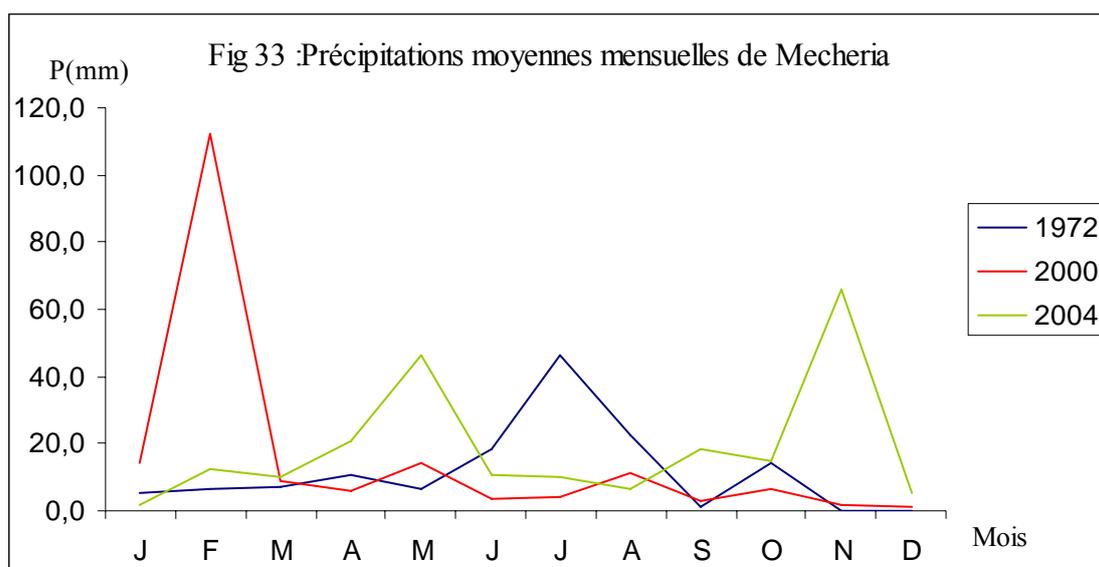
Chott chergui a connu d'importantes extensions dans les superficies agricoles de 3.84% en 1972 à 5.6% en 2000 pour arriver à 7% de la superficie totale de la zone en 2004 Ces extensions se situent généralement au N du Chott. (Cf. Fig 35, 36).

Tab17 : Superficies de végétation à partir de classification supervisée

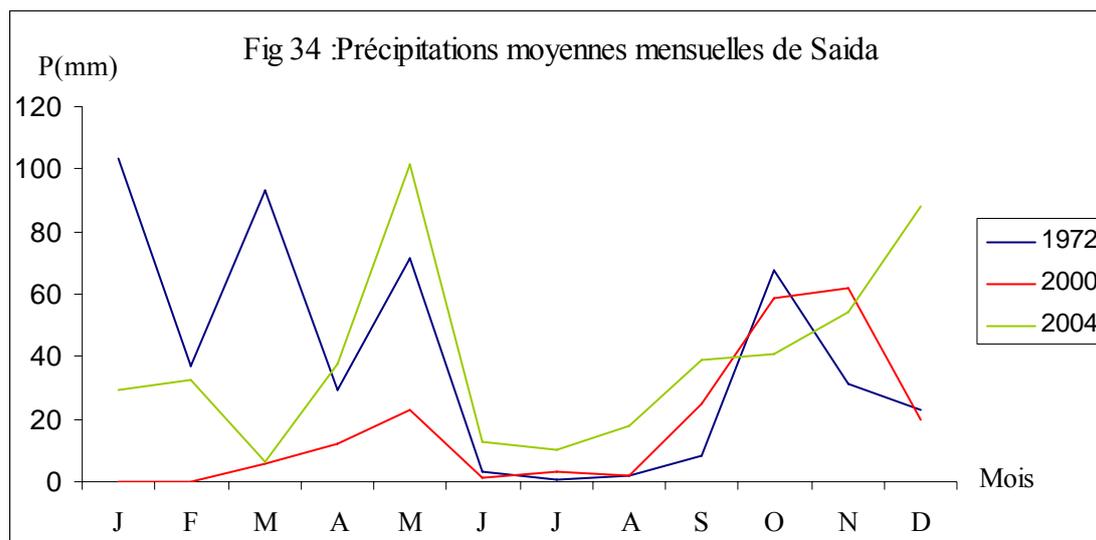
Classe de végétation	En 1972	En 2000	En 2004	Observation
Végétation naturelle	3956 km ²	455 km ²	1850 km ²	Régression en 2000
Végétation halophile	658.6 km ²	771 km ²	931.8 km ²	Extension
Végétation cultivée	532.5 km ²	774 km ²	981 km ²	extension

3- Est ce que la pluie est une des causes intervenant dans le changement des taux de végétation ?

D'après les données météorologiques de l'ONM, la pluviométrie moyenne annuelle pour la station du Mécheria en 1972, était de 140.2mm et on a enregistré 1.3mm en Septembre qui était le mois de prise de vue de l'image MSS. En 2000, la moyenne annuelle était de 187.2mm, et on a relevé 112.1mm en Février, mois de prise de l'image TM. Après cela, la zone a connu une augmentation en 2004 avec une moyenne annuelle de 223.8mm, avec 46.6mm au mois de Mars date de prise de l'image ALSAT.



Pour la station de Saida, on a enregistré 470,6mm en 1972, avec 8mm au mois de Septembre. En 2000, la pluviométrie moyenne annuelle était de 213mm avec 0mm au mois de Février. Pour 2004, on a enregistré 425mm avec 6mm au mois de Mars. Sachant que l'on a pris les précipitations moyennes mensuelles des mois de prises de vues des images traitées pour voir l'état de la végétation dans la région étudiée en rapport des dates ci-dessus indiquées.



D'après ces résultats, on peut dire que la diminution de la végétation dans la région entre 1972 et 2000 est causée principalement : au Nord par le déficit pluviométrique qu'a connu la zone dans cette période et ce d'après les résultats relevés par la station de Saida. Par contre, on a remarqué qu'au Sud, d'après les résultats relevés par la station de Mecheria qu'il y a une légère fluctuation vis à vis des précipitations moyennes annuelles ; ce qui indique qu'un autre facteur intervient et qui est le surpâturage.

Deuxièmement, la région de Chott Chergui a connu un accroissement des taux de recouvrement de végétation en 2004 par rapport à 2000. Cet accroissement peut être expliqué par l'augmentation des moyennes pluviométriques, ainsi qu'aux interventions de l'homme par des remèdes tels que l'application du système de mise en défend et les fixations des dunes par la végétation (plantations)....

III- Evolution des surfaces humides, dépôts de sel, les zones de déflation et les zones de reg.

Le Chott chergui a connu également une augmentation dans les superficies de dépôts de sel de 1972 à 2004 avec 150 Km² d'élévation de 1972 à 2000 et de 120 Km² de progression entre 2000 et 2004. Cela fut accompagné par la régression des surfaces humides, en l'occurrence absence d'eau dans le Chott et les dayas. On a enregistré une réduction de 999 Km² entre 1972 et 2000 et progression de 181 Km² entre 2000 et 2004. Les zones humides apparaissent sur l'image de noir à bleu selon la profondeur et tendant vers le bleu très claire là où le chott est moins profond. Ce qui explique la présence du sel sur lequel on a choisie l'échantillon de la classe de dépôts de sel.

Les surfaces de regs ont connu une diminution et l'on a enregistré 1269 Km² entre 1972 et 2000. Par contre, les zones de déflation ont augmenté de 975.3 Km². Entre 2000 et 2004 le reg a diminué de 840.8 Km² et les zones de déflation ont régressé de 624.5 Km². Donc, on peut dire qu'en 2000, la région a connu des variations de surfaces importantes dans le regs, les zones de déflations et même aux nappages cités au paravent.

Tab18 : évolution des dépôts sel, zones humides, zones de déflation et les zones de reg

Elément du terrain	MSS 1972		TM 2000		ALSAT2004	
	(Km ²)	%	(Km ²)	%	(Km ²)	%
Dépôt de sel	400	2.9	550	4	670	4.8
Surface humide	2204	15.9	1282	9.26	1463	10.6
Zones de déflation	512.7	3.7	1488	10.75	863.5	6.23
Zones de reg	4383.4	31.67	3114.5	22.5	2273.7	16.42

IV- système éolien et sa relation avec l'extension du sable dans la région du Chott Chergui

D'après le glossaire de géographie, le système éolien concerne les effets géomorphologiques du vent arrachant, transportant et déposant des particules de petites tailles (<2mm). Des vents forts se manifestent en relief très effacé à végétation discontinue comme le cas dans notre zone d'étude.

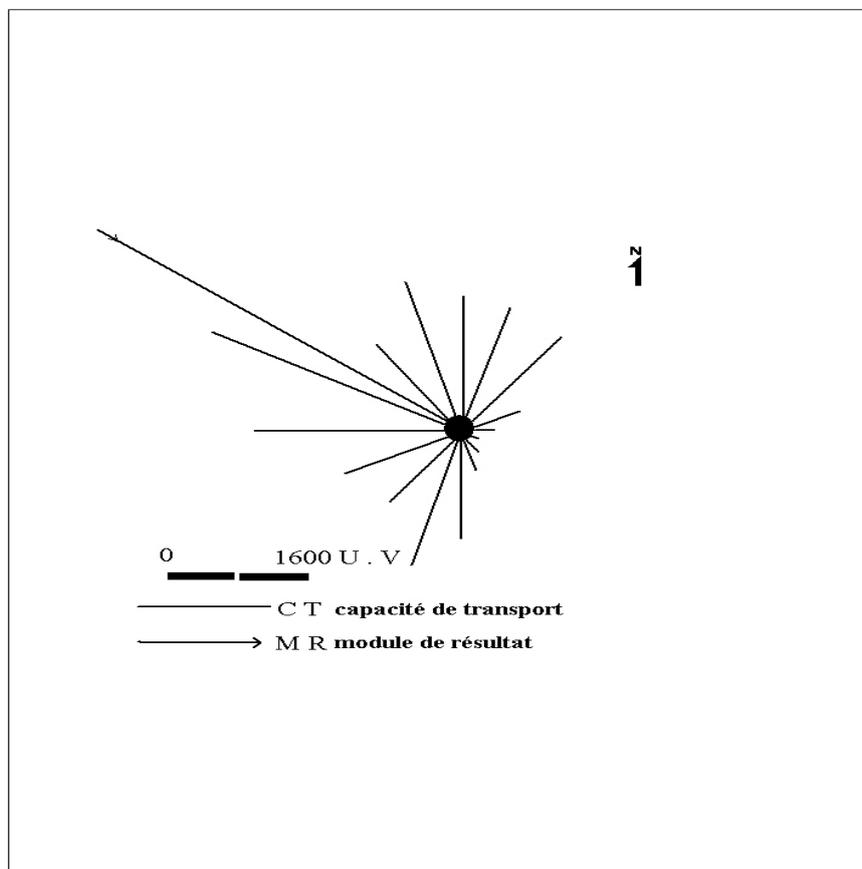
Les vents sont considérés comme non efficaces quand leur vitesse est inférieure à la vitesse minimale d'arrachement qui est de l'ordre de 5 m/s. compris entre 0.1 et 4.9m/s, quand aux vents efficaces, leurs vitesses est supérieures ou égale à la vitesse seuil qui est ≥ 5 m/s.

Dans notre cadre d'étude sur la région de Chott Chergui, on a utilisé la station de Mecheria comme station de référence pour déterminer les directions des vents dominants efficaces, le calcul du DPS (Déplacement Potentiel du Sable) et le sens de progression des dépôts sableux pour déterminer les périodes de déplacement au cours de l'année.

IV-1- les DPS à Mecheria (1985 à1996)

Le déplacement potentiel du sable (DPS) permet de considérer cette région comme région à haute énergie éolienne puisque la capacité de transport est supérieure à 400 U V (unité vectorielle). Le coefficient de migration est supérieur à 0.3 de septembre à avril et la résultante des directions est 295°N soit une direction WNW. Donc le déplacement s'effectue sur une longue distance dans cette période. Pour la période Mai à Août, les coefficients sont inférieurs à 0.3 et il y'a une mobilité des sables sans déplacement précis.

Fig 37 : Rose de déplacements potentiels des sables (DPS) à Mecheria de 1985 à 1996 (Mahboubi B, 1998).



IV -2 Estimation théorique de la vitesse moyenne de la progression des extensions des sables de (1972 à 2004)

Cette méthode consiste à calculer la vitesse moyenne de progression des accumulations sableuses par années à partir des résultats obtenus de classification des images. Cette estimation est définie par le rapport entre la longueur de l'accumulation sableuse et sa période de progression.

Pour notre cas, on a estimé la vitesse de progression des formations dunaires anciennes sur une période de 32 ans (1972-2004), et ces formations sont classées comme amas sableux de plus de 2m.

Pour l'amas sableux de moins de 2m, la vitesse de progression est estimée sur une période de quatre ans (2000-2004). D'après l'image satellite, On a noté qu'en 1972 ce type de dépôt existait au sud ouest de la zone mais ne permettait pas l'établissement d'une étude

qualitative. En 2000, la situation avait changé et la progression de ces amas vers le Nord Est nous a permis d'en calculer la vitesse.

Tab 19 : la vitesse moyenne des dunes entre 1972 et 2004

Type d'évolution	localisation	Type d'accumulation	Direction de l'évolution	Vitesse moyenne de progression
extension	Debdeb Kheither	Champ des dunes formées des gypses	NE	0.48km/an
			E	0.83km/an
extension	L'extrémité Est du Chott Chergui (debdeb)	Champ des dunes formées des gypses	E	0.33km/an
			S	0.13km/an
			SE	0.33km/an
extension	E Sebkhet es Sefissifa	Champ dunaires	SN	0.16km/an
extension	Ouest du Bougtob	Champ dunaires	SSE	0.15km/an
			SE	0.1km/an
extension	Sebkhet Fekarine	Champ dunaire	SE	0.18km/an
			E	0.21km/an
			N	0.12km/an
extension	Bordure NE du chott	Champ dunaire	ES	1.29km/an
Extension	Bordure SW du chott	Champ dunaire	SW	0.33km/an
regression	Bordure NW du chott	Champ dunaire	NW	0.98km/an
extension Extrémité Ouest de Antar	Dj Antar	Champ dunaire	SW	0.37km/an

fig

IV -3- Vitesse de progression des amas moins de 2 m de hauteur entre 2000 et 2004

Pour l'extension des amas moins de 2 m et d'après les deux images de 2000 et 2004, on a relevé trois remarques qui sont détaillées dans le tableau 20 ci-dessous :

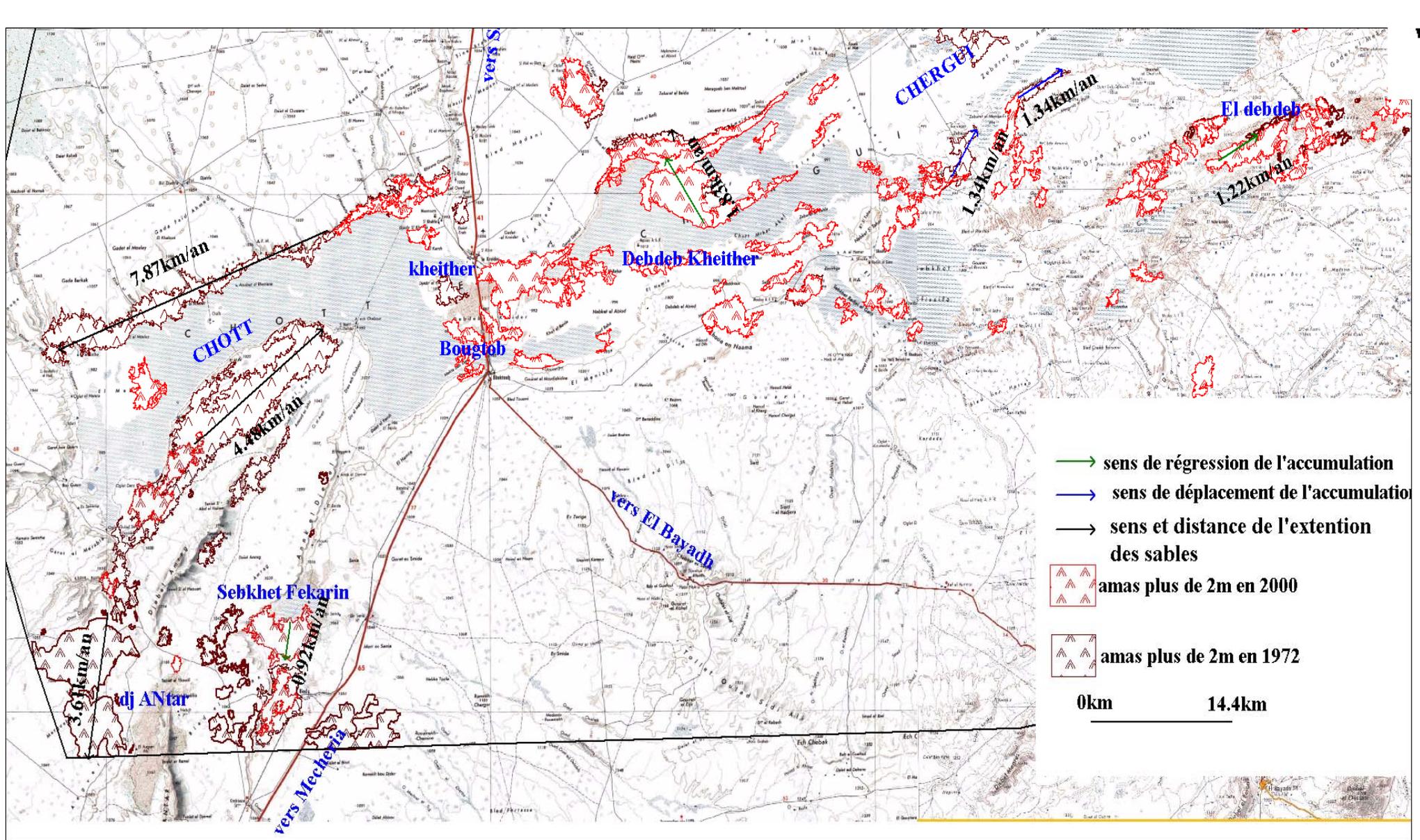
- : - une extension des surfaces des sables
- régression de quelques accumulations sableuses
- déplacement ou la mobilité d'autres surfaces sableuses, résultats des vitesses de déplacements du sable.

Tab 20 : évolutions directions et vitesses des accumulations sableuses

Type d'évolution	localisation	Type d'accumulation	Direction de l'évolution	Vitesse moyenne de progression
Déplacement des barkhanes sur 5.36km	Est du Chott sur la bordure Sud	Barkhanes	N E N	1.34km/an
			N E	1.34km/an
Régression	A debdeb	Barkhanes	N E	1.22km/an
Régression	A Kheither centre du Chott	Barkhanes	N W N	1.83km/an
extension	Ouest du Chott au bordure Sud	Barkhanes	W SW	7.87km/an
extension	Est de dj Antar	Barkhanes	S	3.61km/an
Régression	Sebkhet Fekarine	Barkhanes	S	0.92km/an

En 2000, la région d'étude a été sujette à une extension dans les surfaces des amas sableux plus qu'en 2004 et particulièrement dans la partie Sud Est du Chott. Enfin, on peut dire que d'après les tableaux des résultats, l'extension des amas de plus de 2m se fait sur des directions différentes (SE, SW, S, NE, NW, N), quand à celle des amas de moins de 2m, la direction moyenne de progression est N- E.

Fig N°63: estimation de la vitesse moyenne annuelle de déplacement des sables de 2000-2004 dont la hauteur moins de 2m



Conclusion

En conclusion de ce chapitre, on peut dire que la désertification prend effet dans la région du chott Chergui et précisément dans sa partie Sud Ouest (la région de Biodh, et Mecheria) et même avec une tendance vers le Sud Est du Chott Chergui (la région de Kef Lahmar et Rogassa). La désertification est concrétisée dans notre zone d'étude par le phénomène d'ensablement, la régression et la dégradation du couvert végétal, l'apparition de paysage désertique présentant des surfaces caillouteuses et des zones de transit des sables.

Les résultats obtenus de la classification des trois images satellites de 1972, 2000 et 2004, ont montré que notre terrain d'étude a connu de grandes modifications au cours de cette période qui se sont traduites par les mutations suivantes :

- la progression des surfaces des formations sableuses anciennes localisées entre Kheiter et Bougtob (debdeb Kheiter), à l'extrémité Est du Chott (el debdeb), à l'Ouest de Bougtob (affleurement sableux), le champ dunaires de sebkhet Fekarine et dj Antar. On enregistré en 1972 une surface totale de 156.8km^2 et en 2000, la surface a progressé de 163.8km^2 soit au total, une superficie de 320.6km^2 . La progression n'a cessé de croître jusqu'à atteindre 362.4km^2 en 2004 soit 2.6% de la superficie totale de la zone d'étude. A cela s'ajoutent la création d'autres accumulations qui ont une hauteur de plus de 2m qui ont atteint pour l'année 2000, un total de 1192km^2 et pour l'année 2004, 1234km^2 . La vitesse et l'orientation de progression de ce type de dépôts sont variables, donnant une vitesse moyenne sur 32 ans (de 1972 à 2004) de 3.29km/an avec de différentes orientations (N, E, S, SW, SE, NE, NW).

- la création des amas sableux de moins de 2m en 2000 avec une superficie 1229km^2 a progressé en 2004 de 191km^2 pour atteindre un total de 1420km^2 . Les relevés de terrain et l'analyse granulométrique des échantillons prélevés sur ce type de dépôt montrent que morphologiquement ce sont des barkhanes avec une hauteur de moins de 2m, une longueur $\approx 38\text{m}$ et une largeur $\approx 17\text{m}$. Le traitement granulométrique indique que la plupart des échantillons se caractérisent par des sables de dimension fine à très fine ce qui explique leur mobilité sur un terrain de relief pratiquement effacé et un couvert végétal clair.

- les nappages sableux se présentent dans notre zone avec des superficies énormes atteignant les 1219.5km^2 en 2000 et les 1236km^2 en 2004.

- les champs de nebkas sont nombreux dans la région de Biodh et près du Chott.

La végétation naturelle a connu une régression importante entre 1972 et 2000. L'estimation a été faite à l'aide de calcul de quelques indices de végétation cités dans le détail. Le résultat obtenu affirme une diminution de 13.55%. Durant la période 2000 à 2004 le taux de végétation a légèrement augmenté soit de 0.77% de la superficie totale de la zone, où on a enregistré également une amélioration dans les moyennes de précipitation entre 2000 et 2004 avec 212mm après une baisse par rapport à la moyenne de 125.4mm entre 1972 et 2000.

Au cours de la même période, on constaté l'élévation du taux de salinité avec 270 km² entre 1972 et 2004 et une diminution des surfaces humides de 741km² entre 1972 et 2004 accompagnées par une augmentation du taux de végétation halophyte à 6.73% de la surface totale.

Le sens de déplacement des sables est théoriquement estimé par le rapport donné par la distance d'extension sur une période donnée. Les calculs ont révélé que le plus importants déplacement de sable se faisait à l'Ouest du Chott en sa bordure Sud avec une avancée de 7..87km/an WNW et la plus grande partie vers NE.

Les résultats des études ont démontré que le sens réel des déplacements des sables par les vents se fait vers NE SE et des directions secondaires (WNW, ENE). Le mouvement de sable se fait surtout d'W à l'E avec une direction secondaire (WNW, ENE).

Introduction

La cartographie signifie l'étude et la réalisation des cartes. Elle repose sur un ensemble de techniques servant à la production de celles-ci. La cartographie constitue un des moyens privilégiés pour l'analyse et la communication en géographie. Elle sert à mieux comprendre l'espace, les territoires et les paysages. C'est un ensemble de techniques établies afin d'aboutir au but ou au thème choisi.

Dans le cadre de notre étude on est appelé à réaliser une carte de désertification sur la zone du Chott Chergui. L'élaboration de cette dernière exige un travail alliant la thématique et la technique.

Le travail thématique consiste à regrouper toutes les informations possibles sur la zone (d'après les relevés du terrain ou les documents écrits, des photos, des images satellitaires ou même une autre carte).

Le travail technique consiste à représenter de manière conventionnelle toutes les données recueillies sur un fond topographique à une échelle qui permet une représentation claire du phénomène et dans notre cas nous avons choisi la 1/200000.

Les thèmes de cartographie portés sur les éléments qui définissent la désertification comme étant l'extension des dépôts de sable de toutes formes (dune, amas sableux, nappages, champ de nebkas) aussi l'évolution du couvert végétal et même les terres cultivées comme deuxième élément essentiel, ainsi que les surfaces de regs, les déflations et bien sûr les zones humides (Chott Chergui et le réseau hydrique).

La cartographie de la désertification signifie la transcription sur une surface plane l'évolution du terrain de 1972 à 2004 suivant les images classées. Dans notre cas on a deux périodes :

- la première période (1972-2000) où le terrain a connu d'énormes changements vis à vis de son paysage.
- La deuxième période (2000-2004) englobant toutes les données de mesures récentes sur le terrain.

L'exécution de la carte se fait par la superposition des deux dates pour les deux périodes et le résultat sera la réalisation de deux cartes de l'évolution de la désertification. L'une de 1972 à 2000 et l'autre 2000 à 2004.

Ce procédé a été appliqué parce qu'on ne pouvait pas comparer trois dates en même temps et on ne pouvait ni négliger, ni ignorer une des dates incluses dans la période d'étude et cela pour des raisons suivantes :

- L'image de 1972 porte des informations importantes sur l'occupation du sol, elle nous a aidé dans l'étude de l'évaluation du terrain à cette période.

- l'image de 2000 confirme les changements qu'a connu le terrain durant cette période (soit de 1972 à 2000).

-l'image de 2004 comporte les données récentes relevées sur le terrain et à partir de là, on appliquera la classification pour les trois images.

L'évolution du terrain s'applique aux thèmes suivants :

- Amas sableux plus de 2m de hauteur
- Amas sableux moins de 2m de hauteur
- Nappages sableux
- Champs de nebkas
- Végétation naturelle
- Zones cultivées
- Végétation halophile
- Zones humides (Chott Chergui et le réseau hydrique)
- Surfaces caillouteuses ou regs
- Dépôts de sel

Ces thèmes comportent une même légende pour toutes les dates mais les couleurs diffèrent pour mieux représenter l'évolution.

Une autre difficulté est apparue lors de la superposition de tous les thèmes cités. C'est l'obtention d'une carte encombrée et difficile à lire. Pour remédier à cela, on a choisi de ne cartographier que les éléments qui expliquent au mieux cette évolution visa à vis du phénomène d'ensablement et ces thèmes sont :

- Les accumulations de sables de toutes formes (amas plus de 2m de hauteur (dune), amas moins de 2m de hauteur (barkhane), nappages, et nebkas).
- Chott Chergui y compris le réseau hydrique.

- Zones de transits (déflations).
- Les surfaces caillouteuses (regs).
- dépôts de sel.
- Les infrastructures (routes).

Le résultat obtenu c'est traduit par deux cartes de l'évolution de la désertification du Chott Chergui, une de 1972 à 2000 et la deuxième de 2000 à 2004.

Nos cartes d'évolution comportent d'autres éléments qui peuvent les enrichir du point de vue informations concernant le thème de l'étude tels que le déplacement potentiel des sables (DPS).

Le document va comporter une autre carte annexe qui décrira l'évolution de la végétation de 1972 à 2004, et cela pour les mêmes raisons citées auparavant (éviter d'encombrer les cartes de l'évolution de désertification). Ce détail a une grande importance et ne doit en aucun être omis.

Dans cette carte l'évolution va être montrée par symboles et par dégradation du vert (Cf Fig41) sur les éléments suivants :

- La végétation naturelle y compris les zones cultivées de 1972 à 2004
- La végétation halophyte de 1972 à 2004
- Plus les zones humides pour voir l'emplacement de la végétation dans notre terrain.

- Les procédures de la cartographie

Pour la réalisation des cartes de désertification de (1972-2000) et (2000-2004), on s'est appuyé sur les documents suivants :

1- Pour la délimitation du Chott Chergui (zone d'étude)

On a utilisé quatre cartes topographiques à échelle 1/200000 pour délimiter la zone d'étude car le Chott Chergui s'étend sur quatre régions :

- La carte de Frenda où se situe la partie Nord Est du Chott
- La carte de Saida pour le Nord de la zone d'étude (Mosbah)
- la carte d'El Kheither où se situe la partie centrale, Ouest est Sud Ouest de Chott plus la région de Biodh.
- la carte d'El Bayadh pour la partie Sud Est du Chott Chergui.

2- Calage des cartes topographiques et regroupement des parties d'étude dans une seule carte

Cette étape consiste à caler les cartes topographiques en utilisant un système d'information géographique (sig) qui est le mapinfow, c'est-à-dire géo- référencer les cartes en leur donnant des coordonnées géographiques (Xa , Ya) de latitude et(Xb, Yb) de longitude.

Cette étape permet de positionner n'importe quel élément sur la carte (accumulation sableuse, points coté...etc) comme elle permet également de calculer automatiquement les superficies et les distances.

La carte topographique utilisée doit avoir la même projection que les images satellites pour avoir les mêmes références.

3- Extraire la zone d'étude à partir des quatre cartes

Cette phase consistait à ressortir la partie d'étude à partir des cartes topographiques de la zone, on les collants et puis de découper la partie choisie à l'aide du logiciel paint shop professionnel 7. Le résultat donnera une petite carte qui couvre le Chott Chergui qui sera recalée par le mapinfo.

4- Utilisation des classes tirées des images satellitaires classées

Ce stade consiste à utiliser les classes d'images directement sur le fond topographique, en procédant comme suit :

- vectorisés des classes de l'image à l'aide du ENVI4.1, c'est en quelque sorte une dissociation des classes,
- Rendre chaque classe en couche de dessin utilisable par le Mapinfo,
- donner à chaque couche de dessin la même projection que la classe d'origine et une légende portant des symboles et des couleurs qui conviennent à l'élément traité,
- corriger les erreurs que l'on trouve sur chaque couche de dessin (pixels éparpillés, des confusion faites lors du traitement des images et pour cela, on s'appuie sur les connaissances du terrain.

5- La légende

Dans notre travail on est appelé à utiliser une légende universel de (JOLY. F) Mais son utilisation a posé un problème qui est l'absence de symboles normalisés au niveau du logiciel nous obligeant à utiliser d'autres symboles qui peuvent être adaptés à l'élément étudié

Même pour les couleurs dans la réalisation de chaque carte on a utilisé des couleurs normalisées (CNRS).

- jaune pour les accumulations sableuses
- marron pour le relief et le reg.
- Bleu pour les zones humides y compris le réseau hydrique.
- Vert pour la végétation.

Comme le but de notre travail est de montrer l'évolution du terrain sur des dates différentes, et que l'impression de la couleur jaune est invisible, on a choisie des couleurs différentes pour les thèmes suivants :

Les accumulations sableuses de toutes formes, (amas, nappages, et nebkas)

Les surfaces caillouteuses.

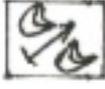
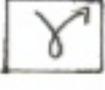
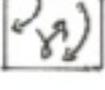
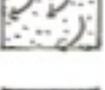
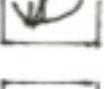
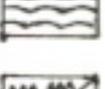
On a utilisé alors le :

- marron foncé pour l'état de surface en 2004
- rouge pour l'état de surface en 2000
- orange pour l'état de surface en 1972.

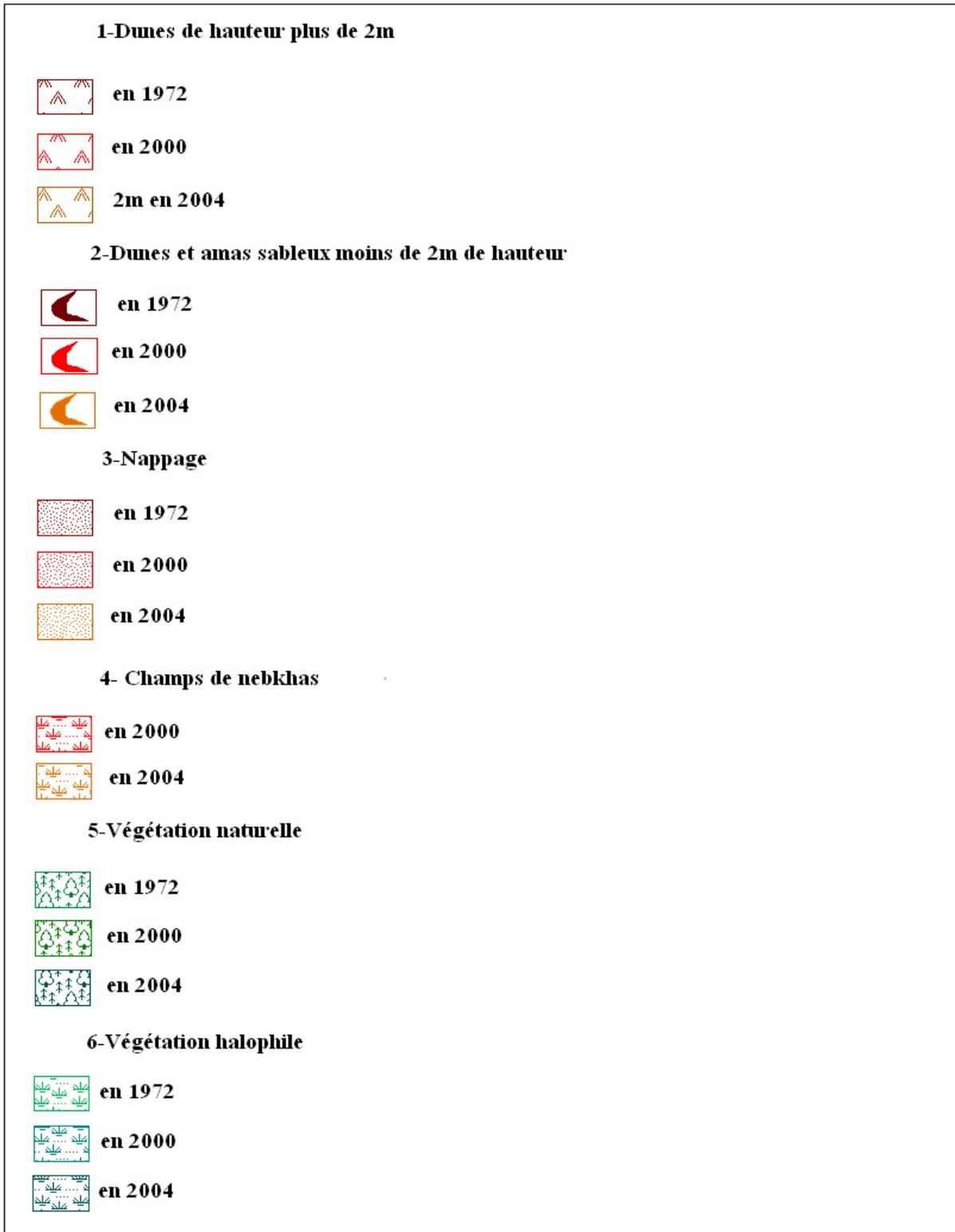
Tab 21 : L'évolution de l'état de surface entre 1972 à 2004

classes	1972		2000		2004	
	S (km ²)	%	S (km ²)	%	S (km ²)	%
Amas +2m	523.5	3.78	1192	8.61	1420	8.91
Amas -2m	109.28	0.78	1229	8.87	1234.9	8.91
nappages	560	4.04	1219.5	8.81	1236	8.93
nebkas	-	-	1765	12.75	937	6.77
Zones de déflations	512.7	3.7	1488	10.75	863.5	6.23
Surface caillouteuse	4725	34.14	3632	26.24	1918.7	13.86
Végétation naturelle	3956	28.58	859.2	6.2	2205	15.93
Zones cultivées	532.5	3.84	240	1.73	689.1	4.97
Végétation halophile	658.6	4.75	771.1	5.57	2018	15.58
Zones humides	2204	15.92	1282	9.26	949.7	6.86
Dépôts de sel	58.42	0.42	162.3	1.17	632.7	2.65
total	13840	100	13840	100	13840	100

La légende normalisée de JOLY. F qui convient à notre thème est représenté dans la fig 40:

	Barkhane
	Champ de barkhanes
	Zone de déflation
	Zone de déflation et d'accumulation
	Reg
	Rides
	Nappages
	Nebka
	Champ de nebkas
	Chott
	Sebkha
	Daya

La légende choisie dans la réalisation de nos cartes avec les couleurs montrant l'évolution (Fig 41)





Conclusion

Les cartes de désertification 1972 -2000 et 2000-2004 ont montré que la région du Chott Chergui est touchée par le problème de désertification qui se traduit par l'envahissement de quelques zones par le sable. Dans le Sud Ouest de la région vers Mecheria et Biod et vers le Nord Est la région de Kef Lahmar et Rogassa. Durant la période 1972 à 2004, la zone a connu une progression au niveau des accumulations anciennes et aussi la création de nouvelles accumulations à hauteur de moins de 2m. Ce type d'accumulations se trouvait près de dj Antar avec des superficies restreintes en 1972.

D'un autre coté, ce phénomène s'explique aussi par la régression de la végétation naturelle qu'a connu la région durant la même période cédant la place à des surfaces caillouteuses ou des nappages sableux. On a également remarqué une élévation dans le taux de la végétation halophile et des surfaces cultivées.

CONCLUSION GENERALE

Le terme désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches, par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines. Cette dégradation des terres en zones sèches se traduit par une détérioration de la couverture végétale ainsi que des sols, la diminution des ressources en eau, voire son absence totale, aboutissant par la suite et à une diminution ou à une destruction du potentiel biologique des terres et de leur capacité à supporter les populations qui y vivent.

La zone d'étude se situe dans les Hautes Plaines Sud Oranaises. Elle a été définie à l'aide d'une image satellitaire et des cartes topographiques. Elle est limitée par cinq points qui sont ses coordonnées géographiques. Sa superficie est de 13840km² dans laquelle, le Chott Chergui occupe 61.81%. Son point le plus élevé Krab est à 1036m d'altitude, et le plus bas daït el Kertch est à 983 m. En intermédiaire, nous avons Djerid el Kheiter à 1017 m, sebkhet sfissifa à 1005 m et Debdeb el Kheiter à 987 m

Le paysage constitue une vaste étendue visible à l'œil nu constituée de dépressions (dayas, sebkhas, mekmen). Cet espace est parsemé de touffes de végétations et par endroit, il présente de grandes surfaces nues et caillouteuses.

Au sud, la zone est légèrement modifiée par l'existence de reliefs structuraux correspondants aux manifestations les plus septentrionales des plissements atlasiques. On trouve des Monts au Sud-Est, (dj Et Tarf 1478m, dj Zouireg 1509m, étendu Nord Est de dj Megress 1458m, dj Mekter 1428m). Ces monts sont marqués par des versants rectilignes qui se terminent par des glacis et dont l'altitude minimale est de 1400m. Au Sud-Ouest, on trouve djebel Amrag à une altitude de 1230m avec un versant à pente faible exposé à l'Est et le versant opposé, en pente modérée, vers l'Ouest. Au Sud-Ouest--- Sud, on trouve djebel Antar qui se divise en deux parties. L'une, au Nord avec une altitude de 1397m, et l'autre, au Sud avec un point haut culminant à 1462m.

Le Chott chergui, inclut dans l'un des plus grands bassins versant de l'Algérie, est drainé par d'importants oueds ruisselants de l'Atlas tellien comme Oued Falit, Oued el Hadjir, Oued Hammam, Oued el Mai, et de l'Atlas saharien comme Oued Rnen, Oued Tousmouline, Oued Mehairja.

La zone d'étude représentait dans le passé le domaine des formations végétales pérennes et essentiellement l'alfa ; mais durant ces dernières décennies, cette espèce a connu une régression très importante. En effet, en moins de dix années, de grandes étendues de steppes denses d'alfa, ont été détruites dans le Sud-Oranais. Ce sont 1,2 millions d'hectares qui ont été affectés de 1983 à 1990 et 700 000 ha de peuplements clairs dans lesquels l'alfa a complètement disparue (Aidoud et Touffet, 1996). Au cours des sorties sur le terrain effectuées de 2001 jusqu'à 2004, on a remarqué que la végétation naturelle a connu une régression et une dégradation considérable. Elle se constitue généralement de harmel, de sparte et de remt, ainsi que de jujubiers et tamarix avec un taux très faible 5% à 10%. Ces végétations qui occupent des terrains situés près des points d'eau et les dayas, sont dans état dégradé. Sèches ou broutées par le bétail, on ne trouve parfois que des traces c'est-à-dire des racines mortes indiquant qu'il y'avait de la végétation dans cet endroit. Il en est de même pour la dégradation des sols où le sable marque sa présence par accumulations ou par formations superficielles.

La zone d'étude, qui appartient au domaine des semi-arides, jouit d'un climat de type méditerranéen et dont les précipitations annuelles sont comprises entre 100-400mm. Selon les stations météo des hautes plaines, la moyenne y est de 392,1 mm pour Saida, 263 mm pour Mechéria, 287,5 pour El Bayadh. Les coefficients de variation sont, à Saida 26,7 %, à El Bayadh 31,3 % et le plus élevé à Mechéria 43,2 %.

La désertification est due également aux activités humaines. L'augmentation de la population et l'urbanisation entraîne une demande alimentaire croissante. Le développement de la production agricole s'est fait au prix d'une pression accrue sur l'espace territoriale ainsi que sur les ressources naturelles et l'environnement. La forte demande des besoins des populations et l'absence des règles d'accès aux ressources, menant à une utilisation irrationnelle des ressources par des pratiques inadaptées et néfastes pour le milieu naturel. Le surpâturage et les extensions exercent eux aussi des actions négatives sur le couvert végétal et sur les sols les exposant ainsi à d'importantes dégradations. Fréquemment, la satisfaction des besoins pressants à court terme associée à des crises climatiques, démographiques et économiques imprévues, accentuent l'impact de ces pratiques et conduisent aux processus de désertification.

Pour la réalisation de ce travail, on a utilisé deux méthodes d'approches : la première portant sur la partie technique qui est le travail par télédétection et consistait à ressortir les images satellitaires de la zone d'étude à des dates différentes (1972-2000 et 2004), les traiter et les classer pour permettre la diachronique. La deuxième portant sur la partie thématique qui se base sur les relevés de terrain et le traitement des échantillons recueillis.

Première approche :

Le traitement par télédétection est basé sur trois images satellitaires (MSS1972, TM2000, et ALSAT2004). Il se déroule selon les étapes techniques et pratiques suivantes :

La correction géométrique est basée sur 12 à 14 points de contrôle avec une erreur RMS comprise entre 0.61 et 0.98. Cette étape était effectuée selon la projection UTM (Universal Translation Mercator), le fuseau 31, l'ellipsoïde de Clark 1880. Le modèle polynomiale utilisé est de degrés².

L'appui des références du terrain (relevés) est essentiel pour la classification supervisée et les informations requises sont données par l'objectif fixé. La technique utilisée avec le maximum de vraisemblance a été appliquée sur l'ensemble des images et le résultat obtenu a donné une carte thématique où tous les postes des relevés terrain apparaissent.

Le choix des échantillons du terrain qu'on veut étudier, a été fait à l'aide d'un GPS. Chaque échantillon est géo référencié par un point X et Y, dont l'utilisation sert à classifier les images.

On a calculé à partir des images brutes, des indices de végétation (NDVI, MSAVI). L'application avait pour but de le degré d'évolution de la végétation durant la période de 1972 à 2004.

Deuxième approche :

La deuxième approche portait sur le traitement granulométrique et l'étude des relevés de terrain où ont été utilisées les notes recueillies au cours des différentes sorties (la sortie de 2001 et 2002 faite par Mm K. Remaoun sortie de 2003 faite par Mm Remaoun et la promotion de magister 2003 dans le cadre du stage obligatoire et la dernière en 2004 faite aussi par Mm Remaoun et la promotion de magister dans le but d'établir le mémoire final).

A partir des relevés de terrain, on a essayé de clarifier un certain nombre de points parmi lesquels, l'identification de certains sites énigmes présents sur l'image satellite. Cette identification se basait sur les points suivants:

1-caractériser les différentes formes de désertification à partir de:

La dégradation du couvert végétal.

Les extensions des dépôts sableux.

L'extension des zones de déflations éoliennes.

2- faire des mesures sur les dépôts sableux (largeur, hauteur, et longueur) en déterminant leurs forme (barkhanes, nappages...) leurs directions à l'aide d'une boussole, ainsi leurs positions sur le terrain à l'aide du GPS.

3-Faire un échantillonnage des sables de certaines accumulations (à Kheither, Kef Lahmar, Rogassa, Biod et la sortie de Mecheria).

4 – Le travail au laboratoire consistait à valider la classification des images en utilisant les points de GPS relevés sur le terrain et aussi faire un traitement granulométrique des échantillons prélevés en appliquant la méthode de tamisage des fractions de 0.04mm à 2mm, selon la méthode de classification de A.wenthworth. Les résultats sont interprétés sous formes numériques (calculs des indices de classement), et graphiques (courbes cumulatives et histogrammes). Le but est de caractériser le type de sable qui constitue chaque échantillon.

L'application de ces deux approches, nous a mené à décomposer l'évolution de la région du Chott Chergui en quatre phases étapes

1-l'évolution des accumulations sableuses de 1972 à 2004 où l'on a distingué des formations anciennes qui se localisent entre Kheither et Bougtob (debdeb Kheither), à l'extrémité Est du Chott (el debdeb), à l'Ouest de Bougtob, le cordon dunaire de sebkhet Fekarine et à dj Antar. On enregistré 156.8km^2 en 1972 et 320.6km^2 en 2000, elle est arrivée à 362.4km^2 en 2004 soit 2.61% de la superficie totale de la zone d'étude, plus la création d'autre accumulation pour arrivée à une superficie de 1234km^2 en 2004.

2- la création des amas sableux moins de 2m de hauteur durant la période de 1972-2000 en continuant jusqu'à 2004 où la superficie de ce type de dépôt en 1972 était de 109.28km^2 soit 0.78% pour arriver à 1420km^2 soit 10.26%. Les relevés de terrain et l'analyse granulométrique des échantillons prélevés montrent que morphologiquement, ceux sont des champs de barkhanes avec une hauteur moins de 2m, d'une longueur $\pm 38\text{m}$ et d'une largeur

±17m, avec de différentes directions des rides orientées à 385°N à Kef Lahmar, à 335°N à Mosbah, à 385°N à l'Ouest de dj Antar et de 216° à 243°SW à Biodh. Ces champs occupent aussi bien dans les lieux boisés que non boisés au Sud Ouest et Sud Est du Chott.

Le traitement granulométrique indique que la plupart des échantillons sont formés par des sables de dimension fine à très fine très bien classés à bien classés ; ce qui explique leur mobilité dans un terrain de relief pratiquement effacé, avec la présence d'un couvert végétal clair.

La présence de surfaces très étendues et croissantes des nappages de 1972 à 2004, plus ou moins épais, atteint les 1219.5km² en 2000 et a augmenté à 1236km² en 2004 avec une orientation des rides 21°N. Ils sont constitués par des matériaux fins à très fins et bien classés à très bien classés.

La présence des champs de nebkas avec des superficies a varié entre 1765km² à 937km² de 2000 à 2004. Leur sable est constitué par de différentes particules fines, très fines, moyennes et grossières. Les sédiments des nebkas sont parfois bien classés et parfois mal classés.

2 - D'après l'interprétation des résultats des indices de végétations, on a déduit que le couvert végétal dans la région du chott chergui a connu une régression importante entre 1972 et 2000 soit de 13.55% de la superficie totale de la zone et que durant la période de 2000 à 2004, le taux de végétation a légèrement augmenté de 0.77%.

3 - Dans la même période, on a constaté l'élévation du taux de salinité et la diminution des surfaces humides ou bien l'absence d'eau accompagnant de l'augmentation du taux de végétation halophyte à 6.73% en 2004 de la surface totale.

4- Le sens de déplacement des sables est théoriquement estimé par le rapport donné par la distance d'extension sur une période donnée. Les calculs ont révélé que le plus important déplacement de sable se faisait à l'Ouest du Chott sur sa bordure Sud avec une avancée de 7.87 km/an avec une direction WNW et la plus grande partie vers NE.

Les résultats des études ont démontré que le sens réel des déplacements des sables par les vents se fait vers NE SE et des directions secondaires WNW, ENE. Le mouvement de sable se fait surtout d'W à l'E avec une direction secondaire WNW, ENE.

Le résultat du but final de notre travail est d'arriver à établir une carte qui retrace l'évolution de la désertification durant deux périodes de (1972 à 2000) et de (2000 à 2004). Ce

travail est passé par plusieurs étapes au cours desquelles ont été utilisés les documents suivants :

Les cartes topographiques (Frenda, Saida, Kheither, et Bayadh) au 1/200000

Les images classées (MSS1972, TM2000, ALSAT2004)

L'utilisation du système d'information géographique pour combiner toutes les données qu'on possède.

Utilisation d'une légende convenable aux thèmes étudiés avec des symboles et couleurs adaptés.

Le but du travail effectué était de démontrer objectivement l'évolution de la désertification en superposant les deux cartes sur lesquelles sont portés les résultats obtenus pour les deux période soit de 1972 à 2000 et de 2000 à 2004. Enfin, compléter l'étude par une troisième carte annexe qui traitera de l'évolution de la végétation sur la période de 32 ans soit de 1972 à 2004

En finalité on peut dire que la région du Chott Chergui tend vers une désertification se faisant du Sud Ouest vers le Nord Est, (soit de Mecheria et Biod vers Bougtob) et du Nord Ouest vers Sud Est (soit de Bougtob vers Kef Lahmar et Rogassa). Cette tendance s'explique par l'abondance des accumulations des sables et particulièrement celles ayant une hauteur inférieure à 2m. Caractérisées par une mobilité multidirectionnelle, elles constituent de sérieuses menaces pour la zone et particulièrement pour les infrastructures (routes et chemins de fer...etc). A cela s'ajoute l'absence de la végétation qui joue un rôle important comme brise vent et frein à l'avancée des sables, l'apparition des paysages quasiment désertiques ainsi que le dépeuplement ou le phénomène de sédentarisation.

La lutte contre la désertification fait l'objet de nombreuses recherches. Il n'existe malheureusement aucune issue scientifique radicale toute faite pour contrôler ce phénomène. Mais Il existe cependant d'autres éventualités partielles mises au point pour des conditions particulières dans des régions précises. Les solutions sont spécifiques à chaque lieu et à chaque situation. Elles reposent sur le contrôle des causes de la dégradation des terres.

A titre d'exemple, nous citons ci-après les méthodes correctives qui visent à stopper un phénomène, et à réparer les dégradations subies :

- la fixation des dunes pour lutter contre l'ensablement, et aussi les reboisements.

-Les techniques permettant de mieux exploiter les ressources naturelles, qui correspondent à la mise en place de pratiques améliorées et adaptées à l'agriculture, l'élevage, l'usage de la biomasse et des sols.

BIBLIOGRAPHIE

AIDOUD A., (1983)- Productivité végétale et applications pastorales, cas des hautes plaines steppiques de Saïda. In : *Séminaire national sur le développement de la steppe*, Saïda, septembre 1983. Organisation Nationale de la Recherche Scientifique- ONRS/Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique-MERS, Saïda.

AIDOUD A., (1989)- Les écosystèmes steppiques pâturés d'Algérie : fonctionnement, évaluation et dynamique des ressources végétales. Thèse Doct., Univ. Sci. Technol. H. Boumédiène, Alger, 250 p.

AIDOUD A., (1992)- Les parcours à alfa (*Stipa tenacissima* L.) des Hautes Plaines algériennes : Variations interannuelles et productivité. In : Actes du IVe Congrès International des Terres de parcours (Montpellier, France, 1991), 198-199.

AIDOUD A., (1994)- Pâturage et désertification des steppes arides d'Algérie, cas des steppes d'alfa (*Stipa tenacissima*L.). *Paralelo 37°*, 16 : 33-42.

AIDOUD A., (1996)- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes, *Rev. Sécheresse, Vol. 7, numéro 3*.

AIDOUD A. (Algérie)- Changements de végétation et changement d'usage dans les parcours steppiques d'algerie, *Rev, secheresse*, vol 3-96 *Unv* ,de Rennes1, (France)

AIDOUD A., Slimani H. Aidoud-Lounis F., Touffet J, (1999)- Changements édaphiques le long d'un gradient d'intensité de pâturage dans une steppe d'Algérie., *Ecologia Mediterranea*, 25(2), 163-171.

AIDOUD –Lounis F., (1997)- Le complexe alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille.263p.

AIDOUD -Lounis F., (1984)- Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum* L.) des Hauts Plateaux Sud Oranais. *Thèse 3eme cycle*, Univ. Sci.Techno1. H. Boumédiène, Alger,

AIME S., REMAOUN K., (1988)- variabilité climatique et steppisation dans le bassin de Tafna (oranie occidentale) ; *Rev ; Méditerranée n°01*.

ALIMEN H., (1987)- Évolution du climat et des civilisations depuis 40000 ans du nord au sud du Sahara occidental. (Première conceptions confrontées aux données récentes) ; *CNRS. Vol.4 ; pages 215-227 ; Marseille*.

AMGHAR. F., KADI-HANIFI H., (2000)- Effet du pâturage sur la biodiversité et l'état de la surface du sol dans cinq stations à alfa du Sud Algérois, *Unv. Sciences et Technologies H. Boumedienne, Alger, Algérie*.

AMGHAR. F., KADI-HANIFI. H., ()- Effet du pâturage sur la biodiversité et l'état de la surface du sol dans cinq stations à alfa du Sud Algérois. *Thèse ; Unv. Sciences et Technologies H. Boumediene. p399 –p 402*.

ANTOINE C., (2002)- La désertification, Un problème d'environnement, Un problème de développement. Résumé de la conférence donnée à Acropolis Muséum ; *IRD*.

BEDRANI S., (1994)- La place des zones steppiques dans la politique agricole algérienne. *Paralelo 37°, p16 : 43-52*.

BENABDELI. K., (1995)- Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique Commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbes-Algérie), Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, ISN, Sidi-Bel-Abbès, (Algérie),*rev , CIHEAM - Options Mediterraneennes sér. A / n°39, 2000*.

**BENYOUCEF M.T., ZAHAF. A., BOUTEBILA . S, BENAÏSSA .T, KAIDI . R
KHELLAF. D, BENZIDOUR. A (1994)**-Aspects organisationnels et techniques d'un programme d'étude génétique de la race ovine Hamra dans la région de l'Ouest (Algérie),*Rev, CIHEAM - Options Mediterraneennes*.

BLOUFA RAHOU H. (2002)- Erosion éolienne et mobilité potentielle des sables dans le sud ouest Algérien, *mém de magister, unv d'Oran Es-Senia*.

BONN F, CARTEL. (1998) -La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection et des SIG : possibilités, erreurs et limites *Cahiers Sécheresse, volume 9, Numéro 3, pages 185-192* , Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada J1K 2R1.

BOUKHALKHL KH. (2007)-La cartographie de l'évolution de la désertification dans les hautes plaines Sud Oranais, *mém de magister, univ d'Oran Es –Senia*.

CALLOT Y. (1987)-Géomorphologie et paléoenvironnement de l'atlas saharien au grand erg occidental : dynamique éolienne et paleo lacs holocènes, université Pierre et Marie Curie, parie 6.

CLARK I, ABDOURAHAMANE K, (1997)-Caractérisation des zones potentielles de déflation dans onzestations en Afrique au sud du Sahara, *Cah "Sécheresse", Vol. 8, numéro 4, pages 227-239, Université Paris XII, Val-de-Marne*.

COUDERC. R, (1993)- Remarques sur le concept de région applique' à la steppe 21 de l'Algérie occidentale, *rev, CIHEAM - Options Méditerranéennes N°23*.

DJEBAILI S, (1978)- Recherche phytosociologies et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. *Thèse doctorat, USTL Montpellier*.

DUBIEF J, (1959)-le climat du Sahara, *thèse ; tome1 ; unv d'alger*.

FERNAND J, (1997)- glossaire de géomorphologie base de données sémiologiques pour la cartographie ; *edt, Armand colin*.

Gintzburger G (2002)- Dégradation et restauration / réhabilitation des parcours des zones semi-arides et arides : fiction ou réalité ? **LEAD**, Conférence électronique francophone.

GIRARD, M.C. ET C.M. GIRARD (1999). Traitement des données de télédétection. *Edit, Dunod, Paris, p529*.

HATIMI A, ACHOURI M, OIHABI A, (1997)- Endomycorhization de légumineuses fixatrices des dunes: croissance et nutrition phosphatée, *Cahiers "Sécheresse", Vol. 8, numéro 2, pages 99-102.*

HIRCHE A. BOUGANI A, SALAMANI M, BENARIEB S (1999)- suivi diachronique des processus de désertification in situ et par télédétection des hautes plaines steppiques sud – ouest oranais, *caméleo annuel rapport avec la contribution de 4 partner, URBT, INC.*

LAFRID A, (2004)-la cartographie de l'extension de la désertification dans la partie SW des Hautes Plaines Oranaises, *Mem ,ing, unv ; oran.*

LAMARRE D, (1997)-les risques liés au climat ; *pub, unv de Bourgogne ; edt ,unv de Dijon.*

LE HOUÉROU. H.N, (1975)- Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord, *rev, CIHEAM - Options Mediterraneennes. N°26.*

LE HOUÉROU. H.N., (1985)- La régénération des steppes algériennes. *Rapport de mission de consultation et d'évaluation, 18/11 até 2/12/1985, 1-45.*

LE HOUÉROU. H.N., (1969) -La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, 42(5):1-624.*

MAINGUET. M, DUMAY. F, (1983)- pourquoi le réseau érosion doit-il faire une place a l'érosion éolienne ? Université de Reims Champagne-Ardenne.

MANIÈRE R (1), BASSISTY E (2), CELLES J-C (2), MELZI S (3) (1993)-Utilisation de la télédétection spatiale (données XS de Spot) pour la cartographie de l'occupation du sol en zones arides méditerranéennes : exemple d'Ain Oussera (Algérie), *Cah. Orstom, sér. Pédol., vol. XXVIII, no 1: 67-80 ; (1) Ura 11.52 Écologie et Paléoécologie méditerranéennes, université d'Aix-Marseille III, (2) Ecologie et Phytosociologie, université de Nice Sophia-Antipolis, , France. (3) Unité des Ressources biologiques terrestres, université des sciences et de la technologie H. Boumedienne,*

MEHDADI Z, BENAOUA Z, LATRACHE A, BENTRASSAINI H, BOUCHAAUR I, (2004)-contribution à l'étude de la régénération naturelle de *stipa tenacissima* dans les Hautes Steppes de sidi Bel Abbés (Algérie occidentale); *Rev ; 15 (2) ; 167 - 71.*

MELZI S, (1993)-évolution de végétation et du milieu dans la région pré saharienne des steppes algériennes, *Rev, sécheresse ; 4 ; 113-6.*

NAAIM-BOUVET F, BRUGNOT G, (1996)- Protection d'un canal contre l'ensablement d'origine éolienne : l'exemple des Daounas (Mali),*Cah "Sécheress*

NEDJRAOUI. D,(1998)- Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation, Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres URBT; Alger, Algérie.

OLANREWAJU B. SMITH, SAIDOU KOALA (1999)- LA DÉSERTIFICATION : MYTHES ET RÉALITÉS, *Centre sahélien de l'ICRISAT, Niamey, Niger*

OULD-HENIA A(2003), Choix climatiques et construction. Zones arides et semi arides ; maison a cour de Bou Saada, thèse, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'urbanisme, *Alger.*

RAHMOUNE. C, MAALEM. S, BENNACEUR. M, ()- Etude comparative de rendement en matière sèche et en matière azotée totale de trois espèces de plantes steppiques du genre *Atriplex*, Ecotoxicologie et Stress Abiotiques, Dépt. SNV, Faculté des Sciences, Université Mentouri Constantine.

ROGNON P, ARRUE J-L, COUDE-GAUSSEN G,(1997)- Paramètres pédagogiques intervenant dans l'érosion éolienne en régions sèches méditerranéennes, *Cah "Sécheresse", Vol. 8, numéro 2, pages 109-116,UFR Sciences de la terre et aménagement régional,Université de Caen, France.*

ROGNON P, (1980)-une extension des déserts (Sahara et Moyen-Orient) au court du Tardiglaciaire (18000-10000 ans BP), *Rev, de géologie dynamique et de géographie physique ; vol. 22, Fasc.4-5, p. 313-328, Paris.*

SAHLI. Z, (1983)- Risques et enjeux dans les agricultures familiales Cas des zones montagneuses, arides et semi-arides, *INESG, Alger (Algérie), rev, CIHEAM - Options Méditerranéennes, Sér. B / n°12, 1997.*

SAID M.(1993)-Evolution de la végétation et du milieu dans la région présaharienne des steppes algériennes, *Rev. Sécheresse, Vol. 4, numéro 02.*

SMAHI Z. (2002)-Etude diachronique d'une région steppique (Djelfa, Algérie) : Apport de la télédétection pour le suivi de la végétation et la caractérisation du risque de dégradation du milieu *université de l'Ulge", Vol. 7, numéro 1, pages 55-64.*

TBIB. A, CHAIEB. M, ()- La mise en défens des parcours en zones arides : Avantages écologiques et obstacles socio-économiques, Labo. Economie et Société Rurale, Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie ; Labo. Biologie Ecophysiologie Végétale, Faculté des Sciences, Sfax, Tunisie.

TRICART J, CAILLEUX A, (1969)-le modelé des régions sèches, *edi d'enseignement supérieur.*

ZIAD A (2006)- La steppe algérienne : Un Espace de nomade et d'élevages ovins, *article, La Tribune (Alger).*

LA LISTE DES FIGURES

Fig1 : Situation de la steppe algérienne.....	03
Fig 2 : Situation du chott chergui (d'après image Spot 2007).....	07
Fig 3 : Croquis morphologique du Chott Chergui.....	11
Fig 4 : la répartition de l'alfa dans les hautes plaines steppique en 1955.....	14
Fig 5 : Répartition de type de steppe dans les hautes plaines 1978.....	15
Fig 6 : Evolution des steppes d'alfa dans les Hautes Plaines du Sud-Oranais (Rogassa).....	16
Fig 7 : Dépérissement des touffes d'alfa sous l'effet du surpâturage.....	17
Fig 8 : les variations des moyenne interannuelles des stations de (Saida, Mecheria et Bayadh) de 1913 à 2004.....	21
Fig 9 : image classée de MSS1972.....	37
Fig 10 : image classée de TM 2000.....	38
Fig 11 : image classée de ALSAT 2004.....	39
Fig 12 : La végétation naturelle dans Chott Chergui d'après l'indice de végétation NDVI appliqué sur l'image MSS 1972.....	41
Fig 13 : La végétation naturelle dans Chott Chergui d'après l'indice de végétation NDVI appliqué sur l'image TM 2000.....	42
Fig 14 : La végétation naturelle dans Chott Chergui d'après l'indice de végétation NDVI appliqué sur l'image ALSAT 2004.....	43
Fig 15 : La végétation naturelle dans Chott Chergui d'après l'indice de végétation MSAVI appliqué sur l'image MSS 1972.....	45
Fig 16 : La végétation naturelle dans Chott Chergui d'après l'indice de végétation MSAVI appliqué sur l'image TM 2000.....	46
Fig 17 : La végétation naturelle dans Chott Chergui d'après l'indice de végétation MSAVI appliqué sur l'image ALSAT 2004.....	47
Fig 18 : Localisation des échantillons.....	54
Fig 19 : Evolution d'importantes formations sableuses de 1972 à 2004 (d'après les images MSS, TM, et ALSAT).....	62
Fig 20 : Evolution des dépôts sableux de 1972 à 2000 d'après les images MSS, TM et ALSAT	64
Fig 21 : Evolution des dépôts sableux entre 2000 et 2004 d'après les images TM et ALSAT	65
Fig 22 : Courbes granulométriques des sables d'une barkhane au NE d'el Biod.....	68

Fig 23 : Courbes granulométriques des sables d'une ride sur barkhane	68
Fig 24 : Dimension de la barkhane échantillonnée.....	69
Fig 25 : Courbes granulométriques d'une barkhane à l'extrémité W du Chott Chergui.....	70
Fig 26 : Courbes granulométriques des sables d'une barkhane à la bordure Sud du Chott Chergui.....	71
Fig 27 : Courbes granulométriques des sables d'une barkhane au SE de Kef Lahmar.....	72
Fig 28 : Courbes granulométriques des sables d'une barkhane et une dépression interdunaire au NE de dj Antar.	73
Fig 29 : Courbe granulométrique des sables d'un nappage à Mosbah.....	74
Fig 30 : Courbe granulométrique des sables d'une micro nebka à el Kheiter.....	75
Fig 31 : Courbe granulométriques des sables d'une micro nebka à Kef Lahmar.....	76
Fig 32 : Courbes granulométriques d'une formation superficielle à la sortie N de Mecheria..	76
Fig 33 : moyennes pluviométrique de la station de Mecheria et Saida.....	84
Fig 34 : Evolution de la végétation du Chott Chergui entre 1972 et 2000.....	85
Fig 35 : Evolution de la végétation du Chott Chergui entre 2000 et 2004.....	87
Fig 36 : Rose de déplacements potentiels des sables (DPS) à Mecheria de 1985 à 1996 (Mahboubi B, 1998).....	87
Fig 37 : La vitesse moyenne annuelle de déplacement des sables de 1972 à 2004 dont des dunes.....	91
Fig 38 : La vitesse moyenne annuelle de déplacement des sables de 2000 à 2004 dont amas moins de 2m de hauteur.....	94
Fig 39 : la légende normalisée de JOLY.F.....	103
Fig 40 : la légende appliquée pour la réalisation de la carte de la désertification.....	104

LISTE DES PHOTOS

Photo1 : partie Est du Chott Chergui près d'El Kheiter le 14 /12/ 2004.....	08
Photo 2 : représente la morphologie de la région (djebel, dune, plaine, et végétation).....	09
Photo 3 : prise le 12 décembre 2004 à l'extrémité Ouest de Mecheria.....	18
Photo 4 : montre un paysage complètement dénudé de végétation à l'extrémité Ouest de Dj Antar.....	19
Photo5 : bordure du chott chergui végétation halophile (en Décembre 2004).....	19
Photo 6 : Un champ de nebkas constitué par le jujubier.....	50
Photo 7 : des dunes barkhanoides dans la zone d'El Biodh	67
Photo 8 : une barkhane dans le barrage vert à l'Ouest de Chott Chergui à Mosbah.....	70
Photo 9 : un champ de micros nebkas dans une zone de déflation (cliché Mm Remaoun 2001).....	75

LA LISTE DES TABLEAUX

Tab 1 : les points de délimitation de la zone d'étude.....	06
Tab 2 : le classement des stations.....	20
Tab 3 : Paramètres statistiques des séries pluviométriques de chaque station météorologique (1013-2004).....	21
Tab 4 : les variations des moyennes de précipitation de 1907-2004.....	22
Tab 5 : Evolution de la population des hautes plaines sud oranaises.....	24
Tab 6 : caractéristiques des images satellitaires.....	29
Tab 7 : Matrice de confusion en pourcentage de l'image classée MSS 1972.....	33
Tab 8 : Matrice de confusion en pourcentage de l'image classée TM2000.....	34
Tab 9 : Matrice de confusion en pourcentage de l'image classée ALSAT2004.....	35
Tab10 : Classes granulométriques d'après A. Wenworth (1913).....	54
Tab11 : Evolution des accumulations sableuses de 1972 à 2004	59
Tab12 : la superficie de différentes formes d'accumulations de 1972 à 2004.....	61
Tab 13 : Typologie des accumulations de sable et formation superficielle.....	76
Tab14 : synthèses des résultats d'analyse granulométrique des échantillons (2001-2004)...	77
Tab 15 : dimensions des grains de sables qui forment chaque échantillon.....	78
Tab 16 : Superficies de végétation à partir des calculs d'indices.....	80
Tab 17 : Superficies de végétation à partir de classification supervisée.....	81
Tab18 : évolution des dépôts sel, zones humides, zones de déflation et les zones de regs...	85
Tab 19 : la vitesse moyenne des dunes entre 1972 et 2004.....	88
Tab 20 : évolution des accumulations sableuses et leurs directions et vitesses.....	90
Tab 21 : L'évolution de l'état de surface entre 1972 à 2004.....	96