

Introduction générale

Les Hautes Plaines Oranaises ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche, dans le domaine de la désertification, à savoir ceux de AIDOUD A, DJEBEILI S, BELOUFA H (1998), MAHBOUBI B (1998)..... ect

L'essentiel de notre travail est de montrer, à l'aide de la télédétection, en se basant essentiellement sur les images satellitaires de 1987 et 2005 et des relevés de terrain effectués durant plusieurs années, que les Hautes Plaines Sud Oranaises ont été affectées par la désertification, où l'ensablement est le phénomène le plus visible et la conséquence directe des processus de l'érosion éolienne.

La zone des Hautes Plaines Sud Oranaises située entre Naâma, Ain Ben Khelil et la partie nord ouest des Monts des Ksour (Cf.Fig.N°1). Elle s'étend entre la longitude 00°52'W, 00°14'W et 33°29'N 32°52'N de latitude, où elle est limitée par :

- Dj Hafid (1407m) et Dj Antar (1721m) au nord
- Sebkhât En Naâma et Dj Meleh (1817m) au Nord Est
- Dj Aïssa (2253m) et Dj Suïgua (1758m) au Sud Est
- Dj Morhad (2136m) et Dj Bou Amoud (1772m) au Sud Ouest et
- Dj Kerouch (1678m) et Dj Ar' ar (1801 m) au Nord Ouest.

Par définition, la désertification est la transformation d'un paysage ou milieu non désertique en un milieu ayant des caractéristiques d'un paysage désertique (dunes, Reg, dégradation, voir même absence du couvert végétal). Elle est la conjugaison de plusieurs facteurs, *climatique* (longue période de sécheresse), et *socio-économique* (*surpâturage et exploitation abusive des ressources naturelles*) engendrant la dégradation du milieu naturel et par conséquent la végétation steppique en particulier les nappes alfatières (le couvert de l'alfa est passé en moyenne de 30% à 2%) (AIDOUD A, 1996). De même, le sol devient squelettique (pauvre en matière organique, peu profond) d'où accélération des phénomènes de l'érosion.

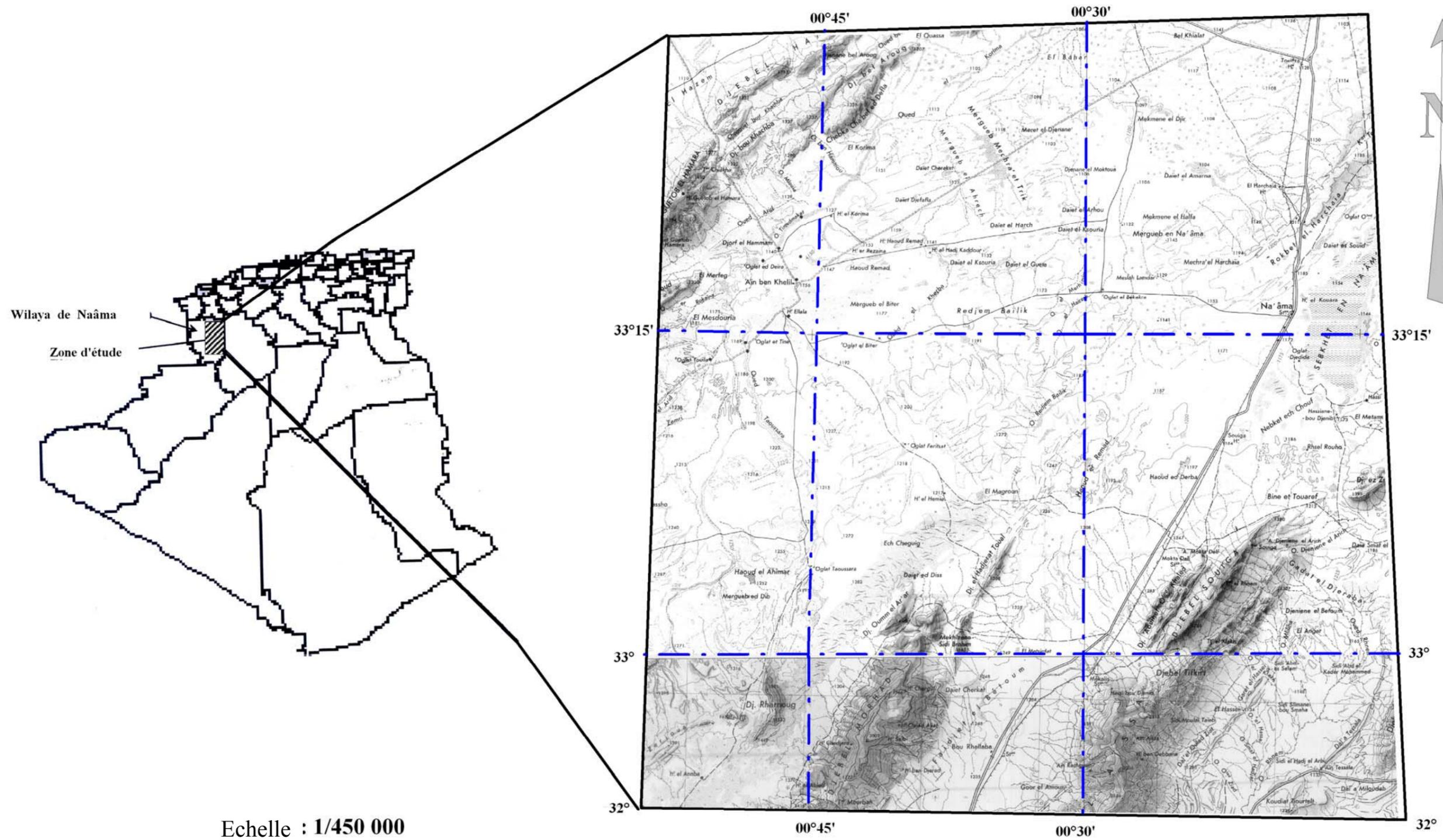
L'intensité de l'érosion essentiellement éolienne, dépend de l'état de surface du sol à savoir qu'un terrain plat très dégagé où la fraction sableuse est très dominante sous formes des petites dunes barckanoïde très mobiles qui peuvent se remodeler et se déplacer à une

grande vitesse au gré des vents. Ce qui a pour conséquence la stérilisation de vaste zone tels que : les terres agricoles, les voies de communications et autres infrastructures réduisant sensiblement des surfaces vitales à l'activité humaine (agricole ou pâturage).

Par ailleurs, une étude granulométrique, basée essentiellement sur le tamisage des grains en utilisant une série de tamis allant de 0.04mm à 2mm, a été réalisée. Les résultats ont été représentés sous forme numérique (calcul des indices granulométriques) et graphique (histogramme et courbes cumulative) démontrant qu'il y a dominance des sables moyen et fins. Sur le terrain, ça se traduit par une différence de teinte de dunes liée a une différence d'origine de sable.

Une cartographie de la progression des dunes et par conséquence ceux l'avancé de la désertification, dans les Hautes Plaines Sud Oranaises a été faite à partir des documents de base (Cartes topographiques de Mécheria et Ain Sefra au 1/200.000^{ème}) et les images satellitaires de différentes dates complétés par les relevés de terrain.

Fig.N°1 : Situation géographique de la partie SW des Hautes Plaines Oranaises



Echelle : 1/450 000

Méthodologie (Cf.Fig.N° 2) :

Afin de mieux cerner et appréhendé les problèmes cités ci-dessus, une méthodologie appropriée a été adoptée et qui comprend plusieurs volets :

- ↳ Une recherche bibliographique sur la steppe Sud Oranaise en particulier sur la région de Naâma, Mécheria, Ain Sefra et les Monts des Ksours, car il est évident que l'explication de la désertification n'est pas limitée seulement à l'échelle locale et les facteurs locaux mais bien évidemment à l'échelle globale.
- ↳ La documentation cartographique et les images satellitaires qui ont servi de base à approche résume en:
 - La carte de Ain Sefra au 1/500000^{em} pour délimiter la zone d'étude et caractérisée les grandes ensembles morphologiques a l'échelle globale.
 - La carte au 1/200000^{em} de Ain Sefra et Mécheria pour illustrer les caractéristiques morphologiques à une échelle plus grande et délimitée les apports sableux existants déjà. De même la numérisation des courbes de niveau afin de réaliser un modèle numérique du terrain (MNT) pour représenter le terrain en trois dimensions et delà ressortir les formes de relief avec plus de précision et peut proche de la réalité.
 - Les images satellitaires de plusieurs dates différentes (1972, 1987, 2001 et 2005).

Le travail du terrain se résume en trois missions principales, la première 21-27 mai 2003, et la deuxième du 12 au 14 décembre 2004, aussi d'autres missions antérieurs en mai 2005-2006.

En premier temps, un travail de prospectif et de choix des zones les plus représentatives à savoir les dépôts sableux remarquables (de point de vue volume, position par rapport aux reliefs ou d'autres obstacles), a été fait avec M^{ame} Remaoune Kh ⁽¹⁾ qui était riche de connaissance.

Deuxièmement, pour chaque station choisie, on a suivie la procédure suivante :

- Relevé de coordonnées géographique avec GPS ⁽²⁾, pour se positionner par rapport à l'image satellitaire et les cartes topographiques

(1) Professeur au département de géographie et aménagement du territoire à l'université d'Oran.

(2) Global Positionning System.

- Prise de la couleur du sable.
- Mesure des longueur, largeur et hauteur des dépôts sableux
- Mesure des rides et leurs directions avec la boussole ainsi que leurs formes pour voir la compétence et l'importance du vent
- Prise de photos avec échelle
- Prélèvement des échantillons au niveau des accumulations sableuses suivant des règles d'échantillonnages c'est à dire un échantillon au niveau des rides (la crête et au flanc au vent), au niveau des dunes (la base du flanc au vent, au profondeur (10 à 15 cm de profondeur), au sommet et sous le vent.
- Prélèvement d'autres échantillons au niveau des nebkhat piégées par les sables, des formations superficiels des dépôts d'oueds et des surfaces caillouteuses.

Toutes ces informations ont été traitées au laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire et la granulométrie au laboratoire physique de département de géographie à l'université d'Oran.

Les résultats obtenus ont été complétés par d'autres études (études des vent et DPS) afin d'éclaircir l'information et de mieux comprendre le mécanisme du terrain.

Pour la réalisation de la carte de désertification, deux logiciels ont été utilisé à savoir ENVI ⁽³⁾ 4.2 et MapInfo ⁽⁴⁾ 8.

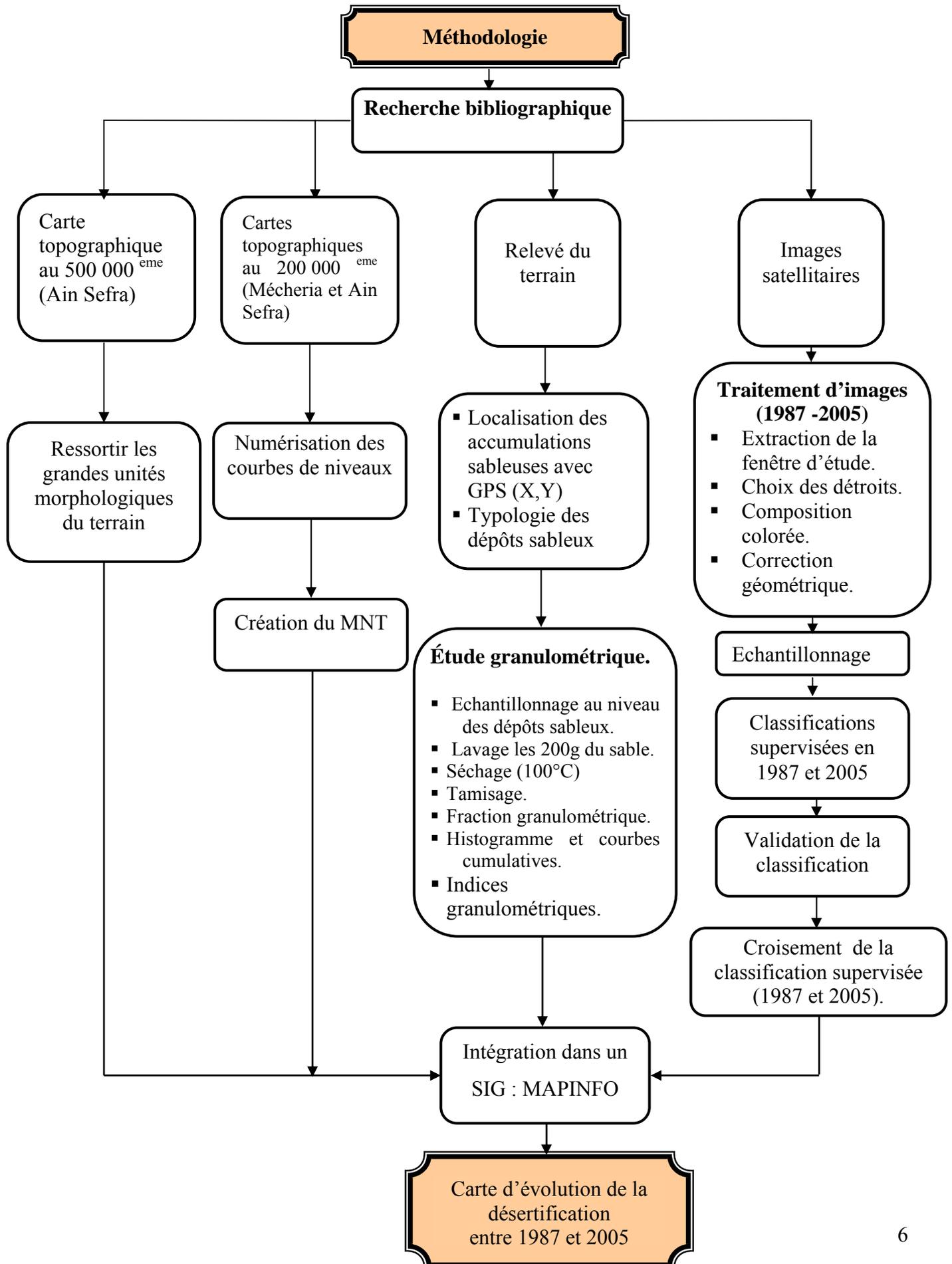
La première démarche consiste à faire ressortir les grandes classes par la classification supervisée (la méthode du maximum de vraisemblance), l'opération définit, à priori, les classes qu'on désire constituer, en se référant à la réalité du terrain. Ces démarches ont été complétées par une cartographie détaillée sur un fond topographique en utilisant une légende par des symboles proposés par Jolie F (1997) et CNRS ⁽⁵⁾ , afin de faire ressortir une carte d'évolution de la désertification entre 1987 et 2005.

(3) : The Environnement for Visualising Image version 4, un logiciel de traitement et de visualisation d'image développée par Research system Incorporation en juin 1996.

(4) : Logiciel SIG qui traite les données cartographiques en mode vecteur.

(5) : Centre National de Recherche Scientifique.

Fig. N° 2 : Organigramme méthodologique général du travail.



Premier chapitre

Les caractéristiques de la partie sud ouest
des Hautes Plaines Sud Oranaises

Introduction

Le premier chapitre de ce travail a pour but la présentation du terrain, en mettant l'accent sur les caractéristiques favorisant les migrations de sables et des dunes qui sont le phénomène le plus probant (et le plus visible) de la désertification dans cette zone.

I. Deux ensembles géomorphologiques : des plaines reliés par des piémonts très diversifiés et des chaînons montagneux

Introduction

Les Hautes Plaines oranaises sont situées au sud du Tell septentrional (Mts de Tlemcen, Mt de Saïda) et forment une zone de transition avec les Atlas Saharien occidental (Mts des Ksour). Elles s'étendent entre la longitude 00°52' W et 00°14' W et 33°29' N et la latitude 32°52' N. Ses caractéristiques ou originalités principales sont : de vastes surfaces planes, de 1000 m d'altitude en moyenne, accidentées de daya ou autres bas fonds ainsi que d'une sebkha (Sebkha en Naâma à l'est, encadrées et morcelées par des chaînons montagneux appartenant aux Mts des Ksour. Ceux-ci se distinguent par une orientation identique (SW/NE), un espacement plus large au nord (entre Dj. Hafid à l'ouest et Dj.el Maleh à l'est et un rétrécissement au sud (Dj.Bou Amoud, Dj.Morhad et Dj Aïssa-Souïga), divisant la zone de Mékalis en deux ou trois « couloirs » orographiques de même direction, mais de largeur différente. Ces derniers sont relativement « fermés » par l'extrémité sud du Dj Aïssa dont la direction devient WSW/ENE, la cluse de Aïn Sefra étant une zone de passage. Dans ce contexte, le cordon dunaire quaternaire de Magrouna et les dunes de même âge de Sebkhat en Naama entrent dans les caractéristiques morphologiques des Hautes Plaines.

Le réseau hydrographique est assez dense, chevelu grâce aux montagnes et endoréiques, d'où l'existence de nombreux bas fonds (de toponymie diverse : daya, gara'a, haoud, mekmène, sebkha etc..) dans lesquels versent les cours d'eau.

Le relief de par certaines de ses caractéristiques (orientation, exposition, constitution, morphologie) peut influencer sur l'écoulement des flux anémométriques (vents) et par conséquent sur la migration des sables. Obstacle aux vents dominants chargés de sable, soit ils modifient leur trajectoire ou ils les freinent pour les débarrasser ainsi leurs charges ;

- Amplification du travail érosif des vents en augmentant leurs vitesses donc leurs forces à travers des passages étroits (col, gorge, couloirs, vallées et vallons...).

En allant du nord au sud, du Tell à l'Atlas Saharien, le paysage change complètement. Spatialement, les Hautes Plaines Sud Oranaises et la partie NW des Monts des Ksour sont composés par deux unités morphologiques avec un raccordement entre les deux par des piémonts, (Cf fig N°2).

1. La plaine, une étendue mal drainée avec de nombreux bas fonds.

La plaine est légèrement inclinée vers le nord : les altitudes sont comprises entre 1100 m au nord et un peu plus 1200 m au sud (Cf.Fig.N°3). Elle est parsemée par une multitude des grandes dayas avec des dimensions importantes, et des bas-fonds, cuvettes, lac, mekmenes et des dépressions larges et peu profondes qui recueillent les eaux de ruissellement provenant des montagnes. Ensuite, en attendant de s'évaporer ou de s'infiltrer ces eaux, « stagent » dans ces bas fonds pendant un temps assez courts (quelques jours au max).

En général, la surface est constituée par l'affleurement d'une dalle calcaire et par endroit (vers les piémonts du Dj Antar), de calcaire dolomitique. (Cf. Photo N° 1 et 2) Sur celles-ci : des cailloux d'origine diverse (mais en grande partie calcaires ou gréseux), hétérométriques (petits à moyens), anguleux, ainsi du sable sous différentes formes : voiles et placages sableux contenant des débris végétaux. Dans certains cas, ceci peut être assimiler à un reg. Sur le terrain, nous avons relevé que ces cailloux (les plus grands) sont utilisés au niveau des parcelles agricoles, comme bise vent ou bien comme bornes et proviennent du *défonçage de la croûte calcaire*

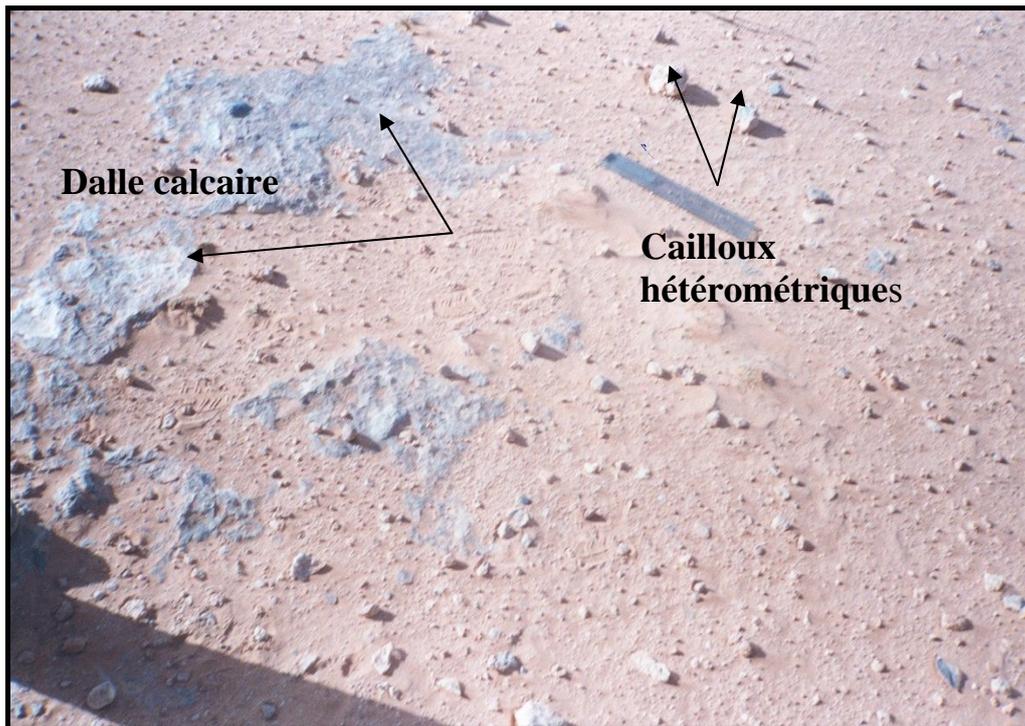
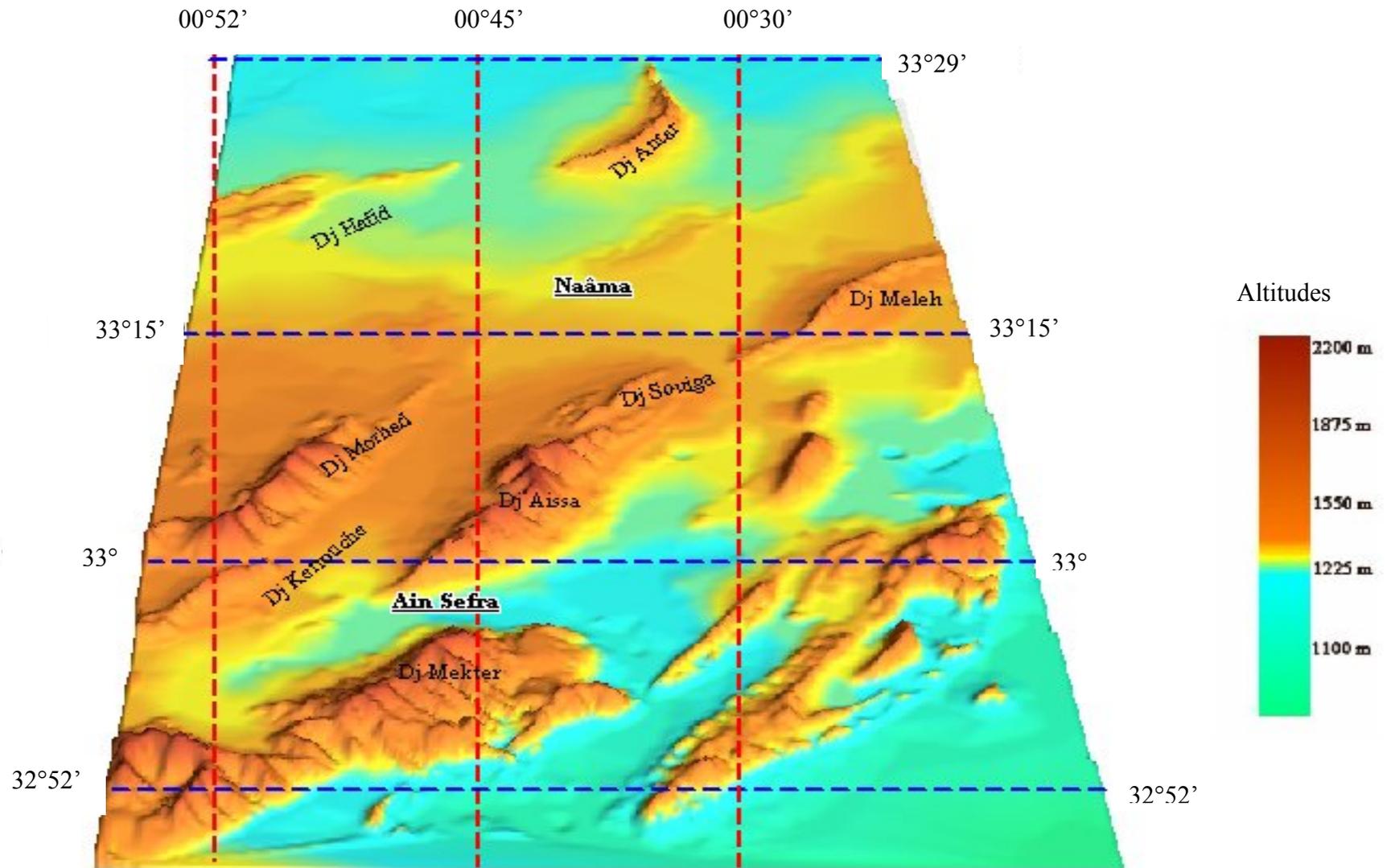


Photo.N° 1: Terrain de type reg avec affleurement de dalle calcaire (dolomitique et lacustre) et un sol pauvre (formation superficielle caillouteuse à matrice sableuse)
Cliché, Kh Boukholkhal (Décembre 2004).



Photo N°2 : Les produits du défonçage de la croûte calcaire utilisés comme borne limitant les zones de mis en défens par le HCDS.
Cliché, Kh Boukholkhal -Décembre 2004.

Fig.N°3: Carte hypsométrique et modèle numérique du terrain dans les Hautes Plaines Sud Oranaises et la partie nord-ouest des Monts des Ksours



Source : Etablie à partir de la numérisation des courbes de niveau de Mechria et Ain Sefra au 1/200000 eme

2. Les chaînons montagneux.

Les Hautes Plaines Sud Oranaises sont interrompues par les premiers chaînons de l'Atlas Saharien. Ceux-ci se caractérisent par un profil dissymétrique, des versants pentus (pentes assez fortes.....) et des sommets ne dépassant pas 2250 m. En général, ces chaînons ont une orientation SW/NE et des sommets en forme de crête. Mais on observe des variations dans le détail.

Au nord :

- ❖ **Dj Antar** culmine à 1662 m et son sommet est une crête avec un tracé en arc de 34 km de long, il change de direction W/E au S, puis SSW/NNE, ensuite N/S dans sa terminaison nord. Son profil est dissymétrique : le versant W est plus court et irrégulier que le versant E et il présente plusieurs rupture de pente et des replats. Sur le versant E, il y a de nombreux chevrons. les deux versants sont reliés à la plaine par des piémonts très vastes, bombés à l'est et sous forme de glacis topographique à l'ouest.

À l'ouest :

- ❖ **Dj Hafid** à une longueur de 17.17 km, il culmine à 1407 m, son sommet est arrondi et orienté de SW/NE, ses versants sont dissymétriques et réguliers, et la présence d'une large vallée de 200 m de profondeur qui sépare les deux djebels, Dj Hafid et Dj Bel Aroug (1337 m).
- ❖ **Dj Bou Rhénissa** culmine à 1594 m, il se trouve au SW du Dj Hafid, ses versants sont très irréguliers, le versant Nord est plus large que celle du Sud, et présente plusieurs sommets arrondis.
- ❖ **Dj Kerrouch et Dj el Arar** 1801 m d'altitude avec des sommets arrondis, ces deux djebels sont séparés par un ravin et ses versants sont symétriques à pente moyenne présente de légères irrégularités.
- ❖ **Dj Gaaloul** 1612 m d'altitude et 10 km de longueur. Il se situe au sud du Dj Bou Rhénissa, en forme allongée de direction SW/NE, de pente moyenne à faible.

A l'est :

- ❖ **Dj Maleh** 1625m d'altitude, a une longueur de 25.15 km, il se trouve au SE de Sebkhata En Naâma et NE du Dj Souiga, en forme allongé orientée du SW/NE, et une crête aiguë. Ses versants sont symétriques.
- ❖ **Dj Souiga** se trouve au SW du précédent, avec 14 km de longueur et 1758 m d'altitude. Il est orienté SW/NE, avec un sommet allongé, le versant E est plus long que celui du W, cette montagne est enserrée par deux djebels ; à l'E par Tniet Klakh avec un sommet de 1307m et à l'W par Dj Aouinet Ouled Khaled de 1400m

d'altitude. Entre ses trois djebels, il y a deux vallées profondes à l'E et à l'W sur de 400 m à 500 m de profondeur.

- ❖ **Dj Aïssa** s'étend sur environ 32 km. orienté SW/NE mais change de direction vers SW/NNE, il culmine à 2236m avec plusieurs sommets arrondis et un abaissement de son extrémité Nord à l'Est de Mékalis où son prolongement s'effectue par le Dj Tifkirt.

Au centre et au sud de Dj Antar :

- ❖ **Dj Morhad et Dj Bou Amoud** culminant à 2136 m au Ras Touil avec Dj Bou Amoud qui a été affecté par un accident tectonique ayant provoqué un décalage de continuité dans sa partie SW.
- ❖ **Dj el Hadjret Toul** culmine à 1388 m et s'étend sur 8.79 km de longueur, il se trouve à l'extrémité E du Dj Morhad, de direction SW/NE en forme allongée.

II. Les cordons dunaires quaternaires (Magrouna et Sebkhât Naâma)

1. Le cordon dunaire de Magrouna.

Le cordon dunaire de Magrouna est ancien d'âge quaternaire. Il s'allonge parallèlement et sur les piémonts W des Dj Oumm el Ar'ar et Dj el Hadjret Toul et au NW du Dj Morhad. Il s'étend dans le sens SW/NE sur environs de 29.85 km de longueur, 3.70 km de largeur du côté NE et 2.45 km au SSW et une orientation $\approx 37.29^\circ$ SW et 43.15° NE.

2. Les dunes anciennes autour de Sebkhât Naâma.

Les anciennes dunes de Sebkhât Naâma sont des véritables champs de dunes, sont localisés à l'extrémité W, SW, SSE et ENE de la Sebkhât Naâma.

III. Les composantes hydriques ;

1. Le réseau hydrographique

On peut le classer en deux selon les zones :

- au nord et
- au sud, et surtout la zone des Dj Morhad et Dj Souïga- Dj Aïssa.

* **Au nord**, les oueds sont relativement longs et encaissés que ce soit dans les djebels occidentaux que dans le Dj el Maleh. : Écoulement endoréique

* **Au centre sud** (couloir orographique Dj Morhad-Dj Souïga- Dj Aïssa), l'exposition des versants et leur longueur jouent un grand rôle.

Tout d'abord, il faut faire remarquer qu'un seul bassin versant dont l'oued principal est un confluent de l'O.A.Sefra, l'O.Tirkount. Mais les affluents de cet oued qui descendent

des Dj Souiga et Aissa, sont courts et ont un fonctionnement par crues répétées (à chaque orage). De ce fait, ils déposent beaucoup de sédiments.

En effet les ruissellements qui prennent naissance sur les versants de cette arrête et dans la plaine (ex : *oued Bel Aroug, Oued El Kourima*), finissent leur parcours dans la dépression fermée.

Les oueds généralement sont courts, peu sinueux, à fond plat largement encaissé en montagne et très peu dès qu'ils arrivent en plaine.

Le rôle majeur des oueds est très important : *les affleurements gréseux de la montagne* fournissent le matériel, les précipitations abondantes et les pentes plus fortes, permettent la mobilisation du sable et son exportation, mais dans l'Atlas Saharien, il peut migrer sous l'action des vents quand il est sec avant d'être repris par l'érosion hydrique.

La perte de compétence des crues à leur arrivée sur les piémonts et les différences dans leur d'intensité les font alluvionner en différentes parties du cours d'eau, favorisent dans certains cas un dépôt du sable comme par exemple les zones de ruptures de pentes, celles dont la direction des écoulements est parallèle à la résultante du vent efficace. Ce sable ainsi déposé est repris par le vent durant les longues périodes de sécheresse (d'après Y.Callot, 1987).

2 Les dépressions

Les dépressions se répartissent en deux catégories ;

- *Les dépressions creusée par altération physico-chimique*, par l'effet des ruissellements ou par déflation et de l'exportation par le vent. Les eaux y sont généralement douces telle que dans
 - Les *dayas*, ce terme vocabulaire caractérise une dépression fermée à fond plat de l'ordre métrique à kilométrique où s'accumulent les eaux de ruissellement non salées ou peu salées, temporairement inondables (F. Joly et al, 1997 et M. Pouget, 1980). Les dayas sont souvent cultivées, surtout en céréaliculture ou occupées par de la végétation naturelle.
 - Les *mekmènes* sont analogue au daya, mais de type encore plus évolué : ce sont des cuvettes assez profondes, la dalle de calcaire lacustre formant une corniche dominant les argiles rouges du Tertiaire Continentale (Pouget M 1980).

- Les dépressions salées et inondables en période de pluies, dans cette rubrique on retrouve les chotts (Chott Chergui) et les sebkhas comme par exemple Sebkhat Naâma (superficie). En période pluvieuse, il se forme de véritable lacs ; l'eau s'évapore peu à peu, la saturation en sel devient excessive. Le vent, balayant cette surface desséchée sans végétation, est susceptible d'entraîner dans certaines conditions des particules argileuses et des cristaux de sels sous forme de pseudo-sables formés par floculation (chlorure de sodium NaCl), qui s'accumulent en bordure de la dépression : ce sont les lunettes (bourrelets éoliens) de sebkhas (Hillis ,1940, Boulaine ,1953 ; R.Coque, 1990). Tout autour de sebkhas, il y a la présence d'une nappe phréatique salée et inégalement profonde qui contribue à la formation de sols halomorphes.

VI. Les sources potentielles du stock sableux.

La source potentielle du stock sableux peut être dégagée de la lithostratigraphie des Hautes Plaines du sud oranais ainsi que celle de l'Atlas Saharien comme suit :

1. Dans les Hautes Plaines Oranaises

- Le Quaternaire : alluvions (localisées principalement dans les Chotts et les dépressions). et dunes. (Magrouna et Sebkhata Naama) : source potentielle de sable.
- Le Pliocène (alluvions) sont représentées par des alluvions caillouteuses sur des calcaires lacustres. : source potentielle de sable.
- Le Miocène continental : dépôts formés de conglomérat, de grès et de limons rougeâtres ou bigarrés. On le trouve surtout en bordure des Chotts, *les grès peuvent libérer du sable.*
- Le Turonien : puissants bancs calcaires pouvant dépasser 150 mètres d'épaisseur, *les calcaires ne donnent pas de sable.*
- Le Cénomaniens présente un faciès marneux et marno-calcaire : *les marnes et les calcaires ne donnent pas du sable.*
- Le Jurassique, généralement à faciès calcaro-dolomitique supportant des grès psammitiques et des argiles versicolores, (série de passage du Jurassique au Crétacé) occupe les reliefs des Hauts Plaines tels que le Dj. Antar, djebel Amrag, djebel Hafid, où les grès peuvent libérer des sables, *donc il y a une possibilité de donner un stock sableux.*
- Le Trias est représenté par des argiles gypsifères et salines rouges, violettes ou multicolores, Il n'est donc pas une source sableuse.

2. Dans L'Atlas Saharien

- Le Tertiaire continental est caractérisé par des formations détritiques qui occupent les dépressions de l'Atlas saharien : *ils peuvent libérer du sables.*
- Turonien est presque exclusivement formé de calcaires dolomitiques avec un peu de marnes intercalaires. *Les calcaires dolomites peuvent libérer des particules sableuses mais en petite quantité.*
- Le Crétacé moyen (Cénomaniens) est formé de dépôts à faciès marneux et d'argiles gypseuses. *La libération du sable est nulle.*
- Le Crétacé inférieur : du Jurassique terminal à l'Albien, on a une alternance de grès siliceux jaunâtres et d'argiles versicolores. Des marnes bariolées et parfois du gypse apparaissent également. *Les grès peuvent libérer du sable.*

- Le Jurassique moyen et supérieur à faciès gréseux et argileux (dépôts détritiques) domine dans toute la partie ouest des Monts des Ksour. *Il y a une possibilité de libération du sable.*
- Le Jurassique inférieur, formé de calcaires dolomitiques et de dolomies du Lias en alternance avec des marnes et calcaires marneux du Dogger, apparaît essentiellement au sommet de quelques djebels de l'Atlas Saharien. *les dolomies peuvent libérer des particules sableuses mais en petite quantité.*
- Le Trias n'est pas une source de sable.

Les étages Jurassiques, Miocène et le Plio-quadernaire sont des sources potentielles de sables à différents degrés.

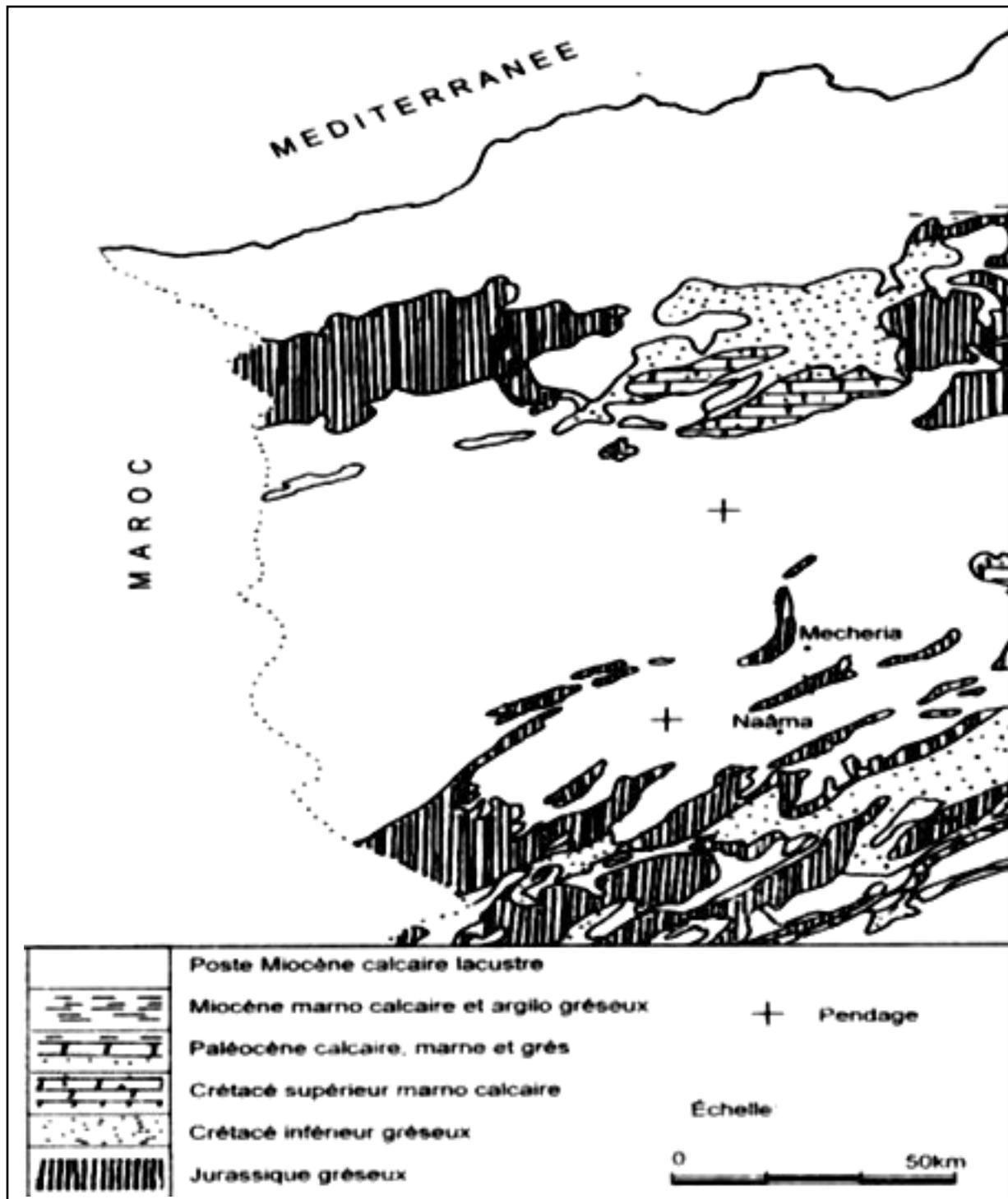
Tab N°1: Lithostratigraphie des Hautes Plaines Oranaises et de l'Atlas Saharien

Age géologique	Faciès	Observation et la probabilité de libération du sable
<p><u>Continental</u></p> <p><u>Terminal</u></p> <p>Quaternaire.</p>	<p>- Formation éolienne.</p> <p>-Alluvions récente et ancienne</p> <p>-Argilo-sableuse et conglomérat</p>	<p>-Ain Ben Khelil, Ain Sefra, Mécheria ;</p> <p>-Les lits des oueds;</p> <p>-L'intérieur ou le fond des dépressions fermé tel que: Sebkhat Naâma ;</p> <p>-Anciens dunes de Sebkhat Naâma</p> <p>-Dune de Magrouna allongé SW/NE</p> <p>-Dune de Mekter au Sud de Ain Sefra ;</p> <p>-Dune au nord de Mokta Delli.</p> <p>Un vrai stock du sable.</p>
Pliocène	<p>-Formation alluvionnaire sous forme des alluvions caillouteuse sur calcaire lacustre</p>	<p>C'est le faciès le plus répandu dans les hautes plaines oranaises</p>
	<p>-Limos du plioquaternaire</p> <p>-Conglomérat</p> <p>-Limos fin</p>	<p>Sur les dépression de l'Atlas Saharien.</p> <p>-Les limons peuvent être mobilisé par le vent</p>
Miocène	<p>-Conglomérat</p> <p>-Grés</p> <p>-Limos rougeâtre ou bigarrés.</p>	<p>Se trouve surtout en bordure des chotts.</p> <p>Les grés peuvent libéré du sable.</p>
Oligocène	<p>-Marne sableux rouge, faciès gréseux (grés rouge).</p>	<p>Vrai stock sableux dans l'Atlas saharien.</p>
Eocène	<p>-Marne- calcaire</p> <p>-Grés intercalation marneuse et gypse marne</p> <p>-Marne schisteux ou gypsifère</p>	<p>Sur les piémont N de l'Atlas Saharien.</p> <p>Seul les grés à intercalation marneuse peuvent libérer du sable.</p>
Turonien	<p>-Banc calcaire peuvent dépassé 150mètres d'épaisseur</p>	<p>Les calcaires ne donne pas du sable.</p>
	<p>-Calcaire dolomitique avec un peu de marne intercalaire</p>	<p>Les dolomites peuvent libéré des particules sableuses mais en petite quantité.</p>
Cénomaniens	<p>-Marne calcaire d'une épaisseur de 100mètre</p>	<p>Les calcaires et les marnes ne donne pas du sable.</p>
	<p>-Marne argileux</p>	<p>Dans l'Atlas Saharien ; la libération du sable est nulle.</p>

<u>Continental</u> <u>intercalaire</u> Crétacé inférieur	-Du jurassique inférieur à Albien ; alternance de grés siliceux jaunâtre - Argile versicolores	Les grés peuvent libéré du sable surtout dans l'Atlas saharien la partie E des Monts des Ksour.
Jurassique moyen à supérieur	Faciès gréseux et Argileux	Domine dans la partie W des Monts des Ksour ; il y a une possibilité de libération du sable.
Série de passage du Jurassique au crétacé	-Calcaire-dolomitique supportant des grés psamitique. -Argile vérticolores	Les reliefs des Hauts Plaines sud Oranaise tels que le Dj Antar, Dj Hafid, où les grés peuvent libérer des sables.
Jurassique inférieur	-Calcaire dolomitique -Dolomie du lias en alternance avec des marnes et calcaire marneux du Dogger.	Apparaît au sommet dans quelque djebel de l'Atlas Saharien. Les dolomites peuvent libéré des particules sableuses mais en petite quantité.
Trias	-Argile gypsifères et saline rouge, violettes ou multicolore. -Roche verte	Ce n'est pas une source de sable.

Kh. Remaoun et B. Mahboubie (modifier)

Fig.N° 4 : Extrait de la carte géologique et lithologique de la zone steppique (Algérie), d'après A.Caire et Kiken.



Conclusion

A travers une description des Hautes Plaines Sud Oranaises, nous avons constaté que tous les critères connus favorisant la naissance et le développement des petites dunes mobiles. La morphologie de la partie SW des Hautes Plaines Sud Oranaises est diversifiée ; Deux ensembles géomorphologiques :

Des plaines reliés par des piémonts très diversifiés. Elles sont inclinées vers le nord avec une multitude des grandes dayas des dimensions importantes et des bas- fonds, cuvette, lacs, mekmenes, et des dépressions larges et peu profondes recueillent les eaux de ruissellement provenant des montagnes. Les oueds généralement sont courts, à fond plat largement encaissé en montagne et très peu dès qu'il arrive en plaine.

Des chaînons montagneux qui sont caractérisés par un profil dissymétrique, des versants pentus et des sommets ne dépassant pas 2250m d'altitudes, ces chaînons ont une orientation SW/NE et des sommets sous forme de crête.

La présence des anciens cordons dunaires d'âges quaternaires tels que ; le cordon dunaire de Magrouna et les grandes dunes de Sebkhat En Naâma sont une des sources potentielle du stock sableux peut être dégagée ainsi la lithostratigraphie des hautes Plaines Sud Oranaises où les étages Jurassique, Miocène et le plio-quaternaire sont les sources les plus qui peuvent libéré du sable à différent degrés. Ainsi la structure des montagnes jouent un rôle important dans la libération des sables surtout que les grés constituent un vrais stock sableux (jurassique gréseux) (Cf. fig. N°4), elles libèrent en grandes quantité, mais il faut jamais oublier l'intensité du réseau hydrographique, qui joue un rôle fondamentale dans le transport des particules a travers des versant accidenté vers l'avale ou des orientations du lit parallèle au vent efficace. Ces sables sont repris par le vent durant les longues périodes de sécheresse.

Deuxième chapitre

**Peut-on dire que les Hautes Plaines Sud Oranaises sont affectées
par le phénomène de la désertification ?**

Introduction

Il s'agit de définir ce thème « désertification » qui a des implications variées, ce sera fait grâce aux recherches bibliographiques et aux résultats existants.

I. Définition de la désertification

La question qui se pose c'est : Qu'est ce que la désertification ?

La désertification est la transformation d'un paysage ou milieu non désertique en un milieu à caractéristiques désertiques (dunes, reg, végétation rare, crues d'oueds, érosion éolienne etc...). Elle touche généralement les aires arides, semi arides et subhumides sèches.

Le phénomène de la désertification a commencé à se manifester il y a déjà plusieurs siècle (Olsson, 1981 ; Graingner, 1990), qui a été créé par le savant et explorateur français Luis Lavauden, en 1927 et utilisé scientifiquement pour la première fois en 1949 par un forestier français Aubreville qui travaillait en Afrique occidentale. En 1970, lors de la sécheresse qui a frappé le sahel africain, le problème a été projeté sur la scène internationale.

Il existe plusieurs définitions d'après les recherches bibliographiques, en voici quelques traits dont celles de :

- **Au sommet de la conférence des nations- unie (1977)** « la désertification est la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire finalement à l'apparition de conditions désertiques. Elle est un des aspects de la dégradation généralisée des écosystèmes, et a réduit ou détruit le potentiel biologique, c'est-à-dire la production végétale et animale, destinée à de multiples usages, au moment même où un accroissement de la productivité nécessaire pour satisfaire les besoins de la population grandissantes aspirant au développement »
- **Le Houérou (1979)** « *La désertisation* est définie comme l'extension des paysages désertiques nouveaux à des zones où ils n'existaient pas dans un passé récent. Ces paysages sont caractérisés par des formes particulières : regs, ergs, hamada etc... Ils se caractérisent aussi par l'indigence de leur végétation pérenne extrêmement éparse et souvent localisée long du réseau hydrographique. Ces zones correspondent à l'isohyète 100 mm au nord et au sud du Sahara. »
- **Dregne H. E (1986)** « La désertification est l'appauvrissement des écosystèmes terrestres sous l'influence de l'homme. C'est le processus de détérioration de ces écosystèmes, qui peut être mesuré par une production réduite des plantes souhaitables,

des altérations indésirables de la biomasse et de la diversité de la faune et de la flore, aux niveaux tant microscopique que macroscopique, une détérioration accélérée des sols et des risques accrus pour les occupants humains »

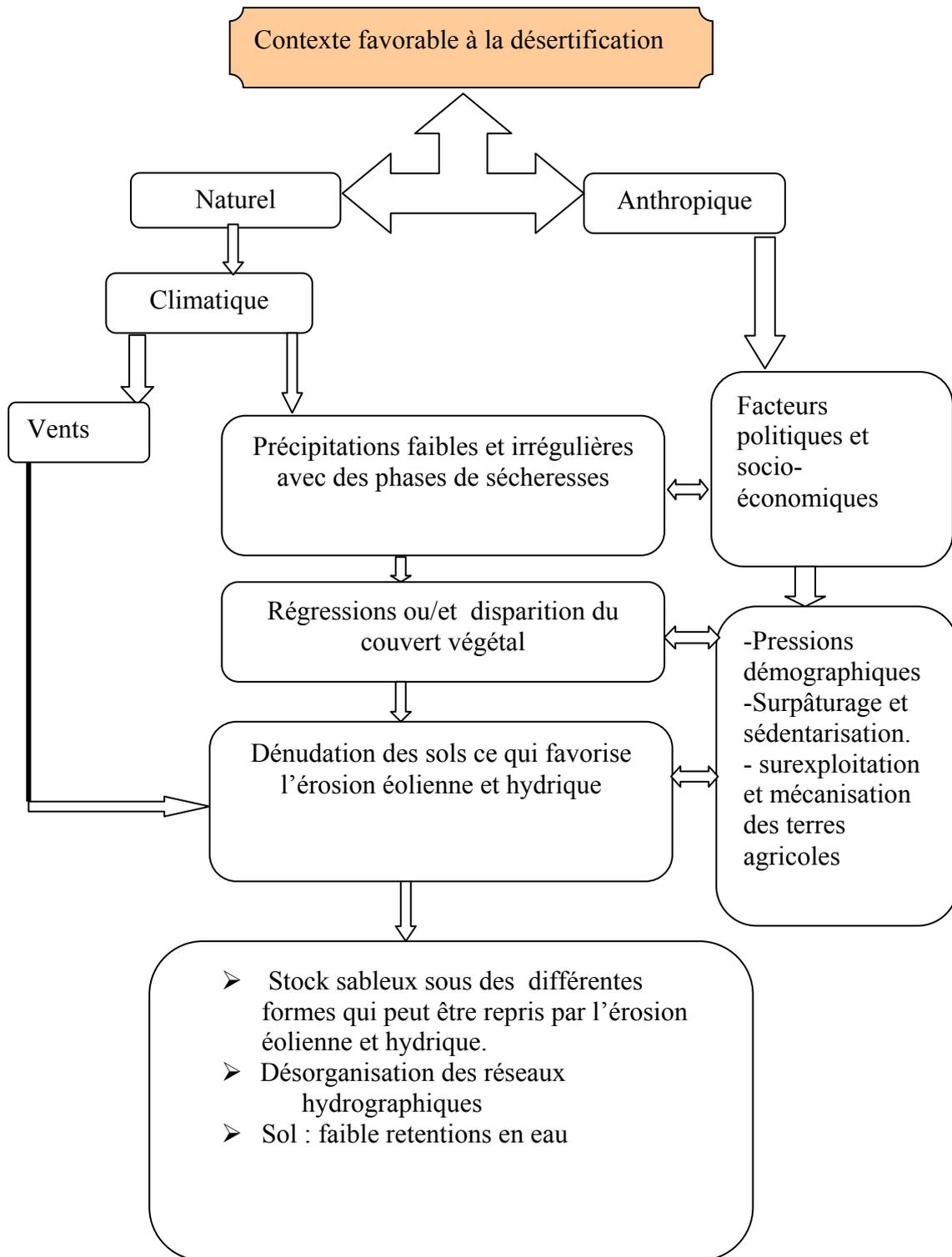
- **Warren et Agnew (1988)** « La désertification est la notion que l'étendue des déserts régions sèches ayant peu de végétation s'étend, ordinairement au détriment de terres semi-arides »
- **Nelson R (1990)** « La désertification est un processus de dégradation soutenue des terres (sols et végétation) dans les régions arides, semi-arides et subhumides sèches, causé du moins en partie par l'homme. Elle réduit tant la résilience que le potentiel de production à un degré qui ne peut ni être facilement inversé par l'élimination de la cause ni facilement réparé sans des investissements importants ».
- **Définition du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) (juin 1992)** « La désertification est la dégradation des terres dans les écosystèmes arides, semi-arides et sub-humides secs, résultant essentiellement de l'impact d'action humaines adverses »
- **M Mainguet (1995)** « La désertification, révélée par la sécheresse, est due aux activités humaines lorsque la capacité de charge des terres est dépassée ; elle possède des mécanismes naturels exacerbés ou induits par l'homme ; elle se manifeste par la détérioration de la végétation et des sols et aboutit, à l'échelle humaine du temps, à une diminution ou à une destruction irréversibles du potentiel biologique des terres ou de leurs capacité à supportes les population qui y vivent »
- **Antoine Cornet** « désertification désigne la dégradation des terres dates les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines »

La désertification est causée par plusieurs facteurs qui sont d'origine :

- Naturel : Climatique (sécheresse météorologique ($P < 50\text{mm}$ pendant 3 mois)) ;
- Biologique : Détérioration du potentiel biologique et la destruction des horizons pédologiques ce qui favorise l'érosion et dégradation du sol ;
- Anthropique : Facteurs politiques et socio-économiques (activités humaines lorsque la capacité de charge des terres est dépassée. Elle possède des mécanismes naturelles et exacerbé par l'homme).

On peut combiner entre ses paramètres par un schéma explicatif (Cf.Fig.N°5)

Fig.N°5 : Schéma du contexte favorable à la désertification



II. Peut-on dire que les Hautes Plaines Sud Oranaises sont en voie de désertification ?

Plusieurs paramètres relevés nous permettent de répondre à cette question.

1. Les Hautes Plaines ont connue plusieurs politiques en aménagement qui ont contribué à la dégradation du milieu.

Les populations des Hautes Plaines sud Oranaises ont un mode de vie très particulier : ce sont des éleveurs de moutons (et de chèvres) qui pratiquent la transhumance ; achaba (transhumances vers le nord durant l'été) ou azaba (transhumances vers le sud durant la période hivernale).

Le phénomène de désertification a été déclenché par la colonisation française dont les objectifs étaient liés au contrôle de la population nomade mais aussi à l'exploitation de ses ressources naturelles (bétail, alfa). A partir 1830, les colons ont réussi à rompre le processus de *l'achaba* en colonisant à la fois la zone tellienne ce qui a entraîné la *réduction des superficies des parcours* et aussi en colonisant des terres des tribus, et les obligé à l'autorisation de ce déplacer surtout que les colons devaient passer par la voie administrative pour louer leurs chaumes.

L'achaba devenait aussi plus difficile après la restriction des parcours vers le sud aussi, tout ceci avait diminué les réserves fourragères et ont provoqué une surexploitation des parcours steppiques. De plus, la construction du chemin de fer (qui a atteint Ain Sefra en 1887) et la généralisation des voitures ont en des conséquences néfaste sur les nomades dont leur revenue ont diminué (commerce, souk).

Le phénomène urbain, inconnu jusque là en zone steppique, fait son apparition et prend le monopole des échanges commerciaux, ce qui a menait les nomades a restreindre leurs aires de parcours donc à exploiter plus intensivement les réserves fourragères des parcours. Pour compléter le déficit en alimentation des bêtes, certains éleveurs ont remplacés le sens du collectivisme par l'individualisme, surtout après la division des terres arch (*Loi warnier1873*).

Les nomades avaient joué un rôle très important pendant la guerre de libération. Aussi les colons ont appliqué la politique de regroupement ce qui a entraîné à la réduction du nombre du bétail ceci au même temps par la croissance démographique augmentait d'où leur urbanisation des milieux steppique.

Après l'indépendance, la politique de l'Etat algérien avait pour but le développement et l'intégration des populations dans l'espace national : le nomadisme est considéré alors comme un acte antisocial et devait être supprimé au profit d'une exploitation collective et sédentaire des potentialités animales de la steppe. Durant la première décennie de l'indépendance, les nomades se sont réfugiés dans les villes principales de la steppe (El Bayad, Méchéria). Grâce à la révolution agraire (1975) le pastoralisme a l'appui de l'état pendant les années de sécheresse. Au cours des années quatre vingt et après les restructuration administratives qui ont rapproché plusieurs services sociale (écoles, secteur sanitaire) du nomade, le nomadisme est plus que jamais déstructuré. Pendant les années quatre vingt dix, l'Algérie a connue des nouvelles réformes qui ont conduit à une fracture brutale et profonde, c'était l'époque noire de l'Algérie, la steppe est devenu une zone d'insécurité : en plus des effets de la désertification et de la libération du marché, les nomades devraient faire face à une crise économique. On peut constater que le vrais sens du nomadisme a disparu en raison de la sédentarisation rapide des populations nomades et de l'appropriation des terres collectives. Des formes nouvelles de gestion des ressources naturelles se sont aussi développées. Elles se manifestent notamment par l'abandon progressif de la transhumance, et l'extension de l'arboriculture et de la céréaliculture aux dépens des parcours grâce aux facilités offertes par l'introduction et la généralisation de la mécanisation. L'activité pastorale change aussi par l'utilisation de moyens de transport rapides et puissants camions GAK (Cf. photo N° 3) ;

Cette mécanisation agressive pour travaillées les terres sableuses qui sont actuellement les plus attractives pour la céréaliculture et l'arboriculture, a favorisé, outre mesure, le déclenchement et l'accélération des processus de l'érosion éolienne.

Cette extension rapide des cultures au détriment des parcours a diminué d'autant les zones traditionnelles de pâturage. Augmentation du cheptel par exemple : le cheptel ovin dont 60% vit dans la steppe est passé de 3 à 18.7 % de têtes entre 1963 et 1993 et le déficit en fourrage a été estimé à 70% en 1990 dans la steppe (A.Aidoud 1996). Dans la Wilaya de Nâama l'indice de charge pastorale (nombre de tête à l'hectare) reste très élevé dépassant les

0,8 tête/ha. Cet indice exprime le *surpâturage exagéré* qui constitue un facteur déterminant dans la dégradation des parcours steppique donc un déséquilibre entre l'offre et la demande.



Photo N°3 : Aspect de la dernière souche des nomades, utilisant la mécanisation comme moyen de transport rapide et puissant pour leurs activités pastorales
Cliché, Kh. Remaoun (Mai 2005).

2. Les Hautes Plaines ont connu depuis 1889 trois phases de sécheresses. (Kh. Remaoun 2006 ; professeur au département de géographie et aménagement du territoire).

La sécheresse est prise ici dans son sens « climatique », c'est-à-dire correspondant à un déficit pluviométrique défini par rapport à une moyenne d'une longue série et caractérisée par un l'écart-type.

Depuis 1970, Méchéria a *connu 2 phases pluviométriques alternativement humides puis sèches*.

La pluviométrie est en moyenne de 139.76 mm pour la période 1970 à 2005. Elle est donc très faible et de plus fluctuante (le coefficient de variabilité est de 0.26 et écart-type de 51.15)

- De 1970 à 1999, Méchéria a traversé une phase de sécheresse particulièrement longue (30 ans) : la pluviométrie est de 123.97 mm. Par comparaison avec les données d'autres études, nous relevons que les précipitations étaient
- de 286 mm (1913-1938 d'après P.Seltzer)

- de 264 mm (1913-1971, d'après Chaumon et Paquin)
- de 293 mm (1913-1988, d'après Le Houérou)
- de 269.7 mm (1913-1991, d'après S.Hadjadj-Aoul)

Nous voyons que de toutes les manières, la pluviométrie a baissé considérablement de puis le début du siècle.

- De 2000 à 2005: on enregistre une légère augmentation des précipitations : 218.73 mm et il y a de fortes probabilités pour que la région connaisse ce type de tendance sur encore plusieurs années.

La série de données pluviométriques de Ain Sefra est plus longue que celle de Méchéria : 1889 à 2005. La pluviométrie moyenne est de 167.8 mm et le coefficient de variation (CV) est un peu plus élevé qu'à Méchéria (ce qui est normal : les deux séries de données ont des durées très différentes) : il est de 0.55. L'écart-type est de 92.37

De 1889 à 2005, sept (7) phases pluviométriques ont été relevées :

- 1889 à 1916 : Pluviométrie > à la moyenne : 227 mm
- 1922 à 1937 : Pluviométrie < à la moyenne : 150.64 mm (P moyenne : 192 mm entre 1913-38, selon P.Seltzer)
- 1938 à 1943 : pluviométrie > à la moyenne : 223 mm
- 1944 à 1948 : pluviométrie < à la moyenne : 115.14 mm
- 1949 à 1964 : pluviométrie > à la moyenne : 193,27 mm
- 1965 à 1973 : pluviométrie < la moyenne: 30.2 mm (relevés peu fiables)
- 1978 à 2005 : pluviométrie < à la moyenne : 159.58 mm. Cependant, on note une légère tendance à l'augmentation, mais moins prononcée qu'à Méchéria.

Il y a eu depuis 1889, quatre phases de sécheresse dont la durée et l'intensité sont très inégales :

- 1922 à 1937 : 16 ans
- 1944 à 1948 : 5 ans
- 1965 à 1973 : 8 ans
- 1978 à 2005 : 28 ans

La phase de sécheresse la plus sévère et la plus longue est incontestablement celle de qui a commencé en 1965 et qui a dure depuis plus de 30 ans (il y a cependant une tendance à l'amélioration depuis 2000). « Elle a probablement favorisé les phénomènes de désertification car elle a coïncidé avec une forte croissance démographique et une politique

en aménagement volontariste : ce sont les premières années de l'indépendance de l'Algérie et de gros efforts ont été faits pour sortir les régions steppiques et sahariennes de leur enclavement et pour les équiper afin d'en amorcer le développement économique » (M Hadaïd 2006).

3. Régression de la végétation steppique et son remplacement par d'autres espèces végétales.

Les résultats des plusieurs chercheurs (Cf. Bibliographie) tels que A Aidoud, Djébaili, Meltzi, ont démontré la régression de la végétation steppique.

La steppe des Hautes Plaines est une **steppe à graminées** composée de 3 espèces principales qui sont : l'alfa (*Stipa tenassicima*), le sparte (*Lygeum spartum*) et l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*).

Entre 1975 et 1992, plus précisément durant les années 1980, des signes marquent le dépérissement spatial de l'Alfa (*Stipa tenassicima*). La régression de cette espèce se traduit en quelques années par la baisse de la vigueur puis par le dépérissement des touffes (d'après A Aidoud, 1996). L'alfa n'est pratiquement qu'une relique qui se réfugie dans les zones accidentées.

La « mer d'Alfa » est devenue «un mirage », cette *régression* est un *indicateur de la désertification* des steppes algériennes.

Dans les Plaines Sud Oranaises ce sont 1.2 millions d'hectares de la steppe denses d'alfa, qui ont été affectées entre 1983 et 1990: dans les peuplements denses de la plaine s'étendant au départ sur près de 500 000 ha, le couvert de l'alfa passe en moyenne de 30 à 2%, pendant que les peuplements clairs couvrant environ 700 000 ha enregistrent un dépérissement total de l'espèce (A Aidoud, 1996).

L'alfa se régénère difficilement, même en période humide mais malheureusement elle a été déracinée lors de sa cueillette (La récolte de l'alfa pour l'industrie papetière est en très net déclin : les quantités récoltées en Algérie (4500t en 1990) ont baissé de près de 98% depuis les années 1960).

Durant la mission effectuée en mai 2002 et décembre 2004, nous avons constaté que la régression de l'alfa est très nette et généralisée, elle a pratiquement disparu entre Méchéria et Aïn Sefra. On ne la trouve plus que dans les zones, limitrophes de la frontière marocaine. Ceci apparaît nettement dans l'image satellitaire TM 2001 (Cf.Fig. N°6).

Actuellement, la végétation steppique à base de *Artemisia herba alba*, et *Stipa tenassicima* est dans un état de dégradation avancé (Cf.ph N°4). Mais la formation à *Lygeum*

Spartum développe un certain dynamisme : elle est en extension dans certaines zones car elle colonise en partie les faciès à alfa. *L'armoise blanche* et *le sparte* font partie des espèces qui « remplacent » progressivement l'alfa au fur et à mesure que celle-ci disparaît.

De même, *harmel* se rencontre dans les endroits les plus dégradés, là où l'action anthropique a été particulièrement forte. Il est donc synonyme de la dégradation ultime du milieu.





Photo N° 4 : La steppe à taux de recouvrement est très faibles; signe de dégradation
Cliché. Kh. Remaoun (Mai 2005).

4. La désertification dans les Hautes Plaines se traduit par la formation de dunes mobiles et l'extension des anciennes dunes, l'extension des surfaces caillouteuses

A partir du traitement des images de deux dates différentes (1987 et 2005) et aux relevés du terrain, nous avons mis en évidence l'extension nette des dunes anciennes et la formation des dunes récentes qui se sont formées après 1987 ou même avant.

- Des champs de dunes représentant l'extension du cordon dunaire de Magrouna vers NE et SW et sur ces côtés.
- Les champs de dunes quaternaires de Sebkhât Naâma, ont progressés entre 1987 et 2005 vers le N et le S.

On peut voir aussi:

- Au NE de Ain Ben Khelil, la genèse des petites dunes très mobiles récentes, progressant au SW/NE vers Méchéria.
- Au SW de Ain Ben Khelil, un champ de dunes a la même trajectoire que le précédant.
- Deux champs de dunes parallèles : le premier par rapport au cordon dunaire de Magrouna et Dj Oumm el Ar'ar côté W et l'autre par Dj el Hadjret Toual côté E
- Au NW du Dj Aissa, deux dunes, et le troisième est plus étendu vers le N.
- L'extension des surfaces caillouteuses qu'on peut assimiler aux regs sahariens.

Cet aspect va être développé dans la 3^{ème} partie de ce travail.

Conclusion

Nous avons démontré dans ce chapitre qu'il y a plusieurs définitions de la désertification d'après les recherches bibliographiques selon le domaine de chaque chercheur. La désertification en générale est la transformation d'un paysage ou milieu non désertique en un milieu à caractéristiques désertique.

Les Hautes Plaines Sud Oranaises sont affectées par le phénomène de la désertification suite aux analyses faites de plusieurs paramètres. La désertification est le résultat des conjugaisons des multiples facteurs ; anthropiques, biologiques et climatiques.

Sur le plan anthropique, les Hautes Plaines Oranaises ont connu des transformations surtout au niveau social qui a engendré des conséquences néfastes par plusieurs politiques depuis 1830 par les colons français et même après l'indépendance en aménagement qui ont contribué à la dégradation du milieu.

Sur le plan climatique, les Hautes Plaines Oranaises ont traversé depuis 1889 par trois phases de sécheresses. Méchéria, a connu deux phases pluviométriques alternativement humides puis sèches et une phase de sécheresse particulièrement longue (30 ans) avec une moyenne pluviométrique de 123.97mm pour la période 1970 à 2005. Pour la 1970 à 1999, la pluviométrie est en moyenne de 139.76mm, donc elle est très faible par la comparaison avec des données d'autres études. En 2000 à 2005, on enregistre une légère augmentation des précipitations avec 218.73mm. A Ain Sefra, la pluviométrie moyenne est de 167.8mm pour la période 1889 à 2005 avec sept phases pluviométriques ont été relevées, et quatre phases de sécheresses.

La sécheresse la plus sévère et la plus longue qui a commencé en 1965 et qui a duré 30 ans, donc elle a probablement favorisé les phénomènes de désertification.

Du point de vue biologique, il y a une régression de la végétation steppique et son remplacement par d'autres espèces végétales, où la biomasse verte de l'alfa passe en moyenne de 30 à 2 %. Pendant que les peuplements clairs couvrent environ 700.000 ha enregistre un dépérissement total de l'espèce. Alors la régression d'Alfa est un signe de la désertification des steppes algériennes (A. Aidoud 1996).

La formation et la progression des dunes mobiles et des surfaces caillouteuses sont représentées à partir du traitement d'images satellitaires de deux dates différentes (1987 et 2005) et au relevé terrain, il y a une extension des anciens dunes (les dunes de Sebkat En Naâma et le grand cordon dunaire de Magrouna) par des champs de dunes récentes qui se sont formés après 1987 ou même avant.

Troisième chapitre

**Méthodologie et Approche de
Traitement des Données.**

Introduction

L'intérêt de cette partie est de monter la méthode adoptée pour analyser les données de bases :

- Le traitement des images satellitaires pour réaliser la classification supervisée et l'indice de végétation.
- Les relevés de terrain (typologie des dunes et leurs dimensions) et les traitement qui ont été faite au laboratoire (granulométrie).

I. Approche par traitement de l'image satellitaire:

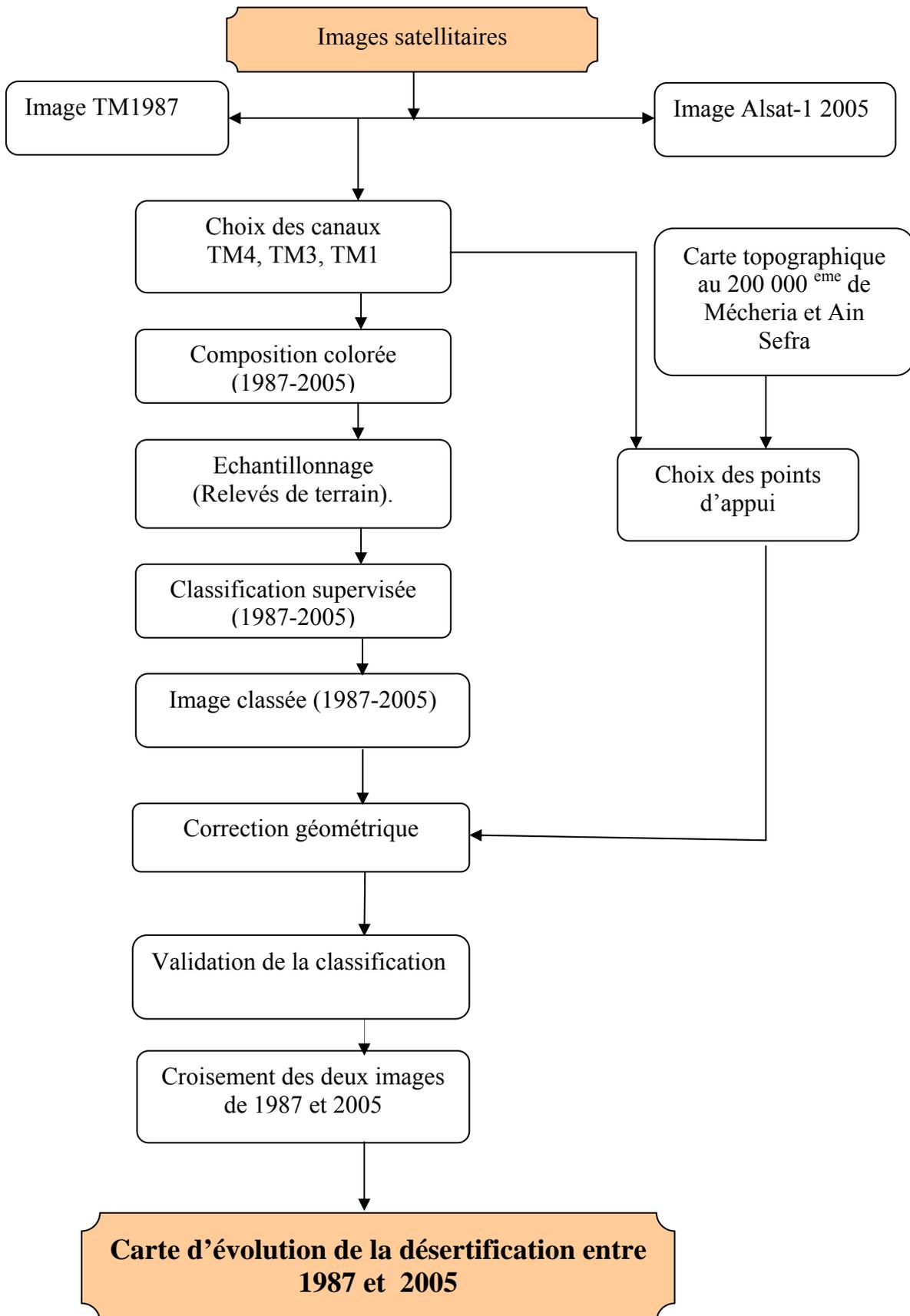
La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images permet d'obtenir de l'information sur la surface de la terre sans contact avec celle-ci. Elle englobe tous les processus qui consistent à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électronique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information, pour ensuite mettre en application celle-ci.

L'utilisation des images satellitaires les données de terrain et les cartes topographiques nous à aidé à établir plusieurs cartes sur un fond topographique car le langage cartographique est plus représentatif : la morphologie joue un rôle primordiale du point de vue orientation et exposition des reliefs qui agissent directement sur la dynamique du système éolien (ensablement).

L'étude entreprise dans ce travail a été réalisée selon plusieurs volets (Cf.Fig.N°7).

- Le choix des images satellitaires.
- Extraction de la fenêtre d'étude.
- Choix des canaux.
- Composition colorée.
- Correction géométrique
- Les relevés du terrain; typologie des formes d'accumulations sableuses et les localisés a l'aides de GPS
- Echantillonnage.
- Classification supervisée des images.
- Validation de la classification (matrice de confusion)
- Croisement des images classifiés (1987, 200

Fig. N°7 : Méthodologie générale pour la réalisation de la carte d'évolution de la désertification entre deux dates différentes (1987-2005).



1. Les traitements des images satellitaires :

a) *Le choix des images satellitaires* utilisés dans cette étude sont :

- Image satellitaire MSS1972, scène 212-37 du 15/11/1972 issue du satellite Landsat.
- Image satellitaire TM1987, scène 198-37 du 31/03/1987 issue du capteur Thématique Mapper de Landsat.
- Image satellitaire TM2001, scène 198-37 du 13/03/2001 issue du capteur Thématique Mapper de Landsat.
- Image satellitaire Alsat-1 du 23/03/2005.

Le choix des images satellitaires de différentes dates a pour but de compléter le manque d'information existant dans les autres images par exemples, l'image Alsat-1 2005 là où il y a trop des nuages donc on est obligé d'utiliser d'autres images qui sont très proches du point de vue dates tel que TM2001 et Alsat-1 2005.

L'utilisation de toutes ces images de différentes sources nous a posé plusieurs problèmes à savoir :

- La mauvaise qualité d'image Alsat-1 2005 : présence de nuages.
- Les images ne couvrent pas toutes la même zone comme par exemple l'image satellitaire de Landsat 1972 de la scène 198-37, ne couvre pas la même zone que les autres images de 1987 et 2005.
- La confusion lors la classification supervisée, ce qui ne coïncide pas à la réalité terrain à 100%.

b) *Extraction de la fenêtre*: c'est l'extraction d'une fenêtre de la scène pour couvrir une zone de 4224 km² de superficie. Cette opération a permis délimiter toutes les parties de l'image hors de la zone d'étude.

c) *Le choix des canaux*: Chaque capteur est constitué de plusieurs canaux qui sont redondant en information entre eux, alors qu'en traitement d'images on est obligé de travailler seulement qu'avec trois canaux pour la composition colorée (RVB) à savoir les canaux 4, 3, 1. Le choix de ces derniers a été fait pour mieux appréhender le thème de « désertification », dans sa caractéristiques la plus visibles ; l'avancée des sables ou ensablement (cf.tab.N° 2).

Tab.N°2 : Caractéristiques des bandes spectrales 4, 3, 1 pour les deux images Alsat-1 2005 et TM1987.

Canal (TM)	Longueur d'onde	Caractéristique des canaux
1	0.45 à 0.52 μm	Bleu –Vert, maximum de pénétration d'eau, est utilisé pour la cartographie bathymétrique dans les eaux peu profondes et sert aussi à différencier le sol de la végétation.
3	0.63 à 0.69 μm	Rouge, il met en évidence la bande d'absorption chlorophyllienne qui est importante pour la discrimination des types de végétations.
4	0.76 à 0.90 μm	Infrarouge, utilisable pour déterminer la contenance de la biomasse et pour la cartographie littorale.

Source : Smahi Z, 2001-2002

d) La composition colorée

Une image en fausse couleur composée de trois bandes a été obtenue à partir de la superposition des trois canaux TM1, TM3, TM4 auxquels des pseudo-couleurs ont été attribués et qui sont respectivement : rouge, vert, bleu. Elles sont suffisantes pour l'étude de l'ensablement.

e) *Correction géométrique*

Les images ne sont pas référencées par rapport aux cartes topographiques d'où la nécessité d'établir des corrections géométriques afin qu'elles se superposent aux cartes et à la réalité terrain.

L'opération a consisté à relever 12 points d'appui qui ont été sélectionnés et bien réparties sur l'ensemble de la carte topographique et sur l'image satellitaire à corriger suivant des repères bien définis et inchangeables dans le temps (l'intersection de routes ou des oueds). La projection utilisée est UTM (Universel Translation Mactor), le fuseau 30 et l'ellipse de Clarke 1880. Le modèle polynomiale utilisé est de degré 2, alors que l'interpolation est de type « plus proche voisin » (PPV), pour ne pas altérer les valeurs radiométriques de ces images, cet ensemble d'opérations est appelée *ré échantillonnage*.

La précision de la correction est évaluée par l'erreur RMS au niveau des points d'amers qui sont inférieurs au pixel. Ainsi, le RMS (Erreur moyenne quadratique) évalué à partir des points de contrôle sur l'ensemble des points d'AMERS est de presque 0.6 pixel donc inférieur au pixel ce qui implique une bonne qualité de rectification.

f) *Echantillonnage (relevée du terrain)*

Durant la mission de terrain du décembre 2004, on a distingué que le paysage est un théâtre avec beaucoup de changement.

On a positionné et mesuré les types d'accumulations sableuses les plus représentatives sur le terrain (hauteur, longueur, largeur, et espacement entres eux) et déterminé aussi leur morphologie (barkhane, ou dépôt barkhanoïde, dépôt en forme en bouclier et les nappage sableux).

Les échantillons sélectionnés sont :

- Dunes dont l'épaisseur est supérieur à 2 m.
- Amas sableux dont l'épaisseur est inférieur à 2 m
- Nappage sableux.
- Epanchage d'oued et des surfaces caillouteuses.
- Végétation

g) *Classification supervisée des images satellitaires* (CF Fig.N° 8-9)

La technique utilisée pour la classification supervisée c'est le maximum de vrais semblance, car elle est considérée comme une technique plus avancée de la classification. Les classes d'échantillons sont identifiées sur la base des relevés de terrain qui ont été

géoréférenciés (points Y, X par GPS). Les échantillons sont localisés dans l'image avec précision pour qu'il y ait une bonne correspondance géométrique entre l'image et les objets au terrain.

Après avoir découpé l'espace en différentes régions associées à des classes d'objets, il suffit de prendre un à un chacun des pixels des zones d'apprentissage et leur opposer leur classe d'objet correspondant à une couleur. Cette opération est réalisée à l'aide du logiciel ENVI 4.2. Il nous a permis de créer une autre image ce qu'on appelle image classée

Remarque : d'autres classes ont été ajoutées tel que : zone de bas-fond et ruissellement, montagnes, piémonts pour réduire au maximum la confusion des couleurs.

h) *Matrice de confusion*

Avant d'accepter et d'évaluer la précision de la classification finale il est intéressant de consulter le dernier indicateur de la qualité de cette classification à savoir la table de performance (matrice de confusion).

Rappelons qu'on appelle noyau un ensemble de pixels servant à caractériser un objet que l'on veut utiliser pour construire une classification. En sortie de la classification, les groupes thématiques (ou classe) portent le même nom que ceux des noyaux qui ont servi à leur constitution lors de la classification.

Cette table va nous permettre ainsi d'apprécier l'homogénéité de chaque groupe thématique et donc les noyaux choisis avant la classification.

D'une autre manière, cette table se présente sous forme d'un tableau à double entrée. Une des entrées correspond aux pixels affectés aux classes d'après notre connaissance du terrain tandis que l'autre représente les pixels attribués aux classes après la procédure de classification.

En conséquence, l'examen des statistiques issues de la matrice de confusion montre que notre classification est bonne, du fait que la précision globale de la classification est égale à 82.26% pour l'image de 1987 et 87.21% pour celle de 2005 (supérieur à 80%). Une autre validation a été effectuée en comparant l'image classifiée et l'image satellite où seulement quelques confusions existent entre quelques thèmes dues essentiellement aux valeurs radiométriques très proches des classes.

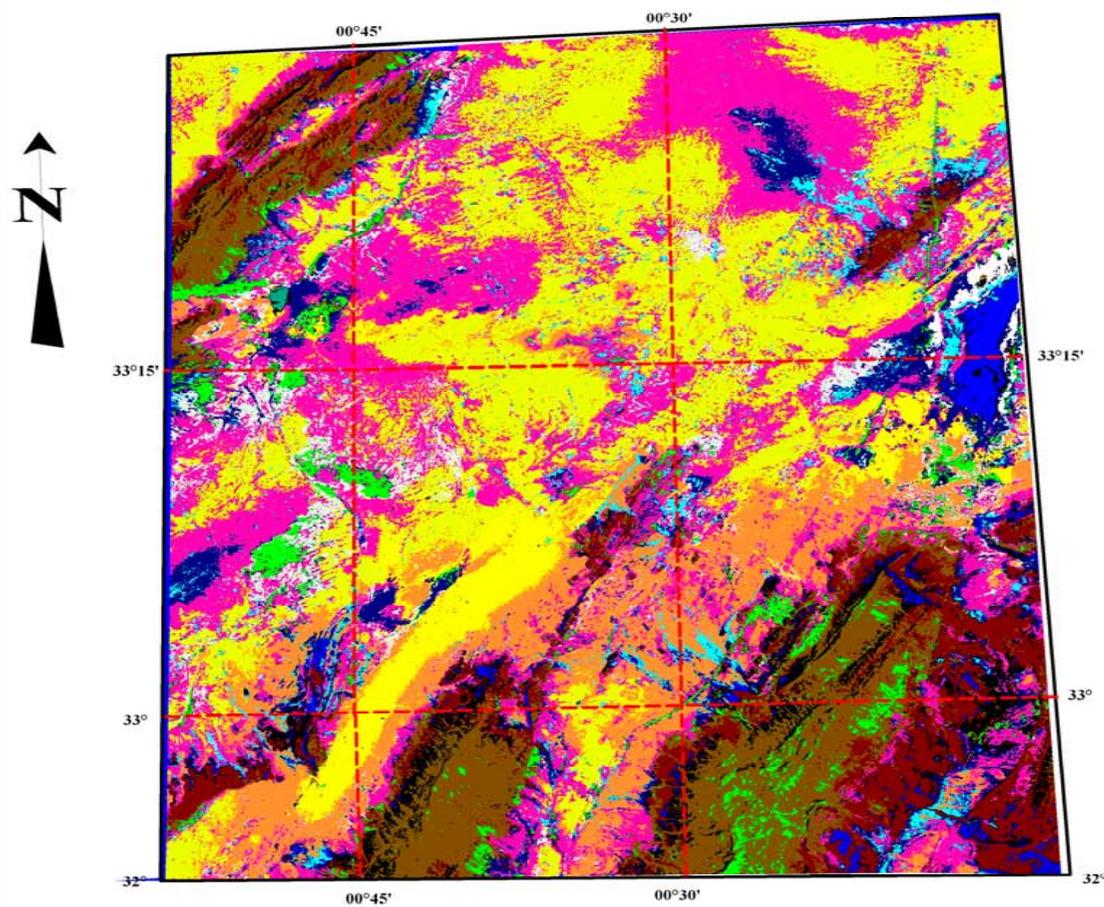
Tab.N°3 : Matrice de confusion de la classification en pourcentage (image 1987).

Classe	Surfaces caillouteuses	Zone de bas-fond et ruissellement	Zone d'épandage et crue d'oued	Sebkhat En Naâma	Végétation	Nappage sableux	Amas sableuse	Dune barckanoide	Grand cordon Dunaire De Magrouna	Montagne	Piémont	% bien classée
Surfaces caillouteuses	81	10.07	3.63	0.13	0	8.52	0.71	0.11	0.07	0.25	0.73	105.22
Zone de bas-fond et ruissellement	1.73	70.37	2.23	0.95	0	0.28	0.01	0.07	0	0.04	0.19	75.87
Zone d'épandage et crue d'oued	4.13	15.93	71.89	2.09	2.46	2.82	0.77	8.01	0.12	0.85	4.8	113.87
Sebkhat En Naâma	0.04	0.41	0.3	89.95	0	0	0	0.05	0	0.14	0.07	90.96
Végétation	0.07	0.02	4.33	0.01	80.05	0.14	1.05	0.01	0.01	1.86	0.67	88.22
Nappage sableux	10.71	1.98	4.16	0	0.82	82.07	6.7	7.34	1.43	0.21	0.29	115.71
Amas sableuse	1.4	0.02	2.47	0	6.81	5.69	89.75	1.94	7.35	0.81	0.18	116.41
Dune barckanoide	0.05	0.36	0.9	0.01	0.01	0.27	0.15	77.98	5.71	0.05	0.13	85.62
Grand cordon dunaire de Magrouna	0.04	0	0.02	0	0.02	0.16	0.78	4	85.24	0.03	0.02	90.31
Montagne	0.51	0.47	4.06	6.55	9.15	0.04	0.09	0.31	0.06	87.66	17.06	125.96
Piémont	0.32	0.35	6	0.31	0.68	0.01	0	0.18	0	8.1	75.86	91.81
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100%
Précision globale du classement	82.26%											

Tab.N°4 : Matrice de confusion de la classification en pourcentage (image 2005).

Classe	Surfaces caillouteuses	Zone de bas-fond et ruissellement	Zone d'épandage et crue d'oued	Sebkhat En Naâma	Végétation	Nappage sableux	Amas sableuse	Dune barckanoide	Grand cordon Dunaire De Magrouna	Montagne	Piémont	% bien classée
Surfaces caillouteuses	56.76	2.5	17.95	0	0	0	0	0	0	0	0	77.21
Zone de bas-fond et ruissellement	18.92	95	5.13	0	0	0	0	0	0	0	0	119.05
Zone d'épandage et crue d'oued	18.92	2.5	76.92	0	0	0	0	0	0	0	0	98.34
Sebkhat En Naâma	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
Végétation	0	0	0	0	87.18	0	0	0	0	5.26	0	92.44
Nappage sableux	5.41	0	0	0	0	93.33	20.51	0	0	0	0	119.25
Amas sableuse	0	0	0	0	0	6.67	74.36	12.5	0	0	0	93.53
Dune barckanoide	0	0	0	0	0	0	5.13	80	0	0	0	85.13
Grand cordon dunaire de Magrouna	0	0	0	0	0	0	0	7.5	100	0	0	107.5
Montagne	0	0	0	0	12.82	0	0	0	0	94.74	0	107.56
Piémont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100%
Précision globale du classement	87.21%											

Fig.N°8 : Image classée de TM1987

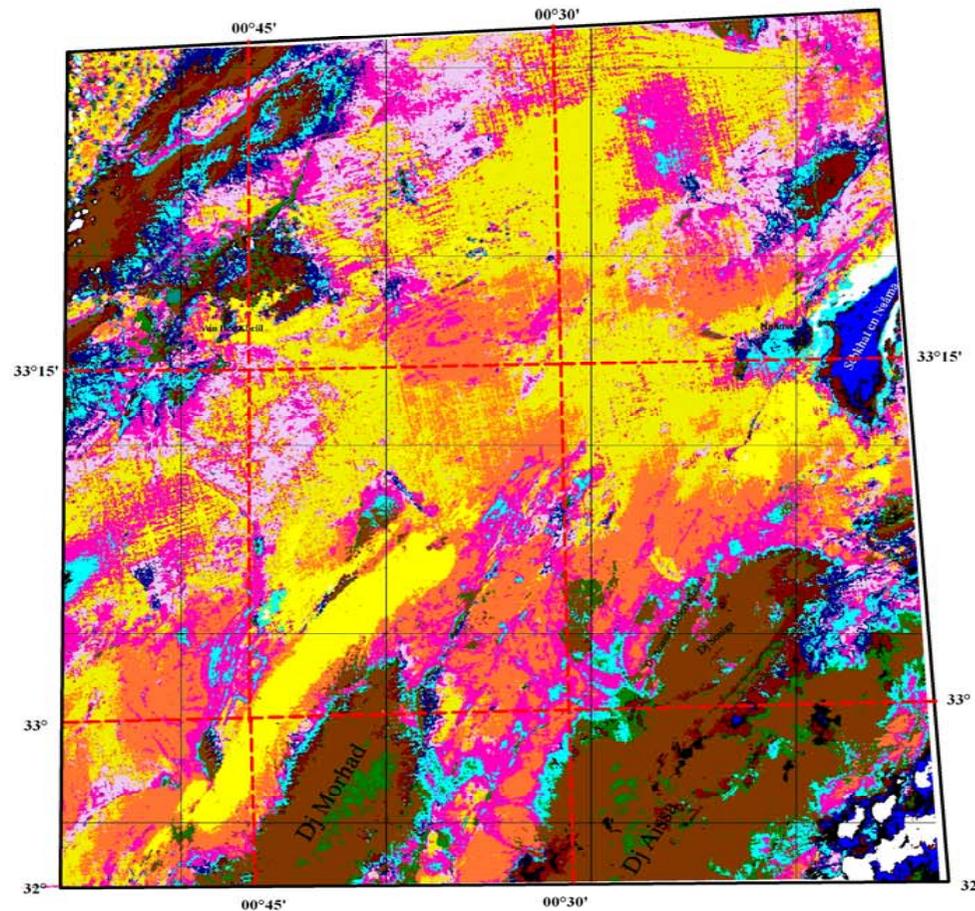


Légende

-  Surfaces caillouteuses
-  Zone de bas-fond et ruissellement
-  Zone d'épandage de crue d'oued
-  Sebkhat En Naâma
-  Végétation
-  Nappage sableux
-  Amas sableux dont l'épaisseur est inférieure à 2m
-  Dune barckanoide dont la hauteur est supérieure à 2m
-  Grand cordon dunaire de Magrouna
-  Montagnes
-  Piémonts

Echelle: 1/490 000

Fig.N°9 : Image classée de TM2005



Légende

-  Surfaces caillouteuses
-  Zone de bas-fond et ruissellement
-  Zone d'épandage de crue d'oued
-  Sebkhat En Naâma
-  Végétation
-  Nappage sableux
-  Amas sableux dont l'épaisseur est inférieure à 2m
-  Dune barckanoide dont la hauteur est supérieure à 2m
-  Grand cordon dunaire de Magrouna
-  Montagnes
-  Piémonts

Echelle: 1/490 000

2. Les images résultats

a) Croisement d'image de différentes dates

La combinaison des différentes couches d'information en mode raster se fait deux à deux pour déterminer l'évolution de la désertification par la progression des sables et la régression de la végétation. Pour pouvoir faire les opérations de stockage, de saisie et des combinaisons couches, il nous a fallu passer par seuillages afin de garder l'information qui nous intéresse, ensuite un codage numérique pour chaque couche d'information (cf. tab .N°4)

Tab.N° 5 : Les codes des différentes couches d'information.

Codage	Dune d'ont la hauteur est supérieur à 2m	Amas sableux d'ont la hauteur est inférieur à 2m	Nappage sableux	Epandage d'oued et Surface caillouteuse	Végétation
1987	3	1	5	7	9
2005	4	2	6	8	10

L'opération de croisement se fait deux à deux de la classification supervisée (1987-2005) suivant le codage des différentes couches d'informations.

Les résultats de cette combinaison sont représentés par un croisement final des couches d'informations, et pour déterminer l'évolution de chaque thème.

Les pages colorées obtenus après le traitement des images de (TM1987 et Alsat-1 2005), ont été vectorisés après une minutieuse procédure de nettoyage et de filtrage pour être superposés sur les cartes topographiques de Méchéria et Ain Sefra au 200000^{eme}. D'autres couches d'informations pourront être par la suite intégrées dans un SIG (Système d'information géographique MapInfo 8.0).

b) Indice de végétation (Cf.Fig. N° 10-11) :

La végétation est un milieu complexe spectrale varie avec la saison et les phases de croissance. Le but de cet indice c'est de prouver la régression végétale durant les périodes de sécheresse ce qu'on appelle « stress végétal ». Un indice de végétation est souvent utilisé pour mesurer la quantité de végétation dans une étendue de terre dans l'espace. Dans la littérature, nous pouvons trouver plusieurs indices de végétation. Celui qui est le plus utilisé s'appelle NDVI

(Normalized Différence Végétation Index) (Smahi Z 2002). Cet indice est calculé en faisant le rapport entre la réflectance au proche infrarouge et la réflectance au rouge. Sa formule est la suivante :

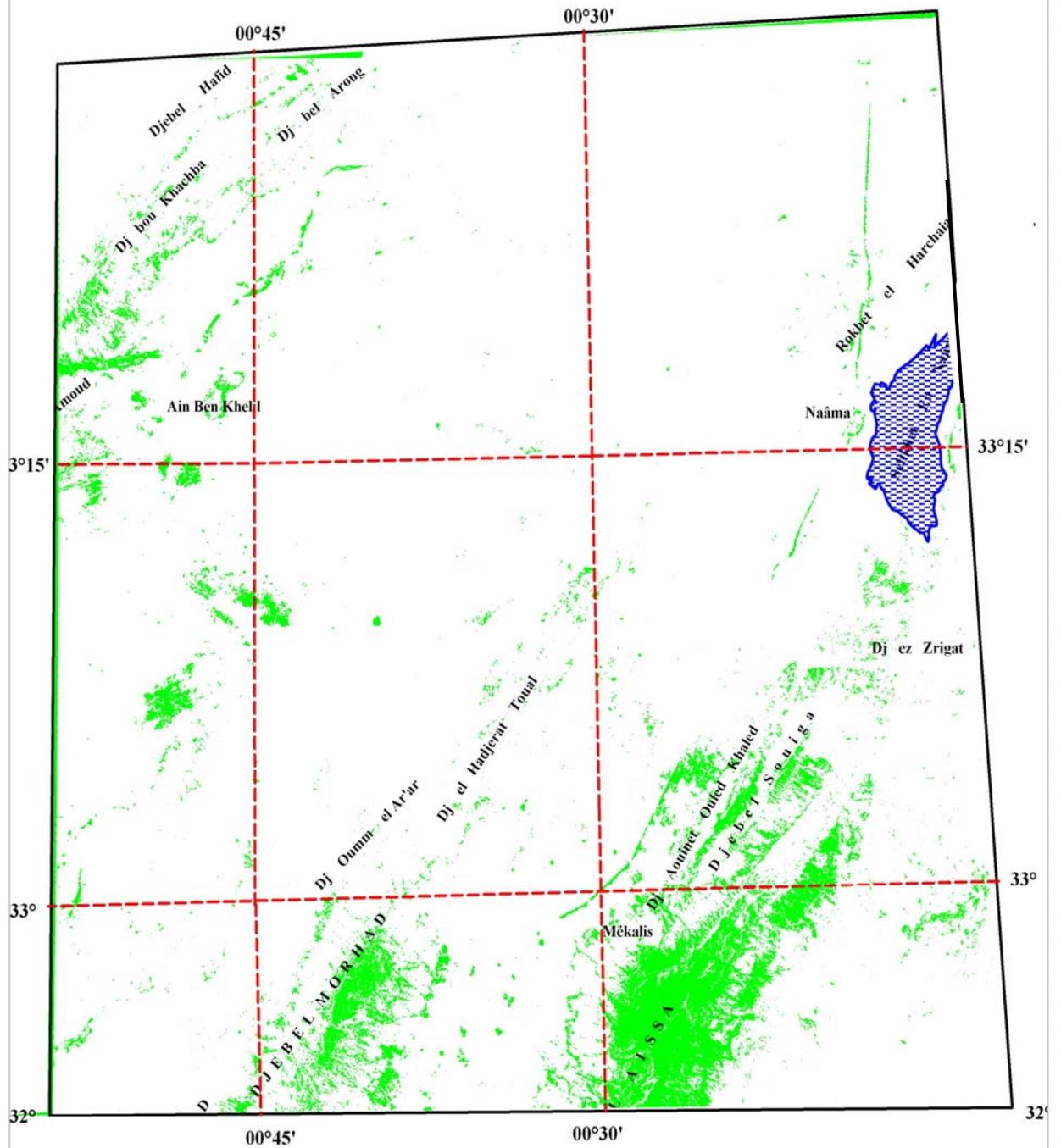
$$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$$

Où : ρ_{PIR} : la réflectance au proche infrarouge

ρ_R : la réflectance au rouge

L'application de cet indice est faite sur les deux images satellitaires (1987 et 2005). Les résultats obtenus démontrent qu'il y a des secteurs à changement. Lors du calcul de la superficie totale de la végétation sur les deux indices (1987 et 2005), une nette régression est observée en 2005 par rapport à celle de 1987. En effet, la superficie calculée en 1987 est estimée de 356.7 km² par contre en 2005 est de 72.47 km², donc la régression de la végétation ou ce qu'on appelle « Stress végétal » a un rapport avec les longues périodes de sécheresse (Cf.chapitre2) qu'a connue les Hautes Plaines Sud Oranaises tels que Mécheria et Ain Sefra.

Fig.N°10 : Indice de végétation (NDVI) en 1987



Légende

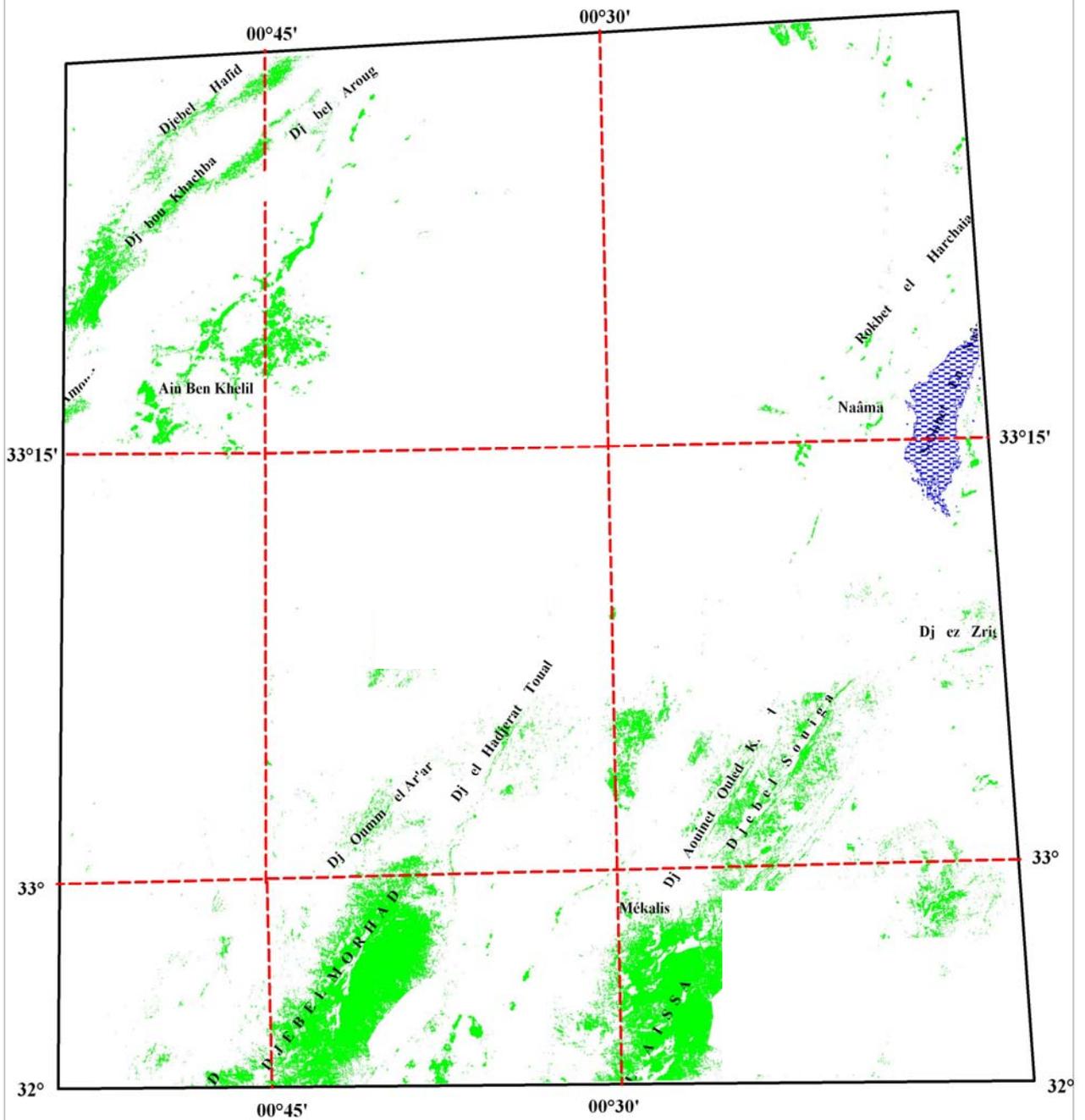
 Végétation

 Sebkhet En Naâma en 1987

Etablie à partir d'image TM 1987

Echelle: 1/ 360 000

Fig.N°11 : Indice de végétation (NDVI) en 2005



Légende

-  Végétation
-  Sebkhet En Naâma en 2005

Etablie à partir d'image Alsat-1 2005

Echelle: 1/ 360 000

II. Relevés de terrain et traitement au laboratoire

Une cartographie basée sur un traitement des images satellitaires prise à des différentes dates et l'identification sur le terrain de l'état de surface et des principales formes d'accumulations sableuses permet de mieux faire ressortir la progression de la désertification.

Les aspects principaux des paramètres pouvant influencés sur l'ensablement ;

- La rugosité (structure du sol, état de la végétation, façons culturales aussi que les divers obstacles tels que le relief, les infrastructures etc....) dépend de doubles action sur le vent c'est-à-dire augmentation ou diminution de la vitesse du vent.
- La granulométrie des accumulations sableuses et des surfaces caillouteuses.

1 Sur le terrain

- On a pris plusieurs échantillons les plus représentatives sur le terrain du point de vu leur expositions par rapport aux reliefs ainsi d'autres obstacles qui peuvent jouer un rôle important de la mobilité des sables (Cf.Fig.N°12).
- On a mesuré les dépôts sableux (hauteurs, largeurs, longueurs) et déterminé leur morphologie (barchane où dépôt barchanoïde, dépôt en forme en bouclier ou informe et les nappages sableux) et leurs direction avec la boussole.
- Puis on a échantillonné ces divers types d'accumulations selon leur morphologie en les géoréférenciés à l'aide du GPS, à savoir :
 - a) Dans les dépôts « dunaires », les échantillons ont été prélevés :
 - Le bas du versant au vent
 - Le milieu du versant au vent
 - Au sommet de la dune, vers le point de changement de pente
 - Le flanc sous le vent de la dune
 - b) Dans les nappages sableux on a échantillonné à 5 cm de profondeur.
 - c) Dans les rides, les points de prélèvement sur :
 - Le flanc au vent de la ride
 - La crête de la ride

La carte d'échantillonnage

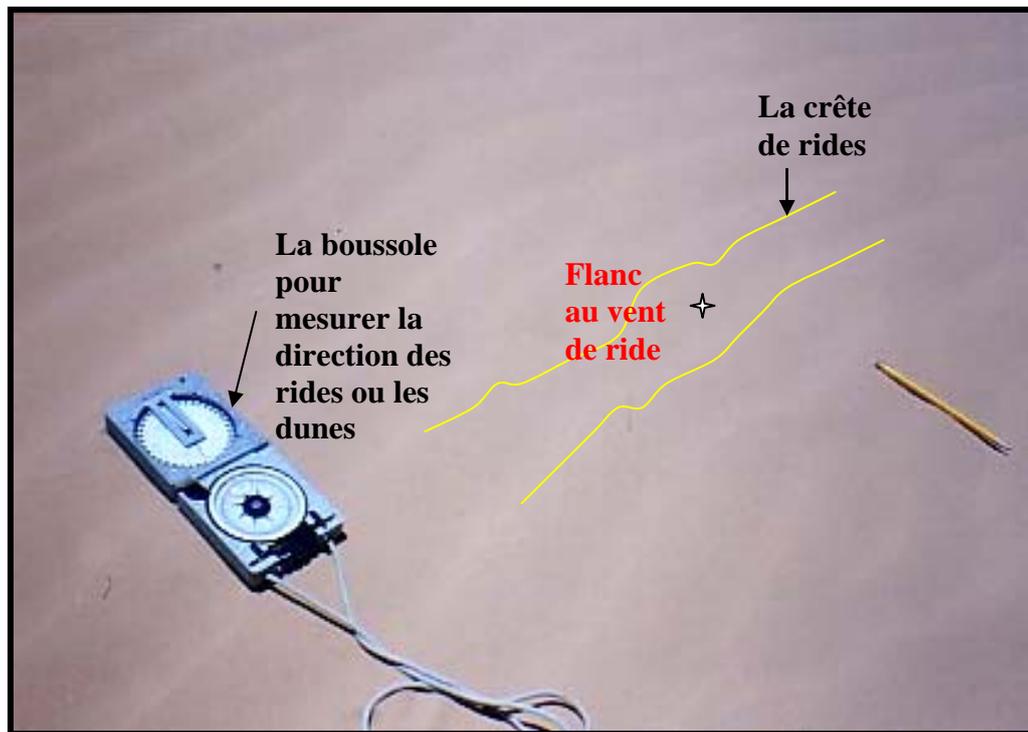


Photo N°5 : La méthode pour mesurer la direction des rides ou les dunes avec la boussole. Cliché Kh. Boukhokhal

2 Au laboratoire

Au laboratoire on a :

- Reporté les points GPS des échantillons sur la carte topographique avec précision pour les mettre en corrélation avec les reliefs.
- Déterminé la couleurs des sables en utilisant le code Munsell pour faire la comparaisons entre les accumulation s'ils ont le même type de dépôt (la source).
- Ensuite, un traitement granulométrique a été fait au laboratoire, La méthode utilisée dans ce travail est celle du tamisage classique de la fraction qui va de 0.04mm à 2mm qui consiste à :
 - Sécher la totalité de l'échantillon à l'étuve pendant 24 h à 100°C ensuite peser 200g de l'échantillon sec.
 - Laver à l'eau de robinet ⁽¹⁾ les 200g avec le tamis 0.04 ou 0.05mm pas à trop fort débit et en remaniant doucement pour garder le maximum des grains des sables jusqu'à ce que l'eau devienne claire.

Le sable qui reste dans le tamis, le mètre dans un bêcher en lavant avec une pipette le tamis à l'inverse pour accueillir les grains.

Ensuite mettre le bêcher dans l'étuve à 110°C pendant 24 h jusqu'à ce qu'il sèche, et avant de passer au tamisage on pèse les sables.

En dernier, on passe au tamisage mécanique à l'aide d'une colonne de 17 tamis, série « Afnor » de 0.04mm à 2mm, les tamis sont superposés dans l'ordre des tailles de mailles décroissantes de haut en bas sur une secoueuse vibrante (plan vertical). L'échantillon est versé en haut de la colonne et répartie le sable sur toute la surface du tamis au moyen d'un pinceau sec, la durée du tamisage est de 15 à 20 minutes⁽²⁾.

Ensuite, chaque résidu de tamis en utilisant un blaireau pour les broser et un papier de grande taille pour récupérer les refus afin de les peser avec une balance à lecture directe et mettre de chaque résidu dans des sachets des petites tailles et marquer les références.

Les résultats granulométriques après le traitement seront représentés sous forme de graphes : histogrammes et courbe cumulative, si la courbe cumulative est étroite non étalée donc cela, veut dire que c'est un sédiment bien classé, par contre un sédiment mal classé a une courbe étalée.

L'asymétrie de ces courbes peut être positive ou négative: elle est positive si le classement est maximum du côté des grains fins et négative si le classement est maximal du côté des grains grossiers.

Pour les valeurs numériques (paramètres et indices granulométriques) ont été calculées à partir des courbes cumulatives.

(1) L'eau de robinet pour ne pas éliminer la matière organique pour voir les apports éoliens.

(2) pour avoir une bonne répartition des fractions ; pour que chaque tamis ayant retenu les grains dont le diamètre est comprise entre sa maille et la maille du tamis.

Conclusion

Dans ce chapitre, deux approches ont été utilisées pour analyser et traiter les données cartographiques et des données de terrains qui sont toutes complémentaires afin d'obtenir des résultats satisfaisante.

La première approche qui est basée sur le traitement d'images satellitaires de deux dates 1987 et 2005, a été réalisée en plusieurs volets qui sont obligatoires pour arriver à une autre image plus réelle puisque on a intégré les données du terrain ce qu'on appel « la classification supervisées » ainsi le croisement entre ces deux images classifiés pour aboutir à une carte d'évolution de l'extension de la désertification. En d'autre part, l'application de l'indice de végétation NDVI nous a bien illustré la régression de la végétation.

La deuxième approche, consistait à montrer la méthode de prélèvement des mesures des accumulations sableuses ou la typologie des dunes:

- Longueur
- Largeur
- Hauteur et
- Espacement entres les dunes.

Ainsi les prélèvements des sables au niveau des dunes ou des rides pour déterminer la couleurs des grains en utilisant le code « Munsell» ensuite un traitement granulométrique selon la méthode « tamisage classique »de la fraction qui va de 0.04mm à 2mm.

Quatrième chapitre

L'extension de L'ensablement et d'autres Résultats

Introduction

Dans ce chapitre, on va représenté et interprété les résultats des données traités.

I. La classification supervisée des images satellitaires.

Le classement des images TM 1987 et Alsat-1 2005 est représenté par des couleurs correspondant aux thèmes tels que :

- les classes de sables sont représentées par la couleur jaune
- la végétation par la couleur verte
- les épandages d'oued et les surfaces caillouteuses par la couleur magenta.
- les montagnes par la couleur marron foncé
- les zones humides ont été représentées par la couleur turquoise tels que les dayas, bas-fonds.

Mais l'accent sera mis sur les accumulations sableuses, la végétation, et les épandages d'oueds et les surfaces caillouteuses. La superficie totale de la zone où on a calculée les pourcentages est de 4224 km².

La classification supervisée des images satellitaires en deux dates 1987 et 2005 est basée sur les relevés de terrain et nous a permis de dégager trois grandes classes.

- Les accumulations sableuses
- La végétation
- Les épandages d'oueds et les surfaces caillouteuses.

I.1 Les accumulations sableuses

Les accumulations sableuses ont été classées selon leurs dimensions en quatre sous-classes qui sont :

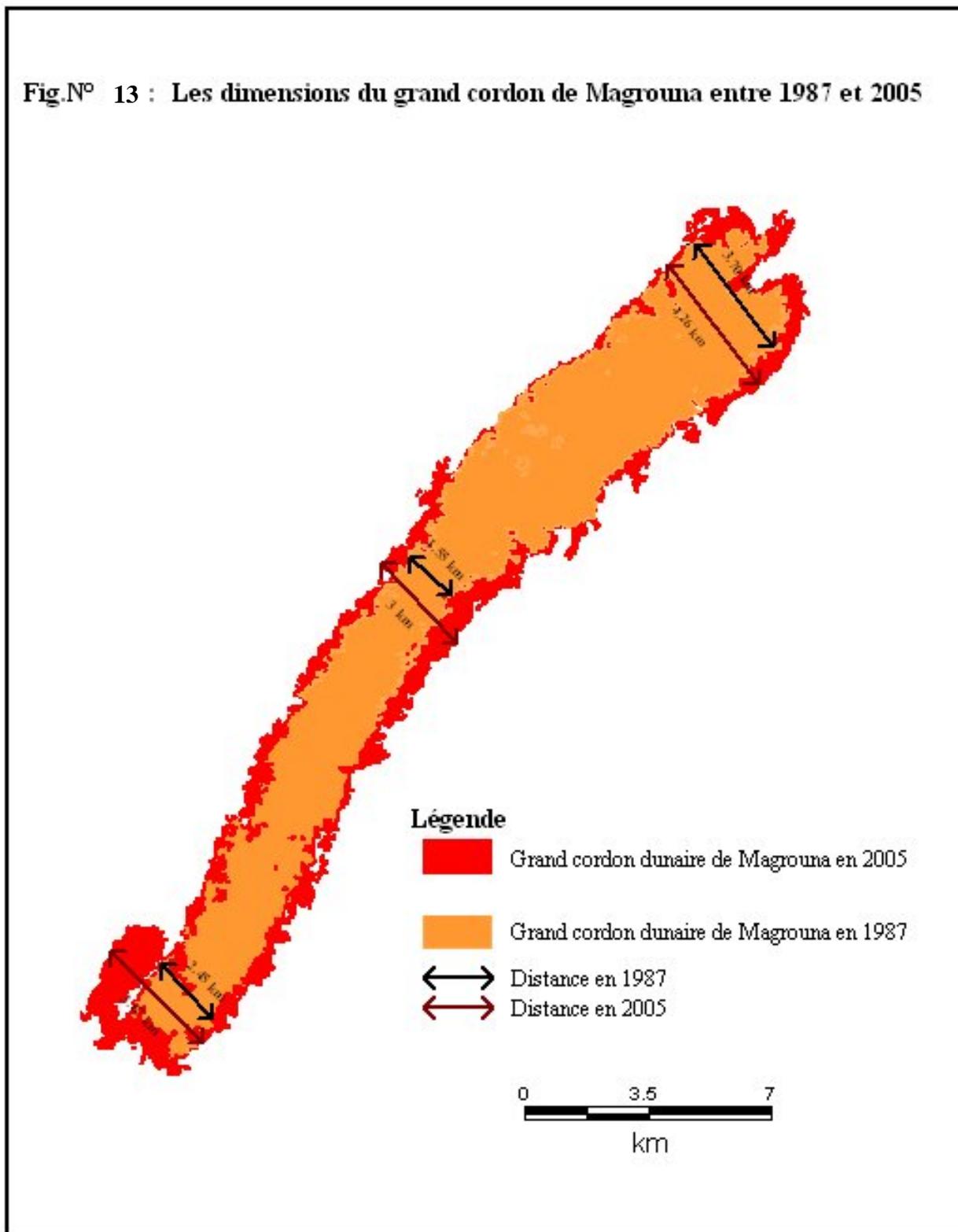
- Cordon dunaires et dunes de Sebkhata En Naâma
- Dune dont la hauteur est supérieur à 2m
- Dunes et amas sableux dont la hauteur est inférieur à 2m.
- Nappage sableux.

1. Cordon dunaire de Magrouna (Cf.Fig.N°13)

Le cordon de Magrouna est ancien (Quaternaire). Il s'étend parallèlement aux piémonts ouest des Dj Oum el Ar'ar, Hadjret et Toulal et Dj Morhad sur environ 30 km de longueur, 3 à 4 km de largeur au NE et 2 à 3 km au SSW. Sa superficie est de 73 km² environ. Il est orienté SW/NE.

Entre 1987 et 2005, il y a une extension de ce cordon vers N et SSW par un champ de dunes s'étendant dans le même sens que celle du cordon (SW/NE). La superficie est estimée de 91 km² avec 30 km de longueur, 4 à 5 km (NE) et 3 à 4 km (SSW).

Fig.N° 13 : Les dimensions du grand cordon de Magrouna entre 1987 et 2005



2. Les dunes et amas sableux récentes

2.1 La typologie des dépôts sableux et leurs granulométrie (Cf.tab.N° 5, 6 et 7)

Sur le terrain, il est remarquable de constater que des différences de mobilité se traduit par des différences de teinte des dunes ainsi que d'autres dépôts.

Les mesures et les prélèvements des échantillons ont été faites sur le terrain, on y a observé l'agencement spatial de divers dépôts sableux qui sont : des dépôts sableux sous forme des dunes en bouclier dont la hauteur est supérieure à 2m, amas sableux dont la hauteur est inférieure à 2m et des nappages sableux ainsi que des dépôts sableux piégés par la végétation. (Cf. Tab.N°4)

Deux types d'échantillonnages ont été faits :

- Dans les sables de la dune à 10-15 cm de profondeur, à la base et sur le versant au vent, au sommet et sur le versant sous le vent.
- Dans les rides à la surface de la dune.

a) Les dunes en bouclier et en dôme (Cf.photoN° 6)

Les prélèvements des sables ont été faites au sud du Dj Antar à distance 375m de la route nationale RN 6, de même qu'à Naâma et Ain Ben Khelil. Les dunes se trouvent sur le piémont SE du Dj Antar, elles ont presque les mêmes dimensions en moyenne, elles ont :

- 28 – 40- 56 m de long,
- 24 – 35- 40 m de large,
- 2.5 – 3 m de haut.

Elles sont espacées de 8-10m en moyenne avec des orientations : N 320, N 325 et N 390 soit WNW et NNW.

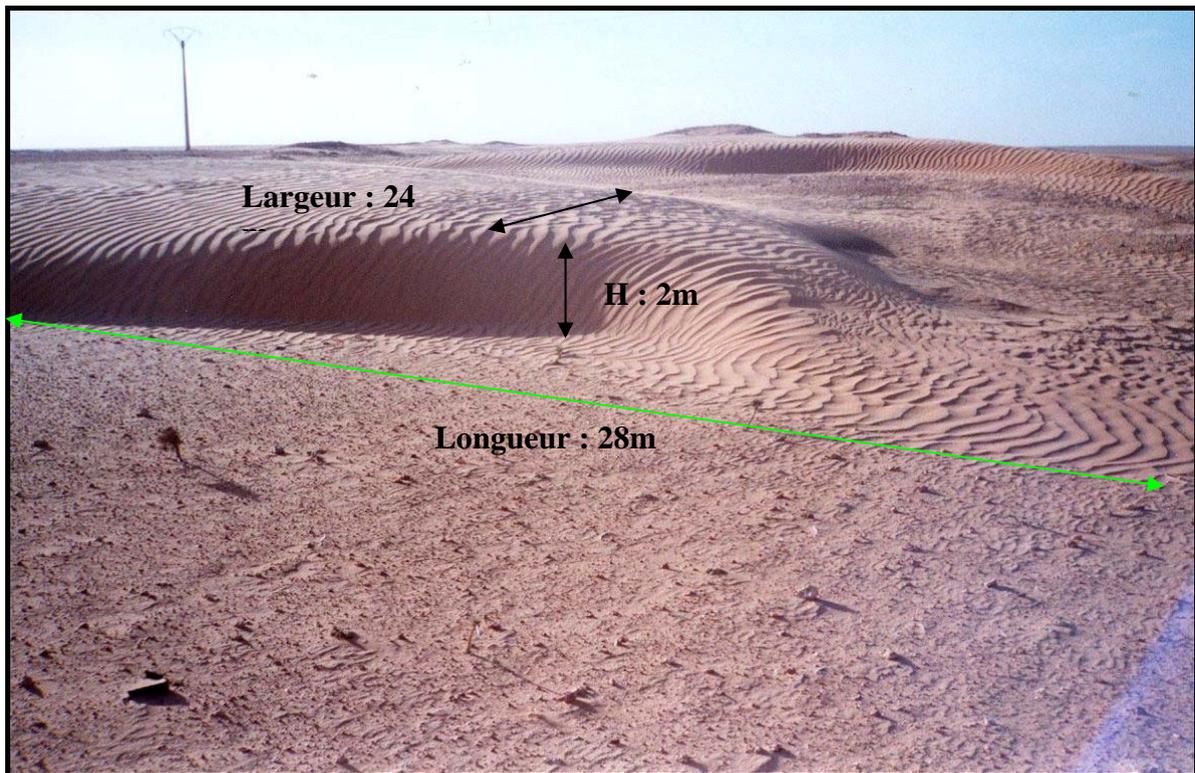


Photo N° 6: Dune en dôme de direction WNW/ ESE située sur le piémont SE du Dj Antar
 Cliché, Kh Boukholkhal (Décembre 2004).

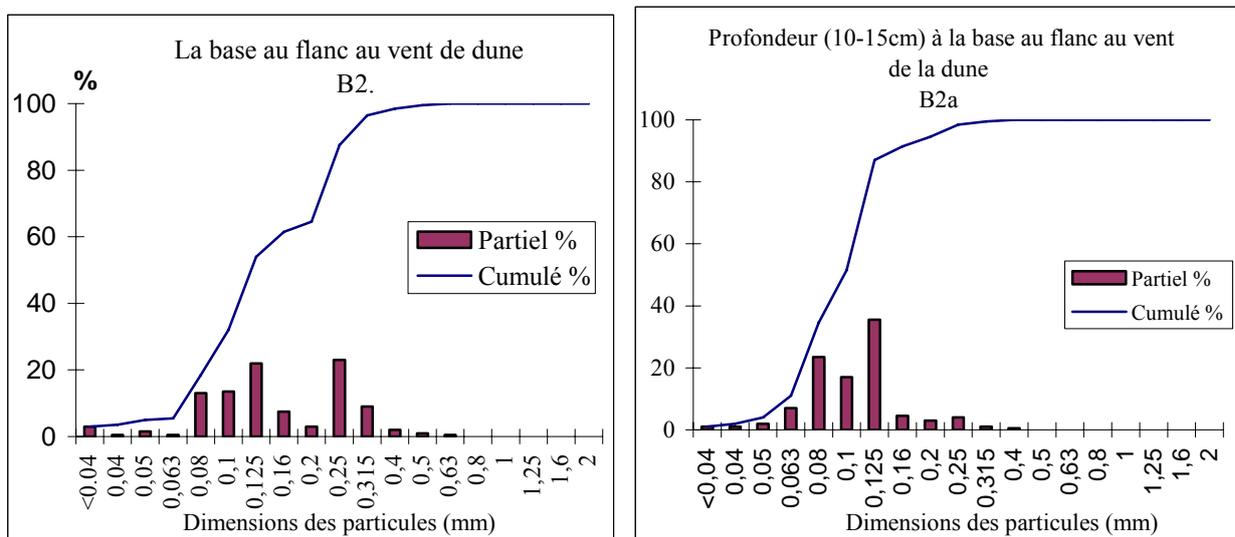
1. Au niveau des dunes

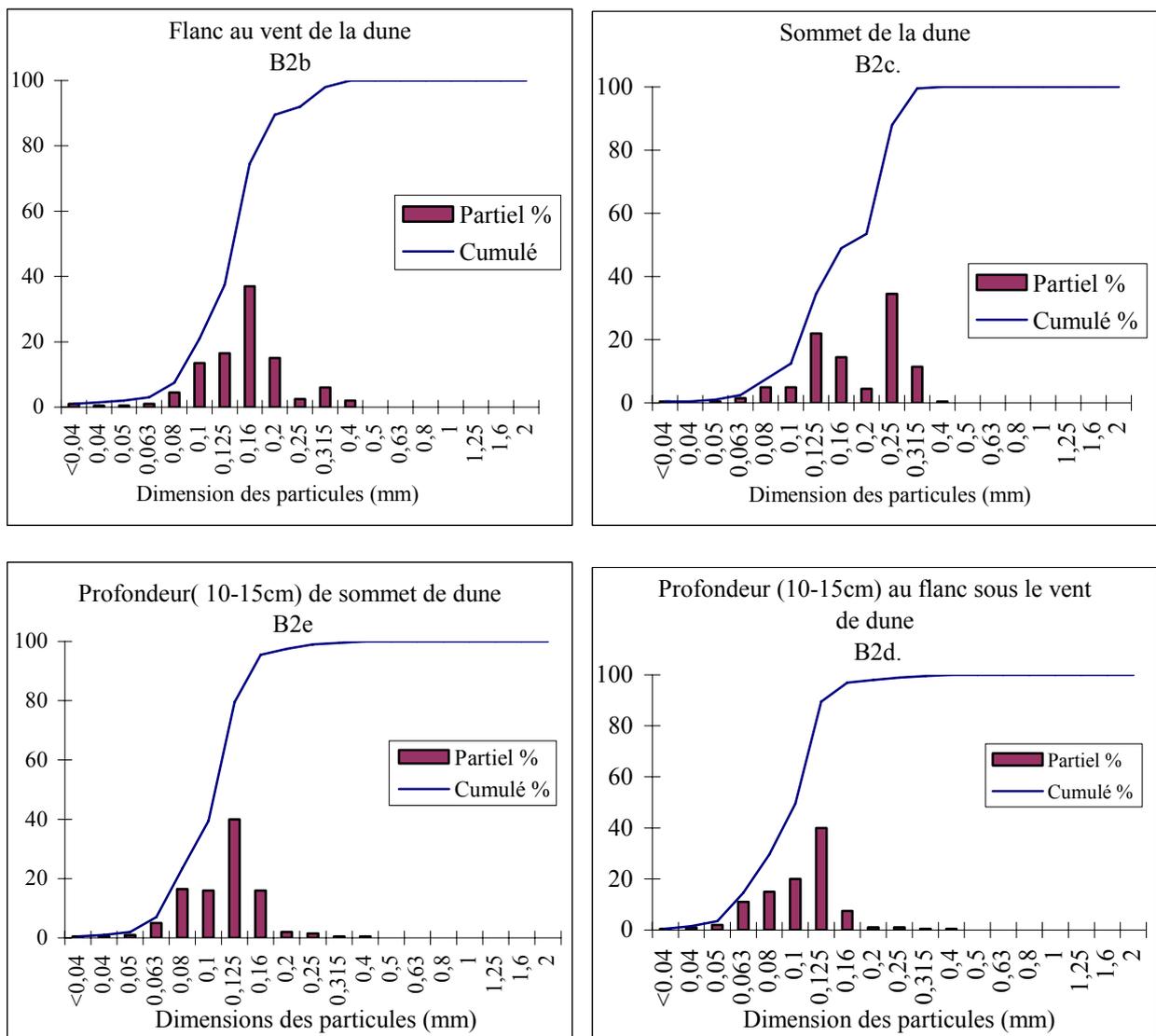
- Les sables de la base du flanc au vent (B2) de la dune ont une couleur HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow). Ils sont constitués des sables fins, ($Md = 0.16$ mm) et bien classés ($So = 0.63$). Le classement du côté de la fraction grossière. Le matériel est formé de deux stocks de sables de valeurs proches : les sables moyens 34% avec des particules de dimension de 0.25mm de diamètre forme 23% et des sable fins 33% avec un pic à 0.125mm constituant 22%.
- Les sables de la dune à 10 – 15 cm de profondeur à la base de la dune (B2a) de teinte HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow). Ils sont constitués de sable fin ($Md = 0.15$ mm) et bien classé ($So = 0.43$). le classement et du côté de la fraction grossière. La classe granulométrique est constituée des sables très fins avec 47,5% avec un pic à 0.08mm (23.5%) et des sables fin avec 43% avec une dominance à 0.125mm (35.5%).
- Les sables prélevés à la profondeur au flanc au vent (B2b) de teinte HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow). Ce sont des sables fins ($Md = 0.125$ mm) et bien classé ($So = 0.79$). Le classement du côté de la fraction fine. Le matériel est formé de sables fins 68,5%, plus de la $\frac{1}{2}$ du stock sableux avec une valeur importante 37% à un dimension de 0.16mm, et des

sables très fins 19% avec une fraction dominante à 0.08mm forme 13.5% du stock sableux.

- Les sables au sommet de la dune (B2c) de couleur HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow). Ils sont constitués des sables fins (Md= 0.125 mm) et bien classé (So= 0.79). Le classement du côté de la fraction fine. Les sables ont une classe granulométrique légèrement moyenne avec 46,5%, où la fraction 0.25mm est dominante par 34.5%, et des sables fins 41% à 0.125mm de diamètre représentent 22% de cette classe.
- Les sables au profondeur de sommet de la dune (B2e), ont la couleur HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow). Ce sont des sables très fins (Md= 0.1 mm), et ils sont bien classés, (So=0.8). Le classement est symétrie parfaite. la composition granulométrique est constitué des sables fins et très fin par ordre d'importance 40% à 0.125mm et 16 -16.5% de dimension à 0.1mm-0.08mm.
- Les sables prélevés sur le versant sous le vent de la dune (B2d) ont une teinte HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow). Ils est constitué des sables très fins (Md=0.1 mm) et bien classé (So=0.7). Le classement est symétrie parfaite. Ils sont formées par des sables de la fraction 0.125mm avec 40%, au total 48% se sont des sables fin, les sables très fins sont constitués de 46% avec une valeur peu importante 20% de la totalité du stock.

Fig.N°14: Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés de dune en dôme à l'extrémité SE du Dj Antar.

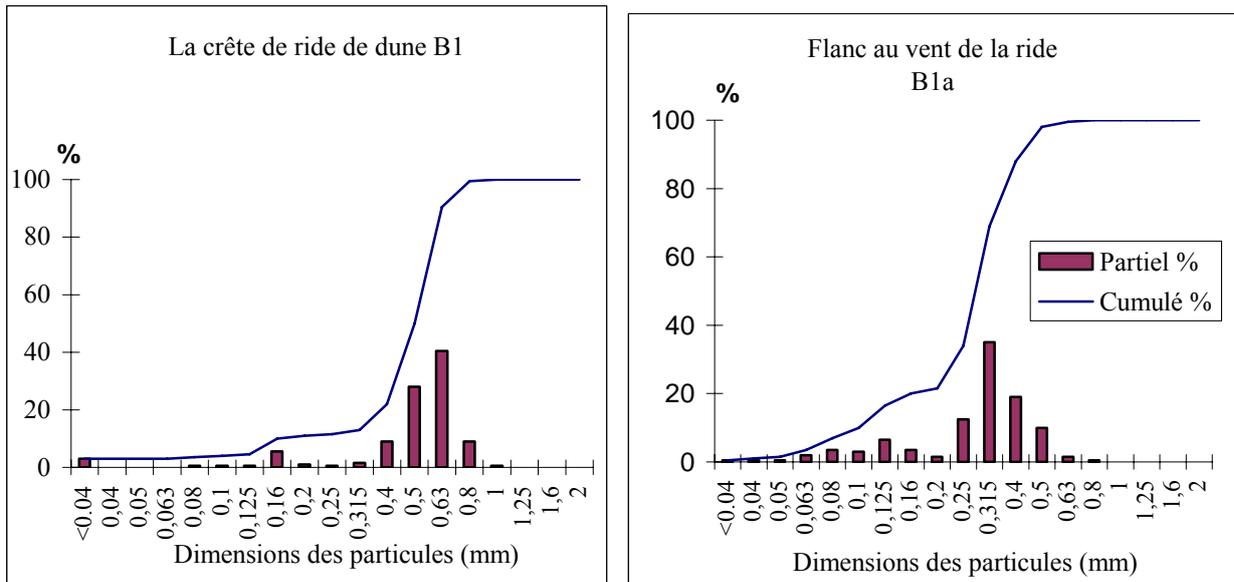




2. Au niveau des rides

- Sur la crête de ride (B1) de teinte HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow) est constitué de sable grossier ($M_d=0.6$ mm) et très bien classé ($S_0 =0.91$). Le classement est du côté de la fraction grossière. Le matériel est constitué par les sables grossier, plus de 78% de la totalité du stock sableux (particules dominantes à 0.63mm (40.8%) et 0.5 mm (28%) de diamètre). Les sables moyens constituent 11% du stock sableux avec une dominance des particules à 0.4mm (9%).
- Le sable sur le versant au vent de la ride (B1a) à la surface de la dune, est constitué des sables moyen, ($M_d= 0.35$ mm), sont bien classé, ($S_0= 0.79$). Le classement est du côté de la fraction grossière. Les sables moyens forment plus de la $\frac{1}{2}$ du stock sableux 54% avec des particules dominantes à 0.315 mm (35%) de diamètre. Avec un taux de valeur

identique, les sables grossière, très grossiers et les sables fins forment plus de 12% du stock total.



b) Les dunes barckanoide dont la hauteur est supérieures à 2m :

Au niveau de H Rzaina a distance de 5.53km de Ain Ben Khelil, les dunes se trouvent surtout sur la rive droit de la route reliant Naâma à Ain Ben Khelil avec des orientations SW/NE, même à Ain Ben Khelil dans une exploitation agricole il y a vais trois dunes en forme de barkhane avec un bras plus long que l'autre (Cf.phot N°7). La hauteur la plus fréquente est supérieure à 2m avec des dimensions suivantes :

- Longueur
 - o 40 - 56 m
- Largeur
 - o 35 - 37 - 49 m.
- Hauteur
 - o 2.5 - 3m
- Espacement
 - o 9 - 15m

Elles sont formées de sables de teinte HUE 7.5YR 6/8 (Reddish yellow).

1. Au niveau des dunes

- Flanc au vent de la dune (B14bet B15), est constitué de sable fin ($M_d = 0.125\text{mm}$), et bien classe ($S_o = 0.70$). Le classement est de côté de la fraction grossière. La composition granulométrique est formée de plus de 58% de sables fins avec des particules dominantes

à 0.2 mm (28%) de diamètre. Plus de 24.5% du stock total est formé de sables très fins avec des particules de dimension 0.1 mm (17%).

- Au sommet (B15a), le sable est fin ($Md=0.125\text{mm}$) et bien classés ($So=1.26$). Le classement est du côté de la fraction fine. La composition granulométrique est formé par les sables fins avec un taux de plus de 73% (particules à 0.160 mm et 0.2 mm de diamètre) et le deuxième représente les sables moyens avec un taux de plus de 19% (particules à 0.315 mm de diamètre).
- Au flanc sous le vent (B14c) est constitué de sable fin ($Md=0.125\text{mm}$), et bien classé, ($So=0.79$), le classement est de la fraction fine. Le matériel est constitué par des sables fins avec un taux de plus de 70% (particules à 0.125 mm (37%) et 0.160 mm (30%) de diamètre). Les sables moyens sont représentées avec un taux de plus de 15% (particules à 0.250 mm (11.5%) de diamètre).

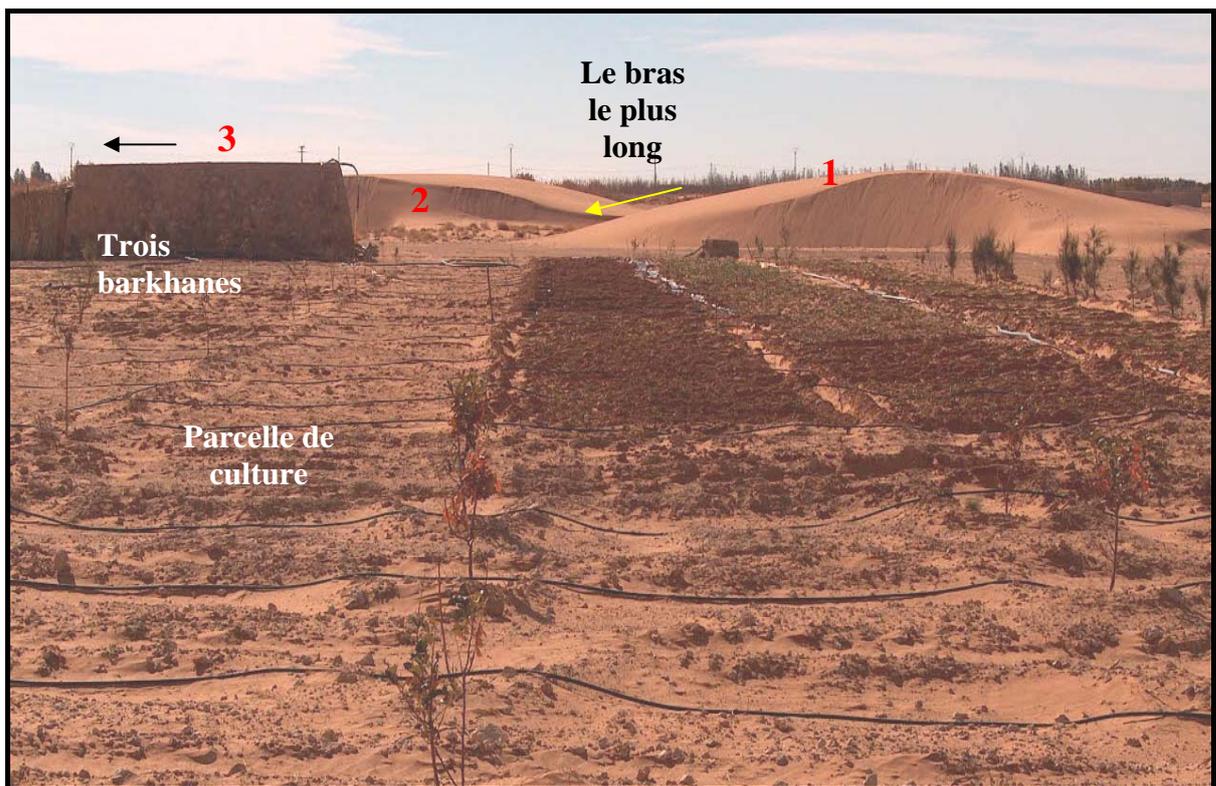
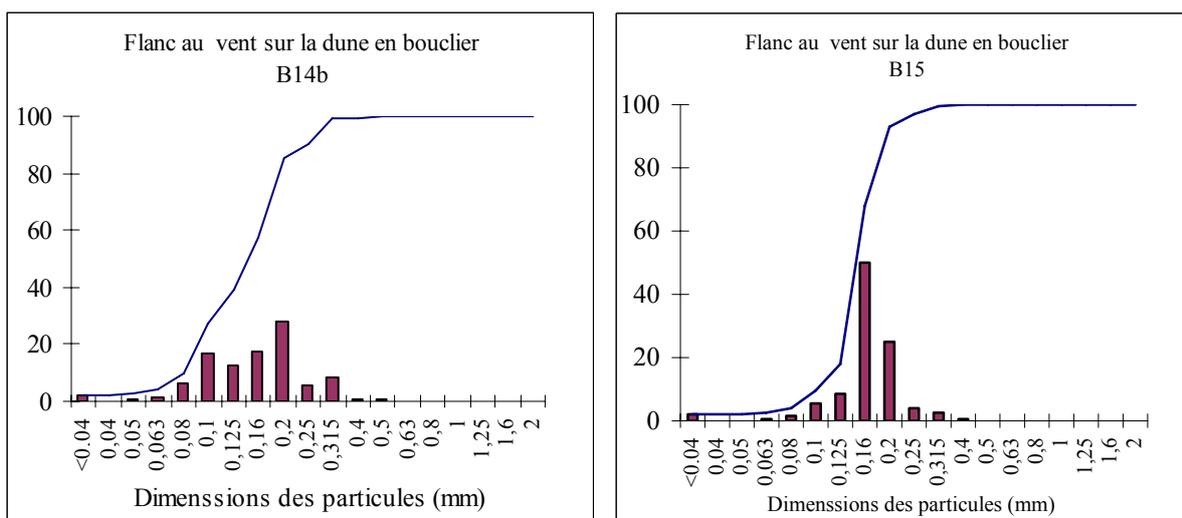


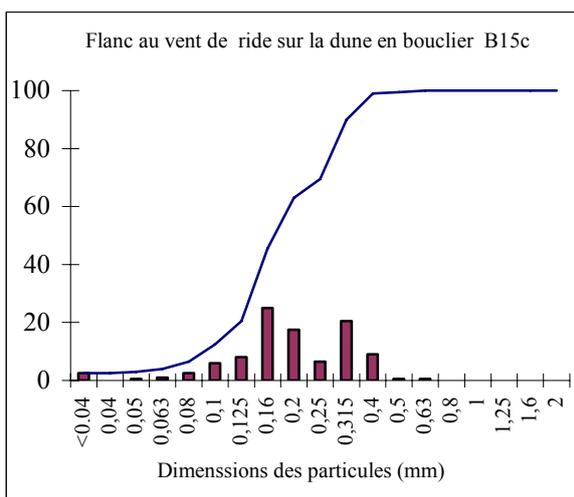
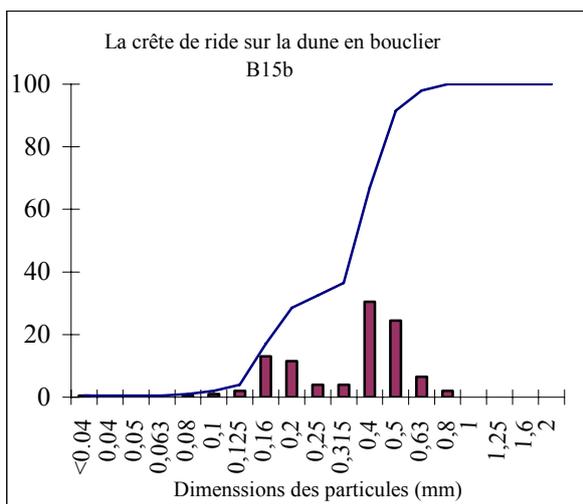
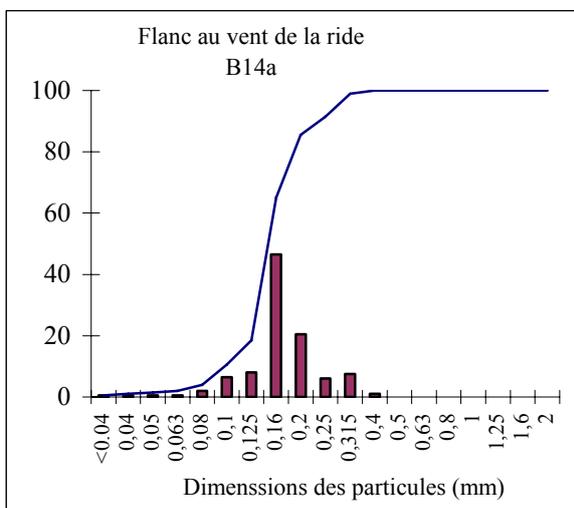
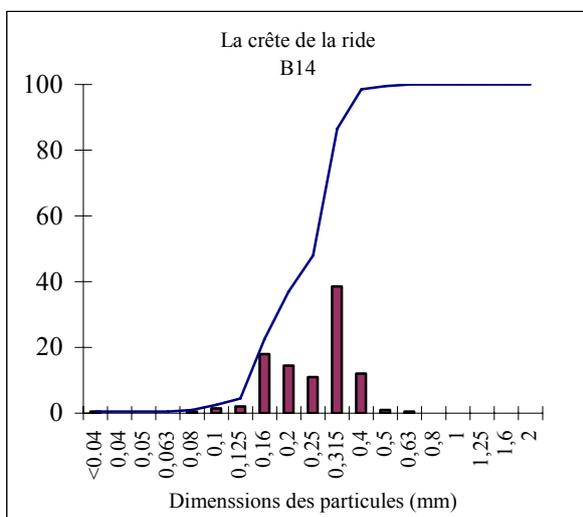
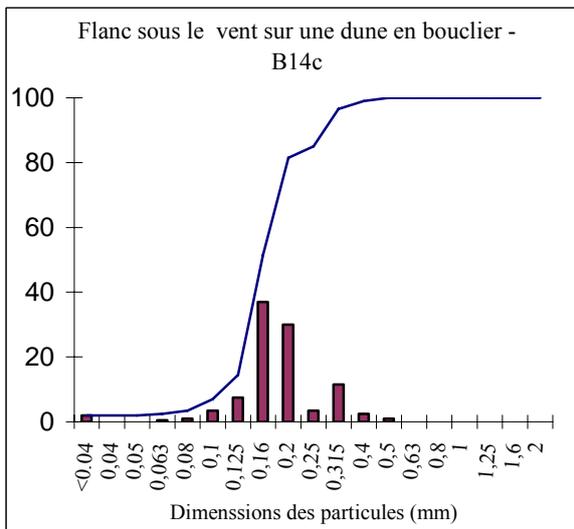
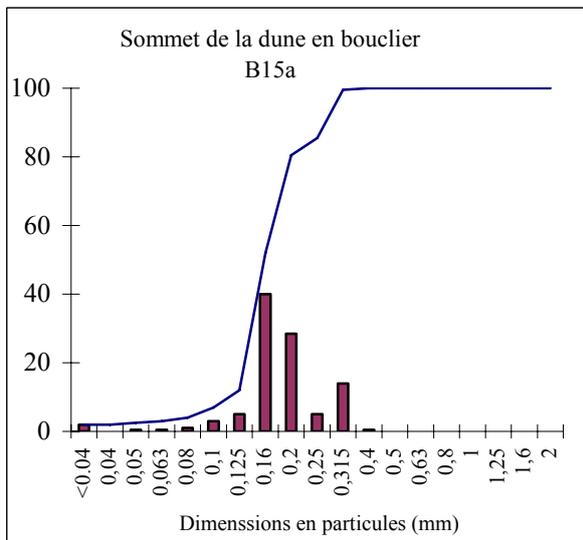
Photo N° 7 : Ain Ben Khelil : Exploitation agricole, là où il y a trois dunes en forme de barchane.
Cliché R. Zanoune- Décembre 2004

2. Au niveau des rides

- Au niveau de la crête de la ride (B14), le stock est constitué par des sables fins ($Md=0.2mm$), et bien classé ($So=0.70$). Le classement est du côté de la fraction grossière. Ils est constitués de plus de 61% de *sables moyens* avec des grains dominants à 0.315 mm (38.5%) et 0.4 mm (12%) de diamètre. *Les sables fins* constituent plus de 36.5% du stock total avec des grains de dimension 0.16 mm (18%).
- A la base de la ride (B14a), est constitué par des sables fin ($Md=0.125mm$), et bien classé ($So=0.79$). Le classement est du côté de la fraction fine. La composition granulométrique est formée de plus de 75% de sables fins avec des grains dominants à 0.160 mm (46.5%) et 0.2 mm (20.5%) de diamètre.
- Au niveau de la crête de ride sur la surface de la dune (B15b), le sable est moyen ($Md=0.25mm$) et moyennement classé ($So=0.63$). Le classement est du côté de la fraction fine. La composition granulométrique est formée par des sables fins avec un pourcentage de plus de 83% (particules dominantes à 0.160 mm (50%) de diamètre).
- Au niveau de la base de la ride sur la dune (B15c), le sable est fin ($Md=0.125mm$).ils sont formés de sables bien classés ($So=1.26$) et le classement est du côté de la fraction fine. Le matériel est constitué par les sables fins avec un taux de plus de 50% (particules à 0.160 mm de diamètre) et par les sables moyens avec un taux de plus de 36% (particules à 0.315 mm de diamètre).

Fig.N°15: Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur dune en bouclier.





c) **Les amas sableuses dont la hauteur est inférieure à 2m**, sont moins fréquentes par rapport au précédent. Elles sont orientées N 355 soit NW/SE et N 240 soit SSW/NNE, elles ont :

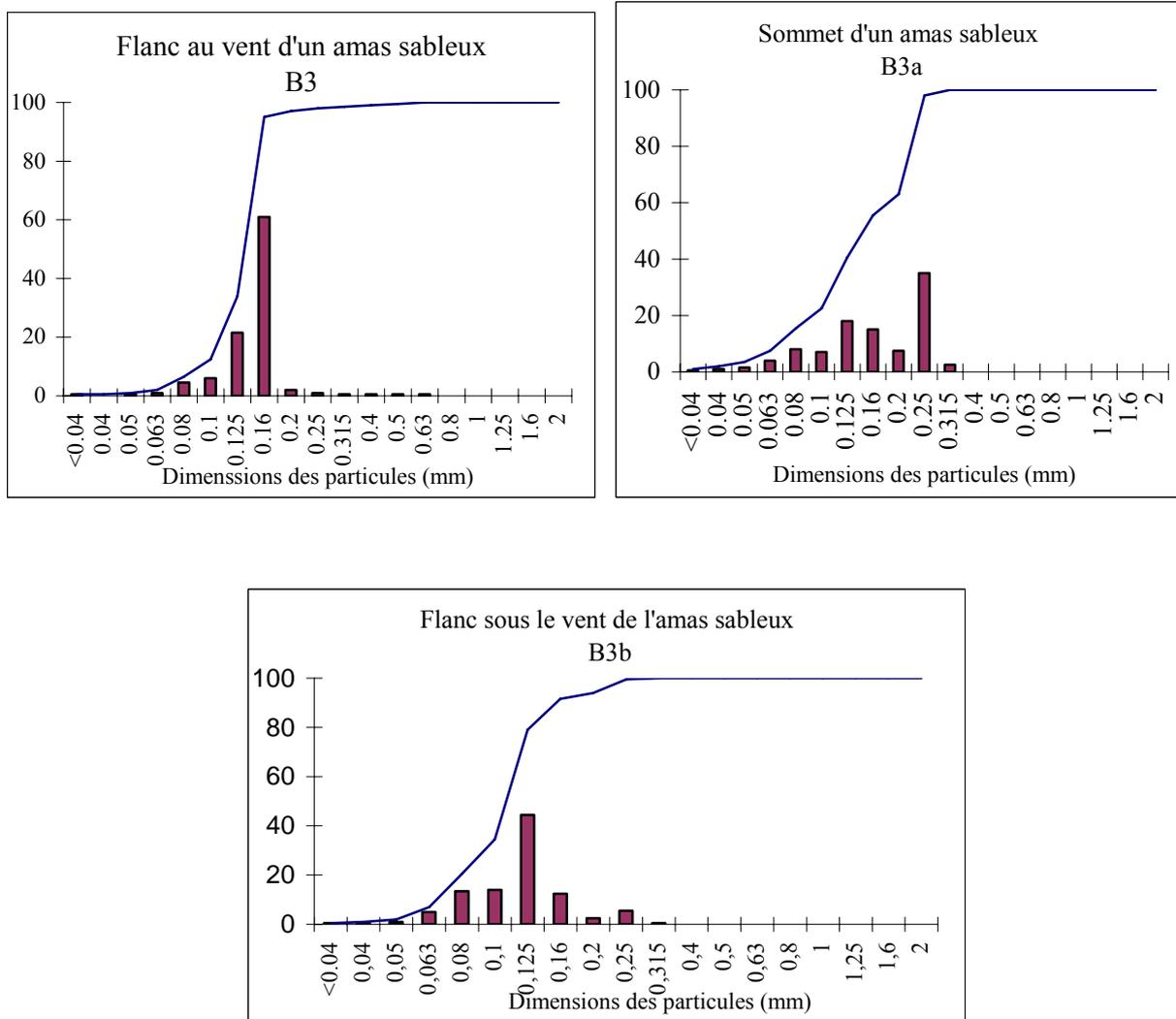
- 22- 50 m de long
- 16 - 37 m de large
- 1.5 m de hauteur
- Et un espacement moyen de 7 - 8 m

1. A la surface des amas sableuses, des différences de teintes

❖ Des sables prélevés à l'extrémité SW du Dj Antar, se sont des sables de teinte HUE 7.5YR 6/6 (Reddish yellow) (Cf.Fig. N°15)

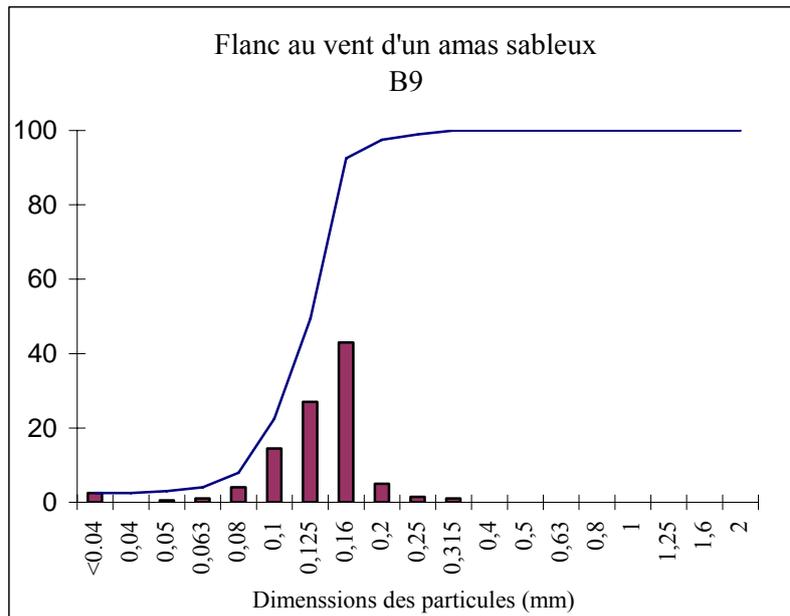
- Au flanc au vent à la surface de l'amas sableuse (B3), sont des sables fins (Md= 0.125mm), et il sont bien classé (So= 0.79). Le classement est du côté de la fraction fine. Le matériel est constitué de 44.5% des sables moyens de la fraction 0.125mm, et avec plus de ½ se sont des sables fins (59.5%), et les sables très fin, plus du 1/3 (32,5%) à 0.1-0.08mm.
- Au sommet (B3a) est constitué des sables fins (Md= 0.16mm), sont bien classé (So= 0.70). Le classement est du côté de la fraction grossière. La classe granulométrie est constituée plus de 61% des sables fins, dans cette classe, les particules qui dominant sont de dimension 0.16mm de diamètres (61%), et 0.125mm (21.5%) et les *sables très fins* constituent plus de 11.5% du stock sableux avec des particules qui dominant à 0.1 mm de diamètre (6%).
- Au flanc sous le vent (B3b), ce sont des sables très fins (Md= 0.1mm), et il sont bien classé (So= 0.8). Le classement est symétrie parfaite. Les sables moyens sont plus de 37.5% avec un seul pic à 0.25mm et 40.5% se sont des sables fin avec deux fractions presque proche et dominante à 0.16mm-0.125mm.

Fig.N° 16 : Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur amas sableux dont l'épaisseur est inférieure à 2m .



❖ A la sortie de Naâma (B9), des sables de teinte HUE 7.5YR 5/8 (Strong Brown)

- Au flanc au vent de l'amas sableuse est constitué de sable très fins ($M_d = 0.1\text{mm}$), et bien classé ($S_o = 0.8$). Le classement est symétrie parfaite. La classe granulométrique est formée plus de 75% du stock sableux, avec des particules qui dominent à 0.160 mm (43%). Les sables très fins constituent environ 19.5% du sédiment avec un pic à 0.1 mm (23%).



❖ A distance de 500m de route de Naâma vers Ain Ben Khelil. Ce sont des sables de teinte HUE 5YR 6/6 (Reddish Yellow)- (Cf.Photo N°10) et (Cf.Fig.N°20)

- Au flanc au vent de l'amas (B11), le sable est fin ($Md = 0.125$), et bien classé ($So = 0.79$). Le classement est de la fraction fine. Le sédiment est formé 62% de sables fins avec les dimensions 0.160 mm (30%) et 0.2 mm (23.5%). Les sables moyens de valeur proche constituent respectivement 26.5% (particules dominantes à 0.315 mm de diamètre).
- Au sommet à la surface de l'amas (B11a), est constitué des sables fins ($Md = 0.2\text{mm}$), et ils sont bien classé ($So = 0.79$). Le classement est du côté de la fraction grossière. Les sables sont moyens 67% du stock sableux avec les dimensions 0.315mm (51%) de diamètre. Les sables fin constituent 28% du stock total avec une prédominance de dimension à 0.2 mm (18%).
- Au flanc sous le vent (B11b), le sable est fin ($Md = 0.125\text{mm}$), et bien classé ($So = 0.8$). Le classement est du côté de la fraction fine. La composition granulométrique est représentée par des sables fins 55% du stock total, il y a une fraction dominante à 0.2 mm (31%) et des sables moyens représentent 37% du sédiment avec un pic dans la dimension 0.160 mm (20%)

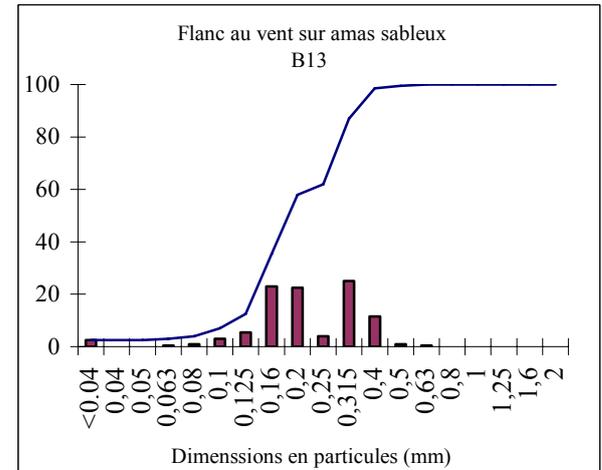
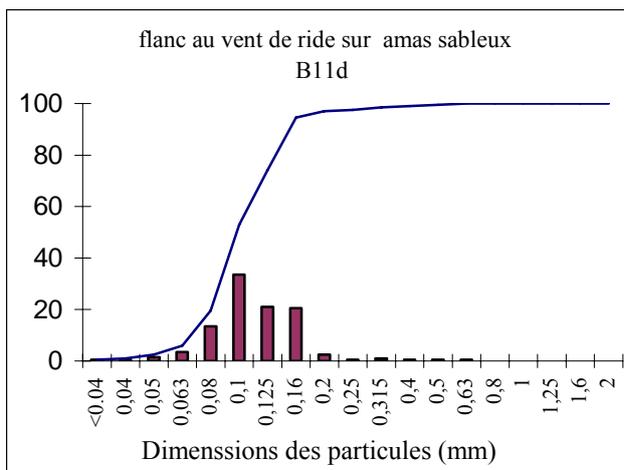
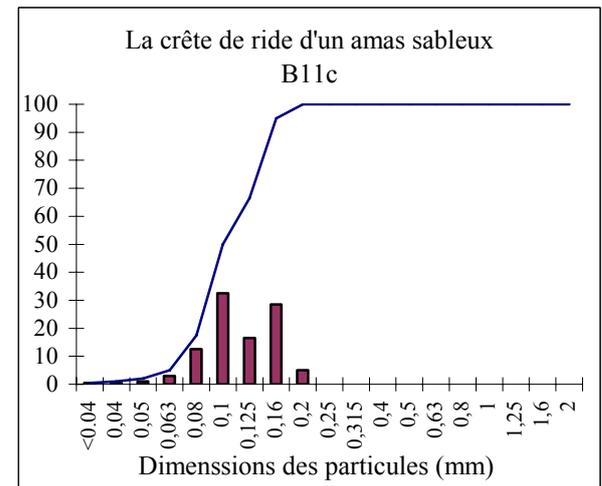
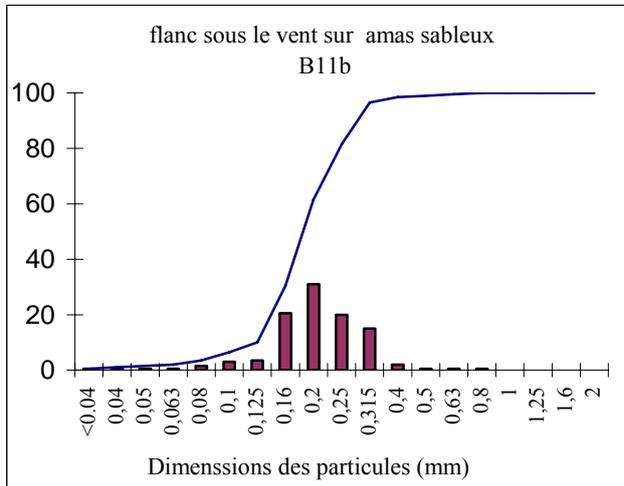
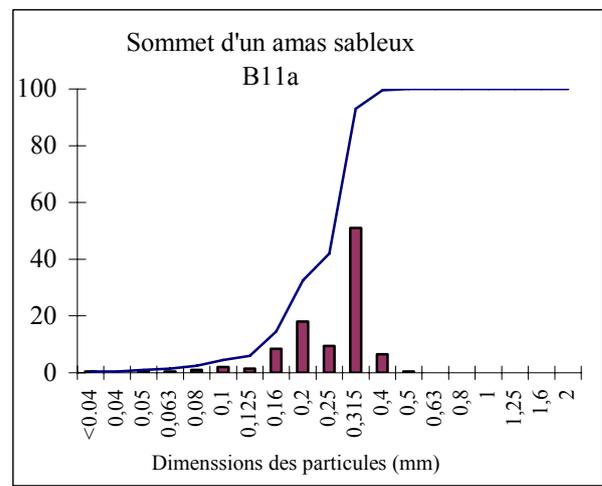
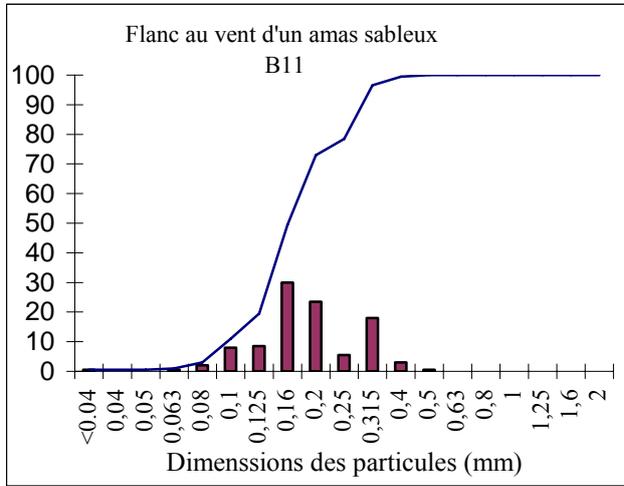
❖ Des amas sableuses de teinte HUE 7.5YR 6/8 (Reddish Yellow), Près de l'O El Merhimine à distance de 1.25 km de la route de Naâma vers Ain Ben Khelil.

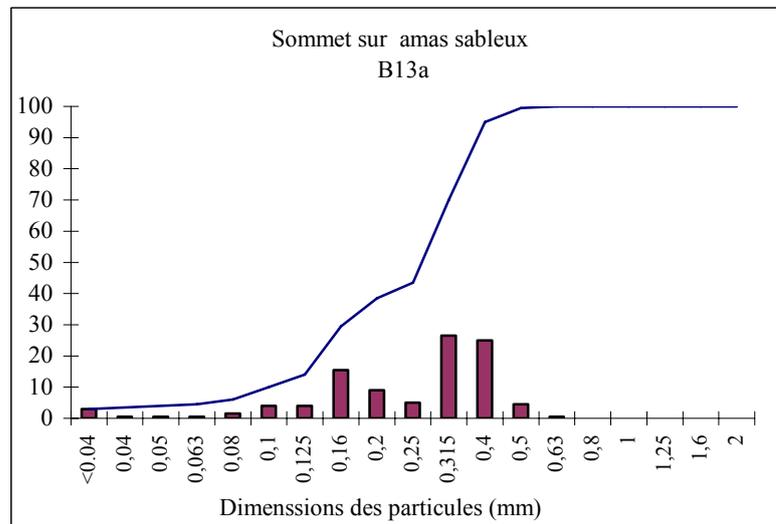
- Au niveau du flanc au vent de l'amas sableuse (B13) le sable est fin ($Md= 0.16\text{mm}$), et bien classé ($So= 0.70$). Le classement est du côté de la fraction fine. Le sédiment est formé de plus de 56.5% de *fins* avec des grains de dimension 0.2 mm (22.5%) et 0.16 mm (23%). Les sables moyens constituent plus de 40.5% du stock avec des grains de dimension 0.315 mm (25%).
- Au sommet (B13a), le sable est fin ($Md= 0.2\text{mm}$) et moyennement classé ($So= 0.59$). Le classement est du côté de la fraction fine. Les sables moyens constituent de 56.5% de avec des grains dominants de dimension 0.315 mm (26.5%) et 0.4 mm (25%). Les sables fins constituent plus de 28.5% avec une fraction sableuse dominante de grains de dimension 0.16 mm (15.5%).

2. Au niveau des rides

- Au niveau de la crête de la ride (B11c), le sable est fin ($Md= 0.125\text{mm}$), et bien classé ($So=0.7$). Le classement est du côté de la fraction grossière. La composition granulométrique est fines 49.5% du stock avec des grains de dimension 0.16 mm (28.5%) et 0.125 mm (16.5%). Et les sables très fins ne représentent (48%) que du stock avec des grains de dimension 0.1 mm (32.5%), 0.08mm (12.5%).
- A la base de la ride (B11d), le sable est très fin ($Md= 0.08$), et bien classé ($So= 0.69$), le classement est du côté de la fraction fine. La classe granulométrique qui domine est celle des sables très fins, plus de 50.5% avec un premier pic prononcé dans la dimension 0.1 mm (33.5%) et 0.08 mm (13.5%). La classe des sables fins constitue plus de 44% du stock sableux avec des particules de dimension 0.160 mm (20.5%) et 0.125 mm (21%).

Fig.N°17: Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur Amas sableuse dont la hauteur est inférieur à 2m.





2.2. Extensions des dunes dont la hauteur est supérieure à 2 m

Les dunes sont localisées dans plusieurs endroits. Elles représentent 2.68 % de la superficie totale (144 km² en 1987) et 4.93% de la superficie totale (209.7 km²) en 2005.

Ce sont :

- Les dunes qui bordent Sebkhata en Naâma à l'E, W, et SSW. Elles ont 24.79 km² de superficie en 1987 et 45.17 km² en 2005. elles ont presque doublés de 1987 à 2005.
- Au NW de Ain Ben Khelil il y a des dunes très mobiles se déplaçant vers l'est. Elles commencent à s'organiser en champs en 2005. En 1987, elles étaient moins nombreuses et se trouvaient à l' W de Ain Ben Khelil.

A 3 à 4 km à l'est de Ain Ben Khelil, les dunes commencent à se former et s'organiser en champ vers le SW au niveau des oueds (O. Toussara et les affluents de l'O el Kherba au NE de cordon de Magrouna. Il y a aussi des dunes mais moins nombreuses à Mekmen el Djir.

2.3. Extension des amas sableux dont la hauteur est inférieurs à 2 m

Les amas sableux occupaient une superficie de 223.6 km² soit 5.25 % de la zone en 1987. Elles se trouvaient surtout entre Dj Bourhénissa et Dj Bou Amoud, ainsi que du côté SSW et NE du cordon dunaire de Magrouna en plus de quelques dunes dispersées.

En 2005, ils couvrent une superficie de 652.5 km² soit 15.43% de la zone. Elles se sont étendues à proximité piémonts des djebels Souiga, Aissa, Bou Amoud, Boukhachba et au SW de Rokbet Harchaia, et parallèlement au cordon dunaire de Magrouna.

3. Les nappages sableux

Ce sont des dépôts « informes » formant une sorte de « substrat » aux autres dépôts éoliens (Ce sont des formations superficielles assimilées souvent à un « sol ». Elles sont espacées de 4 à 5 m en moyenne et 0.3 à 0.4 m de hauteur.

Ils sont constituées par des sables de teinte HUE 5YR 5/8 (Yellow red).

1. A la surface de nappage sableux

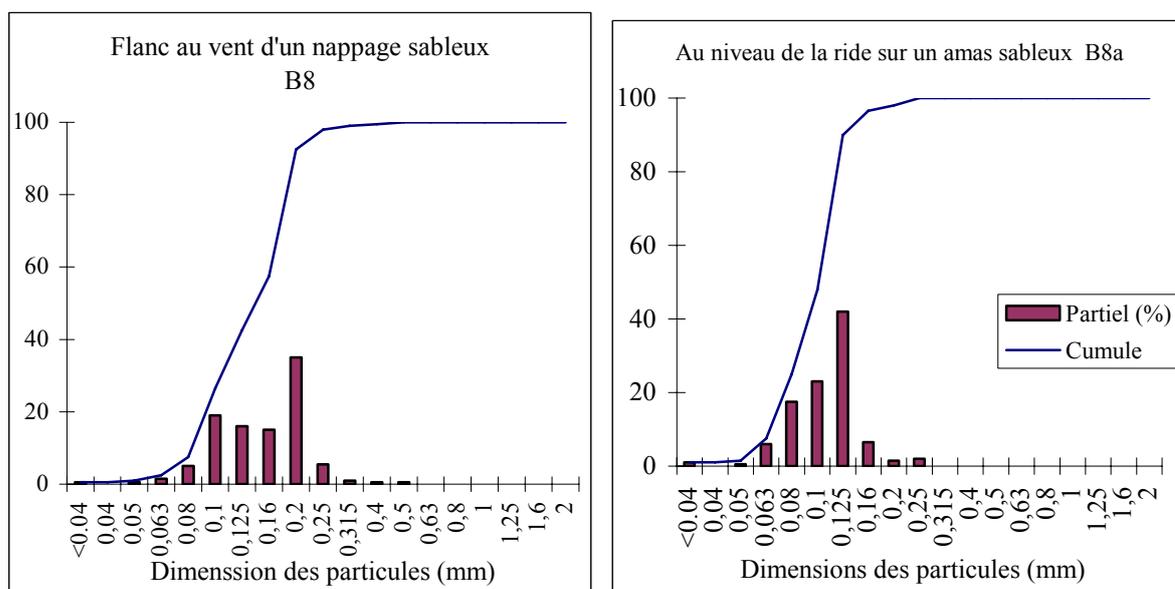
- Au flanc au vent (B8), est constitué des sables fins (Md= 0.125mm), et bien classé (So= 0.7). Le classement est du côté de la fraction grossière. Le stock est constitué par 66% des sables fins avec une prédominance des particules à 0.2mm de diamètre (35%). Les sables très fins forment 25% du stock total avec une fraction dominante dans la dimension 0.1 mm (19%).
- Au niveau du flanc au vent sur les reboisements de tamarix (B10), le sable est très fin (Md= 0.08mm), et bien classé (So=0.69). Le classement est du côté de la fraction fine. Le sédiment est formé de plus de 56% de sables fins, parmi lesquels les grains de dimension 0.16 mm forment 30.5%. Les sables très fins constituent plus de 39.5% du sédiment avec des grains de dimension 0.1 mm (25%).
- Au flanc au vent de nappage sableux (B12), près de l'O El Hairech, le sable est très fin (Md=0.1mm), et bien classé (So=0.8). Le classement est symétrie parfaite. Le sédiment est constitué 52.5% de sables fins avec une fraction granulométrique à 0.125 mm (33.5%) et les sables très fins constituent plus de 33.5% du sédiment avec des particules de dimension 0.1 mm (18.5%).

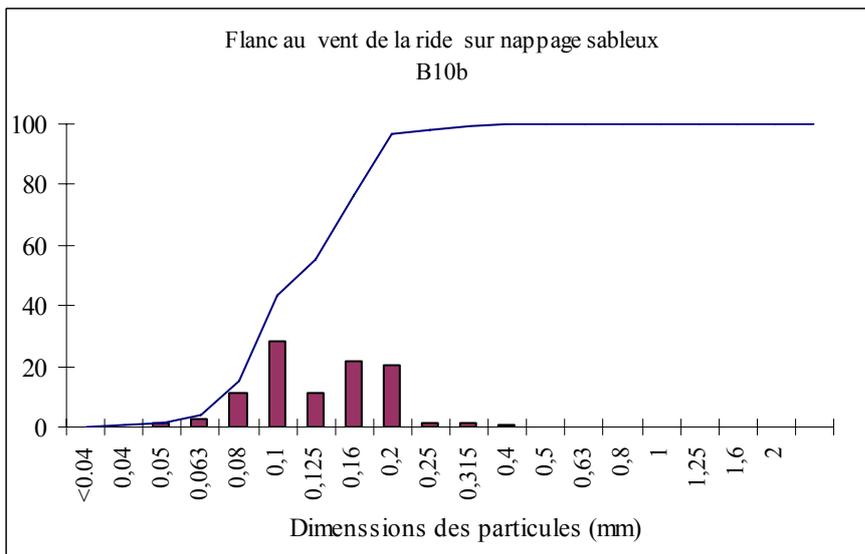
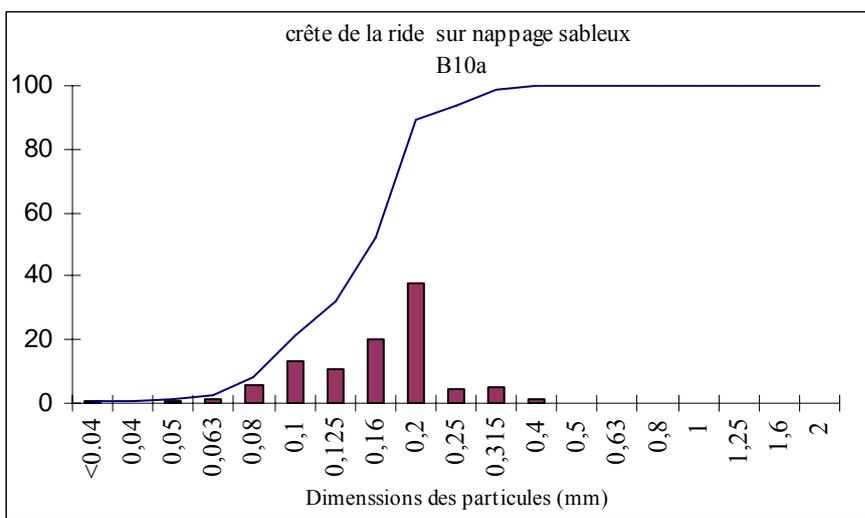
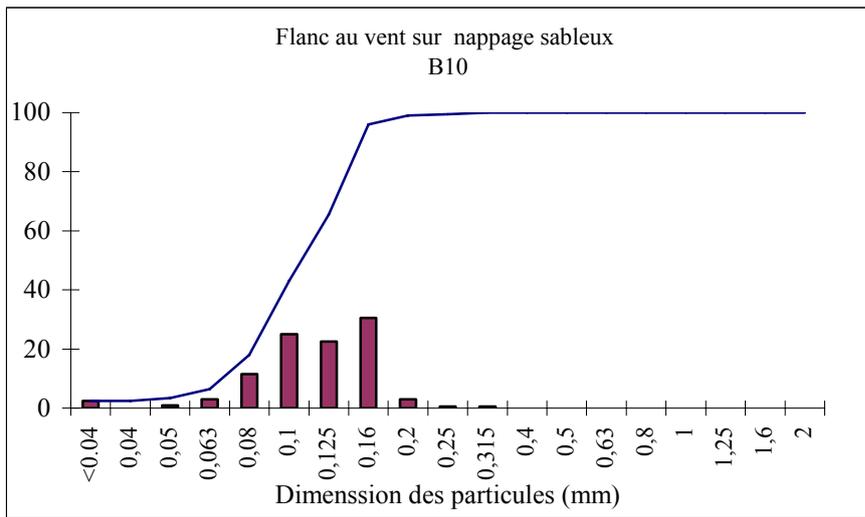
2. Au niveau des rides des nappages

- Au niveau de la ride (B8a), la matériel est constitué de sable très fin (Md= 0.08mm), et bien classé (So=0.77). Le classement est du côté de la fraction grossière. Le stock sableux est formé d'une première classe granulométrique qui présente les sables fins avec un pourcentage de plus de 50%, particules dominantes à 0.125 mm (42%) de diamètre et une deuxième classe granulométrique qui présente les sables très fins avec un pourcentage de plus de 46.5% avec une prédominance des particules à 0.08 mm de diamètre (23%).

- Au flanc au vent de la ride (B10b). le sable est très fin ($Md=0.08\text{mm}$), et bien classé ($So=0.69$). Le classement est du côté de la fraction fine. Le matériel est formé de sables très fins (51%) avec des particules de 0.08 mm de diamètre (28.5%) et 43% de sables fins avec des particules de 0.125 mm (20.5%) et 0.08 mm (28.5%) de diamètre.
- Au niveau de la crête de la ride à la surface de nappage (B10a), le sable est fins ($Md=0.125\text{mm}$), et bien classé ($So=0.7$). Le classement est de la fraction grossière. Ils constituent 68% de sables fins avec un pic dans la dimension 0.2 mm (37.5%) et 0.16 mm (20%). Les *sables très fins* formes plus de 20.5% dans la composition du sommet avec une dominance des grains à 0.1 mm (13.5%).
- Sur la crête de la ride (B12a), le stock est constitué de sable moyen ($Md=0.125$), et bien classé ($So=0.7$). Le classement est du côté de la fraction grossière. Le matériel est constitué 57% de *sables fins* (particules à 0.2 mm (29%) et 0.16 mm (17%) de diamètre) et de plus 24% de *sables moyens* (particules à 0.315 mm (20.5%) de diamètre). Les sables très fins forment plus de 17.5% du stock sableux avec des particules de dimension 0.1 mm (13%).
- A la base de la ride (B12b), le sable est fin ($Md=0.16\text{mm}$), et bien classé ($So=0.70$). Le classement est de la fraction fine. Les sables sont fins avec un taux 46.5% avec un pic prononcé dans la dimension 0.2 mm (26%). Les sables sont moyens entrent dans la composition granulométrique avec un taux de plus de 45% avec un pics dans la dimension 0.315 mm (32.5%).

Fig.N°18 : Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur nappages sableux.





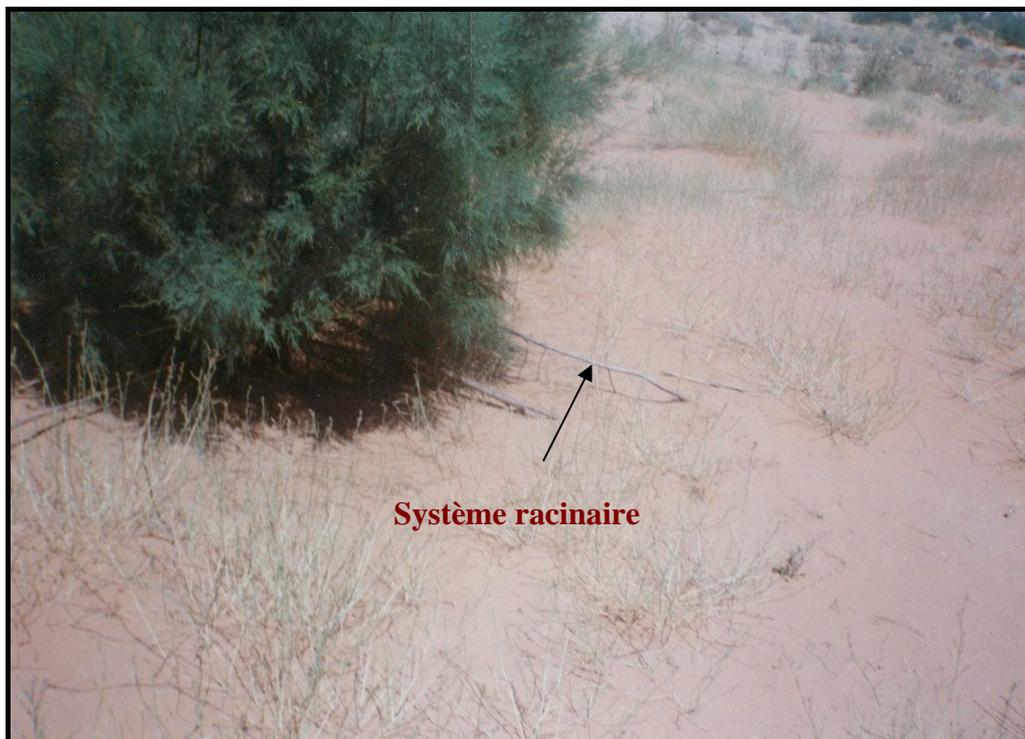
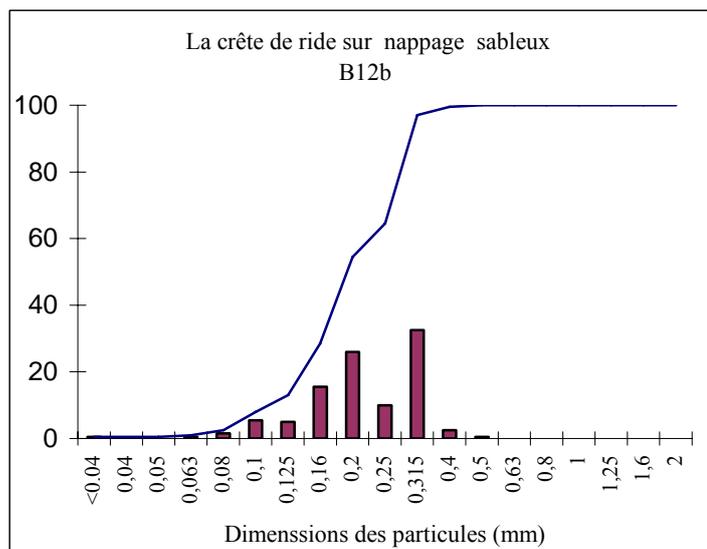
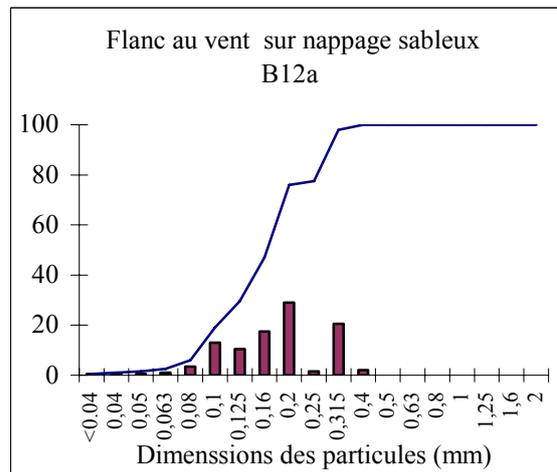
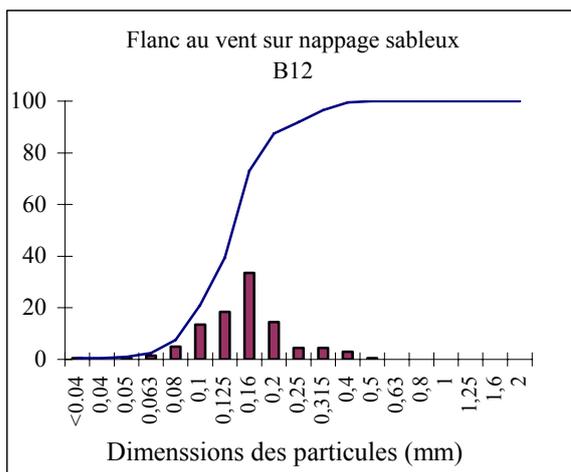


Photo N°8 : Reboisement par « Tamarix » à Ain Ben Khelil en bon état en 2003
Cliché ; Boukholkhal Kh mai 2003

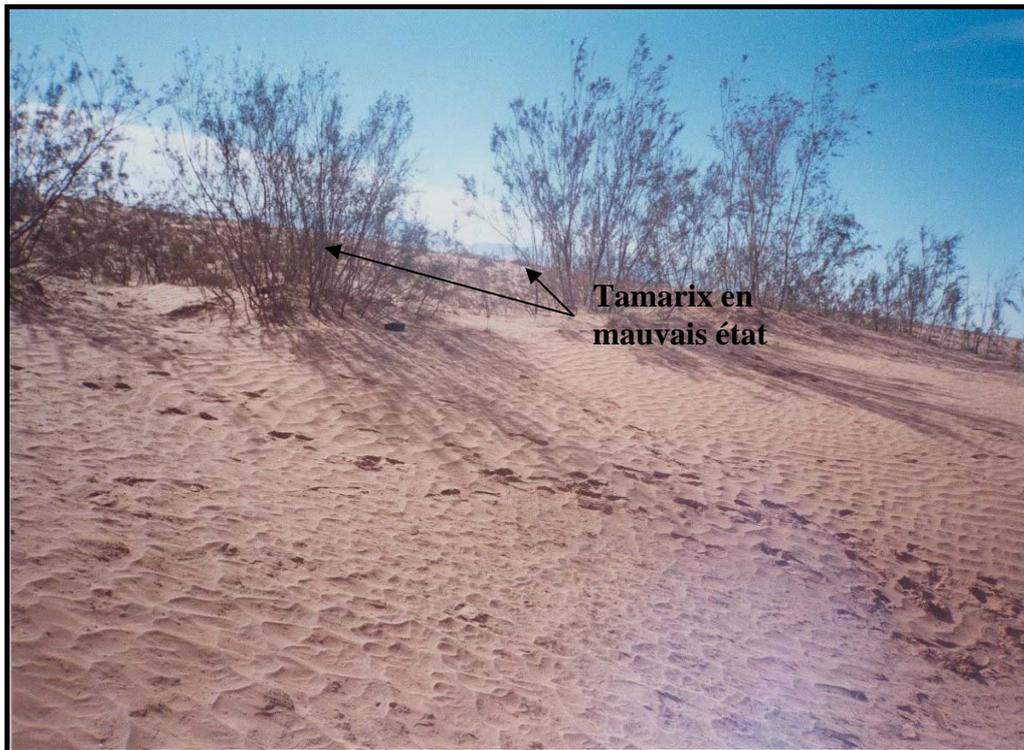


Photo N°9: Cas de dégradation des reboisements à Ain Ben Khelil-
Echantillons B10
Cliché ; Boukholkhal Kh décembre 2004

Extension des nappages sableux

Les nappages sableux, couvrent une grande superficie en 1987 : 1495 km², soit 35.15% de la superficie totale de la zone. Du point de vue épaisseur est moins important que les dunes, mais ils couvraient une superficie importante. En 2005, la superficie est passée à 822.4 km² soit 19.34% de la zone.

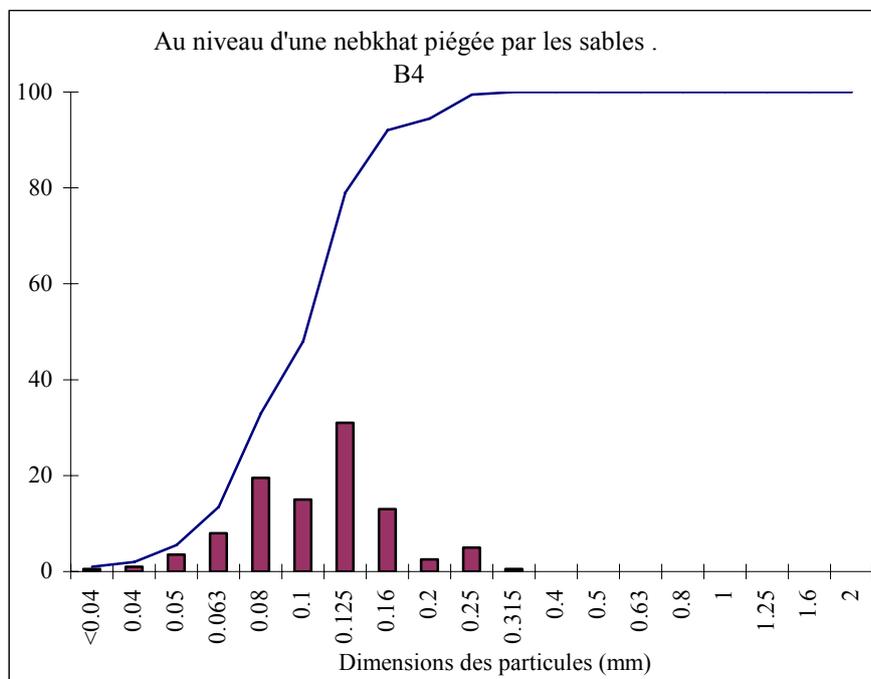
4. Les nebkhat

Se sont des dépôts sableux piégés par la végétation naturelle. Leurs dimensions en moyenne sont:

- 1.5m de long
 - 1.5m de large
 - 0.4m de haut.
- Dans la zone d'El Mouhadjiba (B4), la nebkhat est constituée par des sables de teinte HUE 5YR 5/8 (Yellowish red), et très fins (Md= 0.1mm), et bien classé (So= 0.8). Le classement est symétrie parfaite. Les sables fins sont représentés par 46,5% avec un pic à 0,125mm

(31%), les sables très fins 42,5% avec deux pics présentés par des valeurs très proches à 0.1-0.08mm (15-19%).

Fig.N°19 : Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur nebkhat



Tab. N° 6: Typologie des dunes et des autres dépôts sableux.

Cordonnés géographiques	Etat de surface	Type de dépôt	Longueur En m	Largeur en m	Hauteur en m	Espacement en m	Orientatio n
33°28'12''N 00°19'35''W Au piémonts SE du Dj Antar à distance de 375m de la route national RN6.	Défonçage de la croûte calcaire et deux dunes récentes en dômes avec un espacement de \approx 10m.	Dune en dôme	28-35m	24-27m	2m	8-10m	WNW / ESE
33°30'56''N 00°25'18''W Piémonts SW du Dj Antar.	Des dayas arrondis aménagés pour les nouvelles constructions ! ?	Amas sableuse	22	16	1.5	7	NW /SE
33°32'29''N 00°24'14''W Près de dayet-Rachia, à une distance de 500m au piémont WSW du Dj Antar.	Zone d'épandage et de ravinement	Epandage d'oued et ravinement.	1.5	1.5	0.4	-	-
33°15'56''N 00°21'02''W La route de Naâma vers Ain Ben Khelil à distance de 500m de la ville de Naâma.	Durant la route, on a constaté que la rive gauche est plus ensablée que celle de droite.	Nappage sableux	-	-	-	5	-
33°15'45''N 00°21'05''W La sortie de Naâma		Amas sableuse	40	35	2.5	15	NNE/SSW
33°16'02''N 00°22'26''W	Reboisement de tamarix en mauvais état.	Nappage sableux	-	-	-	4	-

33°16'51''N 00°24'33''W A distance de 500m de route de Naâma vers Ain Ben Khelil à	Au niveau de l'éolienne ensablé et en mauvaise état.	Amas sableuse	50	37	1.5	7 à 8	SSW
33°17'03''N 00°29'12''W Prés de Onglet Bekara	Ensablement.	Nappage sableux.	-	-	0.4	5	-
33°17'19''N 00°31'35''W Prés d'oued Merhimine à distance de 125m de la route.	Un espace ensablé la route est souvent bloquée par des nappages sableux.	Amas sableuse	56	49	2.5	9	NW
33°18'30''N 00°42'50''W A distance de 625m de la ville de Ain Ben Khelil côté Est.	Dune en bouclier. presque une barkhane ; Un bras plus long que l'autre vers NE.	Dune en bouclier	40	35	3	10	SW/NE
33°18'10''N 00°49'01''W			56	40	2.5	8	SW/NE

Tab. N° 7 : Synthèse des résultats obtenus du traitement granulométrique des sables prélevés dans les Hautes Plaines Sud Oranaises (Naâma, Méchéria et Ain Ben Khelil). Mission Décembre 2004.

Cordonnés GPS	Type d'accumulations sableuses	Nature d'échantillons	Couleur du sable	Médiane 50%	Caractères des sédiments S0	Caractères des sédiments Asymétrie	Type De courbe
33°28'12''N 00°19'35''W	Dune en dôme ; Largeurs : 24m Longueur : 28m Hauteur : ≈2m	Crête de ride. B1	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,6	Très bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Base de ride. B1a	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,35	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Base du flanc au vent. B2	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,16	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		10 à 15 cm de profondeur à la base du flanc au vent .B2a	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0.15	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Profondeur du flanc au vent. B2b	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Au sommet. B2c	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Profondeur au flanc sous le vent .B2d	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0.1	Bien classé	Symétrie parfaite	Leptokurtique
		Profondeur de sommet (deux vents opposés). B2e	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,1	Bien classé	Symétrie parfaite	Leptokurtique
33°30'56''N 00°25'18''W	Amas sableux	Flanc au vent. B3.	HUE 7.5YR 7/6 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Au sommet	HUE 7.5YR	0.16	Bien classé	Classe du côté	Leptokurtique

		.B3a	6/6 Reddish yellow			fraction grossière	
		flanc sous le vent. B3b	HUE 7.5YR 6/6 Reddish yellow	0,1	Bien classé	Symétrie parfaite	Leptokurtique
33°32'29''N 00°24'14''W	Zone d'épandage d'oued et ravinement	nebkhat B4	HUE 5/8 5YR Yellowish red	0,1	Bien classé	Symétrie parfaite	Leptokurtique
		Dépôt superficiel d'un oued prés de dait- Rachia. B5	HUE 6/4 5YR Light reddish brown	0,35	Moyennement classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°34'42''N 00°22'20''W	Surface caillouteuses et zone de déflation.	B6	HUE 4/4 5YR reddish brown	0,25	Mal classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°31'22''N 00°25'41''W	Surfaces caillouteuses	B7	HUE 4/4 5YR reddish brown	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
33°15'56''N 00°21'02''W	Nappage sableux	Flanc au vent. B8	HUE 5/8 5YR Yellow red	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Ride. B8a	HUE 5/8 5YR Yellow red	0,08	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
33°15'45''N 00°21'05''W	Amas sableux	Flanc au vent. B9	HUE 7.5YR 5/8 strong brown	0,1	Bien classé	Symétrie parfaite	Leptokurtique
33°16'02''N 00°22'26''W	Nappage sableux	Flanc au vent. B10	HUE 5/8 5YR Yellow red	0,08	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Crête de la ride B10a	HUE 5/8 5YR Yellow red	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Flanc au vent de la	HUE 5/8 5YR	0,08	Bien classé	Classe du côté	Leptokurtique

		ride. B10b	Yellow red			fraction fine	
33°16'51''N 00°24'33''W	Amas sableux	Flanc au vent sur amas sableux. B11	HUE 5YR 6/6 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Sommet sur amas sableux B11a	HUE 5YR 6/6 Reddish yellow	0,2	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Flanc sous le vent B11b	HUE 5YR 6/6 Reddish yellow	0,125	Très bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Crête de ride. B11c	HUE 5YR 6/6 Reddish yellow	0,08	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		Base de ride. B11d	HUE 5YR 6/6 Reddish yellow	0,08	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°17'03''N 00°29'12''W	Nappage sableux.	Flans au vent. B12	HUE 5YR 5/8 Yellow red	0,1	Bien classé	Symétrie parfaite	Leptokurtique
		Flanc au vent de la ride. B12a	HUE 5YR 5/8 Yellow red	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
		La base de la ride. B12b	HUE 5YR 5/8 Yellow red	0,16	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°17'19''N 00°31'35''W	Amas sableux	Flans au vent. B13	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,16	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Sommet sur amas sableux B13a	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,2	Moyennement classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°18'30''N 00°42'50''W	Dune en bouclier	Crête de la ride B 14	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0.2	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique

		Base de la ride. B14a	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Flanc au vent. B 14b	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Flanc sous le vent. B14c	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction grossière	Leptokurtique
33°18'10''N 00°49'01''W		Flanc au le vent. B15	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Sommet de la dune B 15a	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Crête de la ride. B15b	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,25	Moyen- nement classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
		Base de la ride. B15c	HUE 7.5YR 6/8 Reddish yellow	0,125	Bien classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°18'10''N 00°49'01''W	Formation superficielle au niveau du lac Allata	B16	HUE 5/4 5YE Reddish brown	0,125	Moyennement classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique
33°18'12''N 00°48'59''W	Zone de surface caillouteuse et de déflation	B17	HUE 5/4 5YE Reddish brown	0.2	Moyennement classé	Classe du côté fraction fine	Leptokurtique

Tab.N°8 : Dimension des grains des sables qui dominant dans chaque échantillon.

		Dimension, taux partiel des particules (%)																		
Cordonné GPS/ Type d'accumulation	Type de prélèvement	Limons + Argiles			Sables très fins			Sables fins			Sables moyens			Sables grossiers et très grossiers						
		<004 mm	004 mm	005 mm	0063 mm	008 mm	01 mm	0125 mm	016 mm	02 mm	025 mm	0315 mm	04 mm	05 mm	063 mm	08 mm	1 mm	125 mm	16 mm	2 mm
33°28'12''N 00°19'35''W Dune en dôme dont la hauteur est supérieur à 2m	Crête de ride. B1	3,00	00	00	00	050	050	050	550	100	050	150	900	280	4050	900	050	000	00	000
	Base de ride sur dune en dôme. B1a	05	05	05	20	35	30	65	35	15	125	350	190	100	15	05	00	00	00	00
	Base du flanc au vent de dune en dôme. B2	30	05	15	05	130	135	220	75	30	230	90	20	10	05	00	00	00	00	00
	10 à 15 cm de profondeur à la base du flanc au vent de dune en dôme. B2a	10	10	20	70	235	170	355	45	30	40	10	05	00	00	00	00	00	00	00
	Profondeur du flanc au vent de dune en dôme. B2b	10	05	05	10	45	135	165	370	15	25	60	00	00	00	00	00	00	00	00
	Au sommet de dune en dôme. B2c	05	00	05	15	50	50	220	145	45	345	115	05	00	00	00	00	00	00	00
	Profondeur au flanc sous le vent. B2d	05	10	20	110	150	200	400	75	10	10	05	05	00	00	00	00	00	00	00
Profondeur de sommet (deux vents opposés). B2e	05	05	10	50	165	16	40	160	20	15	05	05	00	00	00	00	00	00	00	
33°30'56''N 00°25'18''W Amas sableux	Flanc au vent d'un amas sableux. B3	05	00	05	10	45	60	215	610	20	10	05	05	05	05	00	00	00	00	00
	Au sommet d'un amas sableux. B3a	05	10	15	40	80	70	180	150	75	350	25	00	00	00	00	00	00	00	00
	flanc sous le vent d'un amas sableux. B3b	05	05	10	50	135	140	445	125	25	55	05	00	00	00	00	00	00	00	00
33°32'29''N 00°24'14''W	Nebkhat dans une Zone d'épandage et ravinement	05	10	35	80	195	150	310	130	25	50	05	00	00	00	00	00	00	00	00

	B4. Dépôt superficiel d'un oued près de dait-Rachia. B5	05	05	05	15	40	65	35	10	20	20	65	11	75	7	55	35	5	35	195
33°34'42''N 00°22'20''W	Surfaces caillouteuses et zone de déflation. B6	05	1	15	2	55	135	5	95	5	15	75	10	35	2	1	1	15	15	27
33°31'22''N 00°25'41''W	Surfaces caillouteuses. B7	05	1	1	2	65	65	25	54	55	2	6	45	2	1	1	05	1	05	2
33°15'56''N 00°21'02''W	Flanc au vent d'un nappage sableux. B8	05	0	05	15	5	19	16	15	35	55	1	05	05	00	00	00	00	00	00
Nappage sableux	Ride. B8a	1	0	05	6	175	23	42	65	15	2	00	00	00	00	00	00	00	00	00
33°15'45''N 00°21'05''W	flanc au vent d'un amas sableux. B9	25	0	05	1	4	145	27	43	5	15	1	00	00	00	00	00	00	00	00
Nappage sableux																				
33°16'02''N 00°22'26''W	Flanc au vent d'un nappage sableux. B10	25	0	1	3	115	25	225	305	3	05	05	00	00	00	00	00	00	00	00
Nappage sableux	Flanc au vent de la ride sur nappage sableux. B10a	05	0	05	15	55	135	105	20	375	45	5	1	00	00	00	00	00	00	00
	A la base de la ride Sur un nappage sableux. B10	0	1	25	11	285	115	215	205	1	15	05	00	00	00	00	00	00	00	00
33°16'51''N 00°24'33''W	Flanc au vent sur amas sableux. B11	05	00	00	05	2	8	85	30	235	55	18	3	05	00	00	00	00	00	00
Amas sableux dont la hauteur est inférieur à 2 m	Sommet de l'amas sableux. B11a	05	00	05	05	1	2	15	85	18	95	51	65	05	00	00	00	00	00	00
	Flanc sous le vent sur amas sableux. B11b	05	05	05	05	15	3	35	205	31	20	15	2	05	05	05	00	00	00	00
	Crête de ride d'un amas sableux B11c	05	05	1	3	125	325	165	285	5	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	base de ride d'un amas sableux B11d	05	05	15	35	135	335	21	205	25	05	1	05	05	05	00	00	00	00	00
33°17'03''N 00°29'12''W	Flans au vent de nappage sableux. B12	05	00	05	15	135	185	335	145	45	45	3	05	00	00	00	00	00	00	00
Nappage sableux	Flanc au vent de la ride sur nappage sableux. B12a	05	05	05	1	35	13	105	175	29	15	205	2	00	00	00	00	00	00	00
	A la base de ride sur nappage B12b	05	00	00	05	15	55	5	155	26	10	325	25	05	00	00	00	00	00	00

33°17'19''N 00°31'35''W Amas sableux	Flans au vent de l'amas sableux. B13	25	00	00	05	1	3	55	23	225	4	25	115	1	1	05	00	00	00	00
	Sommet de l'amas sableux. B13a	30	05	05	05	15	4	4	155	9	5	265	25	45	05	00	00	00	00	00
33°18'30''N 00°42'50''W Dune en bouclier dont la hauteur est supérieur à 2 m	Crête de ride de la dune en bouclier B14	05	00	00	00	05	15	20	18	145	11	385	12	1	05	00	00	00	00	00
	Base de ride de la dune en bouclier. B14a	05	05	05	05	20	65	8	465	205	60	75	1	00	00	00	00	00	00	00
	Flanc au vent de la dune. B 14b	20	00	05	15	60	17	125	175	28	55	85	05	05	00	00	00	00	00	00
	Flanc sous le vent de la dune. B14c	20	00	00	05	35	75	37	30	35	115	25	10	00	00	00	00	00	00	00
33°18'12''N 00°40'59''W Dune en bouclier dont la hauteur est supérieur à 2 m	Flanc au vent de dune. B15	20	00	00	05	15	55	85	50	25	40	25	05	00	00	00	00	00	00	00
	Sommet de la dune.B15a	20	00	05	05	10	30	50	40	285	50	14	05	00	00	00	00	00	00	00
	Crête de ride de dune en bouclier. B15b	05	00	00	00	05	10	20	13	115	40	40	305	245	65	2	00	00	00	00
	Base de ride de dune en bouclier. B15c	25	00	05	10	25	60	80	25	175	65	205	90	05	05	00	00	00	00	00
33°18'10''N 00°49'01''W	Formation superficielle au niveau du lac Allata B16	05	00	15	15	40	10	70	25	12	50	14	50	30	15	10	10	10	10	60
33°18'12''N 00°48'59''W	Zone de surface caillouteuse et de déflation .B17	05	05	05	15	25	50	40	225	85	50	195	30	10	10	15	10	15	20	19

I. 2 Le couvert végétal

Le couvert végétal est représenté sous deux types ; végétations arbustives (reboisement) et végétations bas. L'utilisation de l'indice de végétation a pour but de distinguer le changement de la superficie du couvert végétal théoriquement en deux dates (1987 et 2005). Les résultats obtenus après les traitements d'images, la superficie de végétation en 1987 et 2005 indique qu'il y a une régression de celle-ci : en 1987 la superficie occupée par la végétation a été estimée à 356.7 km² et en 2005 à 72.47 km².

Le croisement de deux images classifiées, nous permet d'évaluer l'évolution du couvert végétal (Cf.Tab.N°7). La régression du couvert végétal est plus importante (352.8 km²) ce qu'on appelle « stresse végétale » et son extension est estimée de 65.38km² et la végétation qui reste en état stable, c'est-à-dire pas de changement est estimée de 15.42 km².

Tab.N° 9 : Résultat du croisement des images (1987 et 2005) :

Code de croisement	Etat du couvert végétal entre deux dates 1987 et 2005	Superficie en km ²	Superficie en %
10	Extension	56.38	13.29
19	couvert végétal stable (pas de changement)	15.42	3.63
9	Régression	352.8	83.08
Total		424.6	100%

1. Le couvert végétal arbustif

La régression la plus marquante est constituée par les anciens reboisements se trouvant le long de la route N°6 de Mécheria à Ain Sefra sous forme d'un tronçon discontinu. Le reboisement est linéaire. Il a été fait en 1970 dans le but de protéger la route contre l'ensablement.

Le couvert végétal arbustif ancien comporte en grande partie les reboisements faits 1970-1980 dans le cadre du projet « grand barrage vert ». Il est constitué de:

- Reboisements linéaires le long d'axe routier comme celui de Mécheria –Naâma-Ain Sefra.
- Ceinture verte autour des agglomérations (Mécheria, Naâma et Ain Sefra).
- Reboisement du lac Haoud Daïra.

- Reboisement du piémont SE du Dj Antar.

A côté, le couvert végétal arbustif est constitué aussi de foûts dégradées (maquis) qu'on trouve au sommet des djebels comme Dj Aissa, Dj Amoud par exemple.

Le couvert arbustive « récent » (postérieur) à 1987 comporte :

- Les reboisements en Tamarix effectués surtout en 2000-2002 à l'E de Ain Ben Khelil.
- Les exploitations agricoles (Ain Ben Khelil- sud de Naâma).

2. Le couvert végétal bas

Le couvert végétal bas est constitué par :

- La végétation « naturelle » ou cultivée des bas-fond (exemple dayas) .
- Les cultures (maraîchage, céréaliculture), dans ces dernières décennies, ont été évoluées dans le cadre des concessions des terres agricoles (PNDRA) avec 41.7% à Mécheria et 376.6% à Naâma entre 1995 et 1998 (source direction de l'agriculture de la wilaya de Naâma 1998) (Hadaid M 2003)
- Les restes de végétation « steppique ».

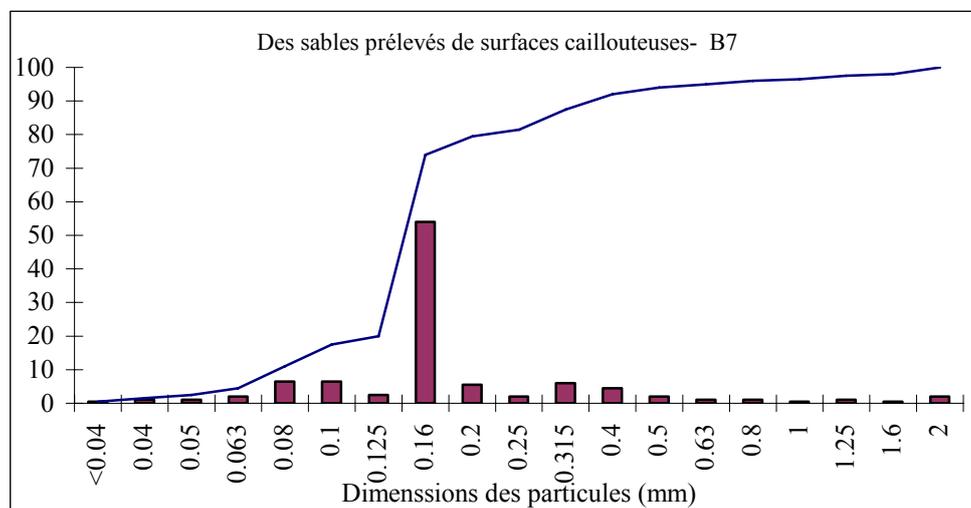
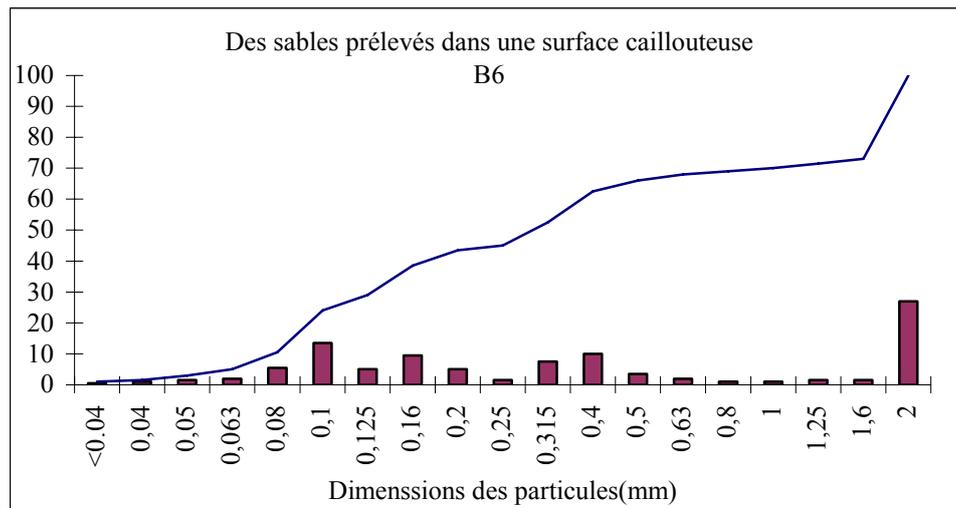
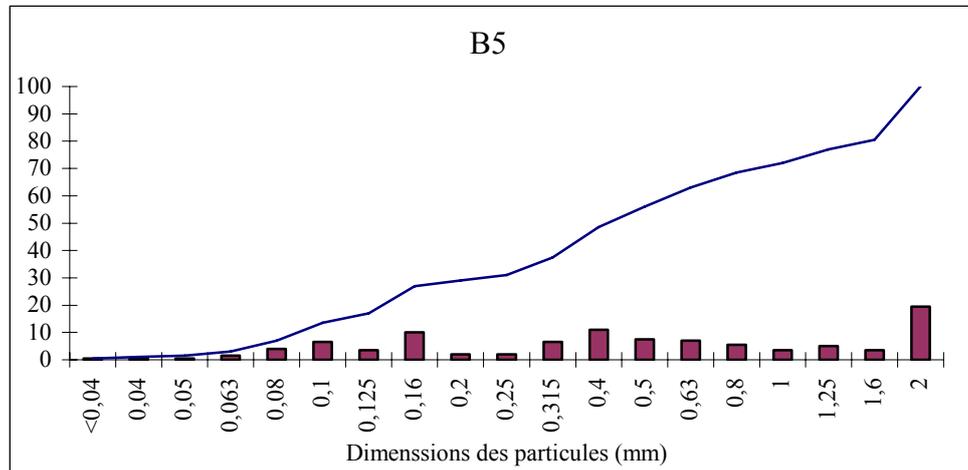
I.3 Les Surfaces caillouteuses

Les épandages d'oueds et les surfaces caillouteuses ont des différences de teintes, elles sont constituées par sables fins à moyen.

- Au niveau d'un dépôt superficiel d'un oued provenant du Dj Antar (B5) de teinte HUE 5YR 6/4 (Light reddish brown), est constitué des sables moyens (Md= 0.35mm), et moyennement classé (So= 0.35). Le classement est du côté de la fraction fine. Les sables sont constitués presque par toutes les fractions, avec des valeurs peu importantes 19.5% à 2mm, 11% à 0.4mm et 10% à 0.16mm.
- Une surface caillouteuse (B6) de couleur HUE 5YR 4/4 (Reddish brown), est constitué des sables moyens (Md= 0.25mm), et mal classé (So= 0.25). Le classement est du côté de la fraction fine. Les sables sont très grossiers avec un pic à 2mm (27%), et des sables moyens 19% avec un pic à 0.4mm (11%) et des sables très fins avec 13.5% à une dimension 0.1mm.
- A distance de 53m de l'échantillon précédant (B6), un terrain de cailloux (B7) de couleur HUE 5YR 4/4 (Reddish brown) est constitué par des sables fins (Md= 0.125mm) et très bien classé (So=0.8). Le classement est du côté de la fraction grossière. Ils forment plus de 62% du stock sableux avec une dominance de grains de

dimension 0.16 mm (54%) et 15% des sables très fins. Les sables moyens constituent 12.5% du stock sableux et les sables grossiers et très grossier forment 8% du sédiment.

Fig.N°20 : Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur des surfaces caillouteuses et des zones de déflation



Extensions des zones d'épandages d'oueds et les surfaces caillouteuses

Les surfaces caillouteuses couvrent 417.6 km² en 1987 soit (9.89% de la zone), et 461.9 km² soit 10.94% de la zone, en 2005. Leur extension est plus faible que celle des sables ou accumulations sableuses.

II. Le système éolien et le rapport avec la progression des dunes

Le système éolien (le régime des vents caractérisés le milieu), c'est le paramètre qui contrôle la mobilisation des sables, la formation et la progression des dunes.

Les résultats que nous avons obtenus dans des études précédentes, (faites essentiellement dans le cadre de mémoires d'ingénieur et de magister, sous la direction de M^{ame} Remaoun Kh) qui sont ;

- Etude des vents par B Mehboubi 1998, pour la station de Mécheria ;
- Etude des vents par S Stambouli 1998, pour la station de Ain Sefra ;
- Etude de déplacements potentiels de sable par H Beloufa 1998.

Il est indispensable de faire une corrélation entre :

- Les directions des vents efficaces (analyse théorique des vents et les relevés du terrain), DPS et le sens de progression des dépôts sableux pour déterminer les périodes de déplacement au cours de l'année.
- Les dimensions des particules sableuses pour caractériser le mode de transport.

Les vents sont considérés comme **non efficace** quand leur vitesse est inférieure à la vitesse minimale d'arrachement qui est de l'ordre de 5 m/s, et les vents **efficaces**, la vitesse est supérieure ou égale à la vitesse seuil d'arrachement (6m/s) .

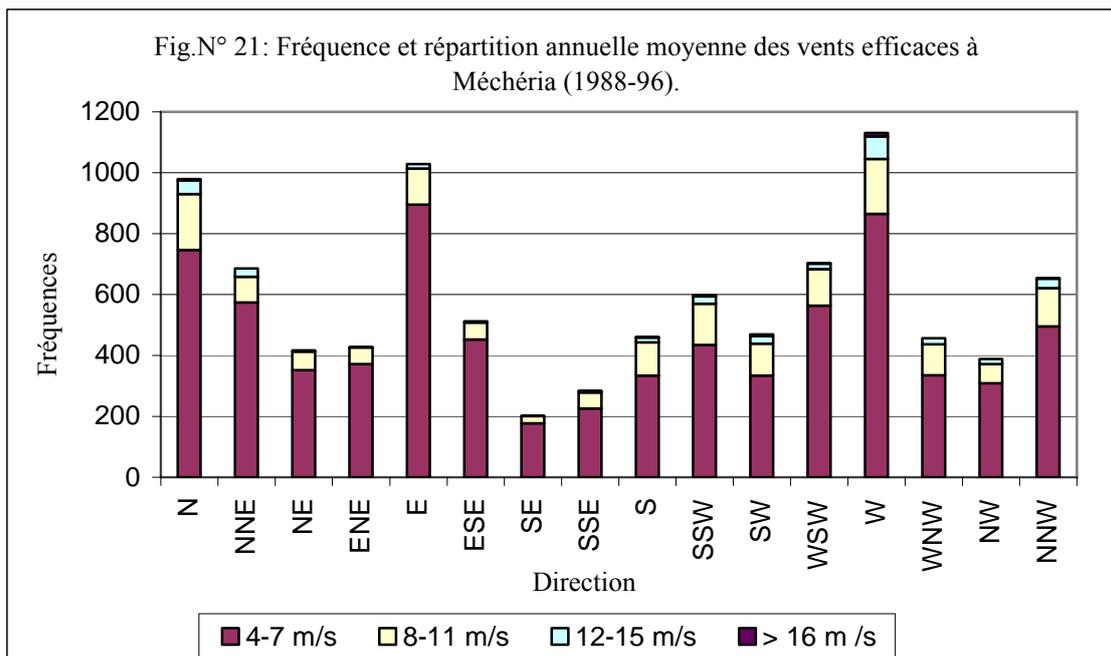
II.1 Le régime des vents théorique à Mécheria et Ain Sefra (d'après S Stambouli et B Mahboubi)

1. Le régime annuel des vents efficaces à Mécheria (Cf.figN°21).

- Les vents qui ont la plus grande fréquence dans la région de Mécheria (1985-96) sont les vent d'W, WNW, SW et NNW avec une vitesse de >16m/s,
- En deuxième position se sont les vents ont une vitesse de 12-16m/s (WNW, NNW, W, WSW, SSW, N et S).
- Le taux des calmes (périodes sans vent) est estimé entre 29% et 62%, c'est pour caractérisé le mois par apport au vent.

Tab.N°10 : Fréquence et répartition annuelle moyenne des vents efficaces à Mécheria pour la période (1985-96) :

Dir. / vitesse	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
4-7,9ms	700	1220	1295	1236	508	127	83	131	458	625	476	1359	2360	908	485	1146
8-11,9 ms	220	269	284	175	48	17	19	38	222	229	161	651	408	362	254	309
12-16 ms	57	30	14	8	2	23	7	8	43	70	31	66	77	128	75	86
> 16 ms	5	4	5	1	1	0	0	4	3	5	23	3	63	32	8	12
Total	982	1523	1598	1420	559	167	109	181	726	929	691	2079	2908	1430	822	1553
%	5.55	8.62	9.04	8.03	3.162	0.94	0.61	1.02	4.10	5.25	3.90	11.76	16.45	8.09	4.65	8.78



a). Régime saisonnier

On constate qu'il y a deux régimes de vent au cours de l'année:

D'octobre à mars avec deux directions dominantes; W et WSW ensuite les vents de WNW et NNW (moins fréquents) donc une dominance de vent de secteurs W ;

↳ D'avril à Septembre ; il y a la même fréquence entre les vents NE-NNE et les vents d'W, mais le premier est plus fréquent, donc le secteur E dominant.

b). Régime quotidien

Il y a deux régimes quotidiennement selon les mois :

↳ D'octobre à mars : *un régime nocturne* de 18h à 6h du matin, où les vents d'W sont nettement dynamique, ensuite les vents d'WNW et d'WSW. Pour le régime diurne de

9h à 15h les vents les plus fréquents sont d'W et d'WSW ainsi les vents du NNW et d'WNW en seconde position.

↳ D'avril à septembre : un régime nocturne de 21h à 6h du matin, les vents du secteurs du secteur E sont les plus dominants et efficaces surtout ceux du NE, NNE et ENE. Ensuite les vents du NE et du NNE. Les vents du secteur N à WNW ont un certain dynamisme et les vents du secteur S (SSW, SW et SSE) ont une fréquence faible. Le régime diurne de 9h à 18h, les vents du WNW à S et ceux du NNW à ENE sont dominant avec une concurrence entre ces deux directions sont les premiers qui ont une fréquence la plus grande et un dynamisme le plus affirmé.

2. Le régime annuel des vents efficaces à Ain Sefra (1988-96). (Cf.figN°22).

Au cours de l'année les directions des vents efficaces sont par ordre d'importance (en % de fréquence), les vents d'W (12.03 %), d'E (10.94%) et du N (10.42 %) : il y a concurrence entre deux directions de vent opposées W et E, même si la première est légèrement plus fréquente. Le N, confère à *Aïn Sefra* l'aspect de « carrefour » des vents: il y a convergence de vents de directions diamétralement différentes (W-E et N).

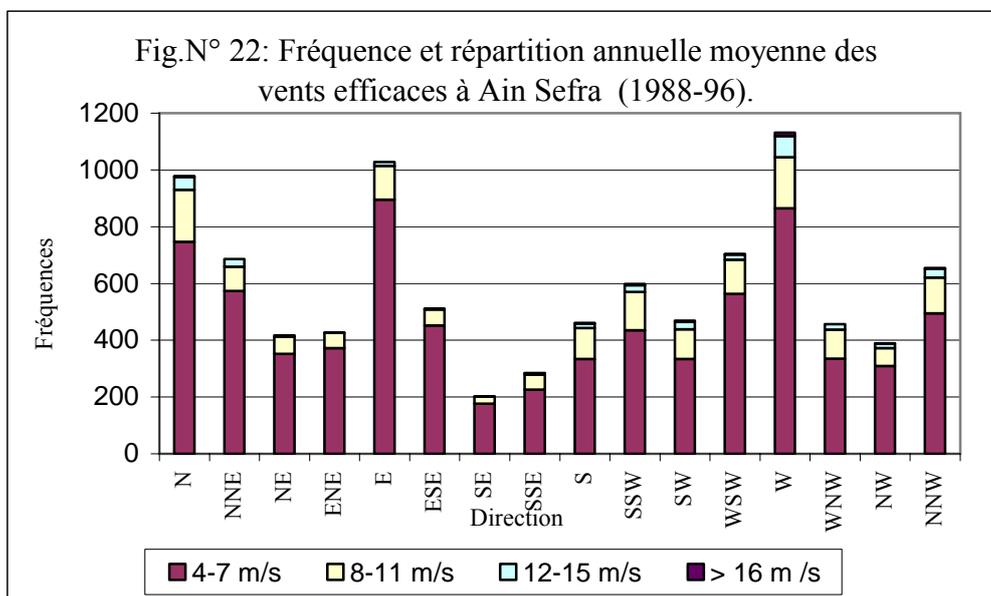
Ensuite viennent en deuxième position les vents d'WSW (7.50 %), du NNE (7.29%) auxquels on peut ajouter les vents du NNW (6.94%) et du SSW (6.35%). Les vents de secteurs E (S à ENE) avec ceux de direction WNW et NW confirment le trait « carrefour éolien » du site de Aïn Sefra.

Enfin, si nous prenons en considération les classes de vitesses des vents efficaces les plus fréquents de la série, nous constatons :

- que les vents d'W sont effectivement les vents les plus dynamiques puisqu'ils peuvent atteindre des vitesses > 16 m/s. De même pour les vents d'WSW, SW, SSW, NNW et N. Paradoxalement, les vents les moins fréquents (ceux du SSE et du S) enregistrent des vitesses > 16 m/s 1 ou 2 fois en 12 ans.
- Le taux des calmes (périodes sans vent) est estimé entre 56.5%. donc c'est moins venteux que Méchéria

Tab.N°11: Fréquence et répartition annuelle moyenne des vents efficaces à Ain Sefra pour la période (1988-96) :

Dir. / Vitesse En m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
4-7	747	574	352	372	895	452	177	226	334	435	334	563	865	335	309	495
8-11	183	85	61	54	119	56	24	53	109	135	105	121	180	102	63	126
12-15	45	27	4	0	14	4	1	4	16	24	25	18	74	20	16	31
> 16	4	0	0	1	0	0	0	1	2	4	5	2	12	0	1	2
Total	979	686	417	427	1028	512	202	284	461	598	469	704	1131	457	389	654
%	10.42	7.30	4.43	4.54	10.95	5.44	2.14	3.02	4.90	6.36	5.00	7.50	12.03	4.86	4.14	6.95



a). Régime saisonnière

On constate qu'il y a trois régimes saisonniers ;

- ↪ De septembre à février, la saison la plus longue (6mois), pendant laquelle les vents d'W sont les plus fréquents, ensuite, en deuxième position, les d'WSW, N, E, et SSW.
- ↪ De mars à mai; les vents les plus fréquents sont N, NNW, NNE, W, E et même on peut ajouter les vents des SW
- ↪ Le mois de juin se distingue par ;
 - Une grande fréquence des vents d'E, suivis par ceux du N.
 - En seconde position, on trouve les vents d'W puis du NNE et du SSW.

↳ De juillet à août : Les vents d'E sont les plus fréquents. En seconde position, ce sont ceux du S, puis nous trouvons en fréquence moins élevée les vents d'ESE, W, WSW, N et ENE.

b). *Régime quotidien*

On a pas eu des données pour ce régime, il na pas été abordé.

Tab. N° 12 : Le régime des vents à Mécheria (1985 à 1996) et Ain Sefra (1988 à 1996) :

	Régime annuel	Régime saisonnier	Régime quotidien
Mécheria (1885-1996)	<p>*Le taux des calmes ; 29 à 62 %.</p> <p>*Les vents efficaces dominants sont : W, WNW, WSW, NNW, SSW, N et S.</p>	<p>*<u>Octobre à Mars</u> : W et WSW.</p> <p>* <u>Avril</u> à <u>Septembre</u> : NE, W.</p>	<p><u>Octobre à mars</u> :</p> <p>-Régime nocturne :W</p> <p>-Régime diurne : W et WSW.</p> <p><u>Avril à septembre</u> :</p> <p>- Régime nocturne : E, NE, ENE.</p> <p>- Régime diurne : ENE, NNW et W.</p>
Ain Sefra (1988-1996)	<p>*Le taux moyen de calme : 56.5 %.</p> <p>*Les vents dynamiques les plus fréquents sont : W, E et N.</p>	<p>*<u>Septembre</u> à <u>Février</u> : W, E et S.</p> <p>*<u>Mars à Mai</u> : N et W.</p> <p>*<u>Juin</u> : E et N dominant</p> <p>*<u>Juillet à Août</u> : E et S.</p>	<p>Régime journalier n'a pas été abordé</p>

Fig. N° 23 : Rose annuelle des vents dynamiques à Méchéria de 1985 à 1996
(D'après B Mahboubi 1998)

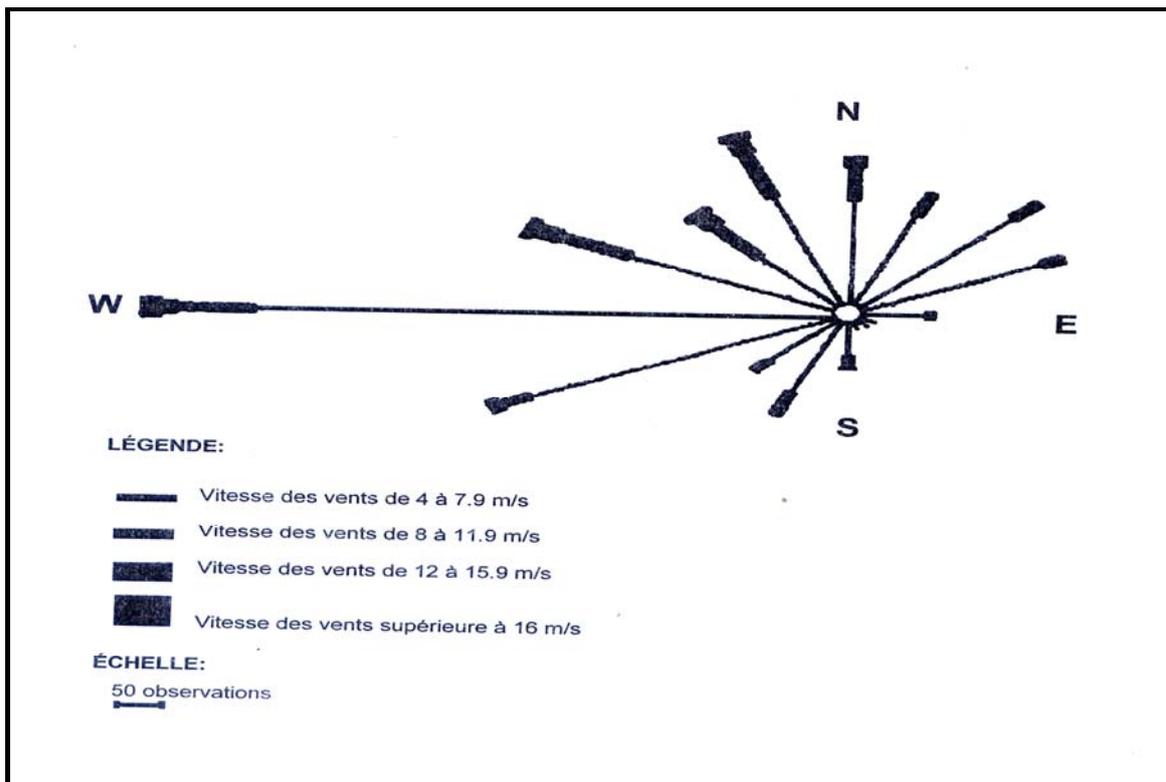
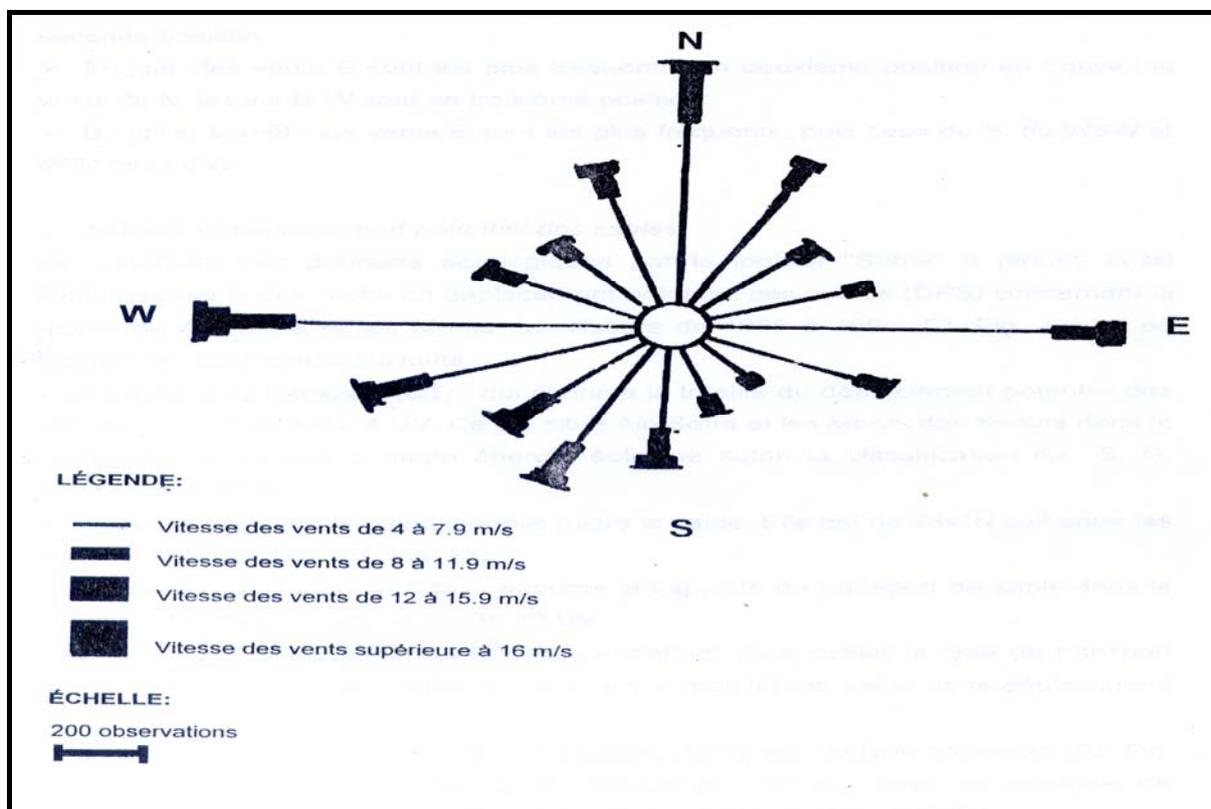


Fig. N°24: Rose annuelle des vents dynamiques à Ain Sefra de 1988 à 1996
(D'après S Stambouli 1998)



II.2 Les calculs des DPS (H Beloufa 1998)

L'analyse des potentiels des sables des différentes séries fait que toutes les zones à haute énergie éolienne puisque les capacités de transport sont toutes supérieures à 400 UV.

Les coefficients de migration distinguent à Mécheria avec *des déplacements de sable qui s'effectuent sur de long distance par contre à Ain Sefra où il y a une mobilité des sables mais sans déplacement notable.*

1. A Mécheria

La capacité de transport mensuelle indique que c'est une zone à *forte énergie éolienne durant toute l'année.* De Septembre à Avril le coefficient de migration est supérieur à 0,3 et une direction résultante de **295°N** soit une direction WNW, donc *les déplacements potentiels de sable se font avec transport sur de long distance.*

La seconde saison de Mai à Août, les coefficients sont inférieurs à **0,3** il y'a *une mobilité de sable mais sans déplacement notable.*

2. A Ain Sefra

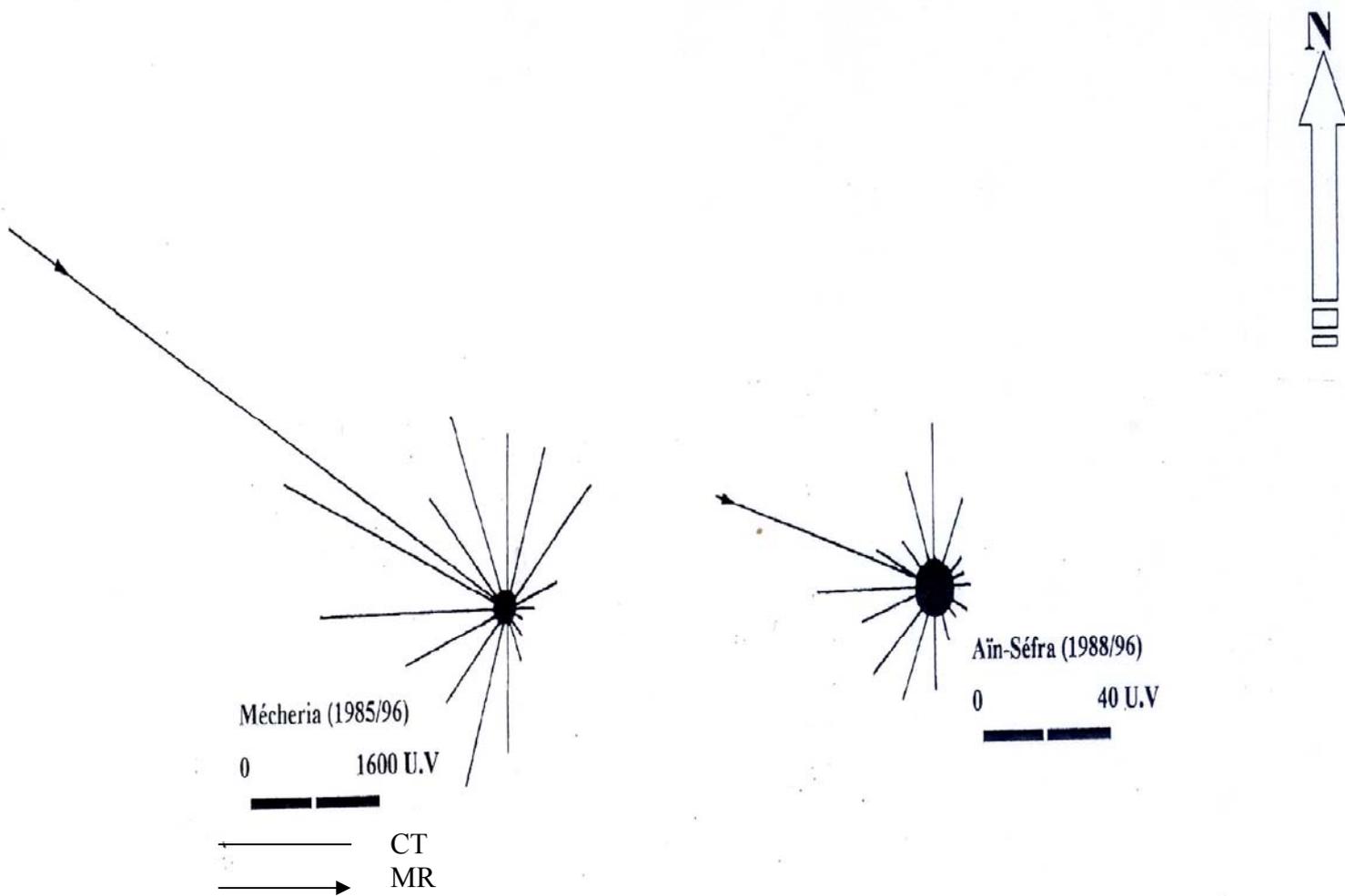
La capacité de transport mensuelle permet de distinguer une période de Novembre à Décembre où, la zone est considérée à *moyenne énergie éolienne*, et le reste de l'année, la zone est à haute énergie éolienne, pour les coefficients de migration mensuelle sont moins importante que celle de Méchéria, avec le même découpage saisonnier.

De Septembre à Avril, les coefficients sont supérieurs à **0,3** *les déplacements potentiels de sable se font avec transport sur de long distance* et la résultante de la saison est de **300°N** (WNW, NW).

De Mai à Août, les coefficients sont supérieurs à **0,3** donc les sables sont soumis à *une mobilité sans qu'ils soient déplacés.*

Dans les deux stations (Méchéria et Ain Sefra), sont considérées comme des zones à forte énergie éolienne, et soumises au régime des vents du tell caractérisé par la dominance des vents d'W durant presque toute l'année et ils sont très irréguliers, la direction des vents varie non seulement d'une saison à l'autre mais aussi au même courant d'une journée.

Fig. N° 25 : Rose de déplacements potentiels des sables (DPS) à Mécheria (1985 à 1996)
et Ain Sefra (1988 à 1996)



III. Estimation de la vitesse moyenne de progression de dunes théoriquement (Cf.Fig. N°26-27)

Les résultats obtenues après classification de l'image pour les deux dates (1987/2005), on a mis en évidence les extensions des champs de dunes, on pu estimé la vitesse moyenne de déplacement des sables suivant l'équation : longueur de l'extensions /par apport au nombre d'années (18 ans), les résultats sont synthétisés dans un tableaux (cf. Tab.N°)

Le sens de déplacement des dépôts sableux prend des directions des vent les plus fréquentes avec des vitesses moyenne de progression varient selon la localisation de ces dépôts sableux qui sont surtout par ordre d'importance du point de vu fréquence vers :

- ↪ **NE** : les vitesses moyennes varient de 0.17 à 1.08 km/ans et 1.16 à 5.03 km/an, les progressions se font de Ain Ben Khelil ver l'E et NNE: Naâma, Méchéria, Rokbet Harchaia. Ainsi la bordure W et l'extrémité N du cordon dunaire de Magrouna - Hadjiret el Toual a Sebkhata En Naâma et entre Dj Mordad et Dj Souiga.
- ↪ **ENE, WSW** : la vitesse moyenne varie de 0.23 à 2.5 km/an, les zone de progression sont : la partie sud et nord de Sebkhata En Naâma, Rokbet Harchaia.
- ↪ **E, SW** ; les vitesses moyennes de progression sont moins élevés par apport aux précédant avec des valeurs proches 0.35, 0.45, et 1.5 km/ans.

Tab.N°13 : Estimation de la vitesse moyenne de progression des dunes entre 1987 et 200

Type d'évolution	Zone Lieu dit localisation	Type d'accumulation sableuses	Direction de l'évolution Vers	Vitesse moyenne de la progression	
Extension	Cordon dunaire de Magrouna	Dunes dont la hauteur > 10 m organisées en un long et large cordon parallèle au Dj.Morhad-Hajiret et Touel	NE	0.17 km/an	
			SW	0.26 km/an	
			W	1.5 km/an	
			E	0.3 km/an	
Extension	Sur la bordure NW du cordon de Magrouna	Dunes (barkhanes) de hauteur comprise entre 3 et 10 m	NE	0.81 km/an	
			SW	0.31 km	
Extension	Zone de Aïn Ben Khelil	Dunes (barkhanes) de hauteur comprise entre 2 et 10 m	De Oglat ed Deira vers le NE	0.14 km/an	
			De A.Ben Khelil vers l'E	0.49 km/ an	
			Idem vers l'ENE (Méchéria)	2.5 km/an	
Extension	Sebkhat En Naâma	Dunes dont la hauteur > 2 m organisées en champs de dunes (petits ergs).	Partie N de la Sebkhat En Naâma	Bord ouest : ENE et WSW Bord NE NE	0.33 km/an 0.32 km/an
			Partie sud de la Sebkhat En Naâma	Bord ouest NNE et WSW Bord SE ENE	0.23 et 0.25 0.14 km/an
Création puis extension	Entre le cordon dunaire de Magrouna et Dj Bou Amoud	Dunes et accumulations sableuses < 2 m de haut	NE	0.48 km/an	
Création puis extension	Extrémité Nord du cordon de Magrouna jusqu'au centre de la plaine Naama- A.Ben Khelil	Dunes et accumulations sableuses <2 m de haut	NE	1.08 km/an	
			NE	0.23 km/an	
Création puis extension	Entre Ain Ben Khelil et Naama	Dunes et accumulations sableuses < 2 m de haut	NW N ENE-NE (vers Rokbet Harchaïa)	0.09 km/an 0.22 km/an 0.45 et 0.16	
Création puis extension	A l'ouest de Aïn Benkhelil : débouché de l'oued Saadan	Dunes et accumulations sableuses < 2 m de haut	WSW-W	0.53 km/an	
Création puis extension	De l'Extrémité N du cordon de Magrouna-Hadjiret el Toual à Sebkhat Naama	Dunes et accumulations sableuses < 2 m de haut	NE	1.47 km/an	
extension	Dj Souiga-Dj Maleh-Sebkhat Naama	Dunes et amas sableux <2 m de haut qui s'ajoutent à des dunes plus anciennes au nord (H>2 m)	NNE	0.44 km/an	
Création puis extension	Entre Dj Morhad et Dj Souiga	Dunes et amas sableux < 2 m de haut	NE	5.03 km/an	

La corrélation entre les directions des dépôts sableux et le sens de déplacement ou de progressions théoriquement ont presque les mêmes directions de déplacement réellement qui se font surtout vers ; NW, NE, NNE, ENE, et SE. Le changement de direction se fait selon la situation des dépôts sableux et la typologie des dunes.

En détail, les directions des vents qui caractérisent la zone sont différents qui font vers WNW, NW, SSW, NNE, NE, N et S. le changement se fait vers huit (8) directions de quatre secteurs, cela veut dire que la zone est caractérisée par un mouvement venteux au cours de l'année, d'un mois, d'un jour et même par heure.

La direction résultante des dunes se font vers : NE, SE, ENE et NNE. D'après les résultats des vents et le sens de déplacement, nous constatons que la mobilité des dunes se déplaçant surtout du secteur W vers les secteurs E, bien sûr avec des directions secondaires celles de : WNW, ENE ect... donc la zone est caractérisée par un régime très fréquent avec plusieurs directions et là on peut avoir un vent de sable sans qu'il y ait une vitesse très forte.

Tab.N°14: Corrélation entre la direction des vents, la résultante et le sens de progression des dunes.

Cordonnées GPS et type de dépôt	Direction des vents	La direction des dunes (la résultante)	Sens de déplacement
33°28'12"N 00°19'35"W Dune en dôme	WNW	SW	NE
33°30'56"N 00°25'18"W amas sableux dont la hauteur est inférieure à 2m	NW	SW	NE
33°15'45"N 00°21'05"W Dune dont la hauteur est supérieure à 2m	NNW	NW	SE
33°16'51"N 00°24'33"W amas sableux dont la hauteur est inférieure à 2m	SSW	WSW	ENE
33°17'19"N 00°31'35"W Dune dont la hauteur est supérieure à 2m	NW	SSW	NNE
33°18'30" 00°42'50" Dune en bouclier	SSW	WSW	ENE
Harchaia Dune en bouclier	N, NNE et NE	-	NNE et NE
Mokta deli Dune en bouclier	S, SSW, NW, NNW, N	-	N, NNE, SE, N.
Mékalis Dune en bouclier	NNE, NE, N.	-	SSW, SW, S.

Conclusion

On conclusion de ce chapitre, nous avons montré que sur le terrain, il est remarquable de constater que des différences de mobilité se traduisent par des différences de teintes et de la typologie des accumulations sableuses (dunes dont la hauteur est supérieure à 2m, amas sableux dont la hauteur est inférieure à 2m et nappage sableux,) avec des directions qui varient de dune à l'autre selon leur contexte géographique, et se font vers plusieurs directions ; SW, NE, WSW et SSW avec des espacements entre 10-5, 10 et 15 cm avec des différences de teinte et cela est remarquable sur le terrain dont les sources sont diverses.

Du point de vue granulométrique, par tamisage en utilisant une série de tamis allant de 0.04 mm à 2mm, nous avons constaté que la fraction granulométrique dominante dans la majorité des dépôts sableux sont des particules très fines, fines à moyens.

A partir du traitement des images de deux dates différentes (1987 et 2005) et aux relevés du terrain, nous avons mis en évidence l'extension nette:

- Des dunes anciennes et la formation des dunes récentes qui se sont formées.
- Des champs de dunes représentant l'extension et le renforcement du cordon de Magrouna dans sa partie N et SSW par un champ des dunes représentant son extension (bras).
- Les champs de dunes quaternaires de Sebkhata En Naâma, ont progressé entre 1987 et 2005 vers le N et le S.
- Un champ de dunes au NW de Ain Ben Khelil, sont des dunes très mobiles, suit une trajectoire vers l'est et qui commence à se former et s'organiser, ainsi côté SW de Rokbet Harchaia.
- L'extension des surfaces caillouteuses, (on suppose que l'étalement des eaux de crue à l'occasion des averses brutales (surtout récemment) permet le dépôt d'un matériau alluvial vers l'aval dans les zones d'épandage et de débordement.)
- Rétrécissement de la Sebkhata En Naâma et remplie par le sable.

Le couvert végétal est subdivisé par deux types : *couvert arbustive* est constituée de l'ancien reboisement le long de la route N°6 de Mécheria et Ain Sefra où la régression est considérable. Ainsi d'autres reboisements sous forme de ceinture autour des agglomérations (Mécheria, Naâma et Ain Sefra), les reboisements de Houd Daira et les reboisements du piémont SE du Dj Antar.

Couvert végétal bas est constitué par des végétations naturelle ou cultivé des bas-fond et d'autre c'est la végétation steppique. La régression de la végétation est importante en 2005 avec 72.47 km², par contre en 1987 elle est environ de 356.7km².

Le système éolien et le rapport avec la progression des dunes montrent L'étude de régime des vents changent d'une station à l'autre.

A Méchéria le régime des vents est caractérisé par deux types :

Un régime saisonnier est caractérisé par des vents dominant de la saison d'Octobre à Mars (9 h à 15 h) sont W et WSW, NNW et WNW, et de (18 h à 6 h) les vents d' W sont nettement dominantes avec une vitesse de 16-20 m/s qui est assez fréquent.

La saison d'Avril à Septembre (9h à 18 h) les vents dominant sont d' W (WNW) à sud et NNW à ENE, mais les premiers sont toujours plus fréquents et plus dynamique, et des (21 h à 6 h), les vents efficaces et dominants sont de secteurs E ; NE, NNE les plus efficaces avec une vitesse de 8- 12 m/s qui est assez fréquents et ENE.

A Ain Sefra, est subdivisé en quatre saisons ;

- De Septembre à Février, il y'a une concurrence entre les vent d'W (le matin), et les vent d'E (le soir), les vent WSW sont plus fréquent en mois de Septembre.
- De Mars à Mai, il y' a aussi une concurrence entre les vents N, W et E, mais les vents du secteur N sont nettement efficaces.
- En juin, les vents d'E sont assez efficaces suivis du Nord et de l'W. En juillet et Août, les vents d'E sont assez efficaces puis du S, d'WSW et d'W.

Le sens de déplacement et la progression théoriquement des dépôts sableux prend des directions des vents différentes avec des vitesses moyennes qui varient d'une direction a l'autre, où la vitesse moyenne la plus importantes est enregistré vers NE avec 5.03 km/ans où le trajectoire se fait de Ain Ben Khelil vers l'E (Naâma). Aussi d'autres vitesses qui se font vers, Rokbet Harchaia, Méchéria, etc.... D'autres directions de progression des dépôts sableux se font vers ENE, WSW et SW.

Les résultats réelles des vents et le sens de déplacement des dunes se font vers NE, SE, ENE, NNE. La mobilité et la progression des dépôts sableux se font surtout d'W vers l'E avec des directions secondaires (WNW, ENE, ect...). En corrélation avec les directions des vents et le sens de déplacement des dunes théoriquement et réellement, on constate que les résultats sont compatibles et très proche..

Cinquième partie

Cartographie de Progression de la désertification

Introduction

La cartographie est Ensemble des opérations de conception, d'élaboration, de dessin et d'édition des cartes assistée par ordinateur, à partir d'un fonds conventionnel numérisé ou d'une base de données pour représenter et d'illustrer un phénomène.

Dans les chapitres précédents, nous avons montrés les problèmes posés du phénomène de la désertification, et on a prouvé que l'extension l'ensablement constitue la manifestation ultime de la désertification, où l'ampleur de ce phénomène est aggravée par l'importance des stocks de sable mobilisable, qui constituent une menace sérieuse et permanente pour l'ensablement des infrastructures de développement.

La représentation cartographique du phénomène de la désertification et l'extension et la progression des dunes demande beaucoup d'effort pour comprendre le phénomène sur la carte, en se basent sur une légende graphique, jumelée avec les critères d'identification des unités à figurer sur la carte, car c'est la moyenne la plus représentative et explicative par une cartographie synthétisée par des symboles et des couleurs.

I. Evolution de l'état de surface globalement :

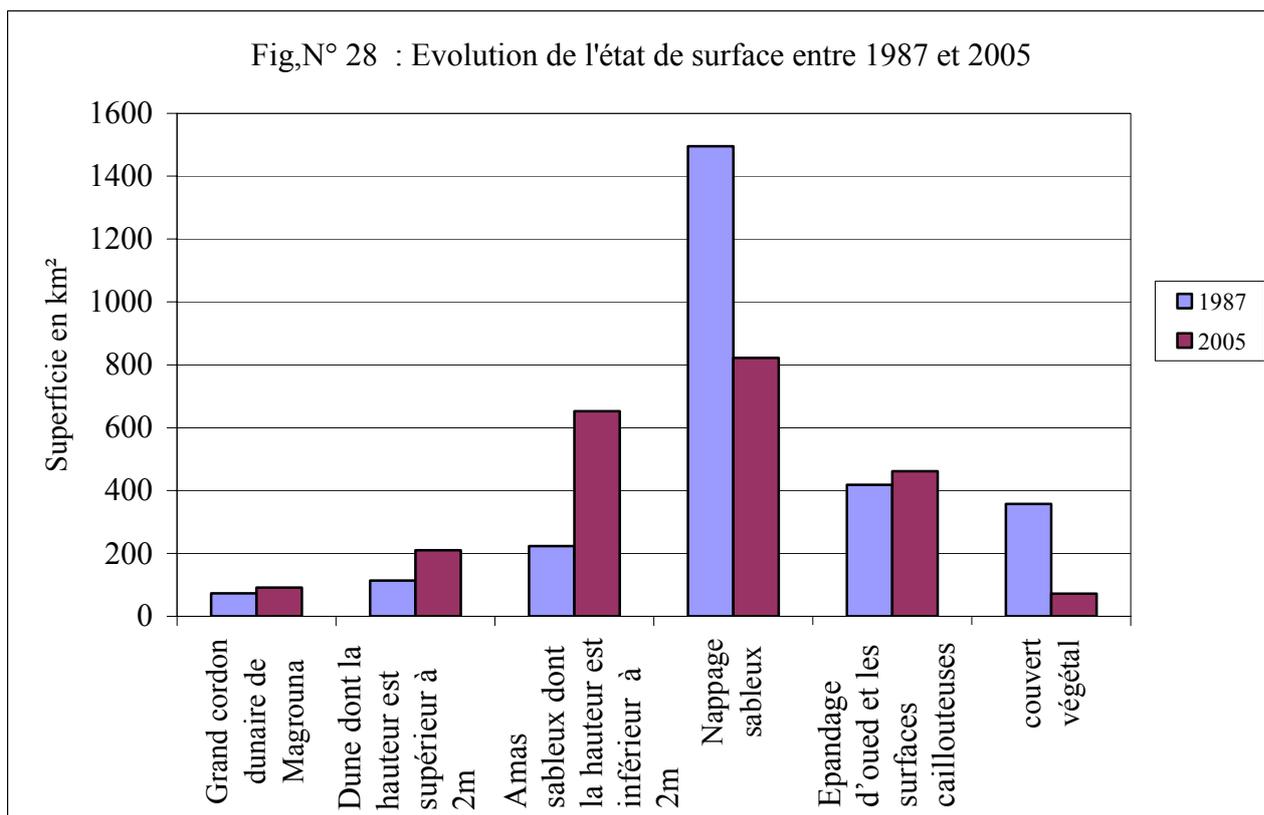
L'état de surface entre 1987 et 2005 est très remarquable du point de vue sable sous différents types, et même pour la végétation, où il y a une régression,

↳ Les dunes barckanoides ont progressés, par contre la couverture en nappe a diminué en 2005 et les surfaces caillouteuses ont progressés (saison pluvieuse). On suppose ici que l'étalement des eaux de crue à l'occasion des averses brutales (surtout récemment) permet le dépôt d'un matériau alluvial vers l'aval des zones d'épandage. (Cf.Fig.N° 28 -Tab N°8).

↳ La végétation de 1987 à 2005 (18 ans), il y a une régression très marquante

Tab N° 15 : Evolution de l'état de surface entre 1987 et 2005 :

Grande classe	Sous classes	1987		2005	
		Superficie (km ²)	(%)	Superficie (km ²)	(%)
Sable	Grand cordon dunaire de Magrouna	73.13	1.73	91	2.15
	Amas sableux dont l'épaisseur est supérieur à 2m	144	3.41	209.7	4.96
	Amas sableux dont l'épaisseur inférieur à 2m	223.6	5.29	652.5	15.45
	Nappage sableux	1495	35.39	822.4	19.47
Surface caillouteuse	-	417.6	9.89	461.9	10.94
Végétation	-	356.7	8.44	72.47	1.72
Autres					54.69 %
superficie Total 4224 km ²					100 %



II. Cartographie de la désertification

La démarche proposée s'appuie sur les documents suivants :

- ↪ Les images satellitaires traitées et classifiées.
- ↪ Les cartes topographiques de Méchéria et Ain Sefra au 1/20000^e.
- ↪ La carte des sens et la vitesse moyenne annuelle de déplacement des dunes.
- ↪ Les résultats des DPS de Méchéria (1985-1996) et Ain Sefra (1988-1996).

L'objet des méthodes proposées ici est de réaliser la carte d'évolution de la désertification, nous avons fait plusieurs essais pour avoir des résultats convenables et logiques.

En premier lieu, afin d'illustrer l'extension et la progression des dunes, l'utilisation de croisement de deux images classifiées en 1987 et 2005, qui consiste à la combinaison des différentes couches d'informations avec un code pour chaque thème. Cette méthode nous a permis d'obtenir une carte d'évolution entre 1987 et 2005. Trois couleurs ont été sélectionnées et applicables pour chaque thème qui sont :

- Rouge signifie la dégradation
- Vert c'est pour montre l'évolution
- Jaune signifie la stabilité c'est-à-dire pas de changement.

Après l'impression de la carte, nous avons constatées que les résultats ne sont pas fiables pour plusieurs raisons :

- Mauvaise qualité de l'impression (encombrement de la carte).
- L'interprétation des résultats n'est pas logique et non compatibles avec ce qu'on a retenue pour expliquer le phénomène de la désertification.

En second lieu, nous avons choisie une autre méthode plus simple et classique afin d'obtenir des résultats plus raisonnables.

La démarche adoptée c'est la vectorisation de la classification supervisée des images satellitaires (TM1987 et Alsat-1 2005) par les logiciels MapInfow, ENVI 4.1 et superposées chaque images sur les cartes topographiques au 1/200 000^{eme}, donc la cartographie sera faite sur un fond topographique d'échelle 1/130 000^{eme}.

Ensuite, la superpositions ces deux cartes dans un bute comparatif nous a servie d'identifier l'évolution de la désertification et la progression des dunes entre 1987 et 2005 sur un fond topographique, ceci souligne l'importance de la cartographie qui peut représenter les zone a changement.

II.1 La légende de la carte

Nous présentons ici les données devant servir à faciliter la lecture de la carte, en se basent sur une légende graphique, assembler avec les critères d'identification des unités à figurer sur la carte.

1. Les couleurs

Les couleurs utilisées sont normalisées (C N R S):

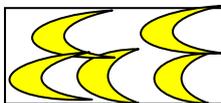
- Bleu : pour cartographier les actions fluviales tel que Sebkhata En Naâma, réseau hydrographique, dayas.
- Jaune ocre : il s'agit essentiellement pour les actions éoliennes.
- Marron: c'est pour les formations superficielles tel que les surfaces caillouteuses (marron clair pour l'année 1987 et foncé pour 2005).
- Rouge : pour distinguer les limites de l'évolution des facteurs ci-dessus 1987 et 2005.
- Noir : pour représenter les formes de reliefs tel que

2. Les symboles

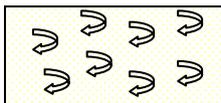
On a utilisé les symboles de C.N.R.S (normalisé) et Joly (1987), mais malheureusement on n'a pas pu les appliquer sur la carte, car des problèmes purement technique :

- Problème d'échelle ; on peut pas appliqué les symboles normalisée car l'échelle choisi selon le format du papier non convenable pour les démonter si non la carte sera non lisible.
- Mauvaise qualité de l'impression (encombrement de la carte), dans ce cas là on a utilisé des symboles les plus simples pour quel soit bien visibles et claire.
- Format papier utilisé

Les symboles choisis sont :



Les dunes Barkhanoides sont remplacées



Nappage sableux est remplacé par cette trame



3. Autres éléments de bases

La carte d'évolution de la désertification comporte d'autres arguments qui peuvent enrichir la carte du point de vue d'information concernant le phénomène de la désertification et la progression des dunes.

- ↪ La rose des déplacements potentiels des sables (DPS) à Mécheria pour la période 1985 à 1996 et à Ain Sefra (1988-1996), et cela est opportun pour la série traitée de 18 ans.
- ↪ Les estimations des vitesses moyennes annuelles de la progression des dunes entre 1987 et 2005 (18 ans).
- ↪ Les infrastructures, qui constituent une menace sérieuses et permanente par l'extension et la progression des dunes.

Fig.N°29 : La légende final de la carte d'évolution de la désertification entre 1987 et 2005

Légende



II.2 Commentaire de la carte d'évolution (Cf.Fig.N°30).

La carte d'évolution, montre une importance extension les endroits de progressions en 2005, car elles étaient très claires et remarquable par le renforcement du cordon de Magrouna dans sa partie N et SSW par un champ des dunes représentant son extension (bras), il s'étend toujours dans le sens sud ouest/nord est. On observent que les dunes commencent à se former et s'organisées autour de la Sebkhata En Naâma (L'est, ouest et sud sud ouest).

Un champ de dunes au NW de Ain Ben Khelil, sont des dunes très mobiles, suit une trajectoire vers l'est et qui commence à se former et s'organiser, ainsi les amas sableux >2m, s'étendre a proximité des piémonts des djebels tel que Dj Suigua, Dj Aissa, Dj Bou Amoud Dj Boukhachba, ainsi côté SW de Rokbet Harchaia.

Les surfaces caillouteuses, étaient moins représenté en 1987, par contre en 2005, on a constaté que l'extension du reg est représentative, donc on supposent que l'étalement des eaux de crue à l'occasion des averses brutales (surtout récemment) permet le dépôt d'un matériaux alluviale vers l'avale dans les zones d'épandage et de débordement.

Conclusion

Nous avons montré dans ce chapitre que la propagation et l'évolution du phénomène de la désertification est aggravée par l'importance des stocks de sable mobilisables en forme des dunes. Ceci souligne l'importance handicap que peut représenter cette aggravation de l'extension des sables dans les Hautes Plaines Sud Oranaises.

Nous avons choisie l'outil de cartographie pour illustrer la manifestation ultime de la désertification par l'extension rapide des dunes mobiles sur un fond topographique, qui peut aider les services concernés pour lutter contre la propagation des dunes mobiles dans le territoire.

La représentation de la carte d'évolution de la désertification entre 1987 et 2005 est faite par plusieurs démarches proposées, dans laquelle on a choisi la méthode classique avec plus de valeurs du point de vue d'information.

Nous avons eu des problèmes concernant l'application des symboles normalisés pour plusieurs raisons, mais on a utilisées les symboles et les couleurs les plus claires et visibles pour qu'ils soient bien visibles et claires sur le fond topographique et convenables avec l'échelle choisie. Ainsi on a ajouté les DPS (rose des déplacements potentiels des sables à Mécheria (1985-1996) et à Ain Sefra (1988-1996) et les estimations des vitesses moyennes annuelles de la progression des dunes entre 1987 et 2005 (18 ans).

Conclusion générale

Ce manuscrit de thèse de magistère présente une contribution à l'étude de la désertification dans les Hautes Plaines Sud Oranaises.

L'intérêt porté à cette région est né du fait de l'extension et la progression des petites dunes mobiles qui se fait à une grande vitesse dans un espace ouvert.

Nous avons, montré à l'aide de la télédétection et des relevés de terrain, que les Hautes Plaines Sud Oranaises ont été affectées par le phénomène de la désertification, où l'ensablement est le phénomène le plus visible et la conséquence directe des processus de la désertification.

Les Hautes plaines Sud Oranaise sont caractérisées par des originalités principales:

- Vaste surface plane de 1000m d'altitude en moyenne accidenté par des dayas, bas fond, ainsi une dépression de Sebkhata Naâma.
- Montagnes appartenant aux monts des ksour avec des orientations presque identique (sud ouest/ nord ouest) sauf quelques djebels de direction différentes comme Dj Aissa.
- Le réseau hydrographique est assez dense, grâce à la morphométrie des bassins versants et une écoulement endoréique d'où l'existence de nombreux bas-fonds dans les quels versent les cours d'eau (orientations, expositions et constitution). Par ailleurs, le relief peut influencé sur l'écoulement des flux anémométrique (vent) et par conséquent sur la migration des sables. On assiste donc à deux agents principaux qui participent dans l'érosion de la zone ; l'eau et le vent (érosion hydro éolienne).
- Du point de vu géologique, les Hautes Plaines Oranaises ont une structure atlasique et à la présence des chaînons avenacés de l'Atlas Saharien. La stratigraphie se subdivise en deux ensembles :
 - Le continentale intercalaire et les dépôts du trias du jurassique et du créacé.
 - Le continental terminal avec des formations post créacé tertiaire et quaternaire.

Ces deux ensembles se caractérisent par une forte présence de calcaire, grés et marne gréseux. Le jurassique, le miocène et le plio-quaternaire, sont des sources potentielles de sable à différents degrés.

D'une manière générale la désertification peut être expliquée par la sévérité du climat : Méchéria à traversé une seule période de sécheresses, qui a duré 30 ans. La pluviométrie

est en moyenne de 139.76 mm pour la période 1970 à 2005, ce qui est donc très faible. Par contre Ain Sefra a été traversé par quatre phases de sécheresses depuis 1889 ; La pluviométrie moyenne est de 167.8 mm. Cette phase de sécheresse, la plus sévère et la plus longue qui a duré 30 ans (*rétrécissement de la Sebkhass En Naâma et remplie par le sable*), a probablement favorisé le phénomène de désertification. Cette période coïncide avec une forte croissance démographique et une politique en aménagement qui a contribué à la dégradation du milieu naturel (dégradation de la biomasse alfatières) et par conséquent une régression des parcours steppiques durant les premières années de l'indépendance.

Les relevés de terrain et les traitements effectués sur les images satellitaires de deux dates différentes en 1987 et 2005, nous ont permis d'établir une carte d'évolution de la désertification entre 1987 et 2005 dans les Hautes Plaines Sud Oranaise. L'étude a mis en évidence l'extension nette:

- Des dunes anciennes et la formation des dunes récentes qui se sont formées.
- Des champs de dunes représentant l'extension et le renforcement du cordon dunaire de Magrouna dans sa partie nord et sud sud ouest.
- Des champs de dunes quaternaires de sebkhat Naâma, qui ont progressé entre 1987 et 2005 vers le nord et le sud.
- Un champ de dunes au nord ouest de Ain Ben Khelil, sont des dunes très mobiles, suit une trajectoire vers l'est ce champ commence à se former et à s'organiser ainsi, côté sud-ouest de Rokbet Harchaia.
- L'extension des surfaces caillouteuses (on suppose que l'étalement des eaux de crue à l'occasion des averses brutales (surtout récemment) permet le dépôt d'un matériaux alluviale vers l'aval dans les zones d'épandage et de débordement.)
- Rétrécissement de la Sebkhass En Naâma et son remplissage par le sable.

Par ailleurs, l'analyse granulométrique a démontré que l'ensemble des échantillons traités n'ont pas les mêmes caractéristiques du point de vue :

- La couleur des échantillons qui est proche de Reddish yellow, Reddish brown, et Yellow red.
- La médiane, qui est comprise entre (0.08 et 0.6) et 0.125 est plus fréquent.
- L'indice de tri de la majorité des échantillons est bien classé à moyennement classées.
- L'indice d'acuité prend des valeurs où le classement des sédiments est du côté de la fraction grossière à fine.

L'étude de régime des vents changent d'une station à l'autre où : à Méchéria, présente deux type de régimes ; un régime saisonnier ver l'ouest en octobre à mars et ouest sud ouest en avril à septembre et un régime quotidien : de octobre à mars, un régime diurne vers l'ouest et ouest sud ouest et un régime nocturne vers l'ouest). D'avril à septembre le régime diurne se fait ver est nord est et nord nord ouest et ouest. Le régime nocturne se fait vers est, nord est et est nord est. Par contre à Ain Sefra le régime saisonnier, de septembre à février, les vents soufflent vers le secteur ouest, est et sud et de mars à mai vers le nord et l'ouest, en juillet à août vers l'est et sud.

L'analyse des potentiels des sables des différentes séries fait ressortir que toutes les zones sont à haute énergie éolienne puisque les capacités de transport sont toutes supérieures a 400 UV.

Les coefficients de migration distinguent à Méchéria avec *des déplacements de sable qui s'effectuent sur de longue distance* par contre à Ain Sefra *il y a une mobilité des sables mais sans déplacement notable*, donc les deux stations (Méchéria et Ain Sefra), sont considérées comme des zones à forte énergie éolienne, et soumises au régime des vents du tell caractérisé par la dominance des vents d'ouest durant presque toute l'année et ils sont très irréguliers.

Les résultats réelles des vents et le sens de déplacement des dunes se font vers nord est, sud est, est nord est, nord nord est. La mobilité et la progression des dépôts sableux se font surtout d'ouest vers l'est avec des directions secondaires (ouest nord ouest, est nord est, ect...), en corrélation avec les directions des vents et le sens de déplacement des dunes théoriquement et réellement, on constate que les résultats sont compatibles à 90%.

L'estimation de la vitesse moyenne de déplacement des sables est faite suivant l'équation : longueur de l'extensions /par apport au nombre d'années (18 ans).

Le sens de déplacement des dépôts sableux prend des directions des vent les plus fréquents avec des vitesses moyennes de progression varient selon la localisation de ces dépôts sableux qui sont surtout par ordre d'importance du point de vue fréquence vers :

- Nord est : les vitesses moyennes varient de 0.17 à 1.08 km/ans et 1.16 à 5.03 km/an (de Ain Ben Khelil vers Méchéria , Naâma, Rokbet Harchaia et la bordure ouest et l'extrémité nord du cordon dunaire de Magrouna et Hadjiret el Toual a Sebkhath En Naâma et entre Dj Mordad et Dj Souiga.

- est nord est , ouest sud ouest: la vitesse moyenne varie de 0.23 à 2.5 km/an. Les zones de progression sont, la partie sud et nord de Sebkhath En Naâma, Rokbet Harchaia.

- Est, sud ouest ; les vitesses moyennes de progression sont moins élevés par apport aux précédentes avec des valeurs proches 0.35, 0.45, et 1.5 km/ans.

Suite aux résultats de notre recherche, on confirme qu'il y a effectivement une extension rapide et progression des dunes depuis 1987 à 2005. Il y a lieu de méthode que pour faire face au problème de la désertification et ces conséquences néfastes sur le milieu et l'homme, il y a lieu de traiter ce problème avec intelligence en prenant en considération la fragilité de ces écosystème steppiques et d'essayer en premier lieu de freiner le déplacement des sables qui sont à l'origine de l'évolution des dunes et ceci en les fixant par des espèces steppiques (fixation des dunes), ainsi d'autre techniques traditionnelles, à des techniques modernes, est assez grand pour que l'état (pouvoir de décision) mette en politique toutes les dispositions les plus pragmatiques est les plus coûteuses pour lutter contre ce fléau.

Liste des tableaux

Tab.N°1 :	Lithostratigraphie des Hautes Plaines Oranaises et de l'Atlas Saharien.....	P 18
Tab.N°2 :	Caractéristiques des bandes spectrales 4, 3, 1 pour les deux images Alsat-1 2005 et TM1987.....	P 38
Tab.N°3 :	Matrice de confusion de la classification en pourcentage (image 1987).....	P41
Tab.N°4 :	Matrice de confusion de la classification en pourcentage (image 2005).....	P42
Tab.N°5 :	Les codes des différentes couches d'information.....	P 45
Tab.N°6 :	Typologie des dunes et autres dépôts sableux.....	P 77
Tab.N°7 :	Synthèse des résultats obtenus du traitement granulométrique des sables prélevés dans les Hautes Plaines Sud Oranaises (Naâma, Méchéria et Ain Ben Khelil). Mission Décembre 2004.....	P 79
Tab.N°8 :	Dimension des grains des sables qui dominent dans chaque échantillon.....	P 83
Tab.N°9 :	Résultat du croisement des images (1987 et 2005)	P 86
Tab.N°10:	Fréquence et répartition annuelle moyenne des vents efficaces à Méchéria pour la période (1985-96).....	P90
Tab.N°11 :	Fréquence et répartition annuelle moyenne des vents efficaces à Ain Sefra pour la période (1988-96).....	P 92
Tab.N°12 :	Le régime des vents à Méchéria (1985 à 1996) et Ain Sefra (1988 à 1996)	P 94
Tab.N°13 :	Estimation de la vitesse moyenne de progression des dunes entre 1987 et 2005.....	P 99
Tab.N°14 :	Corrélation entre la direction des vents, la résultante et le sens de progression des dunes.....	P 102
Tab.N°15:	Evolution de l'état de surface entre 1987 et 2005.....	P107

Listes des figures

Fig.N°1 :	Situation géographique de la partie SW des Hautes Plaine Oranaise.....	P3
Fig.N°2 :	Organigramme méthodologique générale du travail.....	P6
Fig.N°3 :	Carte hypsométrique dans les Hautes Plaines sud Oranaises et la partie nord-ouest des Monts des Ksours.....	P11
Fig.N°4 :	Extrait de la carte géologique et lithologique de la zone steppique (Algérie), d'après A.Caire et Kiken.....	P20
Fig.N°5 :	Schéma du contexte favorable à la désertification.....	P25
Fig.N°6 :	Les nappes alfatière dans zones limitrophes de la frontière marocaine	P31
Fig.N°7 :	Méthodologie générale pour la réalisation de la carte d'évolution de la désertification entre deux dates différentes (1987-2005).....	P36
Fig.N°8 :	Image TM 1987 classée.....	P43
Fig.N°9 :	Image Alsat-12005 classée.....	P44
Fig.N°10 :	Indice de végétation NDVI en 1987.....	P47
Fig.N°11 :	Indice de végétation NDVI en 2005.....	P48
Fig.N°12 :	Situations des prélèvements des échantillons dans les Hautes Plaines Sud Oranaises.....	P50
Fig.N°13 :	Les dimensions du cordon dunaire d'el Magrouna.....	P 56
Fig.N°14 :	Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés de dune en dôme à l'extrémité SE du Dj Antar.....	P59
Fig.N°15 :	Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur dune en bouclier.....	P63
Fig.N°16 :	Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur amas sableux dont l'épaisseur est inférieur à 2m.....	P66
Fig.N°17 :	Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur Amas sableuse dont la hauteur est inférieur à 2m.....	P69
Fig.N°18 :	Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur nappages sableux	P72
Fig.N°19 :	Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur	

nebkhats.....	P76
Fig.N°20 : Histogramme et courbe cumulative des sables prélevés sur des surfaces caillouteuses et des zones de déflation	P88
Fig.N°21 : Fréquence et répartition annuelle moyenne des vents efficaces à Méchéria (1988-96).	P92
Fig.N°22 : Fréquence et répartition annuelle moyenne des vents efficaces à Ain Sefra (1988-96).	P92
Fig.N°23 : Rose annuelle des vents dynamiques à Méchéria de 1985 à 1996 (D'après B Mahboubi 1998).....	P95
Fig.N°24 : Rose annuelle des vents dynamiques à Ain Sefra de 1988 à 1996 (D'après S Stambouli 1998).....	P95
Fig.N°25 : Rose de déplacements potentiels des sables (DPS) à Méchéria (1985 à 1996) et Ain Sefra (1988 à 1996)	P 97
Fig.N°26 : Estimation de la vitesse moyenne annuelle de déplacement des sables de 1987 à 2005 : amas sableux dont l'épaisseur >2m et cordon dunaires.....	P100
Fig.N°27 : Estimation de la vitesse moyenne annuelle de déplacement des sables de 1987 à 2005 : amas sableux dont l'épaisseur <2m.....	P101
Fig.N°28: Evolution de l'état de surface entre 1987 et 2005.....	P108
Fig.N°29 : La légende finale de la carte d'évolution de la désertification entre 1987 et 2005.....	P111
Fig.N°30 : Carte d'évolution de la désertification entre 1987 et 2005 dans les Hautes Plaines Sud Oranaises	P113

Liste des photos

Photo N°1 :	Terrain de type reg avec affleurement de dalle calcaire (dolomitique et lacustre) et un sol pauvre (formation superficielle caillouteuse à matrice sableuse).....	P 10
Photo N°2 :	Les produits du défonçage de la croûte calcaire utilisés comme borne limitant les zones de mis en défens par le HCDS.....	P 10
Photo N°3 :	Aspect de la dernière souche des nomades, utilisant la mécanisation comme moyen de transport rapide et puissant pour leurs activités pastorales.....	P 28
Photo N°4 :	La steppe a taux de recouvrement est très faibles; signe de dégradation	P 32
Photo N5 :	La méthode pour mesurer la direction des rides avec la boussole...	P 51
Photo N°6 :	Dune en dôme de direction WNW/ ESE situé au piémont SE du Dj Antar.....	P 58
Photo N°7	Une exploitation agricole ses trouvé dans un couloir de vent là où il y a trois dunes sous forme barkhane avec un bras plus long que l'autre bras à Ain Ben Khelil.....	P 62
Photo N°8	Fixation dunaire a Ain Ben Khelil en bon état en 2003.....	P 74
Photo N°9	Cas de dégradation d'une fixation dunaire à Ain Ben Khelil.....	P 75

REFERENCE

BIBLIOGRAPHIE

- **AIDOU A. et TOUFFET J.** ;(1996)- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. Sécheresses.N° 7
- **AIDOU A.** ;(1983)- Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud Oranais phytomasse, productivité primaire et applications pastorales Mem de doctoraat 3eme cvcl. Inst. Biol. Univ. U. S. T. H. B, Alger.
- **Amadou Diouf M., André Nouguierma, Abou Amani, Antoine Royer, L. Somé, F Kambou, S.Traouré** ; (2000)- Technique de conservation des eaux et des sols dans la moitié Nord du borkina faso ; Revu sécheresse n°4, volume 11.
- **Belmahi M N** ; (1996) – Le littoral d'Elmaleh : Erosion et aménagement ; Thèse de magistère –Univ Es-Senia Oran.
- **Beloufa Rahou Habib** ; (2001)- Erosion éolienne et mobilité potentielle des sables dans le Sud-ouest algérien ; Mem de Magistère « aménagement de l'espace »- Univ d'Oran, Es- Senia.
- **Benohamadi A, Lhcen Benouhamadi, J.Riser** ; (2000)- Analyse des inter-relation anthropique et naturel, leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification au sud –est du Maroc (vallée de Drâa et vallée de Ziz) ; Revu sécheresse n°4, volume 11.
- **Bensaid A** ;(1997)- Traitement et intégration des données satellitaires et multisource dans une base de données caractérisant le milieu physique : Application à la zone steppique située au NORD-OUEST de Laghouat). Thèse de magistère en technique spatiale, CNTS.

- **Bonaventure Somé** ; Revu sécheresse n°4, volume 11.
- **Bergaoui Mohamed et Alouini Aws** ;(Décembre2001)- Caractérisation de la sécheresse météologique et hydrique : cas du bassin versant de Silina en Tunisie. Revu Sécheresse n° 4, volume 14.
- **Bernard Peyer- Defabregues** ; (1990)- Sécheresse et disparition des arbres fourragères au Sahel; Revu sécheresse n°2, volume 1.
- **Birout P** ; (1965) – Précie de géographie physique ; Edition Armande Colin, Paris.
- **BISSON.J. et CALLOT Y** ;(1987)- Les hommes et la sécheresse autour du Grand Erg Occidental (NW du Sahara Algérien). Sécheresse n°2
- **Bouabdellah H.** ;(1991)- Dégénération du couvert végétal steppique de la zone sud-ouest oranaise (le cas d'El Aricha). Mem Mag. Sc. Terre. Univ. Oran
- **Benchaben Hellal, Benchohra Benseddik, Nadira Ayad et Benhaccaini Hachemi** ;(Juin 2004)- La régénération dans la steppe du Sud Oranais en Algérie occidentale ; ; Revu sécheresse n°2, volume 15.
- Callot** ; (1987)- Géomorphologie et paléoenvironnement de l'Atlas Saharien au grand Erg occidental : Dynamique éolienne et paléolaacs Holocène ; Mem Doc. Sc de la terre. Univ.P et M. Curie, Paris
- **Chamley H** ; (1988) – Les milieux de sédimentations – Edition BRGM- Paris
- **Clermont, Fernand, Theix, Grigon** ; (1990)- Réponse de la plante à la sécheresse; Revu sécheresse n°2, volume 1.
- **Cojan I , Renard M** ;(1999) – Sédimentation ; 2^{em}-cycles.capes.Agrégation –Edition DUNOD, Paris.
- **Cote M** ; 1983- L'espace algérien, les prémices d'un aménagement ; Office des publications universitaires – L'Algérie.
- **Cote M** ; (1996)- L'Algérie, espace et société. Ed. Masson/A. Colin. Paris.

- **Depeker L -Serge P;** (1991) – Introduction a l'étude de la télédétection aérospatiale et de son vocabulaire ; documentation française - paris
- **Djebaili S ;** (1984) – Steppe algérienne phytosociologie et écologie sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'atlas saharien ; Office des publications Universitaires – Annexe, tableaux et cartes.
- **Demangeot J, E Bernus ;** (1990)- les milieux désertiques ; collection, Edition Armand Collin –paris.
- **Elbelrhiti Hicham ;** (2005)- Morphodynamique des barkhanes, etude des dunes du sud-ouest Marocain- Mem Doc de l'université parisVII, spécialité : Géophysique.
- **Géniviève Coudé, Gaussen ;** (1990)- Les régions de poussière au Sahara ; Revu sécheresse n°2, volume 1.
- Girard M C – Girard C M ;** (1989)- Télédétection appliquée, zones tempérée et intertropicales ; Edition Masson- Paris.
- **Gras R ;** (1988)- physique du sol pour l'aménagement. Masson. Paris.
- **Gréco Jacques ;**(1979) – La défense des soles contre l'érosion. La maison Rustique.
- **Hadaïd M ;** 1996- Croissance et développement de petite agglomération et leur rôle dans l'organisation dans l'espace de la steppe sud Oranaise ; Mem Magistère, science de la terre et aménagement du territoire –Univ d'Oran Es-Senia.
- **Halitim A ;** (1997)- Endomycorhization de légumineuses fixatrices des dunes croissance et nutrition phosphatée. Revu Sécheresse.
- **Hervé Chamely ;** Les milieux de sédimentation- Edition BRGM.
- **Henk Breman, jan jmh ketelaars, N'golo Traouré ;** (1990)- Un remède contre la manque de terre ; Revu sécheresse n°2, volume 1.
- **Jean Bisson, Yann Callot ;** (1990)- Les hommes et la sécheresse autour du grand Erg occidental (Nord Ouest du Sahara algérienne) ; Revu sécheresse n°2, volume 1.

- **Jean de Montgolfier** ; (1991)- Etude des bas-fonds grâce à l'imagerie satellitaire. Revu Sécheresse volume n°3 volume 2.
- **Khéloufi benabdeli** ;(2000)- Evaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et environnement steppique, commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abess - Algérie)- laboratoire de gestion des écosystèmes, ISN, Sidi Bel Abess, (Algérie).
- **Kendzi K** ; 1991- Mutation d'un espace saharien cas des Ksour d'Ain Safra ; Mem D.E.S, science de la terre –Univ d'Oran.
- **Lafrid A** ; (2004) – La cartographie de l'extension de la désertification dans la partie SW des Hautes Plaines oranaises ; Mem Ing en aménagement du territoire – Univ Es-Senia Oran.
- **Le Houerou H N** ; (1995)- Considération biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. Revu Sécheresse volume N°6.
- **Le Houerou H N** ; (1993)- Changement climatique et désertisation. Revu Sécheresse n°4.
- **Louis Lliboutry** ; (1992)- Sciences géométriques et télédétection ; Edition Masson - paris.
- Mahboubi M** ; (1983)- Etude géologique et paléontologique du crétacé post Aptien et du tertiaire de la bordure méridionale de Dj Amour. Thèse. 3em cyc Se Terre Unv. Oran.
- **Mahboubi B** ; (1998)- La mobilité des sables dans une zone steppique sud oranais (cas de Méchéria)- Mém. Ing. Se. Terre. Université. Oran
- **Mahboubi B**; (2003)- La désertification et les problèmes d'ensablement dans les hautes plaines oranaises ; Mem de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en géographie - Univ d'Oran Es-Senia.
- **Mainquet M** ; (1995)- L'homme et la sécheresse. Edition Masson/ géographie.
- **Mainquet M** ; (1994)- Désertification : quels sont les vrais problème ?; L'information géographique N°2 – Armande Colin, paris
- **Marcel P** ; (1980)- Les relations sols-végétation dans les steppes sud-algéroises O.R.S.T.O.M Paris.

- **Mekahli Larbi** ; (1998) – Evolution des Monts des Ksour(Algérie) de L'hettagien au Bajocien Biostratigraphie, Sédimentologie, Paléogéographie et Stratigraphie Séquentielle ; ?
- **Medien.Senhadji Hafida** ; 2003- Caractéristique des différents types d'environnements sédimentaires à partir d'analyse granulométrique- Mem présenté pour l'obtention du grade de magistère en géographie et aménagement du territoire –Univ d'Oran.
- **Mehdadi Z, Benaouda Z, Latrech A, Benhassaini H, et Bouchour I** ; (Juin 2004)- Contribution à l'étude de la régénération naturelle de stipa tenacissima L. dans les hautes plaines steppiques de Sidi Bel- Abbés (Algérie occidentale) ; Revu Sécheresse, n°2 volume 15.
- **Melzi S.**(1993)- Evolution de la végétation et du milieu dans la région pré-Saharienne des steppes algériennes. Revu Sécheresse, volume 4.
- **Meunier J, P. Rognon** ; 2000- Une méthode écologique pour détruire les dunes mobiles ; Revu sécheresse n°4, volume 11.
- **Mekaoui B**(1989)- Contribution à l'étude hydrogéologie de la région de Naama. Mém. Ing. Se. Terre. Univ. Oran.**Moulay Driss El Jihad** ;(septembre2003)- Les sécheresse saisonnières dans le haut bassin de l'Om-er Rbia (Maroc central) : Aspect et fréquences. Revu Sécheresse, n°3 volume 14.
- **Oulehri T** ; (1992) – Etude géodynamique des migrations de sable éolien dans la région Laâyoun (Nord du Sahara marocaine) ; Mem ? Spécialité sédimentologie –Univ paris.
- **Pierre Rognon** ; (2000)- Comment développer la recharge artificielle des nappes en régions sèches ; Revu sécheresse n°4, volume 11.
- **Pierre Rognon** ;(décembre 1996)- Sécheresse et aridité : leur impact sur la désertification au Maghreb. Revu Sécheresse n°4 vol N°7.

- **Renia Boukheir, Amine Shaben, M^{ed} Khawilie**; (2001)- Impact des activités humaines sur l'érosion hydrique des sols dans les régions côtière montagneuse du Liban ; Revu sécheresse n°3, volume 13.
- **Rognon P, Aurué J L et Coudé C-Gaussen** ; (1997)- Paramètre pédologique intervenant dans l'érosion éolienne en régions sèches méditerranées ; Revu sécheresse n°2, volume 8.
- Rivier A** ;(1977)- Méthode granulométriques technique et interprétation. Masson, Paris
- **Ramade F** ; (1986) – les catastrophes écologiques ; McGrew-Hill.
- **Roselt OSS** ; (2001) – Observation des Hautes Plaines « Algérie ».
- **Remil Salah Eddine** ; (?)- Correction géométrique d'image satellitaire. Projet fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en informatique, option Software.
- **Seydou B, Traouré François, Noël Reyniers, Michel Vaksmann, Bather Koné, Amandon Sidibé, Abdouramane, Yoroté, Khalifa Yatara, Mamoutou Kouressy** ; 2000- Adaptation à la sécheresse des écotopes locaux de sorghos du Mali ; Revu sécheresse n°4, volume 11.
- **Stambouli S** ; (1998)- Erosion éolienne et mobilité potentielle des sables à Ain Safra ; Mem de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur en géographie et aménagement du territoire- Univ d'Oran Es –Senia.
- **Smahi Z** ; (2001-2002)- 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. Diplôme d'études spécialisées interuniversitaire en gestion des risques naturels- uni de Ulg .
- **Tardy Yves et Probst Jean-Luc** ;(Mars1992)- Sécheresses, crises climatiques et oscillations téléconnectées du climat depuis cent ans. Revu Sécheresse n°1, volume 3.
- **Vanney J R** ; (1960)- Pluies et crue dans le Sahara Nord occidental. Monographies régionales- Institut de recherche sahariennes de l'université d'Alger.

- **Willy H, Verheye** ; (1990)- Une approche agropédologique de la désertification; Revu sécheresse n°2, volume 1.
- **Yacoubi Med et El Mourid Med** ;(décembre1998)- Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride marocain. Revu Sécheresse n°4, volume 9.
- **Zegrar A** ; (1999)-Réalisation de la carte de sensibilité a la désertification à l'aide d'un système d'information géographique (application à une zone steppique, région de gueltet sidi Sâad de la wilaya de Laghouat) ; Mem pour l'obtention du diplôme de poste –graduation spécialisée en technique spatiales- CNTS.
- **Sécheresse et changement climatique en Algérie** ;(12/11/2001)- Résumé des communications de la journée d'étude nationale. L'office national de la climatologie (ONM)