



L'ENSABLEMENT DANS LA PLAINE DE TAFILALET (SUD-EST DU MAROC)

ALALI A.¹, BENMOHAMMADI A.²

¹Ingénieur à La Faculté des Sciences et Techniques Errachidia Maroc

²Professeur à la Faculté des Sciences Ibn Tofail Kénitra Maroc

Laboratoire de Géologie dynamique et Appliquée, Université Ibn Tofail, Faculté des sciences, Kenitra, Maroc.

Amar17 alali@yahoo.fr

RESUME

La recrudescence des phénomènes d'ensablement dans la plaine de Tafilalet est beaucoup plus liée à l'accroissement de la pression humaine ; aux transformations technologiques qui l'accompagnent ; une gestion peu rationnelle des ressources et aux conditions climatiques peu favorables.

Le surpâturage expose également les terrains à divers processus d'érosion éolienne ; les actions humaines sont au premier rang des causes des déséquilibres observés ces dernières décennies ; l'érosion hydrique a également eu un effet sur le dépôt des sables dans les bas-fonds et les conditions physiques et géomorphologiques.

Les principaux facteurs générateurs de la désertification, et par la suite celui de l'ensablement, sont donc la baisse des niveaux piézométriques des nappes phréatiques, la fragilité des sols et le phénomène de la salinisation des eaux et des sols sous l'effet d'une forte évaporation.

Mots clés : Ensablement, érosion éolienne.

ABSTRACT

The resurgence of silting in plain Tafilalet phenomena is much related to increasing human pressure to technological changes accompanying a little rational management of resources and unfavorable weather conditions.

In addition, overgrazing exposes surrounding grasslands to a number of aeolian and hydraulic erosion processes; human activities are thus first-order causes of

environmental disequilibria observed over the last decades. Hydraulic erosion leading to sand deposition in low areas within the terrain, as well as physical, geomorphologic.

The principle factors leading to desertification and concurrent sanding-up are the lowering of phreatic aquifers, soil fragility and the salination of water and soils under the effect of high evaporation rates.

Keywords: Sanded-up, erosion by wind

INTRODUCTION

Le Maghreb est connu en matière de la désertification qui a des conséquences directe sur le climat comme c'est le cas du sahel (Rognon, 1995). En effet, les mécanismes climatiques et l'importance des reliefs sont au Maghreb moins favorables à l'absence prolongé et généralisés des pluies (Benalla, 2003).

Les problèmes d'ensablement ont pris une grande acuité dans les pays semi-arides et arides et particulièrement au Maghreb, le phénomène se développe surtout dans le sud et le sud-Est du pays : à l'Est du haut Atlas, dans le bassin du Ziz moyen et du bas Ziz, autour d'Errachidia, Goulmima, Erfoud et vers le sud dans le Tafilalet et le bassin de Draa (Coude-Gaussen et Rognon, 1993).

Nous nous intéressons dans ce travail aux vallées des oueds Ziz et Rhéris qui souffrent d'une suralimantation de sable et de l'apparition récente et actuelle des manifestations suivantes :

- Dégradation des sols
- Accumulations sableuses
- Salinisation des terres

La mise en mouvements du sable est devenue très inquiétante est menaçante ces derniers temps se manifestant par la migration des champs des dunes.

Les techniques de lutte contre ce grand fléau n'ont pas données de résultats satisfaisant ; selon les études et les travaux menés ces dernières décennies dans la plaine de Tafilalet ont montrées que les causes de la dégradation du milieu naturel sont liées extrêmement aux conditions climatiques et une mauvaise gestion de l'espace et aux mauvaises préservations des ressources naturelles.

PRESENTATION DE TAFILALET

La plaine de Tafilalet (Figure 1) proprement dite est la vallée commune des oueds Ziz et Rhéris (Boudad, 2004) se prolonge au Nord et à l'Est par de vaste glacis d'érosion ; elle est bornée vers le sud-ouest et l'ouest par les lignes rigides du massif de Taouz et des rides appalachiens dissymétriques. Au nord, les formations d'âge crétacé légèrement relevées du sillon sud atlasique.

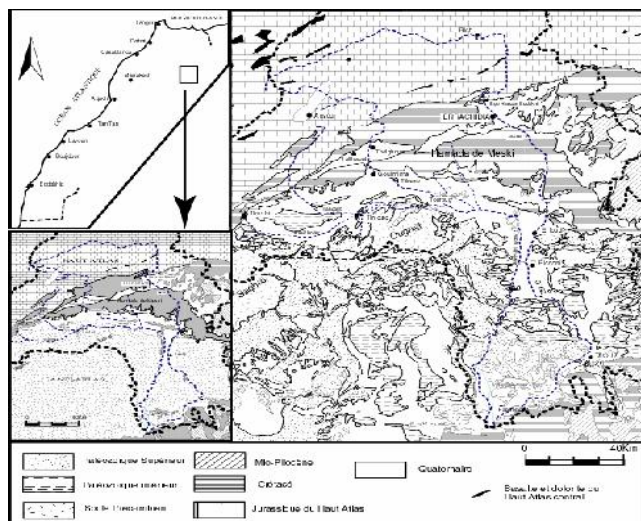


Figure 1 : Carte géologique de la région d'étude

APERCU CLIMATIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Le climat

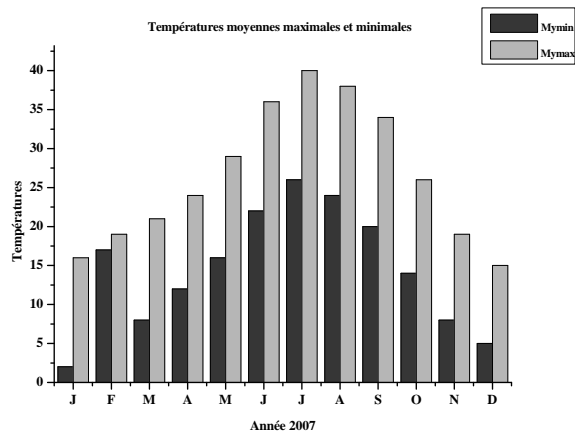
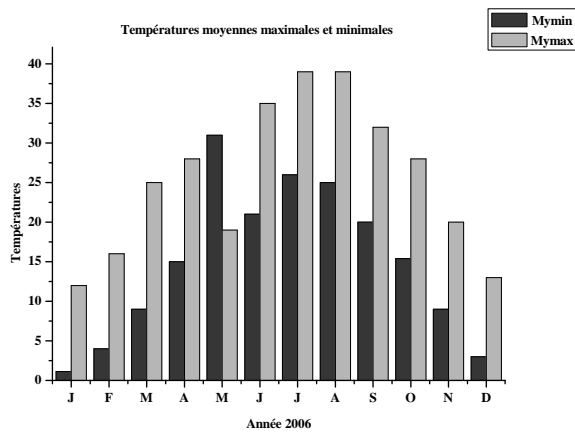
Le climat actuel du bassin d'Errachidia ou du Tafilalet s. l. est caractérisé par une forte influence continentale, vu sa localisation à plus de 600 km à l'est de l'océan Atlantique ; de plus le Haut-Atlas, orienté SW-NE avec des reliefs de 800 à 1 200 m d'altitude, constituent un obstacle aux flux océaniques humides. La haute plaine du Tafilalet se trouve sous les influences sahariennes vers le sud et ceci est favorisée par l'abaissement relatif de l'Anti-Atlas oriental. Ainsi les vents d'Est atteignent facilement le secteur. Il en résulte un climat de type « méditerranéen-saharien » (Joly, 1962) avec une moyenne annuelle de précipitations de l'ordre de 140 mm/an (station d'Errachidia) où les pluies tombent de manière concentrée surtout à l'automne et au printemps.

Dans la station météorologique d'Errachidia les années 2006 et 2009 sont remarquables par des précipitations en effet, la saison du printemps a connu une moyenne de 40 mm à 55 mm pendant l'Automne. L'année 2008 est connue aussi par des précipitations très importantes qui sont de l'ordre de 100 mm durant la saison d'Automne ; ainsi l'année 2009 avec une moyenne de 85 mm mais dans la Majorité des cas les pluies sont de faible importance et tombent très souvent à la fin de l'automne et au début de l'hiver ; elles sont donc peu efficaces pour la végétation qui pousse souvent au printemps (Figure 3).

La variabilité des précipitations accentue la dégradation du milieu par la succession de plusieurs événements de sécheresse qui sont devenus plus

fréquentes surtout la période où le Maroc a vécu une période la plus sèche dans son histoire (1973-200) dont seulement 4 années qui sont pluvieuses (1974 ; 1977 ; 1978 ; 1996).

Quant aux températures pendant les périodes 2008 jusqu'à 2009 la température maximale est de l'ordre de 35 jusqu'à 40°C pendant le mois de juillet ainsi que la température minimale qui est enregistrée pendant le mois de Janvier et qui est de 1° C. (Figure 2).



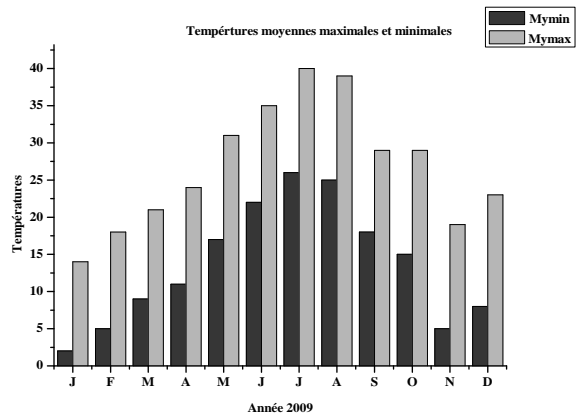
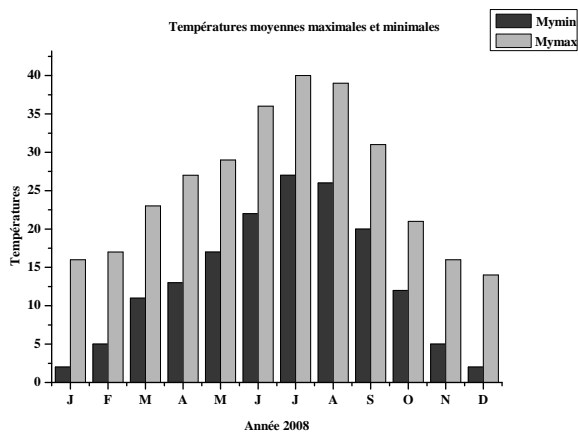
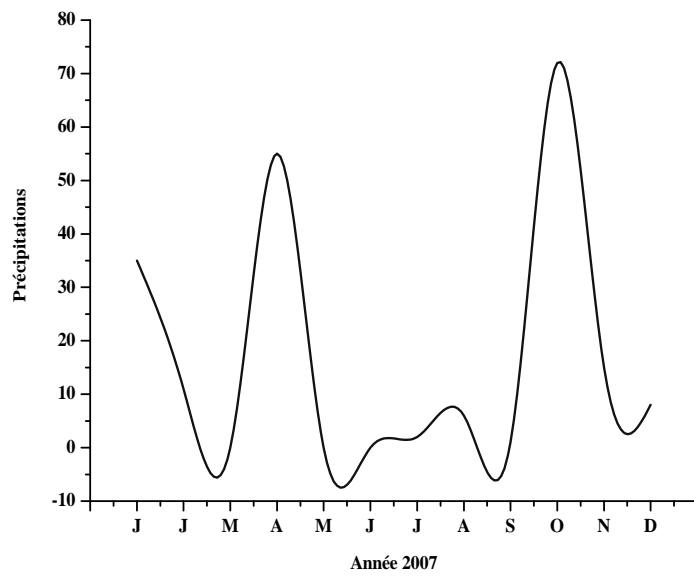
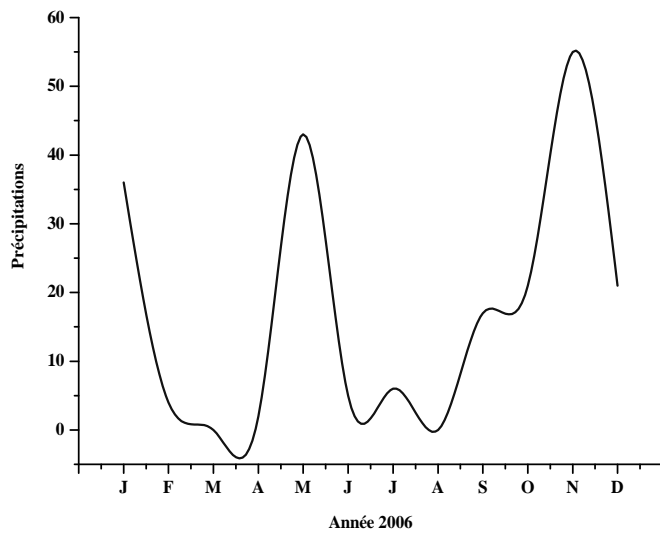


Figure 2 : Températures maximales et minimales dans la station d'Errachidia (2006-2009)



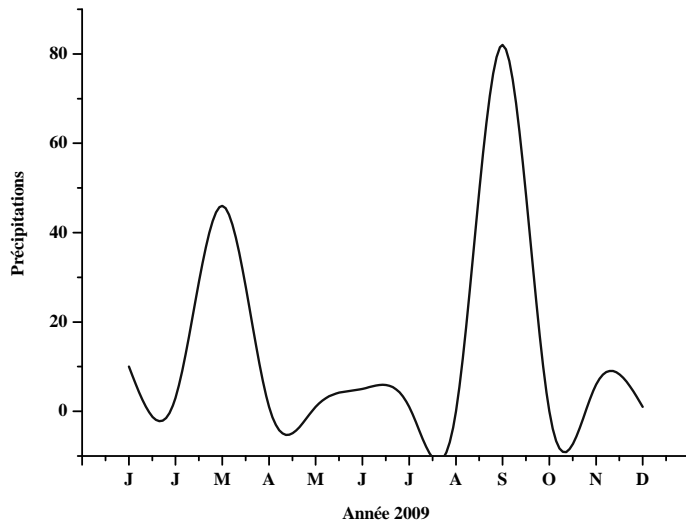
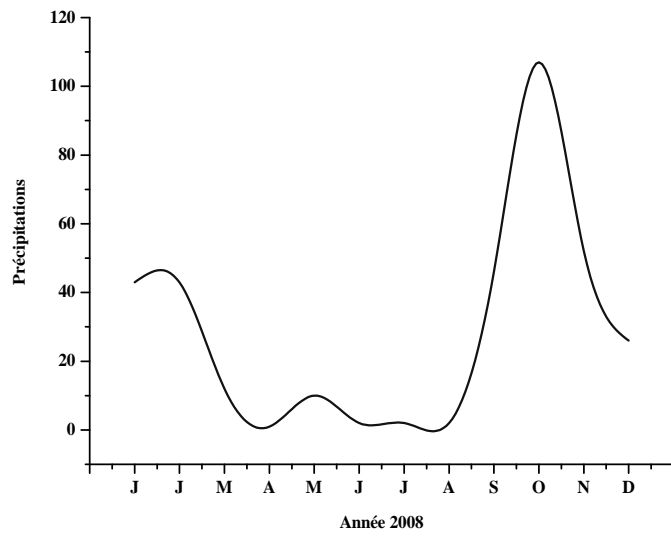


Figure 3 : Précipitations dans la station d'Errachidia (2006-2009)

Les Vents

L'action du vent dépend essentiellement de son intensité qui dépend de deux paramètres : la durée du vent et sa force ; le vent est lié aussi à la vitesse.

Selon la vitesse on peut classer les vents en plusieurs classes :

Vents faibles ou calmes;

Vents moyens;

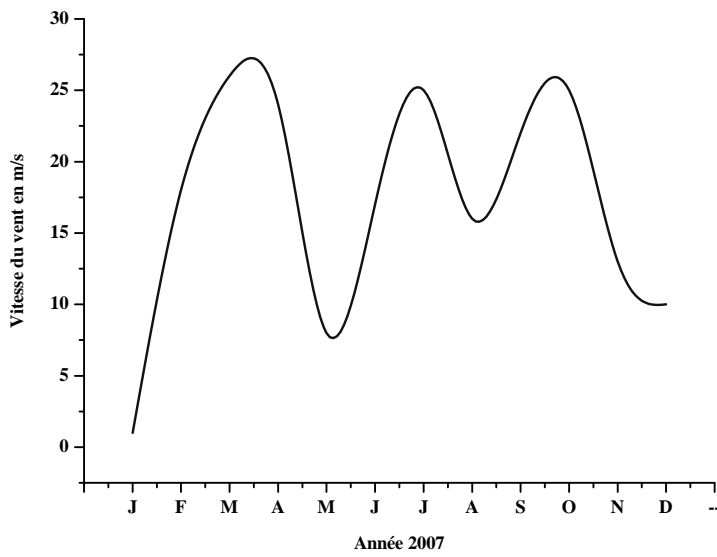
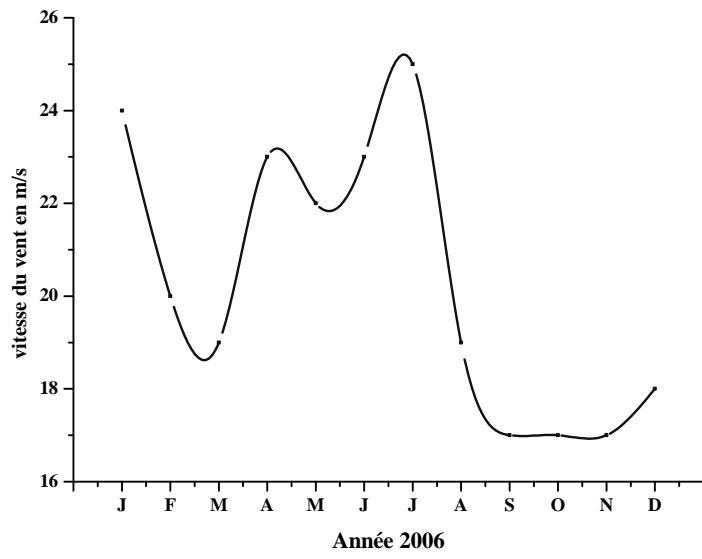
Vents forts;

Vents très forts.

Dans la pratique, on parle suivant une autre classification qui 'est basée sur le rôle morphologique du vent et/ou son pouvoir érosif ; on parle ainsi de vents inactifs et de vents actifs le niveau de séparation de ces deux vents définit la vitesse critique ou efficace qui correspond au seuil de vélocité ; on qualifie d'efficace tout vent capable en un lieu donné de provoquer l'arrachage des particules du sol (Benalla, 2003).

Pour les mois de Juin, Juillet et la saison du printemps, Errachidia a connu des vitesses du vent très importantes qui sont de l'ordre de 25m/s ; l'année 2007 est remarquable par ces vents durant la période d'été qui sont de l'ordre de 30m/s cependant, les années 2008 et 2009 sont connues par de fortes tempêtes. Les mois qui sont remarquables par des vents sont : Mai, Juin et Juillet ainsi que les mois: Mars, Avril, Mai et souvent Aout, Septembre et Octobre (Figure 4).

L'ensablement dans la plaine de Tafilalet (Sud-est du Maroc)



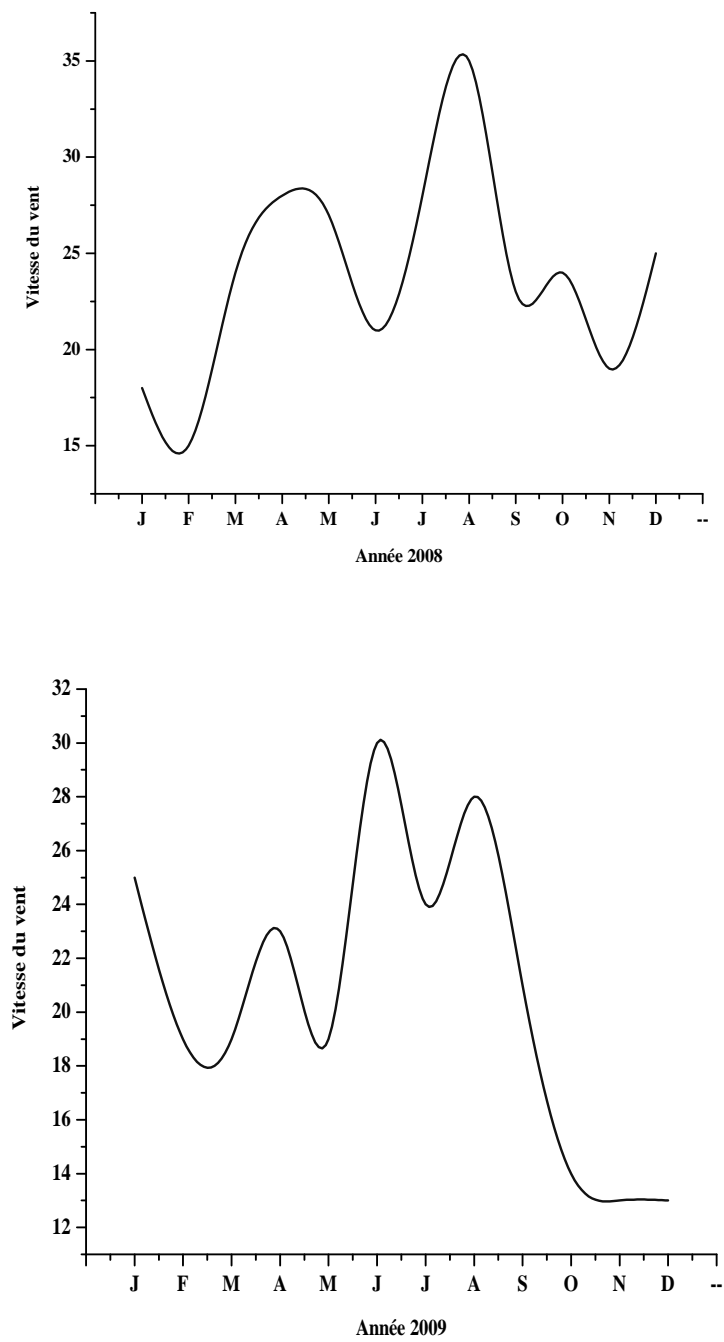


Figure 4 : Vitesse mensuelle du vent en m/s (2006-2009)

La traduction graphique des relevés de la station d'Errachidia montre d'une manière générale, que les vents gagnent en intensité tout le long de la journée en mois de Mai, Juin, Juillet et Aout ainsi que la période de Mars Avril ; quelque soit la saison l'accélération des vents est maximale entre 6h et 14h ainsi cette vitesse diminue petit à petit vers 21h à laquelle on note une chute importante pendant les nuits.

CONCLUSION ET INTERPRETATION

Le sud-est Marocain est l'une des régions où les températures moyenne mensuelles atteignent des valeurs très élevées, ceci s'explique par son ouverture sur le Sahara, les températures moyennes maximales sont enregistrées pendant les mois de Juillet et les températures minimales sont enregistrées pendant le mois de Janvier. Les températures montrent bien des saisons chaudes et des saisons froides à partir du mois de Janvier et le mois d'Avril. Généralement les températures montrent une nette différence entre les stations du pied de l'Atlas (Ouarzazate, Boudnib) et celles situées au plus au sud (Erfoud, Rissani, Jorf); les températures maximales sont enregistrées pendant le mois de juillet et minimales en mois de Janvier. Cette différence de température fait ressortir deux saisons bien individualisées : une saison chaude de Mai à Octobre et une saison froide de Novembre à Avril. Les températures maximales atteignent des valeurs de 40°C (Juillet 1997) ; les températures minimales en mois de janvier sont de l'ordre de 1° C à 2°C. La phase des pluies au sud-est est courte est pluvieuse, le régime des pluies est sous forme d'averses, orageux, souvent torrentielles, le ruissellement est intense sur les pentes dénudées ou sur les glacis.

L'ENSABLEMENT DE LA PLAINE DE TAFILALET

La désertification et l'ensablement ont commencé à se manifester dans cette région à partir de 1970 ceci est lié à la pression démographique et les pratiques de la population oasienne (Figure 5).



Figure 5 : Vue montrant l'ensablement de la palmeraie d'Eljorf

Causes naturelles

Les formations lithologiques de la zone d'étude répondent différemment aux processus érosifs, selon leur résistance, leur cohésion et leur porosité. Dans la région d'étude, les affleurements géologiques sont formés principalement par des formations schisto-gréseuses qui sont sensibles à l'érosion hydrique et éolienne. Par ailleurs, les formations quaternaires, plus particulièrement d'âge holocène, ont légué aux zones ensablées des dépôts alluviaux importants, de texture sablo-limoneuse. Ces dépôts constituent un énorme stock de matériel potentiellement mobilisable par les courants éoliens. En plus, les dépôts fluviaux actuels des oueds, à dominante sablo-limoneuse, sont remaniés par le vent et contribuent également à l'ensablement (Margat et al., 1962).

L'érosion hydrique

Les causes premières de ce phénomène sont :
L'insuffisance du tapis végétal. Les fortes pentes qui favorisent le ruissellement en force des eaux de surface, et la nature violente des pluies (Figure 6).



Figure 6 : Champs inondé à Erfoud

L'érosion est favorisée généralement par l'unité atlasique et les reliefs où elle prend naissance. L'érosion se manifeste par des versants déstabilisés, complètement dénudés où par la grande capacité de charriage des torrents, remaniés et recouverts par d'énormes rochers et galets. Toutes les unités géomorphologiques sont touchées à des degrés divers par ce phénomène. La situation est relativement plus grave quand tous les facteurs mis en cause se trouvent réunis.

Dans le milieu atlasique, le plus touché, nous citons à titre indicatif, l'importance des accumulations limoneuses qui sa mise en service en 1971. Elles ont atteint 6 à 8 millions de mètres cubes (Lahraoui, 1986).

Causes anthropiques

L'accroissement de la population dans la vallée de Ziz et son développement socio-économique se sont exprimés par une surexploitation et un changement des pratiques agricoles, et surtout par une surexploitation des ressources en eau et du couvert végétal.

Selon Bengrich (1988), la régression du couvert végétal à cause du surpâturage, entraîne une réduction des taux de recouvrement du sol par la végétation, le couvert végétal s'éclaircit et contribue à L'extension du phénomène d'ensablement, ajoutant à ceci l'introduction d'un nouveau mode de vie (sédentarisation) qui provoque l'arrachage anarchique de la steppe.

Causes édaphiques

Sous climat désertique, le sel se trouve distribué de manière plus au moins homogène dans le profil du sol. Lorsque l'eau pénètre dans le sol et dissout le

sel. Mais au fur et à mesure que l'évaporation s'intensifie sous l'effet de la chaleur, l'eau chargée de sel monte par capillarité vers la surface. En s'évaporant, elle laisse son contenu en sel sous forme de taches blanches ou même de croûtes. La salinisation devient donc évidente et le sol perd sa fertilité, il devient donc toxique (Henin, 1969).

Les eaux souterraines dans cette zone sont souvent de qualité marginal (la carte de J. Margat fait état d'une minéralisation de 1 à 10g/l) et leur utilisation pose de sérieux problèmes de salinité et de sodicité des sols et par conséquent des effets néfastes sur les cultures (Mainguet, 2004).

FORMES DUNAIRES DANS LA PLAINE DE TAFILALET

La dune se définit comme un corps subaérien sableux, haut de 30 cm à 400 m, étendant de 1m à 1km, et dont la forme est conditionnée par les flux éoliens locaux. Le sable qui la compose est en général quartzeux. Les dunes sont mobiles mais peuvent être fixées par un obstacle minéral ou végétal. Leur stabilisation totale est également possible par une colonisation de la végétation, par encroutement (Précipitation des carbonates), ou par dans tous les cas, cela sous-entend une variation des conditions climatiques, ou tout au moins, naturelles locales (Gentile, 1995), (Figure 7).



Figure 7 : Contrôle du niveau du sable à Yerdi

Nebkhas

Elles se trouvent surtout dans les endroits où la couverture végétale est faible ou clairsemée elles caractérisent, la direction dominante du vent, elles sont abondantes dans la région du Jorf-Bouia (Figure 8).



Figure 8 : Champ spectaculaire de Nebkhas situé au sud de la palmeraie de Jorf. L'espèce *Salsola* sp. est responsable du piégeage et du développement de cette forme dunaire

Barkhane

C'est est une dune en forme de croissant à convexité au vent. Elle passe par plusieurs stades à savoir le bouclier sableux, bouclier barkhanique et dièdre barkhanique. Il s'agit d'une forme d'accumulation sableuse la plus menaçante pour l'ensablement vu sa capacité de déplacement rapide. La migration des barkhanes requiert trois conditions : un vent constant monodirectionnel, une source de sable importante et de granulométrie allant de 0,12 à 0,25 mm de diamètre, et une surface plane et dure. Les barkhanes étant des constructions instables, mobiles et sans cesse remodelées par le vent, leur vitesse de déplacement peut atteindre plusieurs dizaines de mètres par an (Figure 9).



Figure 9 : Différentes formes de barchane près de Jorf

Dunes linéaires ou Sifs

C'est un édifice allongé, étroit et de forme étirée sur toute sa longueur comme une épée (appelée Sif en arabe). C'est une accumulation avec deux flancs opposés à forte pente à pentes fortes qui se rejoignent en une crête active. La longueur est toujours de huit à dix fois plus importante que la largeur (Figure 10).



Figure 10 : Sif près de l'erg chebbi à Marzouga

Dunes pyramides ou Ghourds

Ce sont des collines de sable souvent en forme de pyramide étoilée avec trois ou plusieurs bras s'étalant à partir du sommet qui peut atteindre jusqu'à 300 m de hauteur. Elles naissent à la convergence de plusieurs flux éoliens et sont pratiquement stables et immobiles. Elles deviennent donc des sources de sable qui peuvent donner naissance à des barkhanes ou à des dunes linéaires (Figure 11).



Figure 11 : Dunes pyramidales observées à l'erg Chebbi

Dune parabolique

C'est une dune dissymétrique en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation. Sa disposition par rapport à la direction du vent est inverse à celle de la barkhane. La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée (Figure 11).

Dunes longitudinales ou sandridge

Ce sont de larges édifices sableux longitudinaux séparés par des couloirs de déflation. Leur masse globale est immobile. Ces cordons longitudinaux sont différents des dunes linéaires. Ils s'alignent dans la direction des vents dominants contrairement aux sifs qui sont obliques par rapport à la direction résultante annuelle. Les dunes linéaires sont façonnées par un dépôt de sable qui arrive obliquement sur la dune tandis que des sandridges existent par suite d'un départ de sable. Les sandridges sont les plus longs édifices éoliens terrestres.

METHODE DE LUTTE CONTRE L'ENSABLEMENT

Nous jugeons indispensable de mettre en place :

Des ouvrages mécanique de défense et de restauration des sols ; des travaux biologiques à bases de plantations d'arbustes forestiers, la construction de mini-barrage collinaires, dont le but de piéger sur place les apports d'alluvions et favoriser l'infiltration des eaux pour approvisionner la nappe phréatique en nouvelles ressources hydrique, citons à titre d'exemple les opportunités qu'offrent les gorges et les cols pour construire des barrages. NOURI. (1992).

Lutte contre l'érosion éolienne

La zone de Tafilalet constitue le lieu de dépôt de tous les matériaux alluvionnaires arrachés aux parties supérieures ; tous les ravins et les oueds y convergent ; elle constitue alors un milieu relativement favorable pour le développement de la végétation qui se trouve très convoité et exploitée par les usagers, l'existence d'une végétation endémique qui se trouve menacée, la faune est éteinte de ces régions, les sols remis à nu par les défrichements des labours et le surpâturage, deviennent la source de départs des sables.

Les lits d'oueds jouent le rôle d'exutoires ; ils constituent le lieu des atterrissements de limons et deviennent sous l'action des vents, des grands fournisseurs de sables, en effet, les vents fréquents et violents qui sévissent dans la zone reprennent ces matériaux à leur compte et deviennent les pourvoyeurs du phénomène d'ensablement (Khardi, 1992).

Les procédés de lutte biologique

La lutte biologique, comme son nom l'indique, fait recours à un matériel végétal adapté aux conditions écologiques du site ; elle peut se réaliser sur front dunaire en vue d'assurer sa fixation définitive, comme elle peut être utilisée en zone de déflation pour arrêter la progression du sable. Les dunes constituent un milieu difficile pour l'installation et la croissance pour toutes les espèces végétales. Toute plantation devra nécessairement tenir compte du choix des espèces pouvant s'adapter à ce milieu et de la profondeur de l'humidité résiduelle des couches sous-jacentes. En fait, la particularité des sables dunaires dénudés est leur capacité à conserver une partie de leurs eaux d'infiltration pendant un laps de temps assez long. Ils possèdent en effet un coefficient de réflexion de la lumière (albédo) élevé et conduisent très mal la chaleur, de sorte que les dunes accusent peu les fortes amplitudes thermiques et ne s'échauffent que sur 1 m de profondeur au maximum, ce qui limite l'évaporation de l'humidité emmagasinée. Egalement, il est à noter que les sables ont la propriété

d'avoir une faible remontée capillaire. La partie supérieure de la dune joue un rôle d'écran protecteur sur 20 à 30 cm, réduisant ainsi la perte d'humidité des couches plus profondes, ce qui est indispensable à la reprise et à la croissance des espèces à planter.

Cette lutte se mène généralement par trois procédés distincts ou complémentaires, à savoir :

- Le reboisement
- Le semis
- La mise en défens.

La technique du reboisement

Il s'agit de l'installation d'une couverture végétale vivante à base d'espèces locales ou introduites et qui peuvent être arborées, arbustives ou herbacées. Cette technique passe nécessairement par trois étapes se rapportant successivement à :

- La préparation du matériel végétal: Les plants et/ou les boutures produits en conteneur dans les pépinières sont sévèrement sélectionnés, ces plants ne devraient pas être exposés ni au soleil ni aux vents durant le transport.
- La plantation: Dans les zones arides et semi-arides, la densité de la plantation dépend de la richesse du sol, de la profondeur de l'humidité résiduelle et surtout des précipitations.

Le semis

Cette technique de semis, n'est pas coûteuse et nécessite beaucoup moins de main-d'œuvre que la plantation. L'époque du semis doit cependant être bien choisie. Il se réalise immédiatement après le passage de la pluie, par enfouissement des graines. L'expérience a montré qu'un minimum de 50 mm de pluie est nécessaire pour pouvoir effectuer le semis. Dans les régions arides et semi-arides, la réussite des semis directs reste problématique, car la mortalité des plantules après germination est en général très élevée. Il est pratiqué pour certaines espèces à grosses graines, comme les acacias, Calligonum, Atriplex, Aristida,peuvent être semées directement, car elles contiennent suffisamment de réserves nutritives pour nourrir la plantule jusqu'à ce que les racines soient bien établies et en mesure d'absorber l'humidité et les éléments nutritifs du sol. Dans le bassin de Tafilalet on compte au premier rang de ces essences les

Calligonums ainsi que d'autres espèces (grâce à leur adaptation aux conditions d'aridité et d'instabilité du milieu dunaire).

Calligonum azel Maire

C'est un arbre pouvant atteindre 5 à 6 m, (Figure 12) de haut, mais qui peut, suite aux agressions humaines ou animales, prendre l'allure d'un arbuste. C'est une espèce qui présente un grand intérêt écologique en zone saharienne : elle est fixatrice de sable mobile et donc susceptible d'aider à la lutte contre la désertification et l'ensablement, amélioration de la teneur du sol en matière organique et par la suite à l'accroissement de la productivité biologique du milieu (AUF, 2013).



Figure 12 : Calligonum azel Maire

Retama raetam

C'est un arbuste qui peut avoir une taille de 1 à 2m. C'est la plante par excellence pour la fixation des dunes, (Figure 13).



Figure 13 : Retama raetam

Nitraria retusa

C'est un arbuste épineux à feuilles épaisses qui atteint de 1 à 1,5 m de hauteur. Son enracinement est puissant et pivotant (Figure 14).



Figure 14 : Nitraria retusa

La mise en défense

D'après Floret (1982), la mise en défense consiste en la suppression de toute forme de pâturage ou pression humaine sur des zones choisies au préalable. Le milieu peut amorcer alors une restauration progressive de son état. La mise en défens est une pratique de protection du milieu. C'est un moyen de lutte continu et durable, à caractère bivalent: la végétation intercepte les particules sableuses, protège le sol contre l'érosion et entrave la reprise des sables pièges. En dehors des considérations économiques, la technique de mise en défens était une tradition des populations sahariennes qui pratiquent le pâturage en transhumance. Elle n'échappe pas aux techniques marocaines, c'est pourquoi il prescrit comme méthode de lutte durable. Cette technique vise essentiellement à rationaliser l'exploitation des parcours, et ses intérêts sont perçus à plusieurs niveaux dont on cite le quadrillage (Figure 15).



Figure 15 : Quadrillage en palme près d'elbouia

CONCLUSION

Dans la région de Tafilalet, les conditions géomorphologiques, hydro-climatiques et socio-économiques sont particulièrement favorables aux processus d'ensablements ; la quasi-totalité des palmeraies est menacée par une érosion de plus en plus active qui se traduit par un ensablement et une menace de la fertilité des sols.

Nous formulons les suggestions suivantes :

- Il faut insister sur l'efficacité de la mise en défens, en tant que moyen de lutte contre l'érosion éolienne et l'ensablement en particulier.
- Une étude morpho dynamique détaillée devra être réalisée sur les systèmes dunaires en relation avec les caractéristiques physiques des vents pour bien comprendre la dynamique éolienne spatio-temporelle dans la région de Tafilalet en vue de faire les aménagements les plus adéquats et les plus efficaces pour lutter contre le phénomène de l'ensablement qui devient de plus en plus important en raison de l'intensification de l'action anthropique et la tendance vers l'aridification que connaît le climat actuel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUF (2013). Agence universitaire de la Francophonie. Transport et formes d'accumulation sableuses.
<http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre3/III.TransportChap3.html>. Consulté le 19 janvier 2013.
- BENALLA, M. (2003) (a). Etude morphodynamique de l'évolution des dunes de Tafilalet : Apports de la Sédimentologie et de l'imagerie aérienne et spatiale, Rabat, 6 p
- .BENALLA, M. (2003) (b). Etude morphodynamique de l'évolution des dunes de Tafilalet : Apports de la sédimentologie et de l'imagerie aérienne et spatiale, Rabat, 29 p.
- BOUDAD, L. (2004). Les Formations sédimentaires du Pléistocène supérieur et de l'Holocène du Tafilalt (Sud-est du Maroc). Géochronologie, Stratigraphie et Paléoenvironnement; Thèse de doctorat d'Etat, Université Ibn Moulay, Errachidia, pp 110-111.
- COUDE-GAUSSSEN, ROGNON, P. (1993). Cours des séminaires de Médenine (Tunisie) et d'Agadir (Maroc). Désertification et aménagement au Maghreb.
- GENTILE, W. (1995). Les mouvements dunaires dans la province d'Essaouira, ex Mogador. Troisième Chapitre : Le champ de dunes du cap Sim. Thèse de Doctorat, 64 p.
- KHARDI, A. (1992). Evaluation de l'efficacité de la mise en défens pour la lutte contre l'érosion éolienne et L'ensablement, Errachidia, pp. 2-36.
- LAHRAOUI, L. (1986). Processus de la désertification et de la désertisation.
- MAINGUET, M., (2004). Le rôle des méga-obstacles dans la formation et le Façonnement des ergs ; n° 03.
- MARGAT J., DESTOMBES J., HOLLARD H. (1962). Mémoire explicatif de la carte hydrogéologique au 1/50000 de la plaine du Tafilalet. Notes et mémoires du service géologique n° 150 bis Rabat. pp. 51-57.
- NOURI, M. (1992). La télédétection et la cartographie des ressources végétales en zones arides (Application au référentiel d'errachidia - Maroc), Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de hautes études du CIHEAM Master of Science, pp. 107-108.