

Evolution de la désertification du Chott Chergui

Zakaria SMAHI ^(1, 2)

Nassima TRIKI ⁽³⁾

Chahrazed KIOUS ⁽⁴⁾

Introduction

La désertification est devenue ces dernières années l'un des risques naturels les plus menaçants. Ce phénomène qui désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches, par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines, gagne de plus en plus le terrain.

La steppe sud oranaise, de par sa position géographique entre les marges nord du Sahara et les retombées sud des montagnes telliennes, est un milieu assez fragile au phénomène de désertification qui peut être vue sous différents angles, selon son impact sur l'espace et sur les êtres vivants, mais l'un des impacts les plus visibles reste la réduction du couvert végétal, ainsi que l'extension de l'ensablement.

La zone de Chotte Chergui et autant menacée que l'ensemble de la région. A travers l'utilisation des images satellitaires multitudes, nous allons tenter de démontrer l'évolution de la désertification suivant une cartographie diachronique de deux paramètres : végétation et ensablement entre 2000 et 2011. Cette démarche combine à la fois le traitement d'images satellitaire, l'analyse des données cartographiques et l'étude des séries pluviométriques de la même période afin de voir si l'évolution de la désertification de la biomasse est conditionnée, entre autres, par l'évolution de la pluviométrie ou d'autres paramètres peuvent influencer.

⁽¹⁾ Maître-Assistant A, Université de Sciences et Technologies d'Oran (USTO), 31 000, Oran, Algérie.

⁽²⁾ Centre de Recherche en Anthropologie Sociale et Culturelle, 31 000, Oran, Algérie.

⁽³⁾ Attachée de Recherche, Centre de Recherche en Anthropologie Sociale et Culturelle, 31 000, Oran, Algérie.

⁽⁴⁾ Maître-Assistante A, Université Ibn Khaldoun de Tiaret, 14 000, Tiaret, Algérie.

Présentation de la région d'étude

Le Chott Chergui est une zone humide des milieux semi arides à arides, l'une des plus vaste du Maghreb non saharien couvrant une superficie de 13840 km². Le périmètre d'étude se localise dans la région steppique sud oranaise à environ 180 km au Sud-Est d'Oran.



Figure 1 : Localisation géographique du Chott Chergui

Source : Image LANDSSAT

Le climat de la région du Chott El chergui est de type méditerranéen aride à hiver frais. Il est composé de trois unités

Morphologiques :

- Une grande plaine au Nord réservée aux cultures annuelles ;
- Une grande dépression de 8555 km² occupant plus de la moitié de la superficie totale de la zone choisie, le Chott. Cette dernière est alimentée par un réseau hydrographique et forme un des plus grands bassins versants d'Algérie ;
- Enfin, un couloir orographique orienté SW-NE suivant les Atlas Tellien et Saharien dans lequel se trouve Chott Chergui.

Le couvert végétal de la région est composé essentiellement de trois types de végétations : naturelle, halophile et cultivée. La végétation naturelle abrite un certain nombre d'espèces (Alpha, Armoise blanche, Sparte, Remt).

Le Chott Chergui est bordé par des espèces végétales vulnérables, menacées d'extinction. Cette végétation était représentée par le Genevrier Oxycedre (*Juniperus Oxycedrus*, *Lentiscus*), le Romarin (*Rosmarinus toullefortii*), mais actuellement il ne reste de ces plantes que quelques vestiges dégradés. Par ailleurs, trois espèces caractéristiques sont présentes dans cette zone: *Tamarix Boveana*, *Tamarix Gallica* et *Ziziphus*. Il existe des peuplements de tamarix sous forme de broussailles dispersées dans la partie Sud-Sud-Ouest de la zone d'épandage d'Aïn Skhouna jusqu'au chott salé.

Mais de manière remarquable, on y rencontre un champ humide de tamarix plongé dans les eaux thermales qui proviennent de la source chaude d'Aïn Skhouna.

Le Chott Chergui, quant à lui, est bordé par une végétation basse adaptée au sol salé (Fig. 2). C'est la végétation halophile avec une couleur marron à base d'*Atriplex Halimus*, *Atriplex Glauca*, *Frankenia Thymifolia*, *Salsola Sieberi* var *zygophylla* avec un taux de recouvrement de 50 % (d'après Hadjadj Aidoud, 1996).

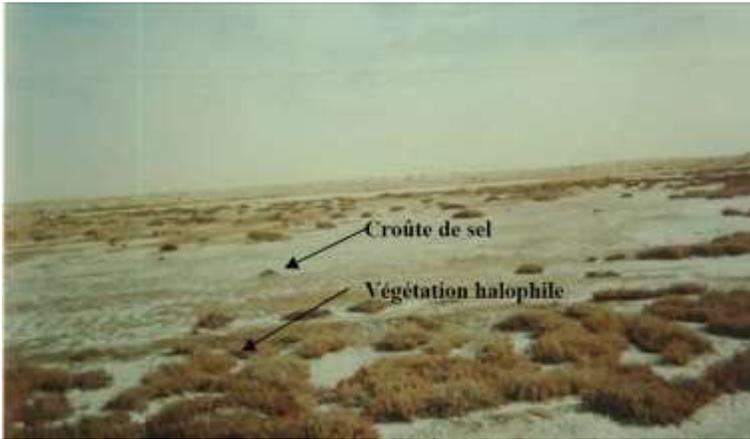


Figure 2 : Végétation halophile en bordure du Chott chergui

Source : Kious C. (2009)

Matériels et Méthodes

Données utilisées

L'élaboration de cette étude a nécessité trois types de données:

1) Données cartographiques :

La couverture du Chott Chergui a nécessité l'utilisation de quatre cartes topographiques à échelle 1/200000, à savoir :

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

2) Des images satellitaires :

Par ailleurs, les images satellitaires disponibles sont issues du capteur Thematic Mapper de Landsat :

- TM (Février, 2000),
- TM (Mars, 2011).

3) Des données climatiques :

Les séries pluviométriques sont issues de deux stations météorologiques de l'ONM (Office National de la Météorologie) Saïda située au Nord du Chott El Chergui et El Bayedh située au Sud du Chott El Chergui.

Approche adoptée et application

Notre approche va s'appuyer sur deux traitements : celui des images satellitaires pour la réalisation des cartes d'évolution ainsi que le traitement des données climatiques.

La réalisation de la cartographie a nécessité deux types de logiciels. En effet, l'ensemble des opérations allant du traitement des images et de télédétection à l'obtention des cartes d'occupation du sol est fait à partir du logiciel ENVI 4.7, qui est dédié à l'extraction et au traitement d'information à partir d'images satellitaires.

D'autre part, le logiciel MapInfo 11 a été utilisé pour manipuler nos données vecteurs géoréférencées tels l'extraction des classes d'échantillonnage à partir des compositions colorées des images et aussi aux échanges de formats vers le logiciel ENVI.

Un traitement d'image préliminaire effectué aux images consiste à :

- faire certaines transformations correctives préalables afin de mettre en exergue des informations spécifiques à l'aide d'algorithmes de filtrage pour l'amélioration de la lisibilité de l'image (renforcement des contrastes).
- appliquer une combinaison en fausse couleurs de trois bandes d'images (rouge-vert-bleu) servant comme base aux techniques de photo-interprétation des images de télédétection.
- une classification des images pour suivre la dynamique de la classe d'ensablement entre les dates.

Par ailleurs, la comparaison d'images satellitaires multitudes, entre elles ou avec des données cartographiques, exige que tous les documents soient superposables. A cet effet, nos images ont subi des transformations géométriques fondées sur un référentiel cartographique commun (la projection UTM30) où une correction géométrique a été appliquée aux deux images issues de deux dates différentes en considérant l'image de Landsat de 2011 comme référentiel géographique. De ce fait, l'image de 2000 a été géoréférencée avec une erreur quadratique moyenne (RMS) de 0,5 pixel (voir Fig. 3).

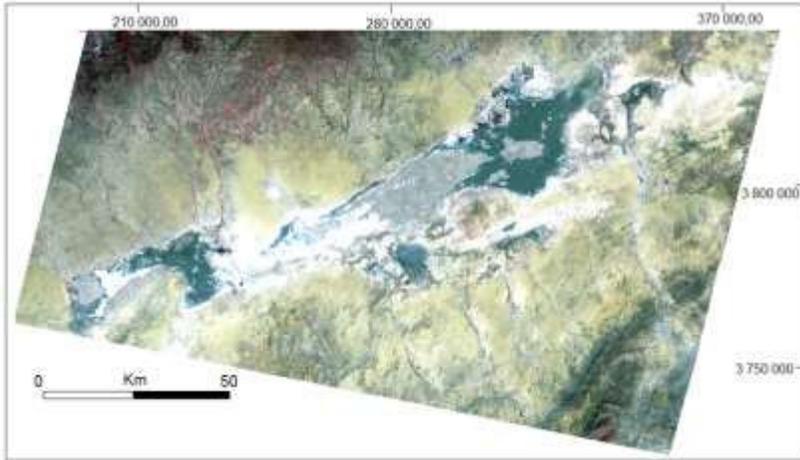


Figure 3 : Image TM de Landsat géoréférencée de 2000

Source : Image LANDSSAT (traitée par les auteurs)

D'autre part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, et afin d'estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, deux indices de végétation basés sur une formulation mathématique des bandes d'image sont calculés, à savoir le NDVI (*indice de végétation par différence normalisé*) et le MSAVI (*indice modifié de végétation ajusté pour le sol*).

Ces deux indices de végétation permettent la mise en évidence et l'analyse de la végétation chlorophyllienne. Ils sont très corrélés avec la densité et l'activité chlorophyllienne des couverts végétaux, et dans une moindre mesure avec la biomasse (quantité de végétation).

a. calcul de l'indice de végétation NDVI :

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

La formule utilisée est la plus communément appliquée est la Normalized Difference Vegetation Index-NDVI. C'est une formule de « différence pondérée » : plus la valeur est élevée, plus le couvert végétal est dense et chlorophyllien actif ; plus la valeur est faible, moins il y'a de végétation.

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

où **PIR**: valeur du pixel dans le canal proche infrarouge et **R**: valeur du pixel dans le canal rouge.

b. Calcul de l'indice de végétation MSAVI :

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

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

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

Les images issues des deux indices comportent des valeurs variant entre -1 et +1. A cet effet, chacune de ces images a subi un seuillage (voir tableau 1) afin d'extraire que la végétation est significative sur l'ensemble de la zone.

Tableau 1 : Seuil des indices de végétation

	TM (2000)	TM(2011)
NDVI	0.08	0.08
MSAVI	0.15	-0.15

c. Classification des images :

L'analyse diachronique de l'évolution de la végétation survenue entre les deux dates s'appuie sur un croisement des deux images. Lors de cette combinaison multodate, les classes ont été codées de sorte à pouvoir croiser les deux cartes classifiées par simple multiplication des images correspondantes.

Dans notre recherche, nos images de différentes dates ont été classifiées selon le mode supervisé utilisant la méthode du maximum de vraisemblance qui est considérée comme une technique puissante de classification.

A partir des images composites réalisées, quatre (04) classes sont alors ciblées et des parcelles d'entraînement sont définies sur chacune des images. Ces classes étant nettement identifiées par interprétation visuelle des images brutes. Les classes concernent les thèmes suivants :

- Végétation
- Zone humide (Chott Chergui, daïas, réseau hydrographique)
- Sol nu (dépourvu de végétation + Dépôts de sel)
- Accumulation sableuse

Nos images ainsi classées présentent de petits pixels isolés au milieu de vastes zones homogènes, ce qui rend le résultat bruité. Devant cette situation

et afin d'éliminer les petits points, nous avons appliqué à chaque image classifiée des opérateurs morphologiques de filtrage utilisés par le logiciel de traitement d'image ENVI.

Les images résultantes de cette analyse (Cf. Figures.4-5-6) servent ensuite à l'étude des changements du paysage.

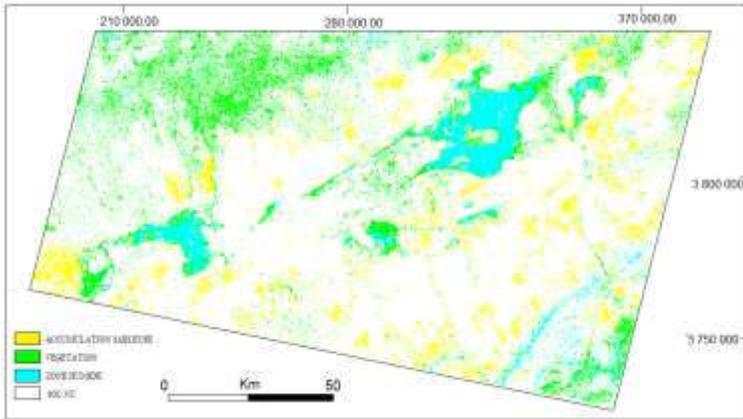


Figure 4 : Image classée de 2000

Source : Image LANDSSAT (traitée par les auteurs)

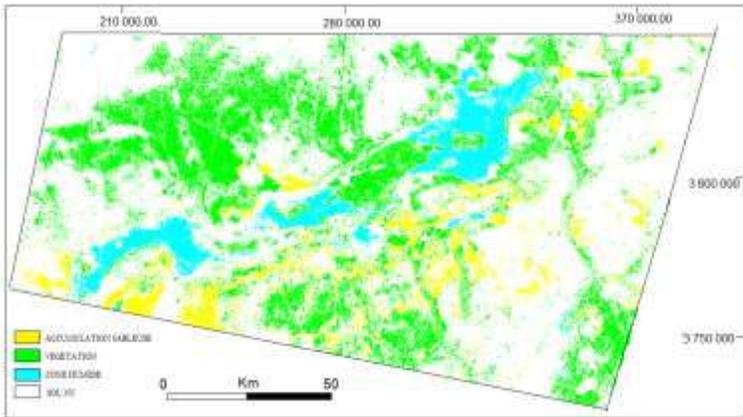


Figure 5 : Image classée de 2011

Source : Image LANDSSAT (traitée par les auteurs)

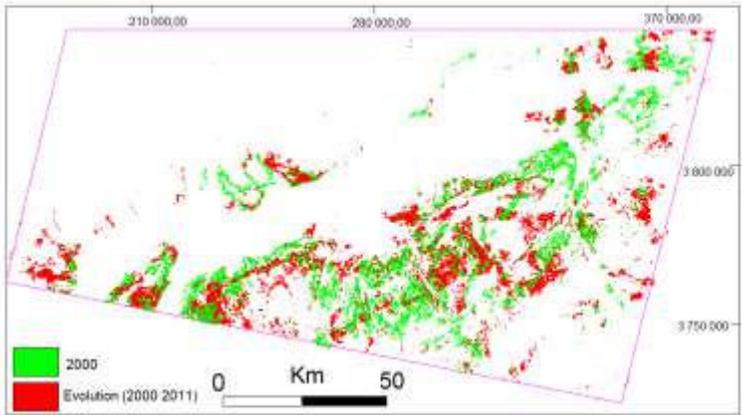
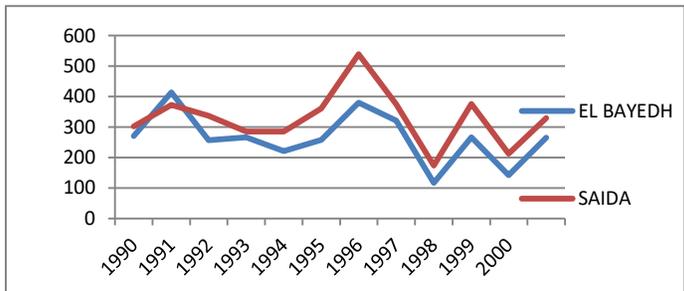


Figure 6 : Carte d'évolution de l'ensablement durant 2000-2011

Source : Image LANDSSAT (traitée par les auteurs)

Concernant la partie climatique, après le recueil de données pluviométriques (moyennes mensuelles, annuelles) et traitements statistiques (homogénéisation, ajustement, etc.), nous allons ici établir une analyse s'appuyant sur des données mensuelles au niveau de deux stations : Saïda au Nord du Chott El Chergui et El Bayadh au Sud du Chott, les séries pluviométriques couvrent les années d'acquisition des images satellitaires. Pour cela, nous allons déterminer l'évolution de la pluviométrie durant la décennie 1990-2000 et la décennie 2001-2011 ainsi que l'évolution du régime pluviométrique mensuel pour les deux stations. Les résultats obtenus seront corrélés avec les résultats obtenus à travers l'image satellitaire des différentes périodes.

1990-2000



2001-2011

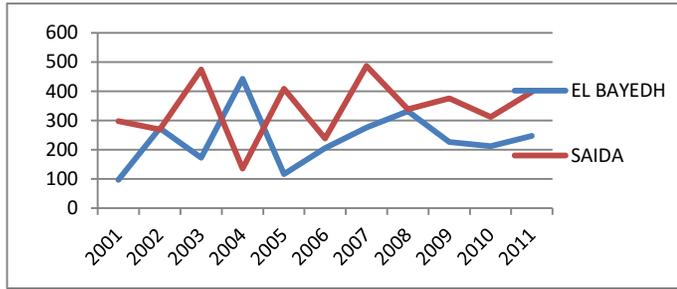
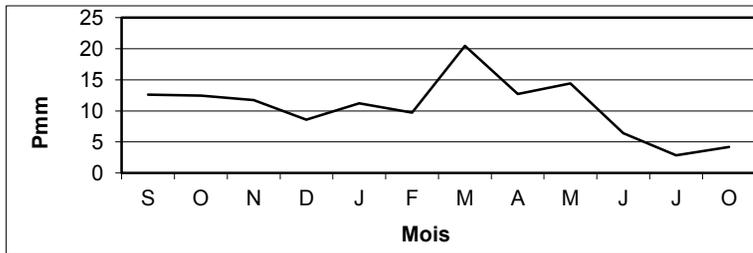


Figure 7: Moyennes pluviométriques dans les stations de Saïda et El Bayedh

Source : Données de stations pluviométriques de Saïda et El Bayedh

Station de Saïda



Station d'El Bayedh

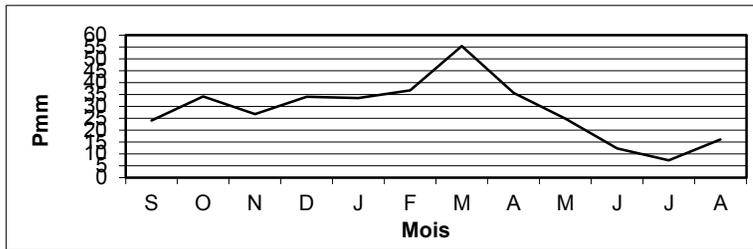


Figure 8 : Régime pluviométrique des séries pluviométriques mensuelles de la station de Saïda et El Bayedh de 1990-2011

Source : Données de stations pluviométriques de Saïda et El Bayedh

Résultats et interprétations

La différence dans la biomasse entre le NDVI et le MSAVI est due à la sensibilité de l'activité chlorophyllienne et aussi au taux de recouvrement de la végétation. En effet, l'application de l'indice NDVI sur nos images n'a pas donné une bonne information dans la zone du Chott Chergui car la végétation de cette dernière à une faible activité chlorophyllienne. Effectivement, l'indice MSAVI a donné des résultats plus précis que

l'INDVI sur la zone du Chott Chergui où était enregistrée une nette amélioration du taux de sensibilité à la végétation (Cf. Tab. 2). Lors de cette étape, la démarche cartographique consistait à cartographier, d'une part, la biomasse végétale de chaque date et, par la suite, quantifier les surfaces végétalisées et le calcul des différences entre les différentes dates.

Tableau 2 : Superficie de la végétation des deux indices

Image	Surface (Ha)	
	NDVI	MSAVI
2000	6854,13	7024,05
2011	59090,4	83844,99

Source : Calcul des auteurs

A partir du tableau 2, la superficie de la végétation durant la période 2000-2011 s'est nettement améliorée. Ce phénomène s'explique, d'une part, par la différence entre le mois de prise de vue des deux images et, d'autre part, par l'élévation dans le taux de la végétation halophile qui a gagné du terrain particulièrement dans la partie centrale du Chott selon les résultats de l'image 2011. Au Nord du Chott les surfaces cultivées représentent une nette amélioration entre les deux périodes et des surfaces cultivées dans la région d'étude.

Il est clairement remarqué que le taux de végétation a nettement augmenté dans la partie Nord du Chott, zone dans laquelle se localise les terrains agricoles.

Par la suite, un calcul statistique sur l'ensemble des images classifiées où le thème ensablement a été extrait et comparé pour les différentes dates.

Tableau 3 : Calcul de surfaces de l'ensablement et la végétation

Surface (Ha)	Ensablement	Végétation
2000	74 618	348735
2011	80 684	366912

Source : Calcul des auteurs

L'augmentation de la surface de végétation est due au mois de prise de l'image entre février et mars selon le cycle végétatif.

Ainsi, sur une période de 11 ans, l'ensablement a gagné une superficie de 6066 ha sur la région d'étude (Cf. Tab. 3).

Quels sont les facteurs intervenants dans le changement des taux de végétation ?

Dans une première approche, on peut lier le taux végétation directement au volume des précipitations au cours des années de prise de l'image. A cet effet et d'après les données météorologiques de l'ONM, Saïda, station au Nord du Chott El Chergui, enregistre une répartition des mois pluvieux durant les $\frac{3}{4}$ de l'année mais ne dépasse pas les 10%, contrairement à El Bayadh où les mois pluvieux se concentrent principalement entre février-mars et mai. La pluviométrie moyenne annuelle pour la station de Saïda est de 329.13mm pour la décennie 1990-2000 contre 339.11mm pour la seconde décennie 2001-2011, ainsi que la station d'El Bayadh qui a enregistré une moyenne pluviométrique de 264.87mm pour la décennie 1990-2000 et enregistre une légère baisse durant la décennie 2001-2011 avec une moyenne de 236.41mm. Pour les deux années 2000 et 2011, les mois de prise de l'image ont enregistré une pluviométrie respectivement de 47 mm à Saïda en février et de 28.8mm pour El Bayadh en mars 2011. D'après ces résultats, on peut dire que la pluviométrie est un facteur important et décisif pour faire perdurer la végétation ceci est clairement démontré par la comparaison des deux images de 2000 et 2011, d'autant plus que les mois de prise des images sont les mois à activité végétale optimale.

D'après les résultats, on conclut que la pluviométrie n'est pas le seul facteur intervenant dans ce changement, une analyse plus globale inclut le facteur anthropique y compris les actions de lutte contre la désertification. Pour mieux comprendre le contexte de ce changement dans les taux de végétation et d'ensablement, il est important de voir les actions entreprises dans cette région, suite aux programmes politiques.

Mise en place d'une politique de lutte contre la désertification

Passant par une prise de conscience de la gravité du phénomène qui les menace à différentes échelles : locale ou régionale, l'Algérie a vu l'ampleur de cette menace gagner du terrain. Face à cette menace, elle se devait de réagir afin d'en atténuer les effets, à commencer par la signature de la convention des nations unis du 12 septembre 1994, où les pays touchés se sont vu obliger de mettre en place une politique dont l'objectif est la protection des terres et de l'Homme face à l'ampleur de ce phénomène.

L'Algérie, à son tour touchée par la désertification, a dû mettre en place une politique qui s'est traduite par des projets socio-économiques et écologiques touchant à de multiples domaines : agriculture, habitat, végétalisation... dont le but majeur est d'apporter les mesures nécessaires pour atténuer ses effets, tant sur le milieu naturel que sur l'être humain, et bien sûr de lutter contre la désertification à court et long terme.

Parmi les domaines où interviennent ces projets de manière directe ou indirecte pour la lutte contre la désertification a :

- La sédentarisation des nomades
- La stratégie de développement rural
- Le soutien à la femme rurale et l'apport de l'Etat en faveur des petits élevages (avicoles), travail de la laine...
- L'accès à l'emploi, à la santé, au logement...
- La mise en défens des terres et la plantation pastorale
- Restauration et protection des parcours

Désertification et programmes politiques

La désertification reste un phénomène naturel de par son origine, son évolution peut-être liée à des facteurs naturels tels la sécheresse mais aussi à des facteurs anthropiques. La combinaison de ces facteurs a des impacts directs et d'autres indirects sur soit le déclenchement de la désertification, soit l'évolution du phénomène et ce que ce soit par les pratiques des populations autochtones ou encore le rôle qu'ont eu certaines actions sur cette espace steppique. Les programmes politiques ici peuvent alors avoir un rôle positif en adoptant des programmes de protection et de valorisation de ces milieux initialement vulnérables.

Considérée comme étant une zone rurale, la région steppique est connue pour ses activités agricoles et agro-sylvo- pastorales. Elle s'intègre dans les différents programmes visant à développer ces régions, mais aussi à protéger ces écosystèmes des effets de la sécheresse et la désertification et améliorer les conditions de vie des populations locales

Parmi les multiples programmes mis en œuvres par l'Etat nous avons :

- La politique du renouveau rural PRR
- Le programme du haut-commissariat du développement de la steppe

HCDS

- Le programme de la générale des concessions agricoles GCA
- Programme sectoriel de développement PSD
- Programme communal de développement PCD
- Programme national de développement agricole PNDRA
- Fonds national de régulation et de développement agricole FNDRA
- Les Projets de Proximité du Développement Rural Intégré, PPDR
- Le Programme de renforcement des capacités humaines et d'assistance technique PRCHAT

Ces programmes ont tenu compte des conditions locales tels le taux réduit de la pluviométrie, la nature des sols peu profonde, les pratiques des populations autochtones tel le nomadisme... En fonction de ces conditions, les programmes ont œuvré dans différents secteurs, parmi les résultats obtenus la nette augmentation considérable des surfaces dédiées à la culture

fourragère et céréaliculture principalement le blé dur ; l'aménagement, au titre des différents programmes, de pas moins de 2.672.000 ha de terres selon les sources du HCDS, de manière à les protéger contre la désertification ; l'installation des barrages pour l'irrigation et l'alimentation en eau du bétail... Ces résultats viennent conforter nos résultats et démontre l'importance de ces programmes dans l'argumentation des surface cultivées et végétalisées à fin d'atténuer les répercussions néfastes de la désertification et aident à stopper l'ensablement.

Conclusion

Le Chott Chergui est marqué par une évolution des surfaces sableuses qui ont enregistré une augmentation de la superficie ensablée entre 2000 à 2011, avec une extension de près de 6000ha. D'après les images et les relevés de terrain, on a constaté que le nappage est très important dans la zone d'étude. Il diffère dans son épaisseur d'un endroit à l'autre. Il représente des surfaces importantes. On trouve le nappage sableux dans les terrains ayant des surfaces presque plates et dénudées d'obstacle, accompagnées généralement par des amas et des zones de déflation.

Citons enfin deux remarques :

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

La deuxième remarque concerne les résultats des deux indices indiquant que la végétation a connu une augmentation : la MSAVI a enregistré une augmentation de 7024,05ha en 2000 à 83844,99ha ; et, d'après NDVI on a remarqué une régression de la végétation faisant que la superficie diminue de 6854.13ha en 2000 à 59090.4ha en 2011. La région de Chott Chergui a connu aussi un accroissement des taux de recouvrement de végétation en 2011 par rapport à 2000. Cet accroissement peut être expliqué par l'augmentation des moyennes pluviométriques, ainsi qu'aux interventions de l'homme par des remèdes tels que l'application du système de mise en défend et les fixations des dunes par la végétation (plantations, etc.).

Bibliographie

Aidoud, A., & Touffet, J. (1996). La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) graminée pérenne un indicateur de désertification des steppes algériennes, *Sécheresse*, 7(3).

Allil, T. (1984). *Etude climatologique des hauts plateaux oranais*. [Mémoire d'ingénieur IHFR, Oran].

Benabadji, N., & Bouazza, M. (2000). Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artémisia herba-alba* Asso dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Sécheresse*, 11(2).

Benlehzil, K. & Boukhebalet, R. (1982). *Etude des précipitations sur la région de Saida*, Mémoire d'ingénieur IHFR, Oran.

Hireche, A., Boughani, A. et Salamani, M. (2007). Evolution de la pluviométrie annuelle dans quelques stations arides algériennes. *Sécheresse*, 18(4).

Khaldi, A. (2005). *Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien Monts de Tlemcen – Saida*. [Thèse de Doctorat, Univ. d'Oran].

Kious, C. (2009). *Cartographie de l'évolution de la désertification du chott chergui*. [Mémoire de Magister en géographie, Univ. d'Oran].

Nahal, I. (2004). *La désertification dans le monde causes-processus-conséquences-lutte*. Paris : l'Harmattan.

Oussedik, A. (2003). Réalisation par télédétection de la carte d'Algérie de sensibilité à la désertification. *Sécheresse*, 14(3).

Triki, N. (2009). *Caractérisation de la sécheresse pluviométrique sur les hautes plaines sud oranaises*. [Mémoire de Magister en géographie, Univ. d'Oran].

Wispelaere, G. (1990). *Dynamique de la désertification au sahel du burkinafaso : cartographie de l'évolution et recherche méthodologiques sur les applications de la télédétection*. [Thèse de Doctorat en géologie, Univ. de Paris].