UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA –

FACULTE DES HYDROCARBURES, ENERGIES RENOUVELABLES ETSCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme d'Ingénieur Géologie.

Option : Géologie de l'ingénieur

THEME

Evolution de couvert végétal et tissu urbain d'Oued Righ. Application de la télédétection.

Réalisé par :

TUOAHIR Mohamed Islam

TARMOUNE Abd el kahar

Devant le jury :

Président :	**BELKSIER.MED**	**M.A.A UNIV OUARGLA**
Promoteur :	**MEDJANI.F**	**M.A.A UNIV OUARGLA**
Co-Promoteur	**DJIDEL.MED**	**M.A.C UNIV OUARGLA**
Examinateur :	**MAABDI.N**	**M.A.A UNIV OUARGLA**

Année Universitaire : 2013/2014

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces langues années d'étude.
Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.
Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables et Sciences de la terre et de l'univers, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail.

Nous tenant à remercier sincèrement Monsieurs, MEDJANI Fethi et DJIDEL Mohamed, qui, en tant que Directeurs de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.
On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.
Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.
Merci à tous et à toutes.

DEDICACE

Au cœur vaillant rien d'impossible

A conscience tranquille tout est accessible

Quand il y a la soif d'apprendre

Tout vient à point à qui sait attendre

Quand il y a le souci de réaliser un dessein

Tout devient facile pour arriver à nos fins.

Je dédie ce travail :

A ma chère mère

A l'âme de mon père

A mes frères

A mes sœurs

A mes amies

A tous qui m'aime

ABDELKAHAR

Dedicated to

My dear family, lovely brother and sisters, dear father, and specially to my guardian angel my beloved mother

To the man who inspired me like a hero, guide my like a boss, and love

Like a brother **M.Fethi**

To all my friends and those who touch my life

In memory of

The great soul of our pasting teacher Miss **Yahyaoui**

you will always live in our hearts

MOHAMED ISLAM

Sommaire

Liste des figure.....vi

Liste des tableau.....vii

Introduction générale..... 1

I- Chapitre 01 : Présentation de la région de l'oued Righ..... 3

I.1- Situation Géographique..... 3

I.2- Situation Administrative..... 4

I.3- La Topographie de la région de l'Oued righ..... 5

I.4- Aperçu Socio-économique..... 6

I.5- Cadre Géomorphologique..... 7

I.5.1- Les paysages de la vallée de l'oued righ..... 7

I.5.2- Les zones humides de la région de l'Oued Righ..... 11

I.5.3- Le processus de formation des chotts et sebkhas..... 14

I.6- La Pédologie..... 16

I.7- Cadre géologique:..... 17

I.7.1- Description stratigraphique :..... 18

I.7.2- Tectoniques :..... 20

I.8- Hydrogéologie de la région..... 21

I.8.1- Présentation des nappes..... 21

I.8.2- Nappe du Continental Intercalaire (CI)..... 21

I.8.3- Nappe du Complexe Terminal (CT)..... 22

I.8.4- Nappe phréatique..... 23

I.9- Etude climatique de la région de l'Oued Righ..... 24

I.9.1- Les précipitations..... 24

I.9.2- Humidité relative de l'air..... 26

I.9.3- Les vents..... 27

I.9.4- Durée d'insolation..... 27

I.9.5- Les Températures..... 28

I.9.6- L'évaporation :..... 29

II- Chapitre 02 : Matériels et Méthodes..... 32

II.1- Introduction..... 32

II.2- Méthodologie général..... 34

II.2.1- Choix d'imagerie satellitaire 35
II.2.2- Les images Google Earth 35
II.2.3- Logiciels utilisés 35
II.2.4- Le prétraitement d'image 36
II.2.5- Classificasion des images 37
II.2.6- Cartographie par ArGis 10.1 : 40
III- Chapitre 03 : Résultats et discussions 41
III.1- Cartographie de l'occupation du sol 41
III.2- Etude de changement 46
III.2.1- Changement interclasses 46
III.2.2- Répartition des changements de végétation et de tissue urbaine dans la zone……. ..... .49
III.2.3- Carte de changement de type (frome–to) to (frome-to) de végétation et tissue urbaine…. 56

Conclusion Générale ……..…….
Références bibliographi……..……..
Annexes

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique et administrative de l'Oued Righ (Google Earth 2014 modifier)..... 4
Figure 2: Les agglomérations et Oasis de la vallée [FLASH Earth 2007]..... 5
Figure 3 : Carte géomorphologique du bassin du Sahara septentrional (ABHS, 2006)..... 7
Figure 4 : Situation géographique des principales zones humides de la dépression d'Oued Righ. 13
Figure 5: Les principales zones humides de l'Oued Righ (Google Earth; 2013) 15
Figure 6: Carte géologique de la région de l'Oued Righ, extrait de la carte géologique 1/500000 de l'Algérie (In M. G. Bétier, et al, 1951.1952, modifiée). 17
Figure 7: Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt, (sans échelle). 19
Figure 8: Coupe géologique présentant la superposition des nappes souterraines dans le Bas Sahara (ANRH, 2006)..... 21
Figure 9: Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de l'Oued Righ sud.. 23
Figure 10: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles durant le période 25
Figure 11: Variation interannuelle des précipitations (1974-2013) à la station de Touggourt. 26
Figure 12: Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne (1975-2013) à Touggourt... 26
Figure 13: Variation interannuelle de l'humidité relative moyenne (1975-2013)..... 27
Figure 14: Variation mensuelle de température moyenne (1974-2013) à la station de Touggourt. 28
Figure 15: Variation interannuelle (1975-2013) des températures moyennes 29
Figure 16: Variation mensuelle de l'évaporation moyenne (1975-2013) à Touggourt. 30
Figure 17: Variation interannuelle de l'évaporation moyenne (1975-2013) à Touggourt. 30
Figure 18: Schéma employé la méthodologie. 34
Figure 19: augmentation du contraste dans une image avant et après un rehaussement linéaire……...37
Figure 20: Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 1976 42
Figure 21: Pourcentage d'occupation des sols en 1976 42
Figure 22: Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 1987 43
Figure 23: Pourcentage d'occupation des sols en 1987 43
Figure 24: Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2007 44
Figure 25: Pourcentage d'occupation des sols 2007 44
Figure 26 : Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2014 45
Figure 27: Pourcentage d'occupation des sols 2014 45
Figure 28: Evolution de l'occupation du sol entre 1976 et 1987…….47
Figure 29: Evolution de l'occupation du sol entre 1987 et 2007 48
Figure 30:Evolution de l'occupation du sol entre 2007 et 2014…… 49
Figure 31: Carte de répartition des changements de végétation et tissue urbaine (1976-1987)…….50
Figure 32: Dynamique des surfaces humides entre 1976 et 1987 51
Figure 33: Dynamique des surfaces humides entre 1987 et 2007 52
Figure 34: Carte de répartition des changements de végétation et tissue urbaine(1987-2007)……53
Figure 35: Dynamique de surface humide entre 2007 et 2014..... 54
Figure 36: Carte de répartition des changements de végétation et tissue urbaine(2007-2014)…….55
Figure 37: Carte de répartition des changements de végétation et tissue urbaine entre (1976-1987) et (2007-2014)…….56
Figure 38: Evolution d'occupation de sol entre (1976-1987) et (2007-2014) 58

Liste des tableaux

Tab. 1 : Tableau des coordonnées de la région de l'Oued Righ 3
Tab.2: Caractéristiques des principales zones humides de la dépression d'Oued Righ 12
Tab.3:Les sols caractéristiques de la vallée de l'Oued Righ (SOGREAH, 1971) 16
Tab. 4: Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952) 20
Tab. 5 : Précipitations moyennes mensuelles (1974 à 2013) à la station de Touggourt 24
Tab. 6: Précipitations annuelles (1974 à 2013) à Touggourt. 25
Tab.7 : Humidité relative moyenne mensuelle en % (1975-2013) à la station de Touggourt. 26
Tab.8 : Températures moyennes mensuelles (1974-2013) à la station de Touggourt. 28
Tab. 9 : Evaporation moyenne mensuelle (1975-2013) à Touggourt. 29
Tab. 10 : Les caractéristiques des images ETM+ de la zone d'étude 35
Tab.11: classes d'occupation du sol 39
Tab.12 : Tableau récapitulatif de la précision des classifications de la région de l'Oued Righ 41
Tab.13 : Tableau de dynamique changement de couvert végétal et tissue urbain (1987-2007) 53
Tab.14 : Tableau de dynamique changement de couvert végétal et tissue urbain (2007-2014) 55

Introduction générale

En Algérie la majorité de la superficie de la terre est occupée par des terres arides et hyperarides représentant le Sahara algérien qui forme 84% de la surface totale de l'Algérie.

L'eau de surface y est rare et très irrégulière, elle est pérenne et se limite seulement dans les zones de Sebkhas, Chotts, Gueltas, situées généralement dans les bas-fonds des bassins endoréiques auprès des oasis. Ces milieux humides servent comme exutoires aux eaux de drainage des palmeraies, d'écoulements de surface ou souterrain par inféroflux des oueds et de rejets d'eaux usées des agglomérations urbaines **ANRH ,2005).**

Les zones humides sont toutes zones de transition entre les systèmes terrestres et aquatique où la nappe phréatique est proche de la surface du sol, ou dans laquelle cette surface est recouverte d'eau peu profonde de façon permanente ou temporaire. Ce sont des étendues, de marécage de tourbières, d'eau naturelle ou artificielle , permanent ou temporaires où l'eau est stagnante ou courante , douce ou**.**

Les zones humides représentent les meilleurs exemples d'écosystème du point de vue de leurs fonctions biologiques.

Les zones urbaines prennent une partie de l'écosystème de la terre, l'homme utilise l'environnement et le transforme à travers l'économie, la technique …etc. ainsi il crée son espace vitale et assures ses besoins.

L'Oued Righ est l'une des régions les plus riches en zones humides d'importance, L'excès des sels solubles dans ces milieux à une grande influence sur ces écosystèmes.

Multiples études universitaires, des articles scientifiques et des rapports techniques Sont fait sure le Sahara Algérien, des études comme (**Bel et Dermagne, 1966 ; Busson, 1966 ; 1970 ; 1971 ; Fabre, 1976**) ont porté sur la reconnaissance géologique, autres comme **(Cornet, 1964 ; Bel et Cuche, 1969 ; 1970, Castany, 1982**) ont fonctionnant sur des autres domaines hydrogéologiques, ainsi des recherches sur le système aquifère et l'occupation du sol du Sahara septentrional.

Les études sur le changement dans l'occupation et l'utilisation du sol sont d'une grande importance car elles permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus de déforestation, dégradation, désertification et perte de la biodiversité d'une région déterminée (**lambin et al. 2001**). Il existe des facteurs naturels, comme le climat (température, vent, pluie, … etc.), qui favorisent les variations de la couverture végétale (**Thompson et al. 1999**) et les zone humides. Néanmoins, pendant les dernières décennies, les activités humaines sont le principal déclencheur de la transformation des écosystèmes **(Vitousek et al. 1997).**

Le travail présenté dans ce mémoire est une étude cartographique d'une manière précise des changements des surfaces occupée par le couvert végétal et le tissue urbain, comme étant la source d'alimentation des zones humides la région, et cela par l'utilisation des images ETM+ de Landsat de multiples années. Les données Landsat apportent des informations complètes sur la morphologie des unités de terrain, leur couleur et leur lithologie.

Pour arriver à une identification des changements de surfaces des sols, la démarche a été de réaliser des classifications supervisées et créer une cartographie de l'occupation de sols pour déposer en évidence une différenciation adéquate entre les différentes classes : les sols humides, sole salé, l'eau, zone urbaine et sable.

Notre étude est scindée en trois grandes parties :

- **La première partie :** Présentation de cadre général de l'étude où on situe la région d'étude dans son contexte géologique, géomorphologiques, géographique et climatique ainsi que le contexte hydrogéologique.
- **La deuxième partie :** Une explication bibliographique de matériel et les méthodes utilisées dans ce travail.
- **La troisième partie :** Réalisation des cartes de base :
  - ✓ Etude de classification supervisée d'occupation du sol par la méthode des maximums de vraisemblances pour chaque année (1976, 1987, 2007, 2014).
  - ✓ Une étude statistique pour la vérification de cette classification en utilisant la matrice de confusion.
  - ✓ Réalisation des cartes de classification pour chaque année 1976, 1987, 2007, 2014.

- ✓ Des analyses statistiques à l'aide des matrices de changements afin de quantifier les changements de différentes classes.
- ✓ Réalisation des cartes des changements de l'occupation du sol entre les années (1976-1987), (1987-2007), (2007-2014) et (1976-1987)- (2007-2014).

Enfin une conclusion générale et les recommandations.

Chapitre I: Présentation de la région de l'Oued Righ

1. Situation Géographique

La région de l'Oued Righ représente une entité économique bien précise se forme d'une vallée de palmeraies constituée d'un chapelet de **50** oasis, avec une largeur varié entre **15** et **30** Km suivant les endroits.

Géographiquement, cette région appartientà l'ensemble de bassin du bas Sahara située au Sud-est du pays, plus exact au Nord-est du Sahara Algérien sur la limite Nord du Grand Erg Oriental, et la bordure Sud massif des Aurès.

L'Oued Righ est une vaste dépression allongée sur un axe Sud – Nord sur environs **150** Km (Figure 01) :

- au Nord par le Ziben.
- à l'Est par le grand alignement dunaire de l'Erg Orientale.
- à l'Ouest par le plateau Mio-pliocène.
- au Sud par les Oasis d'Ouargla.

Cette région à une superficie de **600.000** km2 est cadrée par les coordonnées tableau.1 :

Tab.1 : Tableau des coordonnées de la région de l'Oued Righ

Cordonnées	Point 1	Point 2
Latitude :	32°54' N	39°9' N
Longitude :	05°50' E	05°75' N

Fig.01 : *Situation géographique de l'Oued Righ****(Google Earth 2014 modifier)***

2. Situation Administrative

Administrativement la région de l'Oued righ est scindée en Cinq grands Daïras, ces derniers faits partis de deux Wilayas de l'Algérie.**(DUBOST, 1991).** (Figure 02) :

- Daïras d ElMghaïer et Djamaa qu'ils font parties de la Wilaya d'El Oued.
- Les daïras de Mégarine et Touggourt et Témacine, qui dépendant de la wilaya d'Ouargla.

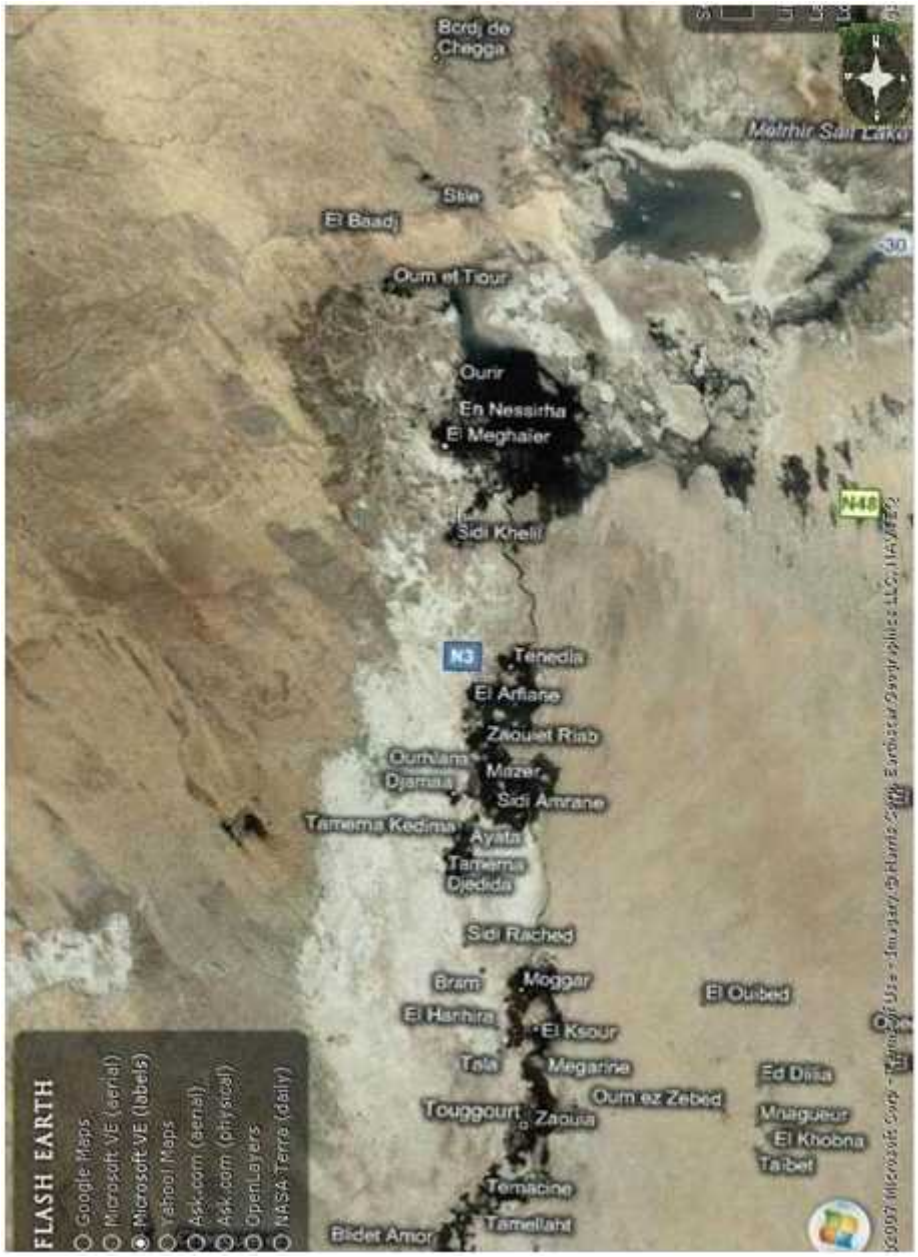


Fig.02: *Les agglomérations et Oasis de la vallée [FLASH Earth 2007]*

3. La Topographie de la région de l'Oued righ

Topographiquement La région de l'Oued Righ est plus ou moins aplatie (plaine). Le point le plus élevé 105m est situé à Touggourt et -39m à El Méghaier pour le point le plus bas, l'altitude moyenne est de 46 m, sa pente est régulièrement faible qui est d'environ 1‰.

La variation des côtes est nettement remarquable, Elle descend régulièrement de **90m** à Goug, atteint la cote **0 m** à El Meghaier et **(-20m)** à Ourir, passant par la cote de **45 m** à Djamaa.

À cause de sa basse altitude, Cette région fait partie du Bas Sahara, la zone du chott au Nord ou' les altitudes sont inférieures au niveau de la mer nous présente un bon exemple pourquoi la région prend ce nom.

4. Aperçu Socio-économique

La vallée de l'Oued Righ regroupait jusqu'à **1998**Cinquante (50) Oasis couvrant **15000** ha selon l'Institut National des Recherches Agricoles Algérien. Répartis le long des frontières de la vallée, drainées par le canal collecteur.

Le domaine agricole qui était jadis la principale activité est un peu délaissé actuellement à cause du faible rendement des palmiers dû aux effets néfastes de la « salinisation » des eaux et des sols, des phénomènes de : la remontée de la nappe phréatique, le vieillissement des palmiers »…etc. de plus les sociétés pétrolières offrent des emplois plus rémunérés.

D'après les enquêtes de **la FAO 1988**, la vallée de l'Oued Righ comprend prés de deux millions de palmiers sur un total de 7,5 millions que compte le pays.

Les statistiques de l'année 1977 ont démontré que le travail dans l'agriculture des Oasis occupe 23% de la main d'œuvre de la région de Touggourt.

Le palmier dattier est la principale culture dans la région, la variété "DégletNour" domine suivie par le "Ghars" et "DéglaBeidha".

Les cultures hors palmiers sont peu développées et occupent 10 à 15 % de la superficie dont l'Orge et la luzerne sont les cultures fourragères les plus importantes. Lés cultures maraîchères, surtout l'Ail, l'Oignon, Carottes et Navets sont également produites pour une consommation locale.

Les variétés des cultures maraîchères en Eté sont (Piment et Pastéque) dont la superficie est limitée.

Les animaux élevés (généralement Ovin et Caprins) sont gardés en stabulation dans les maisons, ils sont alimentés par fourrage et dattes sèches de qualité non marchande.

Les chèvres sont élevées pour leur lait et les brebis pour la chaire de leurs agneaux.

5. Cadre géomorphologique

La morphologie de l'Oued Righ est homogèneet se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions.

5.1. Les principales formes géomorphologiques du bas Sahara :

- **Les regs** : sont des plateaux caillouteux dont les plus vastes sont le Tanezrouft au sud et le Tademaït au centre. On peut y associer les hamadas, plateaux recouverts d'une couche dure.
- **Les ergs** : sont des massifs de dunes dont trois ont une importance considérable: l'Erg Chèche, le grand Erg oriental et le grand Erg occidental.
- **Les plaines et vallées alluviales** : qui témoignent de la présence de nombreux oueds au début du quaternaire.

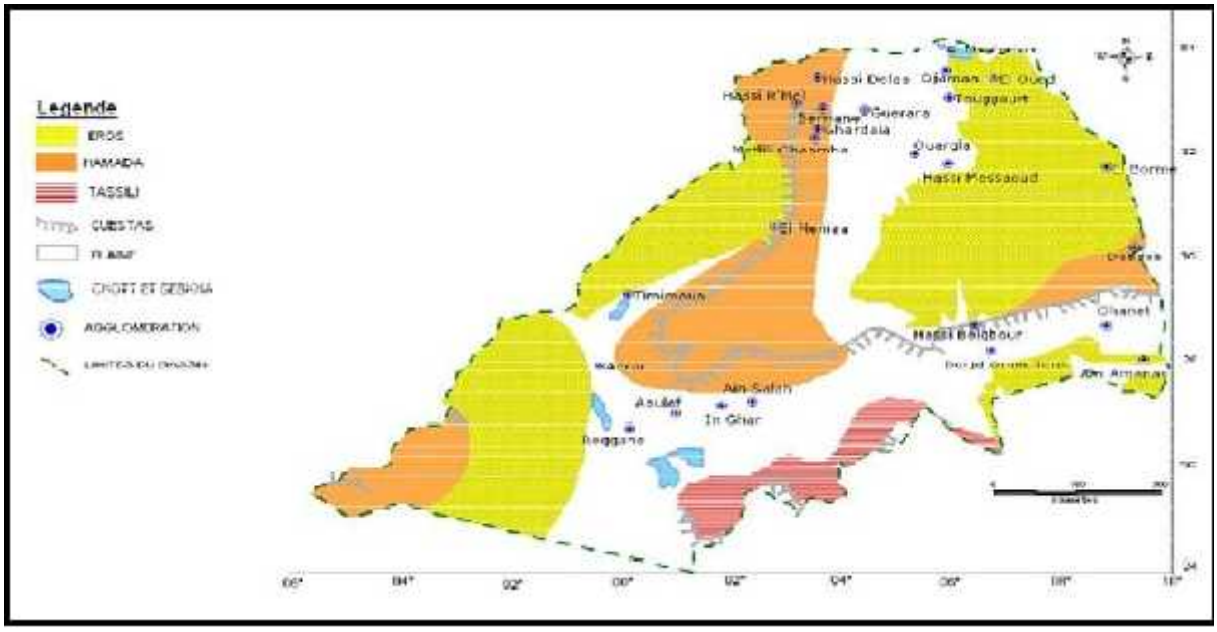


Fig.3 : *Carte géomorphologique du bassin du Sahara septentrional* ***(ABHS, 2006)***

5.2. Les paysages de la vallée de l'Oued Righ

5.2.1. les versants

Avec une formation tabulaire les versants dans la vallée de l'oued Righ présentent un immense glacis très légèrement ondulé, la partie septentrionale de la vallée est dominée par un abrupt de plusieurs dizaines de mètres, des versants, des glacis d'épandage et des reliefs résiduels. En majeure partie envahis par d'importantes dunes de sable, les versants sont

fortement érodés et il ne subsiste que des buttes témoins. Sur l'erg oriental, ces butes apparaissent parfois en surface.

a) Les glacis

À partir du niveau de base des chotts Mélghir et Mérouane Plusieurs glacis peuvent être distingués dans la vallée d'oued Righ, ces glacis se différencient par leurs extensions spatiales et les caractéristiques de leurs profils. Le passage du versant au glacis se fait par une rupture de pente sensible qui décroit vers le niveau de base.

Dans la vallée de l'oued Righ, les glacis sont parallèles au front montagneux et offrent l'aspect de surfaces uniformes. Mais ils se caractérisent aussi par des colluvionnements plus fins vers l'aval qui résultent de la faible intensité des écoulements.

Les accumulations éoliennes les plus répandues sont le voile éolien, la nebka et les rides de sables localisées surtout vers l'aval en marge des chotts.

b) Les chotts

Aux abords de la cuvette des chotts nord de la vallée de l'oued Righ il n'y que des escarpements d'érosion taillés à l'emporte pièce dans le dépôt de comblement des dépressions.

Au sud-est des sebkhas l'apparition des premières plantes halophytes signalent le passage aux chotts. Elles s multiplient assez vite jusqu'à constituer une steppe dense implantée dans les limons argileux saturés par les sels. Par endroit des rigoles anastomosées se glissent entre les touffes de végétations, puis les marques de passage à la sebkha qui se confirment avec la disparition des plantes halophytes. Sa surface oscille d'une saison à l'autre suivant la variation des retombées météoriques et ces sols restent quasiment inexploitables.

Dans les sebkhas de la vallée de l'oued Righ on n'aperçoit aucune végétation sauf dans les franges de celle-ci là ou les sols sont moins salés. Ceux qui sont généralement recouverts d'apports éoliens où on y remarque des touffes d'herbe parfois, une steppe halophile de densité et de largeur variable à leur périphérie.

c) Les sebkhas.

Les sebkhas représentent les cuvettes actuelles de décantation d'une superficie de 3375 Km2 pour la sebkha de Mérouane et 5515 Km2 et pour la sebkha Mélghir**(ANONYME, 2004).**

La proximité de la nappe phréatique de la surface, causé souvent des affleurements, ce qui favorise la formation de sol sodique excessivement salin.

Les sebkhas sont le résultat de l'érosion hydro-éolienne et d'un déblaiement éolien. Intermittent Ces cuvettes sont alimentées en eau par l'écoulement des oueds en saison des pluies, soit par les eaux des nappes souterraines, qui remontent vers la surface, lors des saisons chaudes, en suivant des failles.

Vers le nord et aux abords de la cuvette des chotts ne sont que des abrupts d'érosion à l'emporte pièce dans le dépôt de comblement des dépressions, Ils sont uniquement des produits de l'érosion hydro-éolien et d'un déblaiement éolien.

La sebkha Mélghir est placée sur un axe synclinal bénéficiant d'une situation topographique où l'écoulement des eaux usées (excès d'eau d'irrigation) est acheminé par le canal collecteur qui longe toute la vallée du sud vers le nord. Estimé par **HACINI en 2008 à 198 x 106 M3**, la quantité d'eau acheminée par les pluies, le collecteur de l'oued Righ et enfin les eaux souterrains.

En effet les sebkhas sont des dépressions fermées salées, à régime hydrologique superficiel sous la dépendance des fréquences et de l'ampleur des crues des oueds périphériques de dimensions variable (principalement les oueds Ittel et Djdie au nord et le collecteur de l'oued Righ au sud), Elles offrent toujours une topographie remarquable par leur platitude apparente caractérisée par un tapis de cristallisation salines.

d) Les formations éoliennes

A l'opposé, des retombés météoriques si sporadiques, le vent par sa fréquence et son ampleur souligne plus au moins le faciès aride du paysage. Parmi toutes les formes engendrées, les dunes vives restent les plus répandues et les plus caractéristiques dans cette région, où elles constituent le seul élément vraiment dynamique de la morphologie. Elles se manifestent dans notre zone d'étude selon **DUTIL (1971)** en :

- **Rides :** ou formes ondulées de faible épaisseur à la manière des ripple-marks, des plages côtières.
- **Voiles sableux :** accumulation de quelques centimètres recouvrant la surface du sol cohérent. Les particules de sable sont transportées sur des surfaces dures à topographie plane et uniforme, où elles forment des voiles sableux de plus ou moins grande épaisseur. Ce type d'accumulation éolienne est à l'origine de l'ensablement superficiel.
- **Barkhanes:** accumulation de sable en petite dunes en forme de croissant, isolées, regroupées parfois enchevêtrées. Elles sont dissymétriques avec une pente douce

tournée au vent et une pente forte sous le vent et parfois dédoublée avec un talus basal au pied d'un abrupt sommital

- **Nebkas :** elles fixent la végétation en raison des pièges à sables et à poussières que constituent les touffes de la steppe (tamarix, jujubier). A ces buttes s'accroche très souvent une flèche dunaire mobile de dimensions proportionnelles à celles de l'abri sous lequel elle s'allonge.

On distingue deux types de nebkas :

Les nebkas à flèche de sable qui sont des formes dunaires ovoïdes de petites dimensions (50cm de hauteur, 150cm de longueur et 40cm de largeur), allongées dans le sens du vent dominant, et les nebkas buissonnantes, du même genre que les précédentes, mais pouvant atteindre 2m de hauteur et 3 à 4m de longueur.

- **Massifs de dunes** : on peut distinguer les massifs enchevêtrés dans le sud de l'erg oriental et les massifs en cordons continues séparés par des grands couloirs comme dans l'est et le centre de l'erg oriental et enfin comme simple dépression intermédiaire au nord de l'erg oriental.

Le grand erg oriental est très ancien dans sa partie méridionale et d'origine très récente dans celle du nord. Il n'est pas vrai de considérer que les dunes occupent surtout les dépressions. En réalité, les zones les plus basses sont libres de sables quelque-soi la vitesse du vent comme c'est le cas dans les chotts Mérouane et Mélghir situés en dessous du niveau de la mer. Les dunes se massent au contraire sur les pentes extrêmement faibles des grandes dépressions. Les études de **DUBIEF (1952)** ont montré que les contours de l'erg oriental sont généralement déterminés par la forme des dépressions et des reliefs avoisinants. La présence d'une nappe phréatique peu profonde agglomère les grains et arrête la déflation ralentissant son extension

(DERRUAU, 1988). Par ailleurs sur l'axe des vents nord-ouest sud-est, à la frange sud du chott Mérouane, des matériaux fins se déposent et donnent naissance à des lunettes et lorsque le matériau est très sableux il s'étale généralement sous formes allongées dans le sens du vent.

5.2.2. Les palmerais

Très irrégulièrement répartie la végétation dans cette zone constitue un couvert excessivement lâche et Rarement arborée. Sur les reliefs, elle est absolument inexistante, En revanche une végétation herbacée très maigre est généralement localisé dans les lits des oueds **(AUBERT,**

1960). Mais par contre elle est présente à peu prés partout et il est possible de distinguer des associations végétales spécifiques aux sols des diverses régions. La végétation joue un rôle minime au titre de facteur de formation des sols sahariens mais au point de vue biogéographique, elle présente un intérêt important **(QUEZEL, 1958, cité par DUTIL 1971).**

Dans le Sahara, le couvert végétal est discontinu et représenté par des plantes vivaces, ligneuses, xérophytes et des plantes annuelles à périodes végétatives très brèves. Les parties souterraines sont extrêmement développées. On citera l'exemple d'une végétation pérenne qui est aidée par un système racinaire développée et arrive à trouver une réserve hydrique et des sels minéraux en quantités suffisantes dans la dune. C'est le cas du Drinn (AristidaPugens). La végétation dans ces régions se caractérise aussi par un feuillage réduit avec accumulation chez certaines espèces d'importantes réserves d'eau tissulaire et enfin par une réduction extrême des pertes par transpiration. Ces adaptations sont en rapport avec les conditions climatiques qui caractérisent les biotopes désertiques.

Dans la plupart des cas les zones de sables en mouvement sont très faiblement colonisées par la végétation avec un degré de recouvrement inférieur à 1% sur les dunes et de 1 à 2% à la base des dunes. Il est à souligner par ailleurs que le nombre d'espèces et assez limitées : seulement un millier pour le Sahara **(DUTIL, 1971).**

En dépit de cela, l'existence des nappes artésiennes a favorisé le développement des palmiers dattiers dans de nombreuses oasis comme celle de l'oued Righ**(GOUSKOV, 1964)** où le microclimat qu'offre la palmeraie permet à l'agriculteur de cultiver en intercalaire diverses plantes maraîchères, céréalières et même arboricoles comme le figuier, la vigne ou l'abricotier **(TOUTAIN, 1979).**

5.3. Les zones humides de la région de l'Oued Righ

La région d'Oued Righ est l'une des régions les plus anciennement cultivées et l'une des mieux connues du bas-Sahara, se présente comme une vaste fosse synclinale dissymétrique caractérisé par l'existence de plusieurs vulnérables zones humides, a cause de leur alimentation de l'eau, ces alimentation sont les écoulements des oueds, de sources, de drainage des palmeraies ou de remontée des nappes phréatiques.

On peut nommer environ 12 zones humides du région entre les lacs et les chotts : Chotte Merouane ; Chotte N'Sigha ; Oued Khrouf ; Sidi Khlile ; Tindla; Lac Ain Zerga; Lac Ayata; Lac Sidi Slimane; Lac Mégarine; Lac Tataouine, Lac Merdjaja; Lac Témacine .

Les principaux plans d'eau de la région sont indiqués le tableau 2 et localisés sur la figure 04:

Tab.2: Caractéristiques des principales zones humides de la dépression d'Oued Righ (site ramsar)

Zones humides	Superficie (ha)	Caractérisation de l'eau	Rythme hydrologique	Statut (depuis)
1. Chott Melghir	**523400**	**Salée**	**intermittent**	**Site Ramsar (2002)**
2. Chott Merouane	**305000**	**Salée**	**intermittent**	**Site Ramsar (2001)**
3. Lac d'Oued Khrouf	**1200**	**Saumàtre**	**pérenne**	**Site Ramsar (2001)**
4. Chott Sidi Slimane	**616**	**Salée**	**intermittent**	**Site Ramsar (2004)**
5. Chott Tighdidine	**200**	**Salée**	**intermittent**	**-**
6. ChttTindla	**75**	**Salée**	**intermittent**	**-**
7. Chott Hamraia-2	**48**	**Salée**	**intermittent**	**-**
8. Lac Merara	**33**	**Douce**	**intermittent**	**-**
9. Chott Hamraia-1	**30**	**Salée**	**pérenne**	**-**
10. Lac Ayata	**25**	**Saumàtre**	**pérenne**	**-**

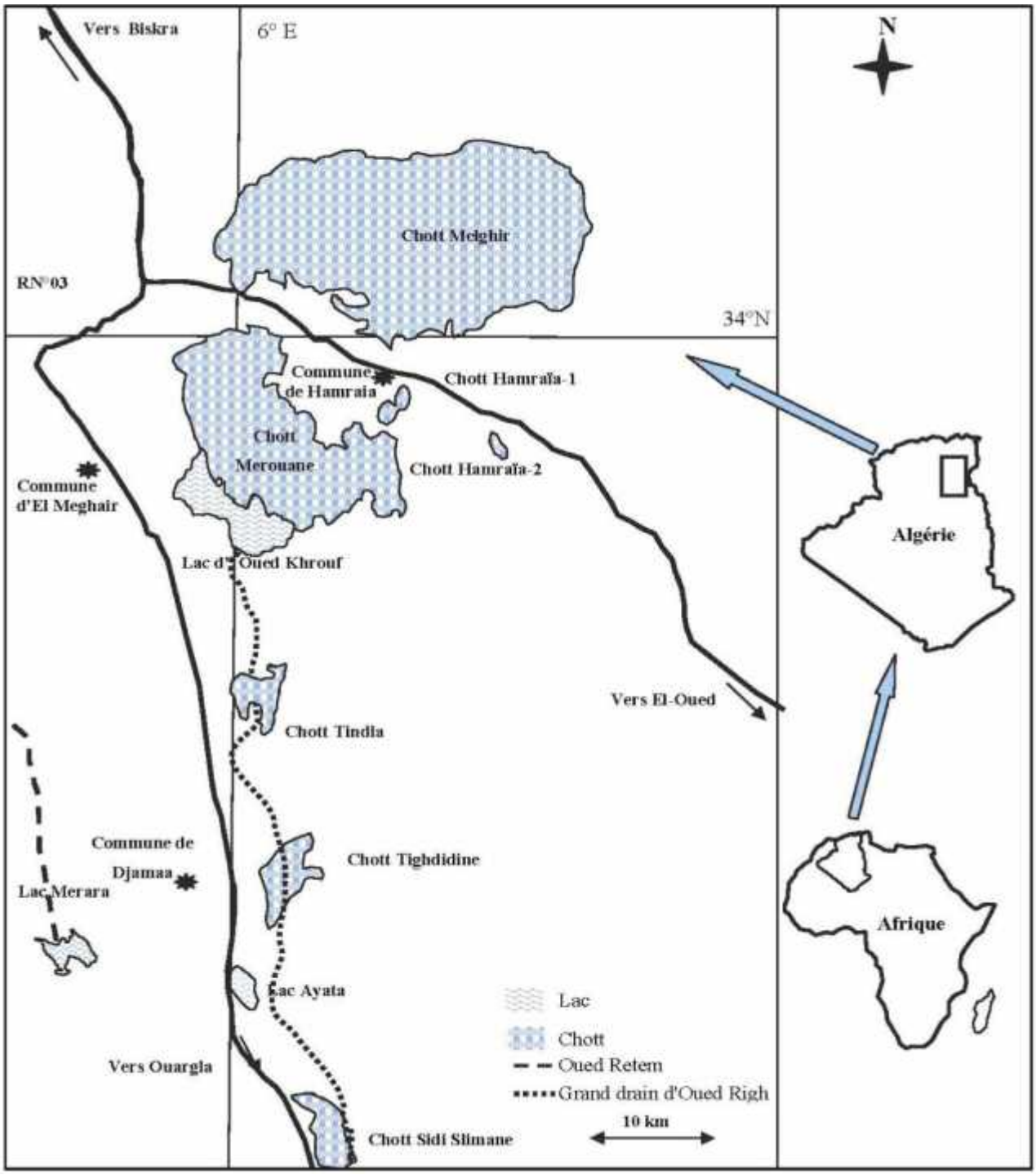


Fig.4 : *Situation géographique des principales zones humides de la dépression d'Oued Righ.*

5.3.1. Présentation des zones humides de la région : (Figure 5)

a) Les chotts : La région d'Oued Righ est caractérisée principalement de son inclinaison vers le Nord ou vers les grands chotts **(DUBOST, 1991 in LEBDI ,2003)** qui sont en fait des dépressions plus ou moins grands en surface et en profondeur, la dépression la plus importante est située à la fin de la vallée (un endroit pertinent) appelé « chott Mérouane ».

les chotts permettent l'accumulation de tout les eaux usées, c'est ainsi en hiver, ces chotts sont des grandes étendus , l'origine est à base des eaux usées dont une petite seulement s'évapore (température bases) et de la nappe phréatique par le phénomène de la remontée, ce que l'on peut appeler « lac » ;en été ces chottes se transforment en étendus blanches qui sont les sels déposés suite à une forte évaporation due aux grandes chaleurs, l'épaisseur des couches dépend de la quantité d'eau déversée et de sa concentration en sels, on les appelles alors «chotts» ou «sebkhas» **(BOUTALEBE, 2010).**

b) Les lacs : Ce que les gens des régions nomment communément «Bhours», c'est tout simplement une étendue d'eau dont l'origine est une source naturelle, provenant de la nappe phréatique souterraine, les Bhours existant durant toute l'année, dans la région de l'Oued Righ, on en compte trois : un dans l'oasis de Témacine, un seconde à Mégarine et un dernier à Sidi Amrane**(BOUTALEBE ,2010**).

5.3.2. Le processus de formation des chotts et sebkhas

Les nappes phréatiques au bas-Sahara est caractérisées avec des eauxtrès salées avec plus de 4 g/l de résidu sec et bien souvent trois fois plus. Elles sont inutilisables pour l'irrigation. L'hydromorphie entrainant l'évaporation, la salinité ne fait qu'augmenter et on entre dans un processus de désertification par le sel, dû non au manque d'eau mais à son excès .L'étape finale du processus est une sebkha dont les sédiments sont complètement stériles, noyés par quelques dizaines de centimètres d'eau en hiver et recouverts en été d'une couche blanche de sels cristallisés. Pendant la saison sèche ces zones sont soumises à l'érosion éolienne qui accentue la topographie en cuvette **(COTE, 2002).**

Fig.05 : *Les principales zones humides de l'Oued Righ****(Google Earth; 2013)***

(Photographie originale)

6. La Pédologie

Les sols de la région sont caractérisés essentiellement à la surface par des apportséoliens sableux. Ce sont des sols généralement meubles et bien aérés en surface, en majoritéssalés ou très salés. La nappe phréatique influe sur ces sols, et on observe parfois un horizonhydromorphe ou un encroûtement gypso-calcaire.

La texture des sols est très grossière par endroits et la teneur en sable fin et grossier peut dépasser les 90%. La détermination de la composition granulométrique des agrégats de certains profils a été perturbée par la présence importante de gypse. La très mauvaise structure des sols s'explique surtout par la texture grossière et la très faible teneur en matière organique, moins de 0.5% **(SOGETHA-SOGREAH, 1970 in BERGUIGA et al, 2012).**

Le matériau parental des sols de l'Oued Righ est d'origine mixte alu-colluviale et éolienne. Les alu-colluvions proviennent de l'érosion du niveau encroûté datant du quaternaire ancien ou du Mio-pliocène **(LACOSTE et SALANON, 2006).**

Les phases successives d'érosion et de comblement du fond de la vallée sont responsables de l'hétérogénéité de la texture constatée dans les horizons profonds (SOGETHA-SOGREAH, 1970).

Tab.3:Les sols caractéristiques de la vallée de l'Oued Righ (SOGREAH, 1971)

Classes	Groupes	Sous-groupes
I- Classes des sols peu évolués non climatiques	Sols bruts d'apport	Sol anthropique (représenté dans l'extension des palmerais vers les chotts).
		Sols à hydromorphie de pseudogley.
		Sols à hydromorphie d'amas, nodules et cristaux gypseux.
		Sols modaux.
II- Classes des sols hydromorphes minéraux	Sols à Gley de surface	
	Sols à pseudogley de surface ou d'ensemble	
	Sols à accumulation de gypse	Sous-groupe à croûte ou à banc cristallin
		Sous-groupe à encroûtement gypseux
		Sous-groupe à amas et cristaux gypseux.

7. Cadre géologique

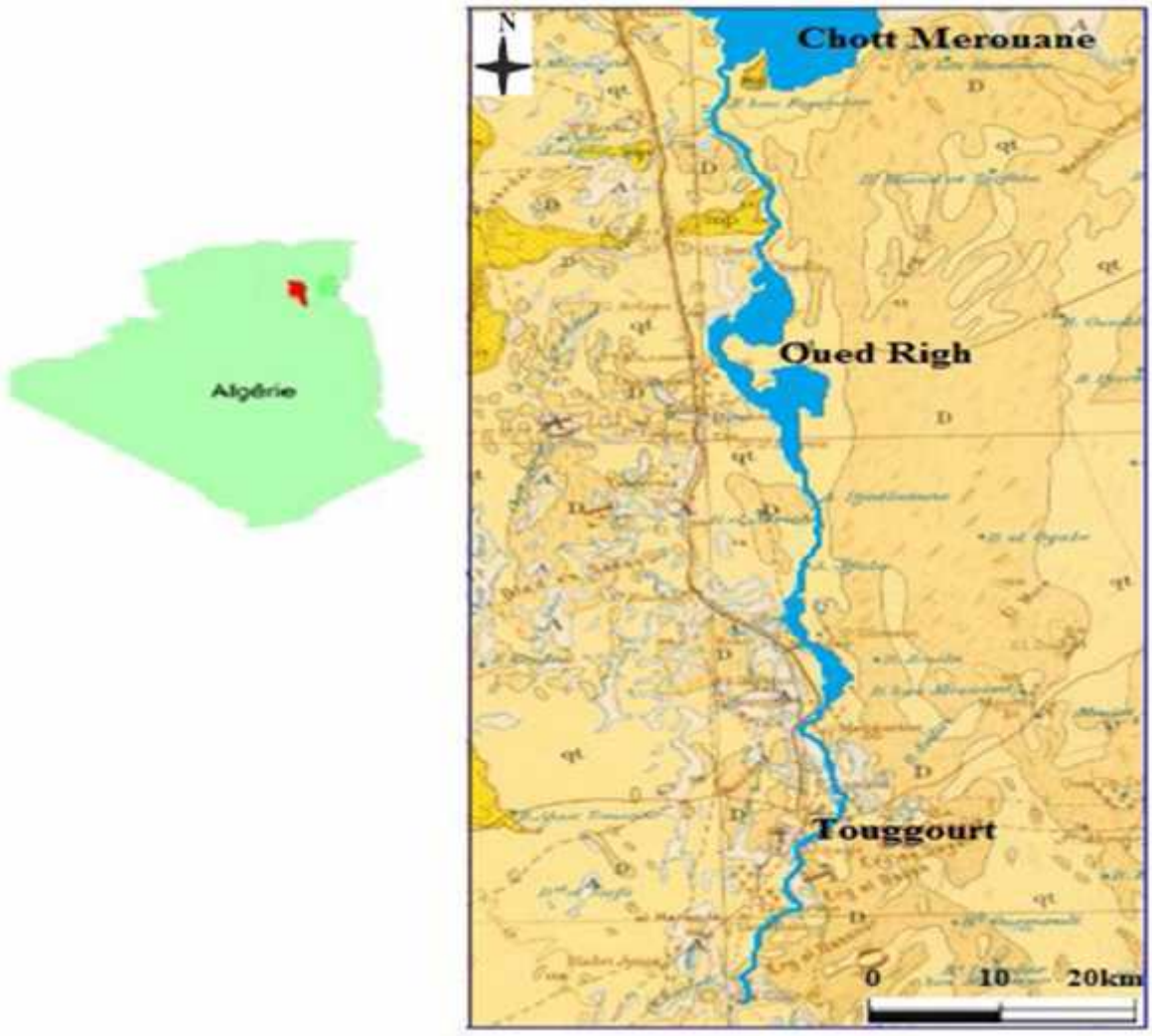
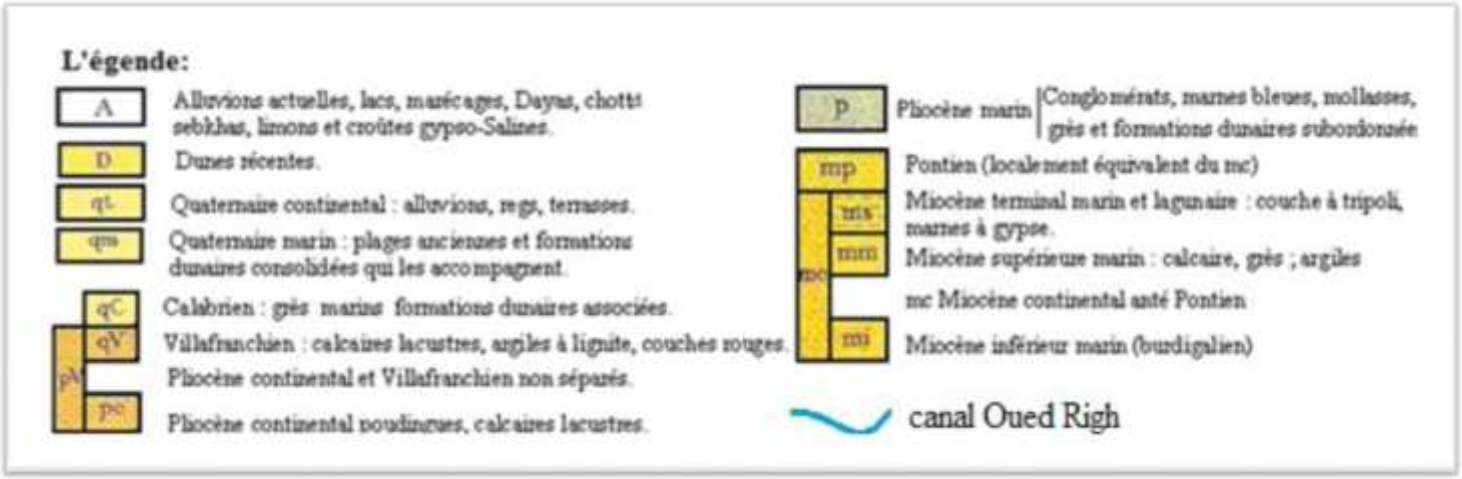


Fig.6: *Carte géologique de la région de l'Oued Righ, extrait de la carte géologique 1/500000 de l'Algérie* ***(In M. G. Bétier, et al, 1951.1952, modifiée).***



Géologiquement, la région de l'Oued Righ fait part de la plate forme saharienne, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplatis au début de l'Ere secondaire; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable (figure 6).

Notre région étudiée apparaît comme un vaste fossé synclinale dissymétrique.qui est limité :

- Au Nord, par l'accident Sud Atlasique ; et les premiers contreforts des monts des Aurès.
- Au Sud, par la falaise méridional du TINHERT.
- A l'est par les affleurements crétacés du DAHAR.
- A l'Ouest par la dorsale du Mzab.

Donc c'est entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara, s'étend des pieds de l'Aurès au Nord jusqu'au Tassilis au Sud. Le Grand Erg Oriental présent une couverture sure Une grande partie du bassin est, soit **125000** Km2. La vallée de l'Oued Righ fait partie de cet ensemble **(ANRH, 2006).** (Figure 6**)**

7.1. Description stratigraphique :

Les formations géologiques de la zone d'étude seront décrites du plus récent au plus ancien :

7.1.1. Quaternaire :

Essentiellement sableux, à la base des couches d'argile et d'évaporites semi-perméables le séparent de la pliocène supérieure. Cette formation quaternaire renferme une nappe phréatique alimentée principalement par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation et en faible quantité par la précipitation.**(In SAYAH L, 2008)**

7.1.2. Tertiaire :

a) Miopliocène :

- Miopliocène supérieur : de formation sablo gréseuses ; renferme la première nappe (CT1).
- Miopliocène inférieure : sable de la deuxième nappe (CT2).

b) Eocène inférieur :

Calcaire de la troisième nappe (CT3) ces différents aquifères sont séparés par des niveaux imperméables à dominance argileuse **(In SAYAH L, 2008).**

7.1.3. Secondaire :

a) Sénonien : Constitué de calcaires blanc et une alternance de calcaire, de marne et des couches de gypse**.**

b) Turonien : Représenté par un dépôt marin, calcairo-marneux, l'épaisseur du turonien reste à peu près constante **(In SAYAH L, 2008).**

c) Cénomanien : Il est composé essentiellement de dépôts lagunaires marneux où prédominance des couches d'anhydrite et parfois même du sel **(In SAYAH L, 2008).**

d) L'albien : Se présente comme une série très épaisse formée d'une alternance de couches gréseuses avec des passées d'argiles schisteuses**(In SAYAH L, 2008).**

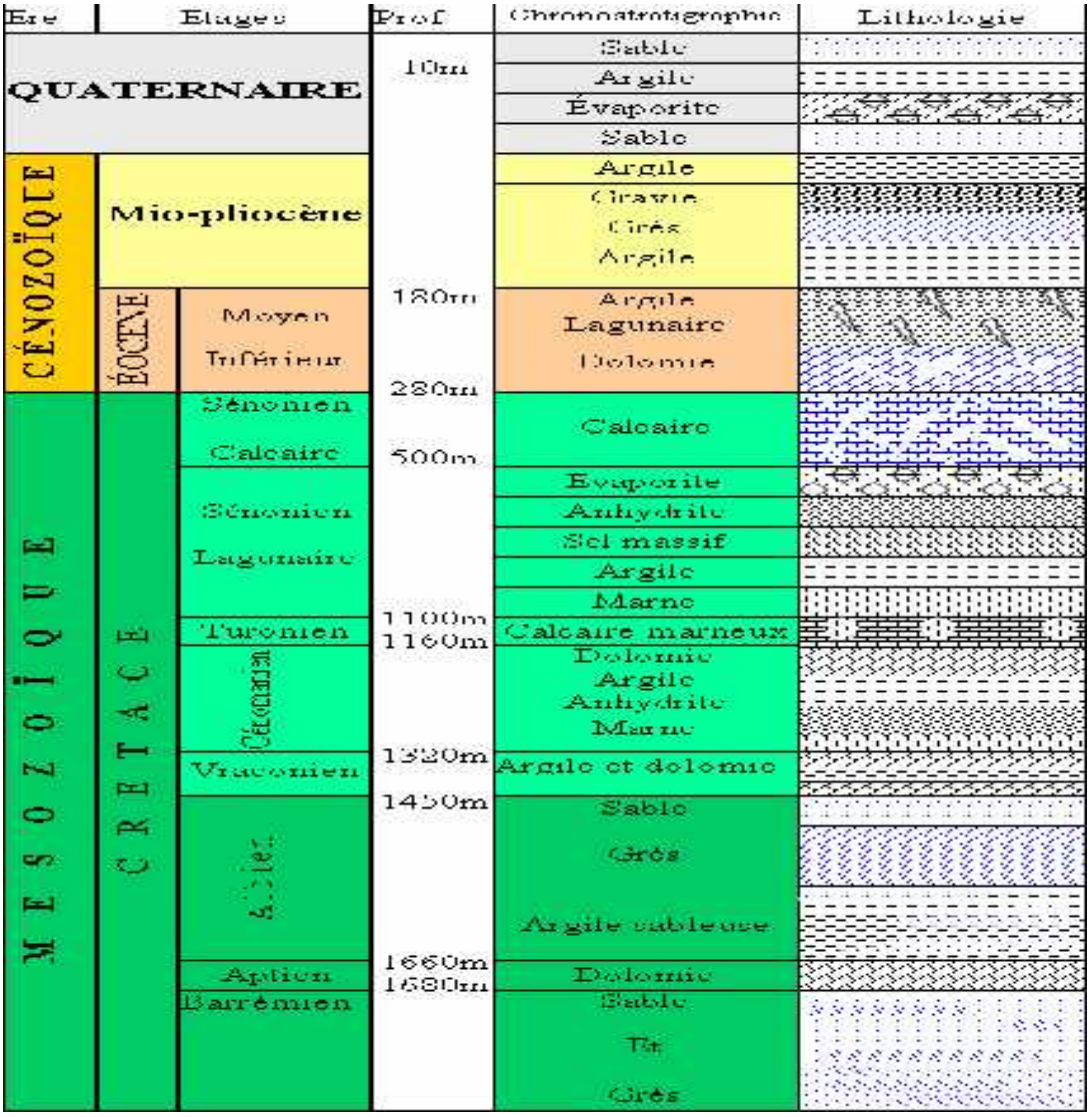


Fig.7 : *Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt, (sans échelle).*

7.2. Tectoniques :

7.2.1. Tectonique générale :

L'absence des déformations tectoniques importantes caractérisé la géométrie actuelle des formations du Continentale Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara

La chaîne des Maghrébides qui a subi plusieurs phases orogéniques au Tertiaire, va avoir des contre coups sur la Plate forme saharienne

- Les mouvements nets de l'Eocène moyen à supérieur, la phase du Miocène inférieur lui succède et donne naissance au Tell et aux Aurès.
- Enfin, la phase Plio-Quaternaire qui s'insert avec les précédentes dans la phase Alpine, d'où l'apparition des fractures de direction Est-Ouest forment la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud « Sillon Sud Aurèsien », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la naissance des chotts tel que chott Merouane et chott Melguig. La flexure Sud Atlasique de direction Est-Ouest sépare deux domaines distincts, c'est ainsi qu'on peut avoir au Nord des points culminants « Monts des Aurès » et au Sud les points les plus affaissés.

Tab.4: Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952)

Age	Style
1-Antecambrien	**Plis très aigus, failles.**
2-Paléozoique	**Mouvements amples d'axes est-ouest Formations de chaînes orientés N-S, NNE-SSW ou NW-SE sur des axes antécambriens**
3-Poste Eocène et Ante Miocène	**Rejeu des structures hercyniennes avec leur orientation Ancienne**
4-Post-Miocene	**Premiers plis d'axe NW-SE**
5-Post Pliocène	**Mouvements peut être dans la région Nord seule Plis en Genous de l' Aurès d'axe E-W**
6-Fini Quaternaire Ancien	**Plis affectant le Mio Pliocène seul ou accompagne du Quaternaire ancien, suivant deux axes orthogonaux Dont l'axe NW-SE est le principal.**
7-Neolithique	**Mouvements de grande amplitude à plis faibles et Localisés.**

8. Hydrogéologie de la région

8.1. Présentation des nappes

Dans la région de l'Oued Righ, l'alternance des couches imperméables et des couches aquifères d'une part, et l'existence d'un fossé de subsistance d'autre part, ont permis la formation de nappes souterraines superposées.

Dans la région d'étude, on rencontre les trois nappes suivantes (du bas en haut):

- La nappe du Continental Intercalaire (CI).
- La nappe du Complexe Terminal (CT).
- La nappe phréatique.

Les nappes CI et CT sont des nappes capitales et au dessus le nappe phréatique est un aquifère superficiel à nappe libre

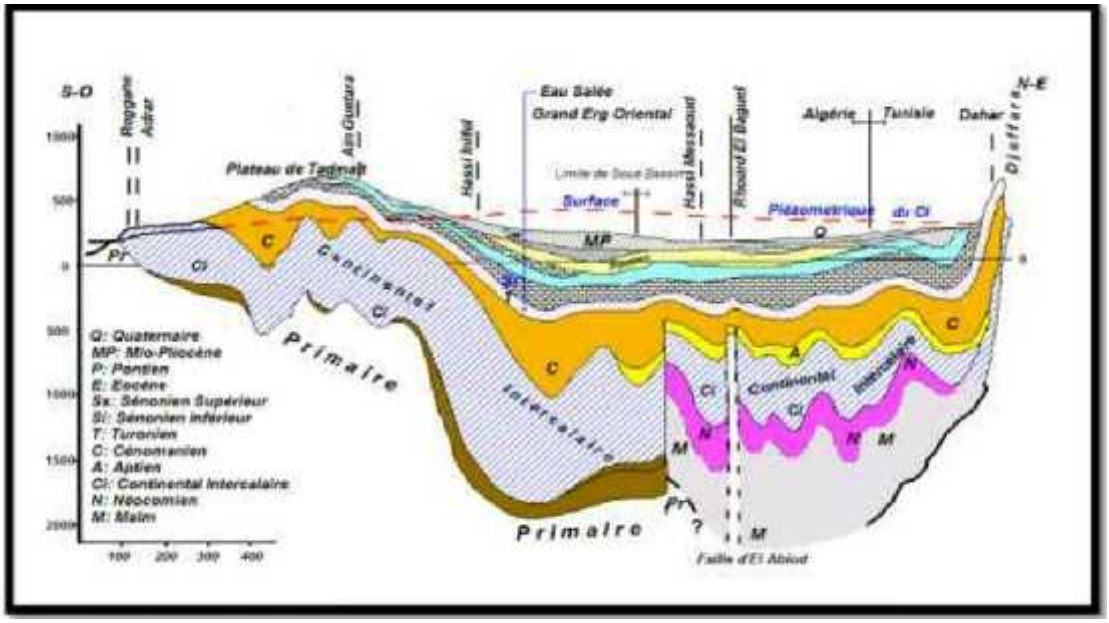


Fig.8** : Coupe géologique présentant la superposition des nappes souterraines dans le Bas Sahara **(ANRH, 2006)

8.2. Nappe du Continental Intercalaire (CI)

La nature lithologique de cette nappe est du gré hétérogène. Elle est captée à une profondeur de 1760 m au Nord de la vallée. La qualité chimique de l'eau est légèrement meilleure par rapport à celle de la continentale terminale ; le résidu sec varie entre 1,6 g/l et 1,9 g/l. L'âge de cette nappe est l'albien, barrémien. La coupe ci-après présente la superposition des nappes suscitées **(ANRH, 2006).**

Le Continental Intercalaire est un réservoir à eau plus au moins douce rempli dans sa majorité pendant les périodes pluvieuses du quaternaire. Ces eaux sont caractérisées par :

- une température qui dépasse les 50°c sauf les hauts endroits où l'aquifère est proche de la surface du sol.
- La minéralisation de l'eau oscille entre 1 et 2 g/l de résidu sec.
- L'alimentation se fait par ruissellement à la périphérie du réservoir tout en long et à l'extrémité des oueds qui descendent des montagnes de l'Atlas saharien, de Dahra tunisien, du plateau de Tadmait et Tinhert, et les pluies exceptionnelles.
- L'écoulement des eaux de cette nappe, se fait dans la partie occidentale du Nord vers les Sud et dans la partie orientale de l'Ouest vers l'Est et du sud vers le Nord.

8.3. Nappe du Complexe Terminal (CT)

La nappe du complexe terminal (CT) couvre une importante partie du Sahara septentrional (environ 350,000 Km2) avec une profondeur varie entre 100 et 500 m, leurs eaux se caractérisent par :

- De l'ordre de 20 à 30 C° en tête de forage la température peut élevée
- Moins chargées en sel sur les bordures et relativement élevées au centre (plus de 3g/l).
- L'écoulement généralement se fait vers les Chotts.
- Cette nappe regroupe deux systèmes aquifères appelés nappe des sables et nappe de calcaire.

a) La nappe de sable (mio-pliocène)

Représenté par un ensemble important de sable et d'argile présente dans tout le bassin oriental. Cette nappe regroupe 2 nappes ;

- **La première nappe de sable :**

Elle est contenue dans des sables à grains fins et moyens rouges, plus ou moins argileux avec rare passage de calcaire. La profondeur de son toit varie entre 40 et 80 m; et son épaisseur varie entre 10 et 50 m.

- **La deuxième nappe de sable :**

Elle circule dans les terrains constitués de sable jaune et de gravier siliceux faiblement marneux. Son épaisseur est de 15 à 50 m et saprofondeur varie entre de 100 à 300 m. Elle est la plus exploitée dans la région de Oued Righ.

b) La nappe de calcaire (sénonien carbonaté)

Elle est constituée par des calcaires blancs siliceux de l'éocène. La profondeur du toit de cette nappe varie entre 160 et 200 m. or les calcaires du sénonien devient moins exploités **(ANRH, 2006).**

8.4. Nappe phréatique

Cet aquifère est constitué par des sables plus ou moins fins et Argile gypseuse. Son substratum est formé d'argile formant en même temps le toit de la première nappe du (CT). Son épaisseur moyenne est de 7 à 60 m.Elle est caractérisée par :

- des eaux de fortes salinités ; les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées,
- la conductivité électrique est de l'ordre de 10mmhos/cm à 36 mmhos/cm dans la majorité des cas.

Cette nappe n'est plus exploitée en raison de la forte salinité des eaux**.(DERAI I., AL 2000)**

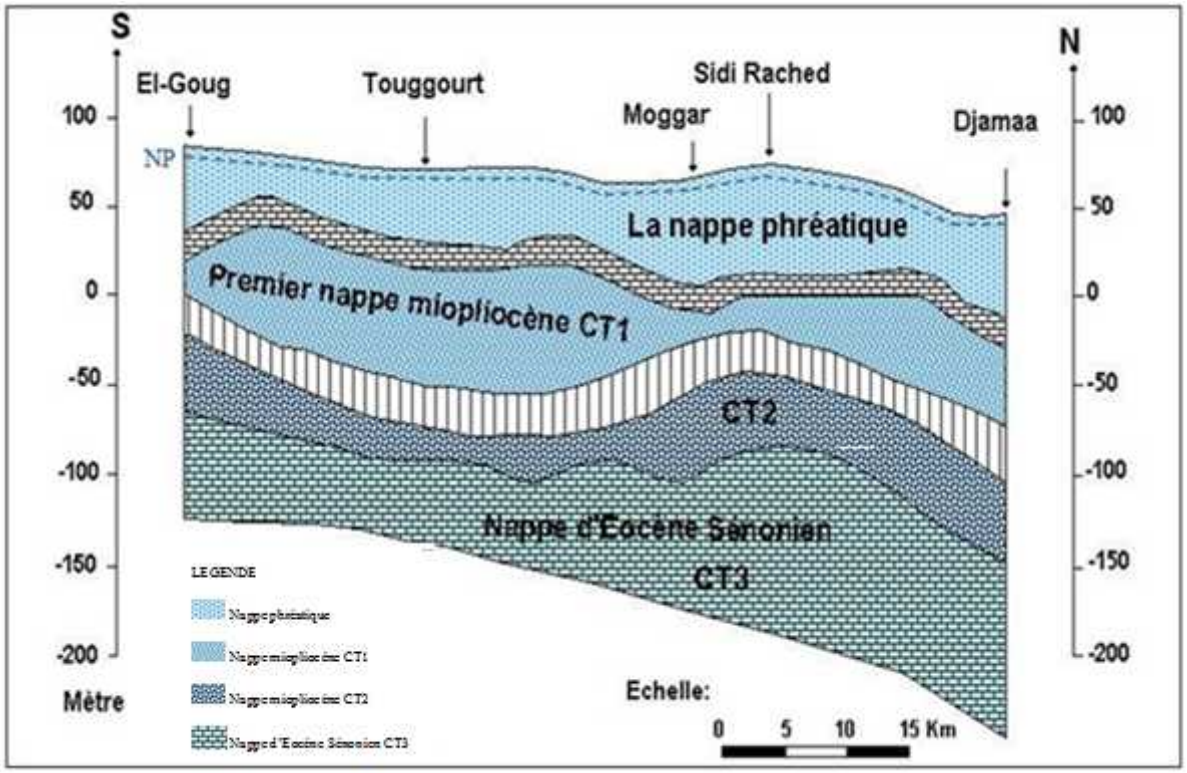


Fig.9: *Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de l'Oued Righ sud****(ANRH, 2006)***

9. Etude climatique de la région de l'Oued Righ

Pour déterminer les caractéristiques climatiques de la région de l'Oued Righ, une synthèse des données climatiques de 39 ans (de 1974 à 2013) sure différents paramètres du climat, tels que les précipitations, les températures et l'évapotranspiration…etc, est nécessaire pour l'établissement d'un bilan hydrique. Pour cela, on va étudier les paramètres climatiques de la station de Touggourt.

Dans notre région d'étude, on dispose d'une seule station, celle de Touggourt dont les coordonnées sont les suivantes :

Latitude : 33,11'N

Longitude : 06°13'E

Altitude : 85m

Le climat de la vallée de Oued Righ est typiquement saharien qui caractérise par des précipitations très faibles, capricieuses, une température élevée et une humidité relativement faible.

9.1. Les précipitations

La précipitation sont les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...).

a) Précipitations mensuelles observées à la station de Touggourt :

Les précipitations moyennes mensuelles observées durée période allant de **1974 à 2013**sont mentionnées dans le tableau 05 :

Tab.5 : Précipitations moyennes mensuelles (1974 à 2013) à la station de Touggourt

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
P_{moy}	4,5	5,8	7,5	5,5	14	5	9,2	7,2	3,1	1,5	0,4	2,08

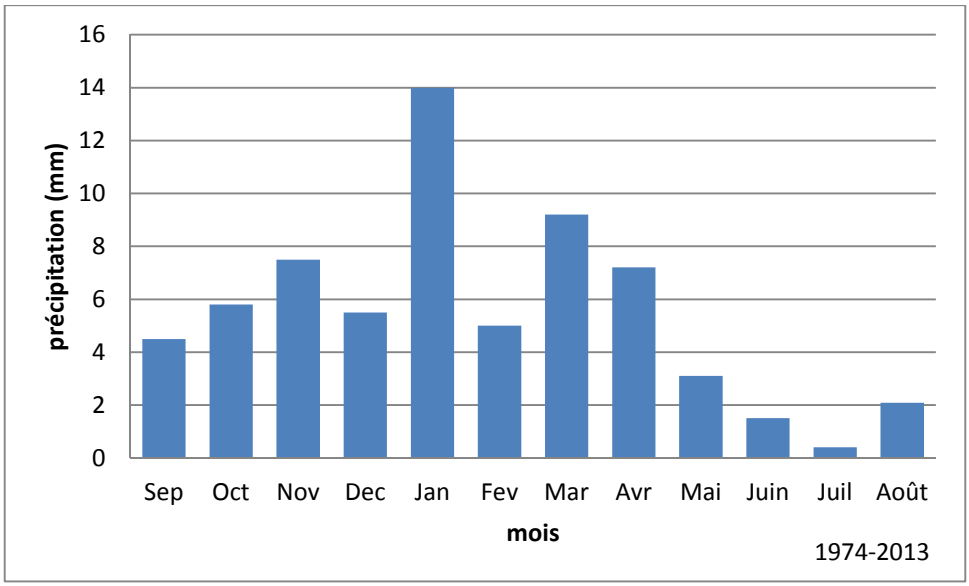


***Fig.10** :Histogramme des précipitations moyennes mensuelles durant le période (**1974 - 2013**) à la station de Touggourt.*

On devise deux périodes : la que les précipitations se produisent du mois de Septembre à Mai, et la deuxième période de le reste de l'année qui est presque sec (particulièrement en Juin, Juillet et Août).

b) Précipitations annuelles observées à la station de Touggourt

On a d'après le tableau de répartitions annuel durant une période **39** années (Tableau 06) seulement sept (7) observations dépassent ou égalent à la hauteur de **100** mm/an (Limite d'un climat désertique) .Cette répartition est très aléatoire avec un maximum de **168,7** mm/an en **2004** et un minimum de **11,5** mm/an en **1989** soit égale 1/14 fois le maximum.

Tab.6: Précipitations annuelles (1974 à 2013) à Touggourt.

année	P (mm)	année	P (mm)	année	P (mm)	année	P (mm)
1974	57,9	1984	31,1	1994	48,6	2004	168,7
1975	118,1	1985	34,5	1995	61,4	2005	25,7
1976	101	1986	87,6	1996	88,4	2006	105,4
1977	44,7	1987	42,1	1997	65,1	2007	77,1
1978	35	1988	54,5	1998	40	2008	59,2
1979	51,8	1989	11,5	1999	80	2009	155,7
1980	153,8	1990	146,6	2000	24	2010	31,2
1981	43,7	1991	40,5	2001	39	2011	17
1982	72,5	1992	126,1	2002	33	2012	15
1983	31,6	1993	55,2	2003	69,3	2013	47
Moyenne annuelles (1974 à 2013)= 65.17mm							

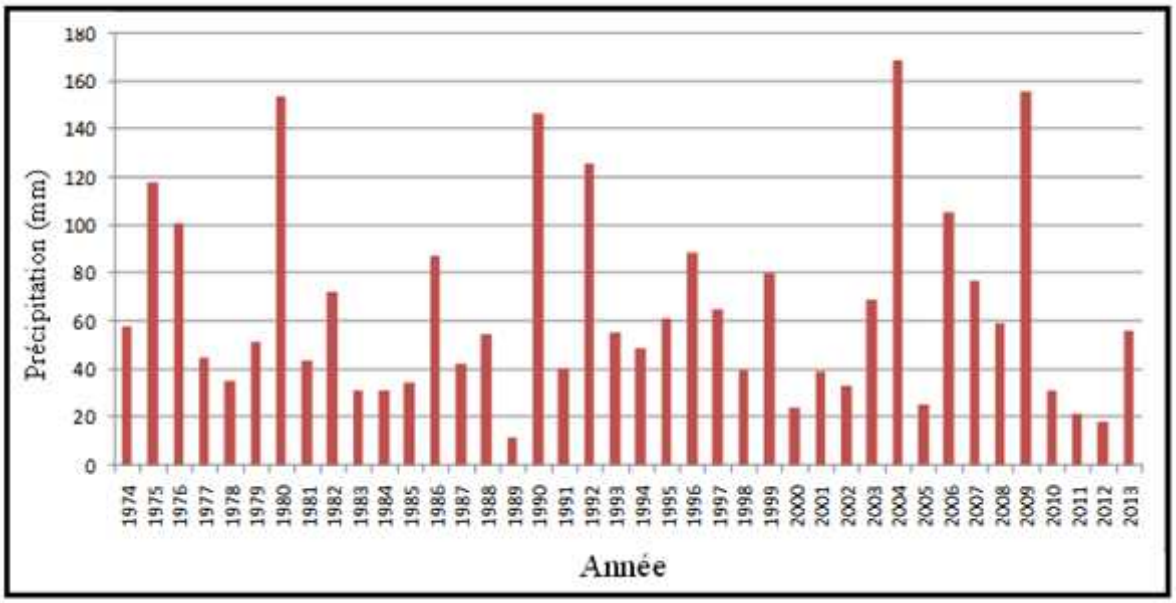


***Fig.11** : Variation interannuelle des précipitations (**1974-2013**) à la station de Touggourt.*

9.2. Humidité relative de l'air

L'histogramme **(**figure 12**)** permet de distinguer les mois secs des mois relativement humides des valeurs d'humidité relative moyenne présenté dans le tableau (Tableau 07**)**.

Tab.7 : Humidité relative moyenne mensuelle en % (1975-2013) à la station de Touggourt.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Hm %	44,64	52,08	60,85	65,82	62,75	53,08	48,6	44	39,58	34,72	31,69	33,9

Avec une humidité moyenne de **47,64%** Les mois d'Octobre jusqu'à Mars sont humides et les mois de Mars à septembre sont secs.

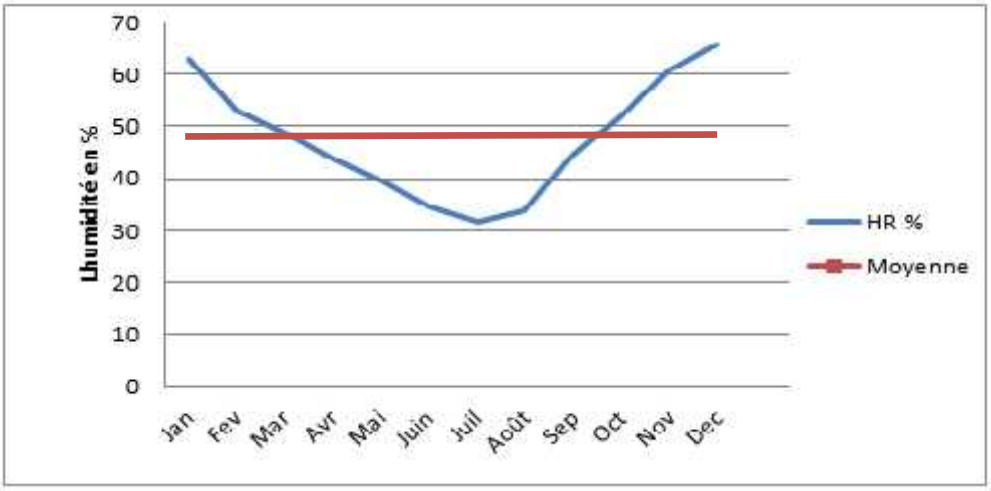


***Fig.12** : Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne (1975-2013) à Touggourt.*

Le taux d'humidité balance autour de sa valeur moyenne (**51.03**) sauf en 1976 qui présent un pic à **54%** et en 1983 marquant un minimum à **42%.**

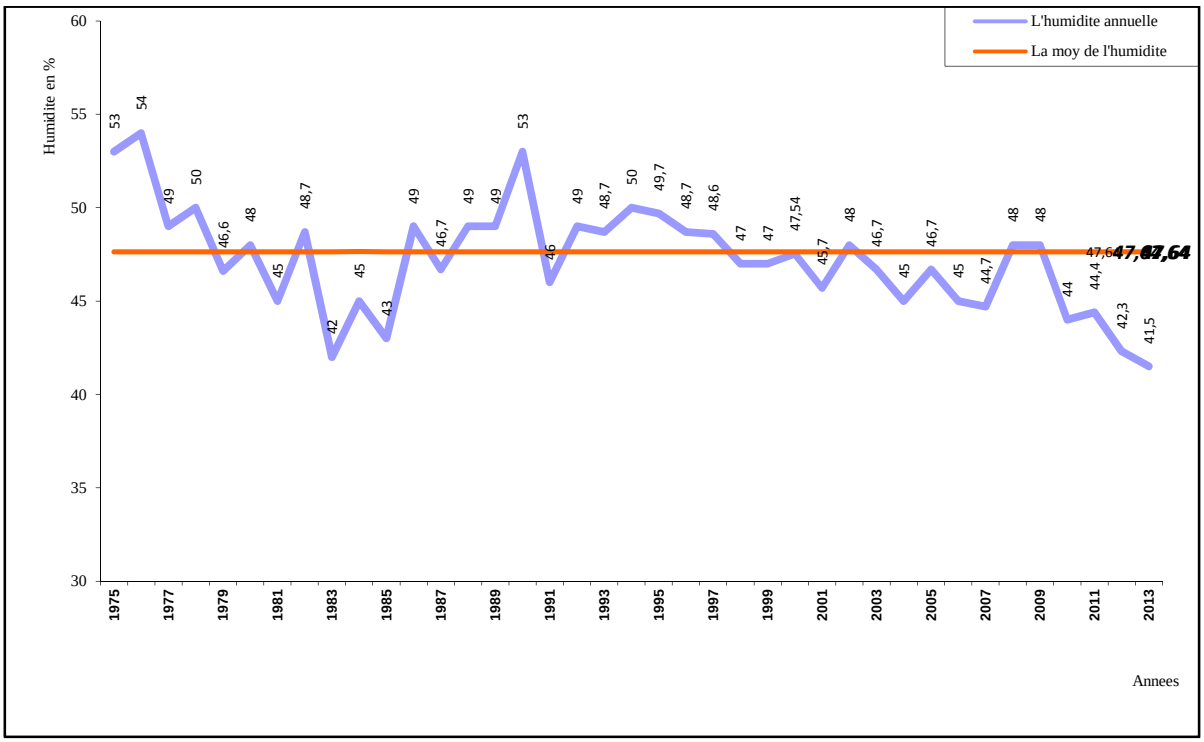


***Fig.13** : Variation interannuelle de l'humidité relative moyenne (1975-2013) à la station de Touggourt.*

la courbe dans la figure 13présente que la période entre **1975-2013** commence par un période humide **(1975 à 1982)** avec deux années d'exception sèches inferieure à la moyenne, suivie par un période de trois (3) ans sèche suivie par une long période humide sauf deux années **(1987 et 1991)** puis un période relativement sèche depuis **1985** jusqu`à**2013**.

9.3. Les vents :

Les vents sont relativement fréquents dans la région d'Oued Righ. En hiver, se sont les vents d'Ouest qui dominent, tendis qu'au printemps se sont ceux du Nord - est, alors qu'en été se sont ceux du Sud Ouest. **(O.N.M, 2001).**

Le mouvement de l'air le plus élevé se produit en Mars avec 3.09 m /s à juillet 3.27m /s. Il est plus faible en décembre avec 2 m /s. La moyenne annuelle de la vitesse du vent est de 2.83 m/s.

9.4. Durée d'insolation :L'insolation est la durée d'apparition du soleil, elle est exprimée en heures. Elle varie en fonction de l'altitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires.

La vallée de l'Oued Righ reçoit une quantité d'ensoleiller relativement très forte, le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée de 358 heures et le minimum au mois de janvier avec une durée de 228 heures. **[Ben Hamida R., AL 2004]**

9.5. Les Températures

La température joue un rôle décisif sur le climat. A l'Oued Righleclimat est de type saharien, elle a plus d'ampleur et influe grandement sur les autresparamètres météorologiques tels que l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère, elleest donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique.

Le tableau **(**Tableau 8**)** donne les valeurs des températures moyennes mensuelles observées à Touggourt, durant la période de 28 ans :

Tab.8 : Températures moyennes mensuelles (1974-2013) à la station de Touggourt.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
1974-2013	5,8	4,5	3,1	1,5	0,4	2,08	5	5,5	7,2	7,5	14	9,2

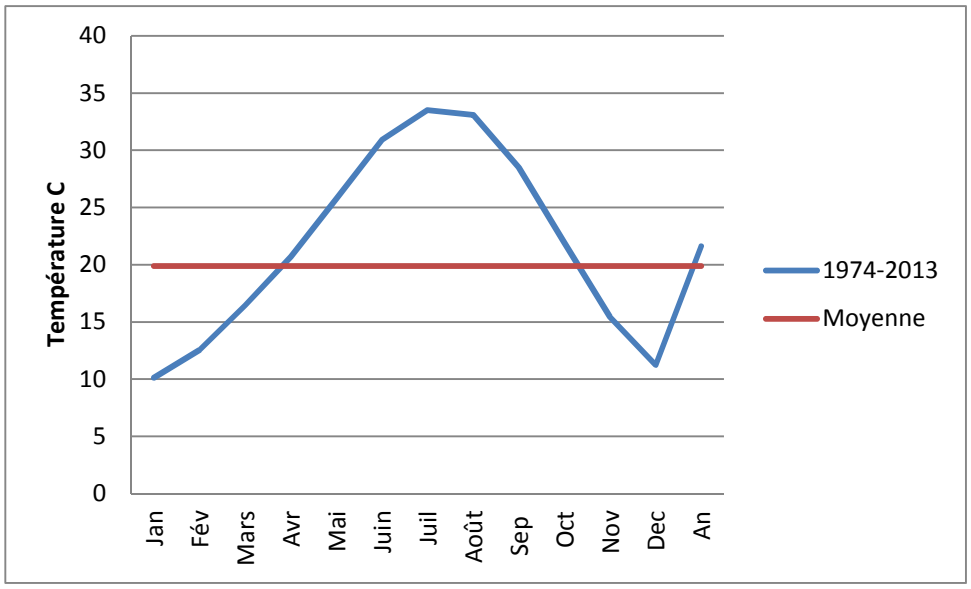


***Fig.14**: Variation mensuelle de température moyenne (**1974-2013**) à la station de Touggourt.*

Avec une moyenne manuelle de **21,62°C**, on constat que la période la plus chaude est comprise entre Mai et Septembre **(>19.87°C),** et la plus basse en Décembre et Janvier avec respectivement **11,25** et **10°C**. (Figure 15)

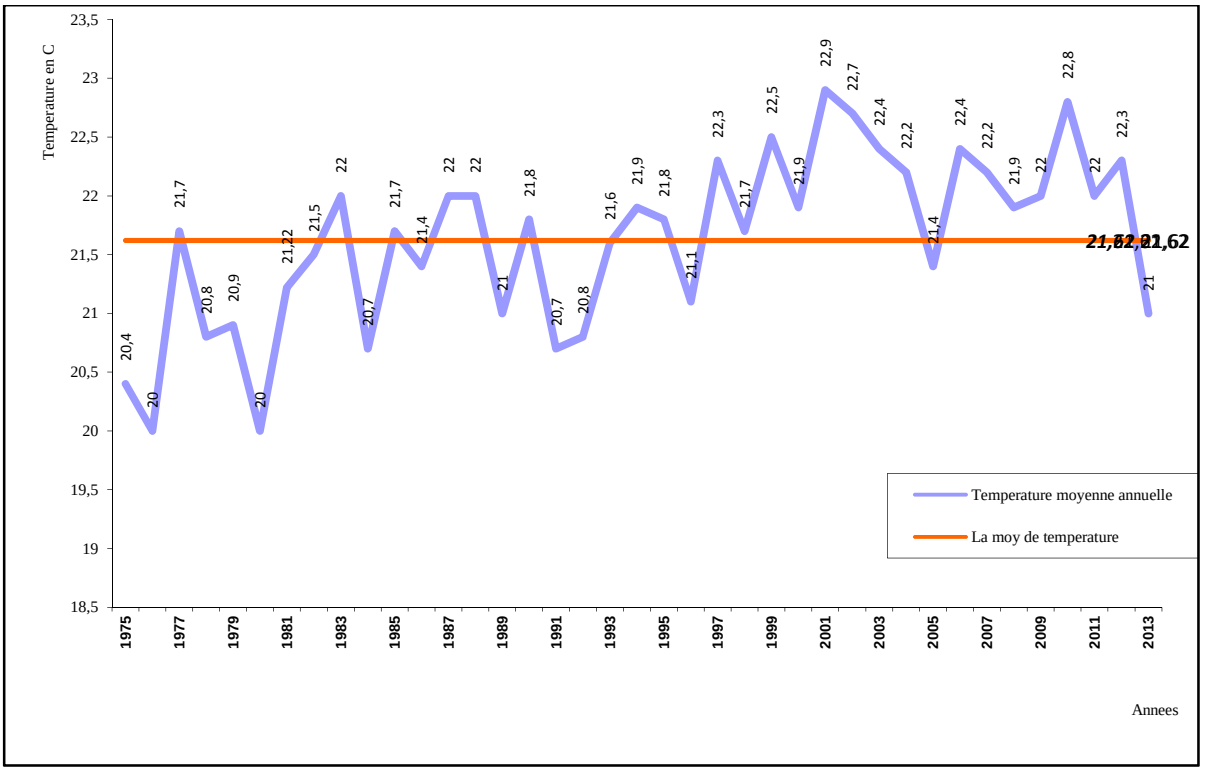


***Fig.15**: Variation interannuelle (**1975-2013**) des températures moyennes à la station de Touggourt.*

La figure 15 montre que les valeursinterannuelles de la températurecomprises entre **1975** jusqu'à **1984** sont inferieures à la moyenne (**21,62°C**),à l'exception de deux années chaudes supérieures à la moyenne, suivies par six ans (6 ans) chaudesavec deux années inferieures à la moyenne, après vient une longue période chaude entre **1994** et **2013** avec deux années humide qui sont **1996** et **2005.**

9.6. L'évaporation :

L'évaporation est le processus par lequel l'eau se transforme en vapeur d'eau, sous cette forme gazeuse, entre dans l'atmosphère**.**

L'évaporation moyenne mensuelle est représentée dans le tableau 9 :

Tab.9 : Evaporation moyenne mensuelle (1975-2013) à Touggourt.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
1974-2013	266,58	195,1	127,7	117	100,08	127,54	200,72	257,67	312,4	370,62	405,47	373, 3

+

D'après le tableau **(**Tableau 9**)**, l'évaporation moyenne est de **239,03** par ans, atteindre leur maximum dans la période de entre Mais et Août et la plus faible en Janvier. En Moyenne elle est de **239,03** par ans.

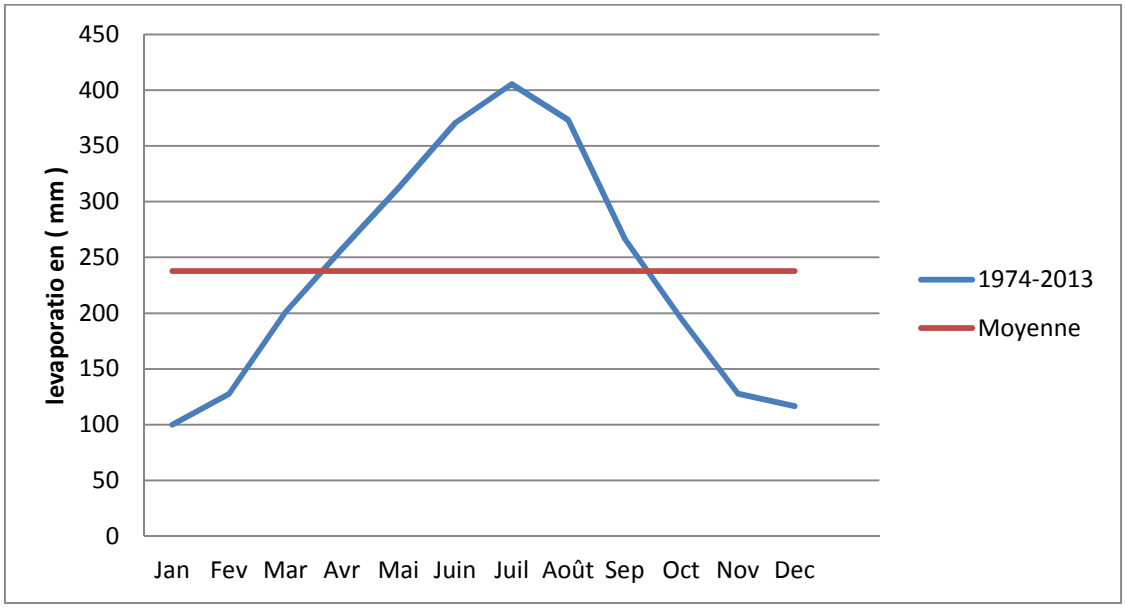


***Fig.16** : Variation mensuelle de l'évaporation moyenne (**1975-2013**) à Touggourt.*

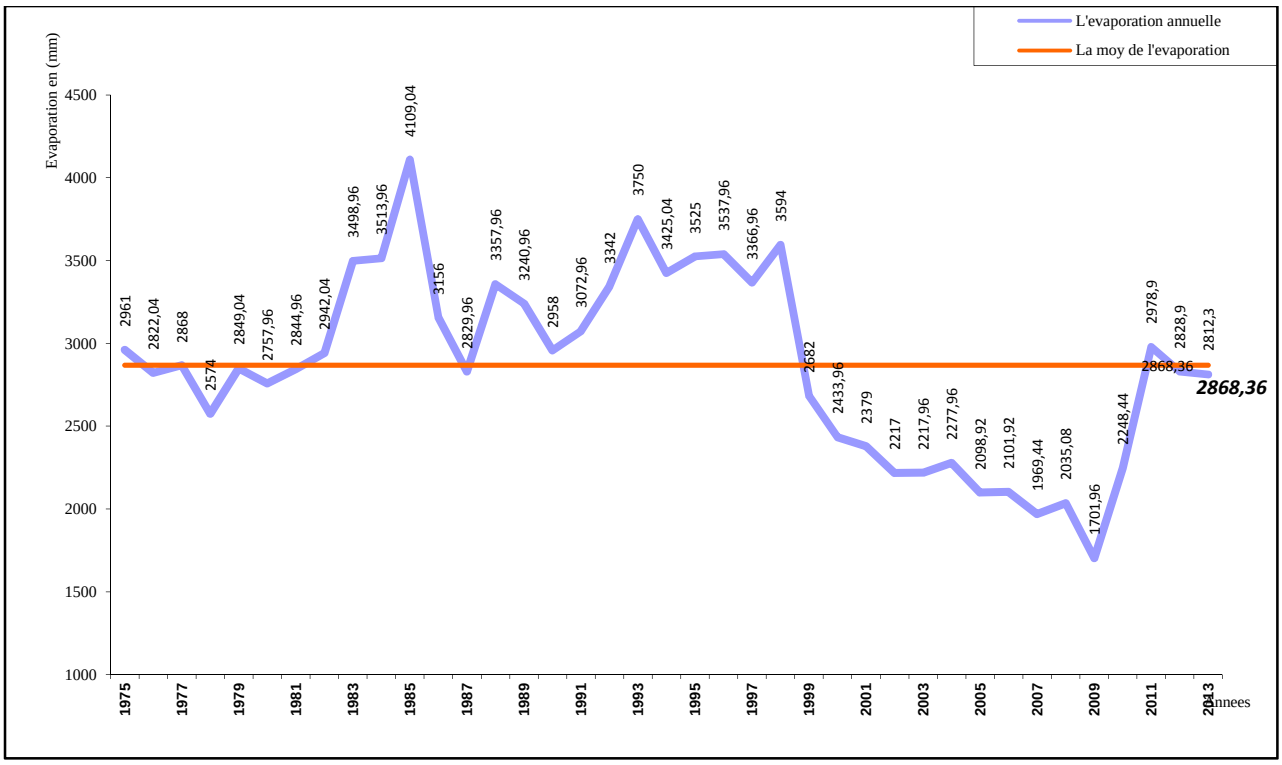


***Fig.17 :** Variation interannuelle de l'évaporation moyenne (**1975-2013**) à Touggourt.*

D'après la figure 17, les valeursinterannuelles de l'évaporation entres les années **1981** et **1999** sont supérieurs a la moyenne **(2868,36)**a l'exception de **1987**,la valeur maximal **(4109,04mm)** est marker l'année **1986**, suivies par des valeurs interannuellesinferieures à la moyenne des années**1999** jusqu'à **2011**,les années entre **2011 2012 et 2013** sont prés de moyenne.

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Introduction

Le concept "*d'occupation des sols*" fait référence non seulement à la surface du sol mais aussi du sous-sol. Or les préoccupations actuelles s'orientent à rassembler et à analyser les informations à référencespatiale donc des informations à la surface du sol. Ainsi, la terminologie "occupation de sol" a été remplacée par "*Occupation des terres*" afin de mieux concorder avec les préoccupations des utilisateurs.

Récemment d'autres études et travaux sur la télédétection, des universitaires et des organismes publics, ont été réalisés sur principalement la cuvette d'Ouargla, parmi eux nous pouvons citer les travaux suivants :

- Un apport des données satellitaires pour l'évaluation de l'impact sur l'environnement du risque de salinisation dans l'écosystème désertique **(HAMDI-AÏSSA B., 2001).** Ce travail constitue une première approche de l'application de la télédétection pour une mise en évidence et une évaluation spatiale du risque de salinisation en milieu désertique. On doit pouvoir aller plus loin en étudiant les états de surface avec une plus grande finesse et en utilisant des images prises à des dates tenant compte de l'évolution temporelle des sols salés. Cette démarche pourrait enrichir les informations sémantiques sur les images et sur le terrain afin de rechercher des liens chronologiques entre l'état de surface du sol et la dynamique de la nappe phréatique.
- Un inventaire des états de surfaces des sols alluviaux en zones arides **(HELIMI S., 2010)**. Les états de surface des sols alluviaux de la région de l'Oued Righ ont fait l'objet de l'étude. Ils ont essayé de trouver après l'observation de la surface des sols le lien entre cette dernière et le type des sols des régions étudiées et la caractérisation de ces aspects de surface à l'aide de la télédétection satellite.

- Un essai de caractérisation géochimique et minéralogique de la surface des sols par télédétection, dans la région de l'Oued Righ Ce travail montre que la composition minéralogique et géochimique des sols est une information non négligeable pour caractériser et discriminer la nature des sols par télédétection ce qui apparaître

clairement dans la différence entre les réponses spectrales des sols gypseux et sols sableux (états de surface salins et gypseux et états de surface sableux).

- Une application de la télédétection pour la classification des sols humides dans la région d'Ouargla (Naceri M.A., 2012). Est un travail sur la mise à jour des cartes des zones humides (chott et sebkhas) et de l'occupation du sol dans un climat aride désertique. L'analyse visuelle des compositions colorées de l'image satellitaire ,de Landsat, a permis d'identifier les différentes formes des zones humides dans le milieu désertique. Les classifications supervisées des images satellitaires ont permis d'obtenir la cartographie des principales unités des oasis, des eaux de surface salées et les sols humides ainsi que les sols salés dans la région de l'Oued Righ.

2. Méthodologie générale

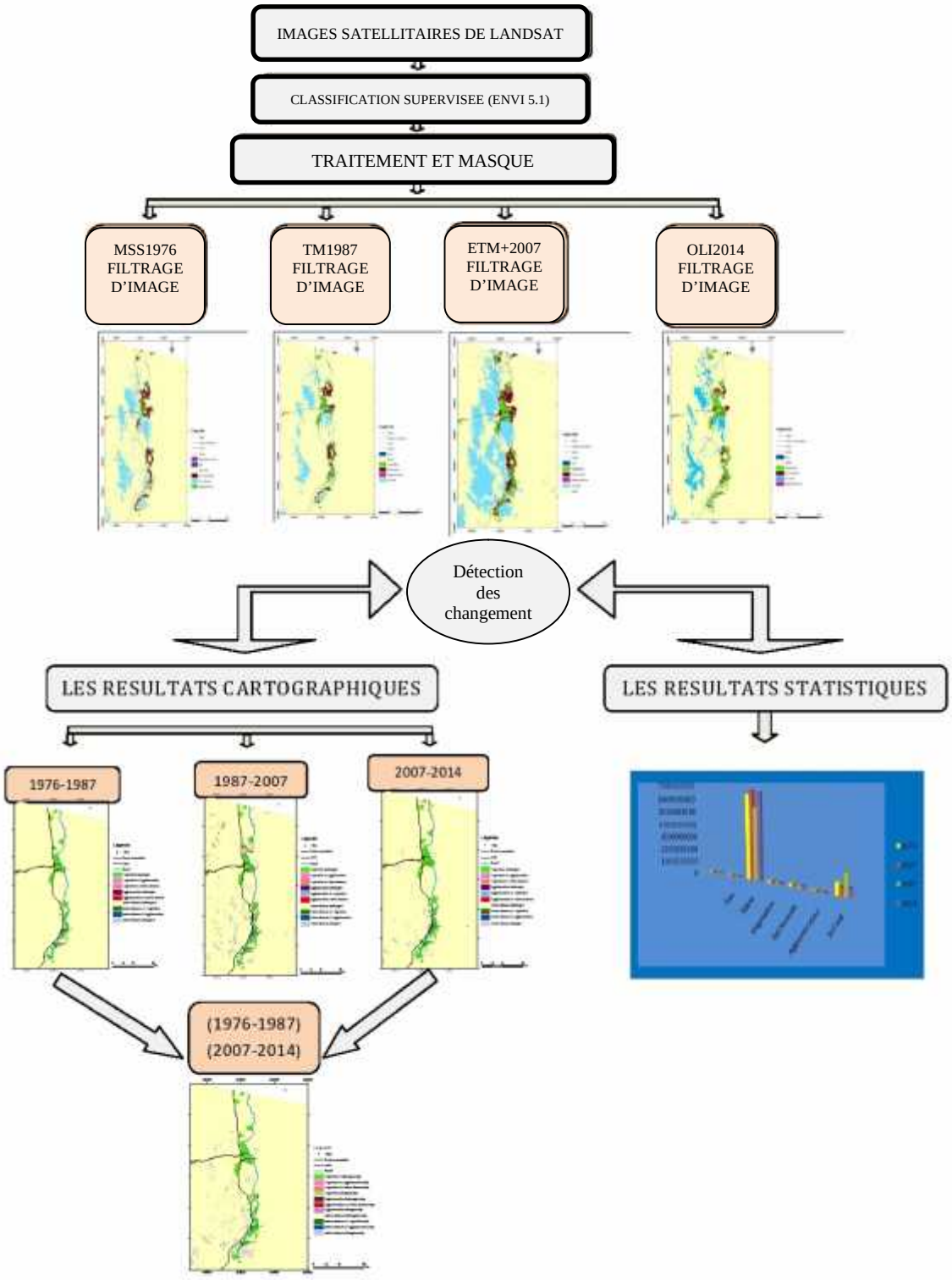


Fig.18 : *organigramme résume la méthodologie de travail*

La méthodologie suivie au cours de cette étude repose sur des données satellitaires, topographiques, géologiques ainsi que sur des mesures et des observations effectuées sur terrain.

Ces données sont ensuite analysées et interprétées pour la cartographie des états de surface de la région de l'Oued Righ. La figure 18 montre les différentes étapes suivies pour réaliser des cartes d'occupation de sol afin de suivre l'évolution du couvert végétal et du tissu urbain depuis 1976 à 2014.

Nous avons utilisés principalement au cours de cette étude les données suivantes :

2.1. Choix d'imagerie satellitaire

Afin d'étudier l'évolution des états de surface de la cuvette de l'Oued Righ, nous avons analysé quatre scènes d'années différentes 1976,1987, 2007 et 2014. Chaque scène contient 6 bandes non thermques sauf l'année 1976 qui contient 4 bandes :

Tableau.10 : *Les caractéristiques des images de la zone d'étude.*

Date de la pris de vue	01- 01 -1976	07-01-1987	14-01-2007	02-02-2014
Satellite	Landsat-2	Landsat-5	Landsat-7	Landsat-8
Dimension	2336x4669	2336x4669	2336x4669	2336x4669

2.2. Les images Google Earth

En suit et pour la mise en place de la cartographie diachronique de l'occupation du sol un deuxième jeu des données a été utilisé sur les dates les plus récentes. En effet, les images satellites de Google Earth© ont permis de bien identifier les multiples classes et de faire la correspondance avec leur réponse spectrale sur les images satellitaires Landsat de 2014. Cette étape permet la vérification et la validation des classifications par la matrice de confusion.

2.3. Logiciels utilisés

2.3.1. ENVI 5.0

Le logiciel ENVI est un logiciel commercial complet de traitement d'images de télédétection – optiques et radar. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de démixage radiométrique, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. Les développeurs du logiciel ENVI sont des scientifiques qui participent actuellement aux recherches concernant la télédétection ; ce qui fait de lui un

produit en développement perpétuel et qu'il soit ainsi enrichi par des fonctions multiples relatives à des problèmes et des thématiques variés. La force du logiciel ENVI réside dans son approche de traitement d'image qui combine les techniques du (file-based) et (band-based) avec des fonctions interactives. Lorsqu'un fichier d'image est ouvert chaque bande est stockée dans une liste puis elle peut être manipulée par toutes les fonctions du système. Si plusieurs fichiers sont ouverts en même temps, on peut sélectionner les bandes qui vont être traitées.

En général, le logiciel dispose essentiellement de tous les outils nécessaires au traitement d'images dans différentes disciplines, et permet pour chacun d'implémenter sa propre stratégie d'analyse.

2.3.2. ArcGis 10.1

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées : ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox. A l'aide de ces trois applications, on peut effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement.

ArcMap représente l'application centrale dans ArcGIS Desktop. Il s'agit de l'application SIG utilisée pour toutes les tâches associées aux cartes, y compris la cartographie, l'analyse des cartes et la mise à jour. Dans cette application, on travaille avec des cartes. Ces dernières ont une mise en page contenant une fenêtre géographique avec un ensemble de couches, légendes, barres d'échelle, Flèches « Nord » et autres éléments.

2.4. Le prétraitement d'image

2.4.1. Empilement des couches (Layer stacking)

On utilise Layer Stacking pour construire une nouvelle image multi-bande et/ou multi-date à partir des images géo référencées de diverses tailles.

2.4.2. Découpage d'une image (Resize data)

Le traitement commence par l'extraction du secteur d'intérêt et la correction géométrique de l'image LANDSAT dans le système de référence UTM/WGS 84, fuseau 31 N. Nous avons effectué un empilement spectral puis un redimensionnement spatial de l'image pour ne prendre que la zone d'intérêt ainsi que tous les canaux soient taillés dans les mêmes mesures.

2.4.3. Rehaussement des images (Enhance)

Ces des techniques d'augmentation de la qualité visuelle de l'image et d'amélioration de contraste (figure 19)

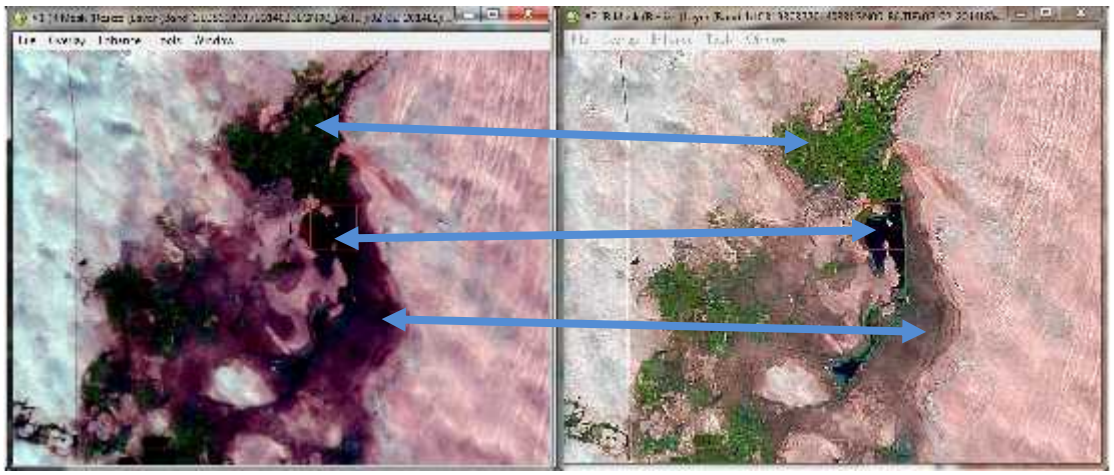


Image avant Image après

Fig.19 : *augmentation du contraste dans une image avant et après un rehaussement linéaire*

2.5. Classifications des images

Un des objectifs de traitement d'images satellitaires est d'obtenir une carte des états de surface. Ce plan s'obtient par classification des données de télédétection. La classification consiste à regrouper des pixels en catégories les plus homogènes possibles, c'est-à-dire créer des classes contenant le plus de pixels similaires. La partition de l'image en ensembles de pixels représentant une même occupation du sol.

2.5.1- La classification supervisée

La classification supervisée est toujours précédée d'un apprentissage qui nous a demandé des sorties sur terrain et l'utilisation de Google-Earth. Le système est instruit en lui désignant des zones d'intérêts (apprentissage) de l'image comme étant des échantillons représentatifs des classes à extraire. Le principe de la classification d'image est l'attribution à chaque point une classe choisie dans la nomenclature constituée au préalable, ayant le nombre de classes et leurs appartenances (Pony et al. 2000). Nous avons d'abord défini six classes selon la thématique de l'étude.

Les classes choisies pour notre thématiquesont :

1) Eau: rassemble toute les surfaces d'eau.

2) Sol humide : représente des dépressions où le niveau statique de la nappe phréatique est plus proche de la surface du sol.

3) Sol salé : rassemble les dépressions éloignées des sources d'alimentations anthropiques (eaux d'irrigation et eaux usées).

L'influence des vents de sable couvre partiellement les efflorescences des cristaux de sels formées dans la frange capillaire et en surface.

4) Sol nu (sable) : regroupe les deux classes dominantes limitant la zone humide qui sont :

- Grés rouge : le plus dominant, représenté par deux aspects : le premier sous une forme érodée par l'effet du vent dominant dans la rive Est de l'oued. Le second est représenté par le plateau gréso-calcaire dans la rive Ouest.
- Sable : représente la zone où le sable recouvre le sol avec de grandes épaisseurs sous forme de dunes d'une part ; et par des faibles épaisseurs sous forme de sols sableux d'autre part.

5) Végétation : se situe à proximité des agglomérations, représentées essentiellement par :

- Palmeraie : se situe à proximité des agglomérations, représentées essentiellement par les palmiers dattiers, et/ou des cultures intercalaires.
- Périmètre irrigué : sont des parcelles de cultures irriguées par aspersion (pivot).
- Roseau : plante des sols humides occupant une partie des chotts et sebkhas.

6) Milieu urbain (agglomérations) : est représentée par les villes et les centres habités (Touggourt djamaa etc.), les routes asphaltées, et les pistes.

On a beaucoup détailléla couverture végétale (végétation) et la tissue urbaine(agglomération) puisque elles sont l'objective principale de notre étude.

Tableau.11 : *classes d'occupation du sol*

class	Observations sur image	observations effectuées sur le terrain
Eau		
Sol humide		
Sol salé		
Végétation		
Agglomération		
Sable		

2.5.2. Matrice de confusion (validation) :

La précision d'une classification est fournie par une matrice de confusion. Le butest de comparer le résultat de la classification avec l'information de réalité de terrain.

2.5.3. Le filtre Majoritaire :

On utilise le filtre « majority » pour changer les pixels parasites dans une classe unique à cette classe. Vous entrez une « taille de noyau » où le pixel central dans le noyau sera remplacé par la valeur de la classe qu'à la majorité des pixels dans le noyau.

2.5.4. La détection des changements : On utilise la fonction « Change Détection » d'ENVI. La comparaison entre deux classifications de deux dates produit une matrice et une carte de

changement entre l'état initial et l'état final. Les images d'entrée peuvent être mono-bande de différents types de formats d'images (ENVI help).

2.5.5. Les matrices de changements

L'utilisation des statistiques de détection deschangements permet de compiler un tableau détaillé des changements entre deux classifications. Les modifications détectées à l'aide de cette fonction sont différents de la discrimination ordinaire des deux images : une analyse de changement de l'état initial de chaque classe de l'image par rapport à l'état final est donnée sous forme d'un rapport. Ce rapport contient les informations de changement entre les deux images en nombre de pixels, en pourcentage et en unité de surface (m^2). C'est cette dernière qu'on va utiliser dans notre travail pour construire la matrice « change détectiondifférencemap ».

2.5.6. Les cartes de changements : On utilise la fonction « Change Détection Différence Map » de l'ENVI. les cartes de classifications produisent des cartes de changement entre l'état initial et l'état final. Les images d'entrée peuvent être mono-bande de différents types de formats d'images.

La différence est calculée en faisant la soustraction entre l'image de l'état final et celle de l'état initial (c'est-à-dire final-initial), et les classes sont définies par changement seuils. Un changement positif identifie les pixels qui sont devenus plus lumineux, alors qu'un changement négatif identifie les pixels qui sont devenus moins lumineux.

2.6. Cartographie par ArGis 10.2.1

La cartographie englobe un grand nombre de notions, et joue un rôle spécial dans les SIG. Elle présente des regroupements logiques d'informations géographiques sous forme de couches. Ce qui nous a conduits d'effectuer les opérations suivantes :

- Extraction des classes de chaque carte de classification et de changement réalisée sous ENVI.
- Création d'un fichier pour stocker les informations sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie.
- Transféré les différentes couches extraites d'ENVI vers ArGis 10.1, d'une part, sous forme vecteur (shapefile) pour les différentes classes. D'autre part, sous forme rasterpour les compositions colorées (Géotiff).

- La mise en page afin d'organiser les éléments cartographiques (bloc de données, barre d'échelle, légende … etc.) pour l'impression de la carte.

Chapitre III. Résultats et discussions

1. Cartographie de l'occupation du sol

Avant de réaliser cette cartographie, on fait une vérification de classification parla matrice de confusion. Le tableau 11 illustre les matrices de confusion des années 1976,1987, 2007et 2009 (Annexe A), où on obtient une précision moyenne de **97.39**, avec un indice de Kappa moyenne de **0.95**.

Tab .12 : Tableau récapitulatif de la précision des classifications de la région de l'Oued Righ

Classification	Précision globale	Indice de kappa
1976	97.16%	0.95
1987	97.64%	0.96
2007	97.40%	0.96
2014	97.38%	0.96

Des informations sur les pourcentages d'occupation de chaque classe par rapport à la surface globale sont possibles à extraireà partir des matrices d'échange ou bien les matrices de confusion.

Les cartes suivantes montrent l'occupation de sol dans les différentes dates

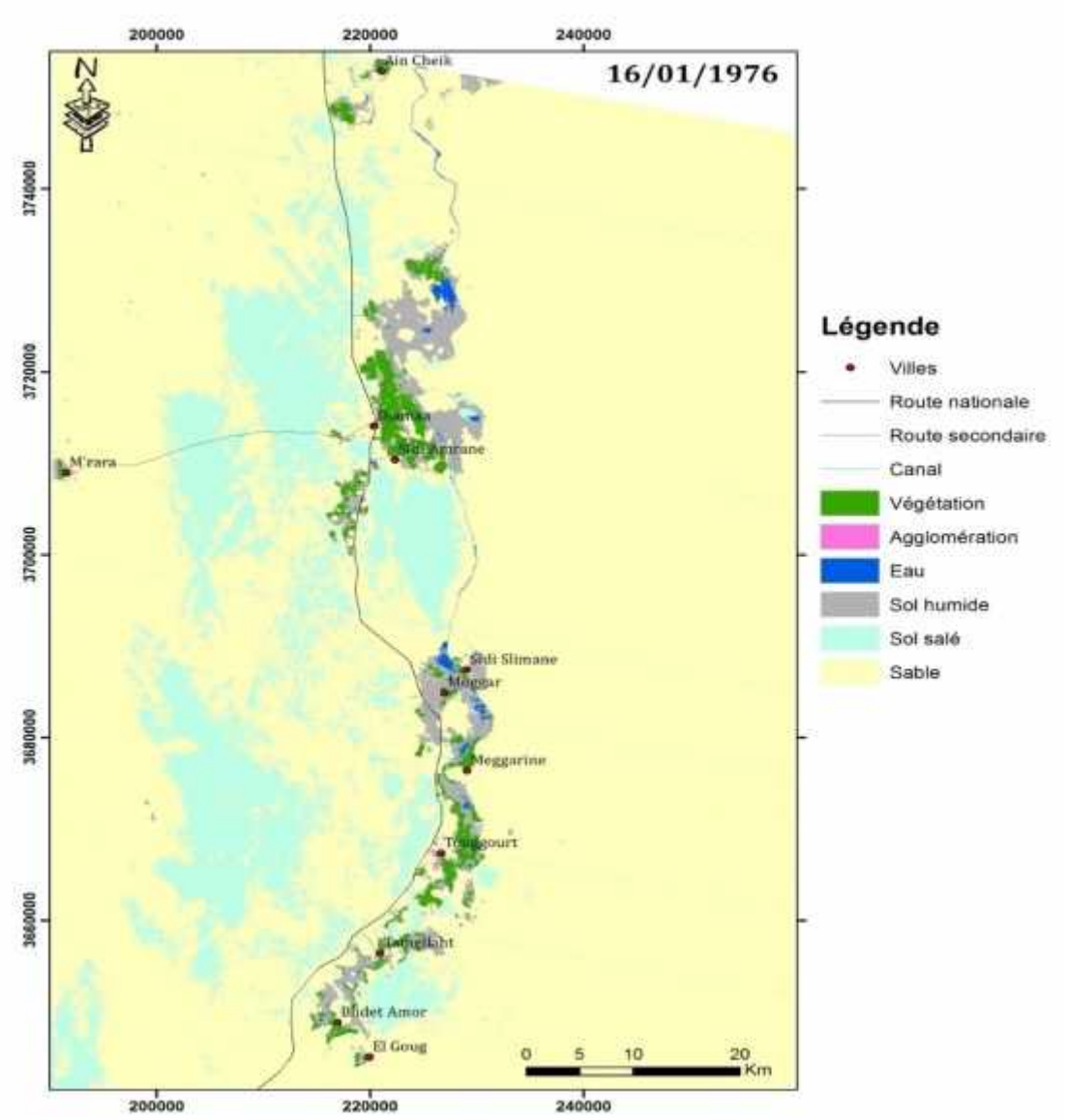


Fig .20 : *Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 1976.*

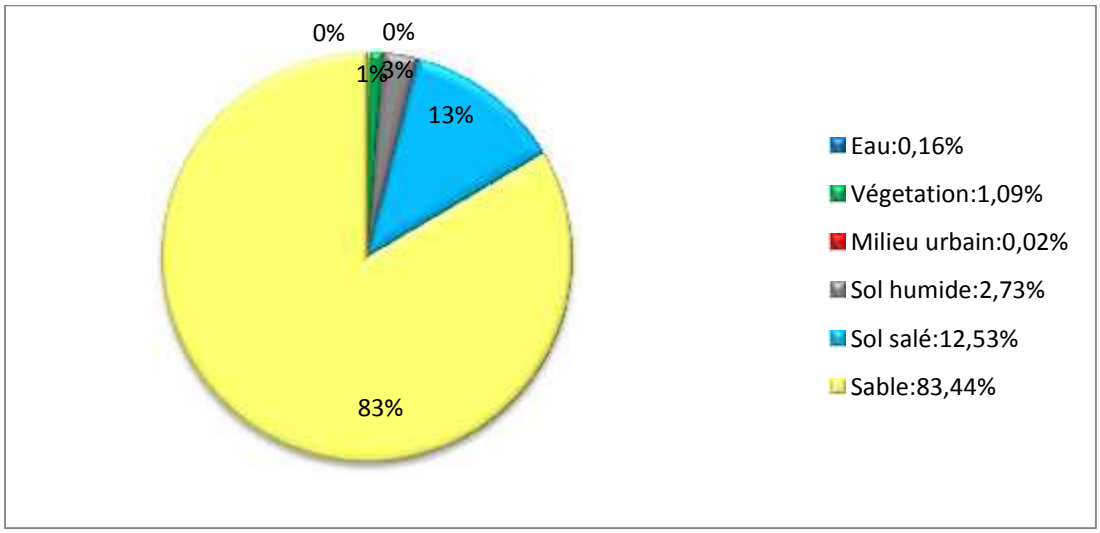


Fig.21 :*Pourcentage d'occupation des sols en 1976*

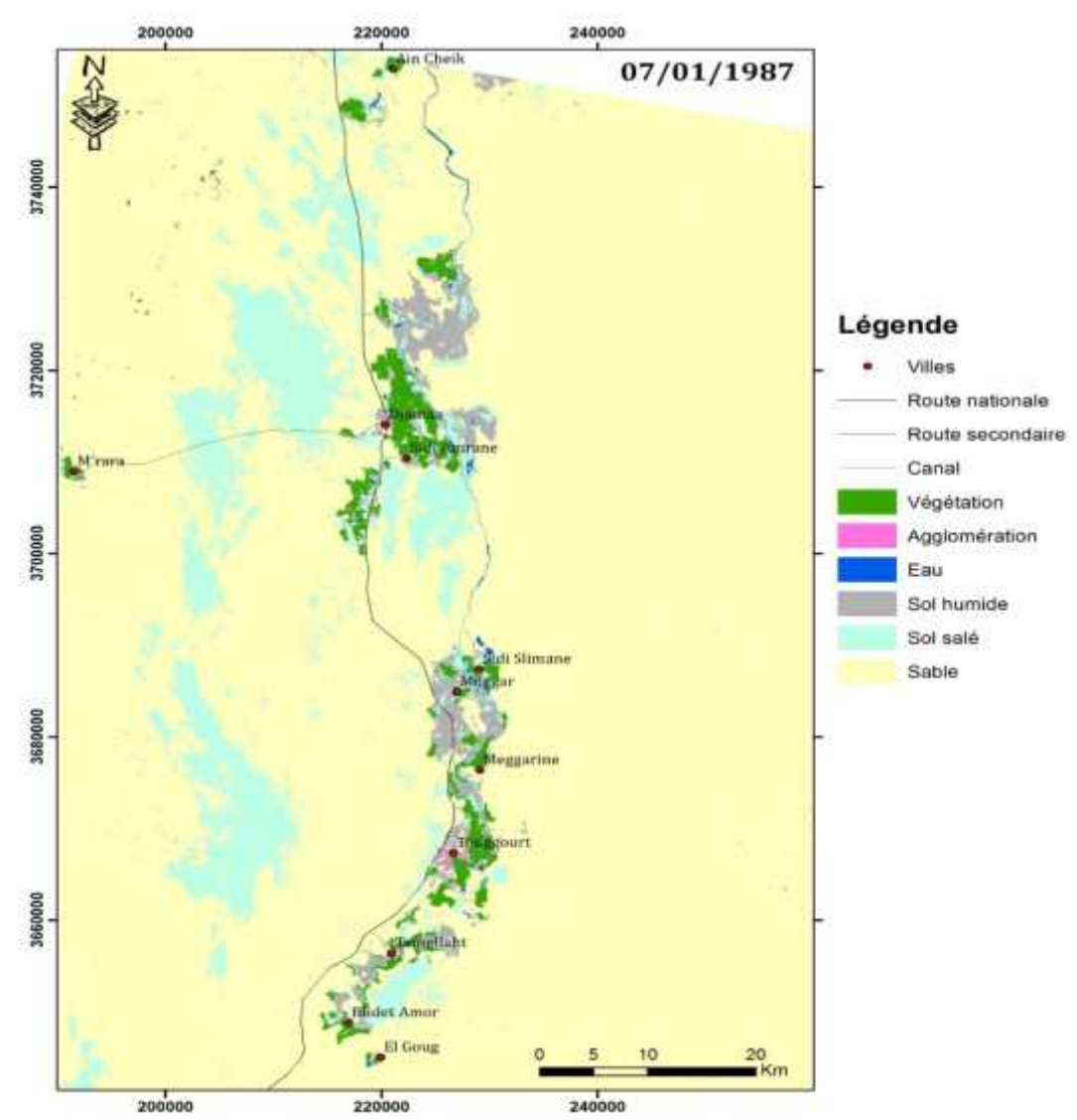


Fig.22:*Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 1987*

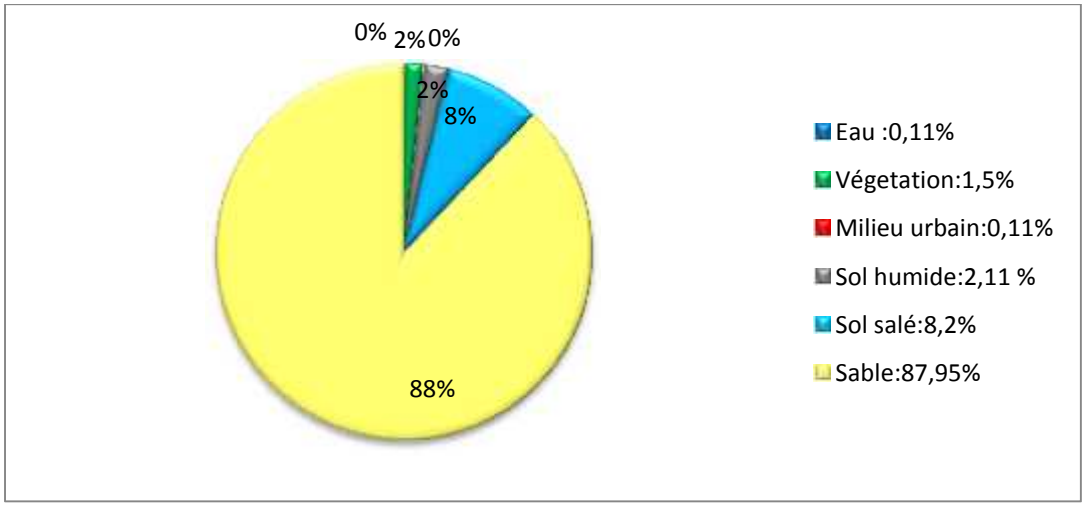


Fig.23*: Pourcentage d'occupation des sols en 1987*

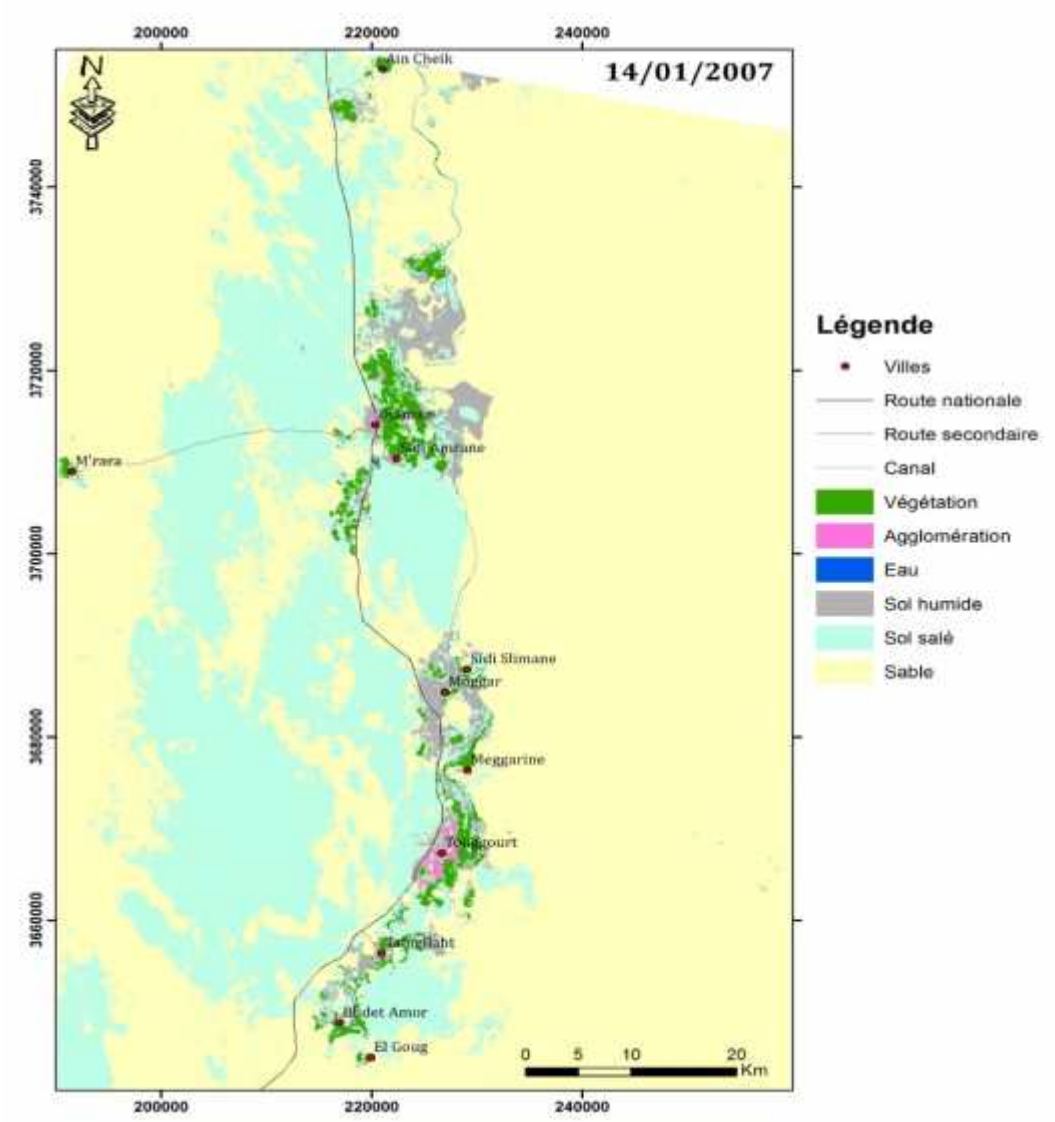


Fig.24: *Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2007*

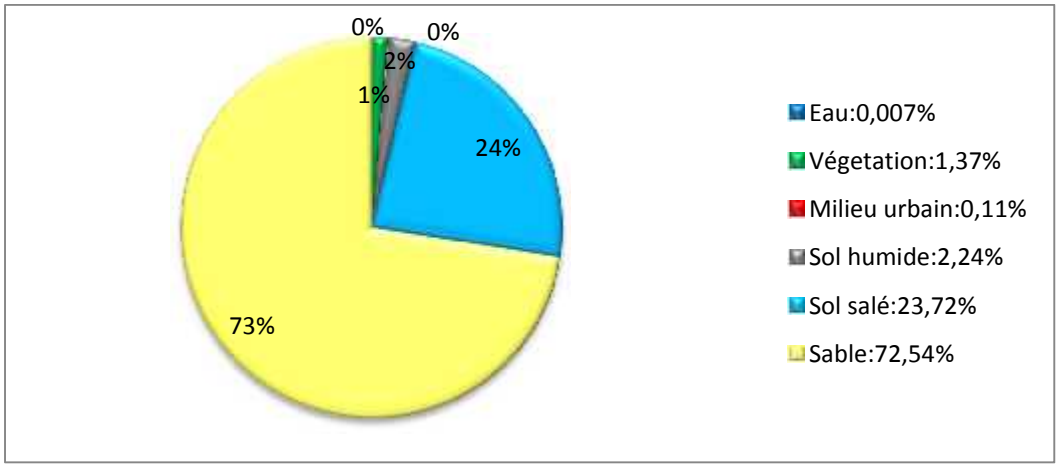


Fig.25: *Pourcentage d'occupation des sols 2007.*

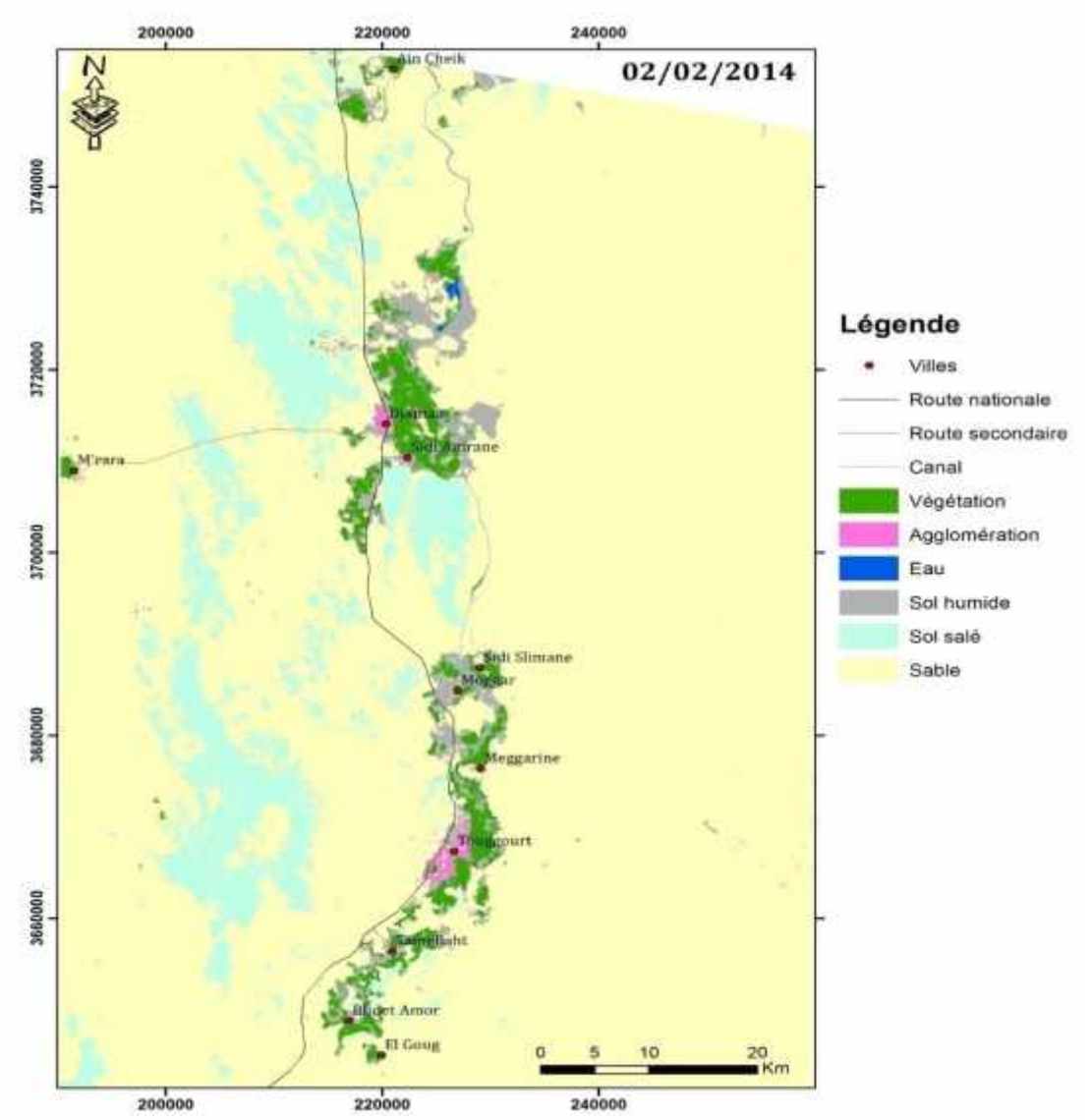


Fig.26 :*Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2014*

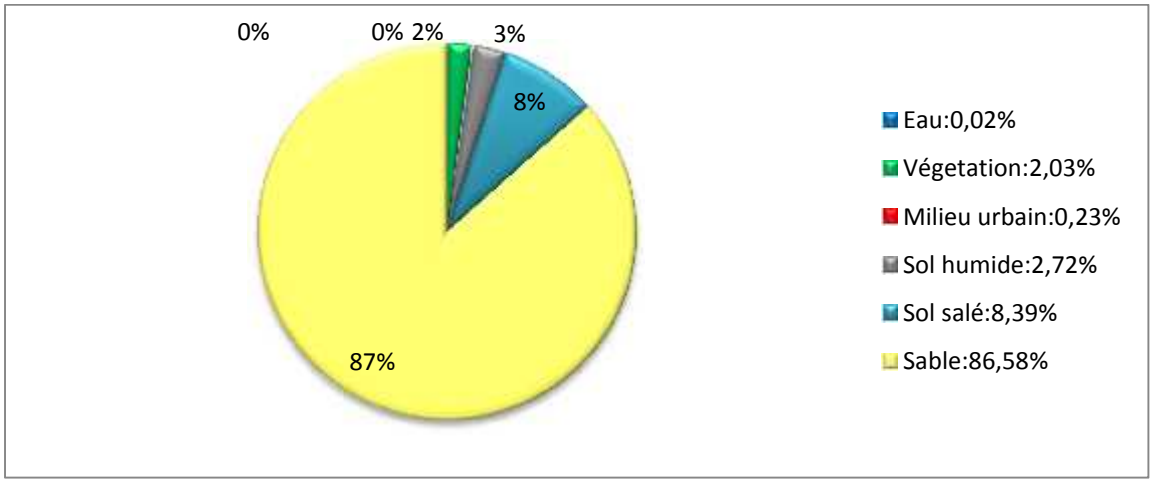


Fig.27: *Pourcentage d'occupation des sols 2014*

D'après les cartes de classification et les tableaux de pourcentage, on remarque des changements notables entres les pourcentages classes d'une année par rapport à l'autre avec une abondance permanent de pourcentage de sable avec une moyenne de **82.5 %** est ça c'est très claire dans les cartes ou le couleur jaune est très dominante.

Les classes des eaux et de la végétation représentent les plus faibles pourcentages de surface globale dans la zone d'étude de moyen de **0,074 %** et **1,49 %** respectivement. La classe des sols salés est la plus importante hors la classe de sable de moyenne de **13,21%** de surface globale, le pourcentage maximal de sol salé remarqué dans l'année **2007 (23,72 %).**

La classe des sols humides a un pourcentage moyen de **2,45 %.**

2. Etude de changement

Afin d'étudier l'évolution de changement de différentes classes en général, et les deux classes végétation et tissue urbain (agglomération) spécialement entre les quatre dates (1976, 1987, 2007, 2014) on a utilisé les trois intervalles 1976-1987, 1987-2007 et 2007-2014.Puis l'intervalle de changement entre les quatre dates précédentes qui permet la comparaison entre les trois couples de changement précédentes.

2.1. Changement interclasses

a) Entre les années (1976-1987) :

L'évolution de différentes classes, entrel'année initiale et l'année finale (Figure 28), montre :

- L'eau occupe **1264,14 Ha** soit **0,16%** de la superficie globale en **1976**. Cette dernière a diminué dans les années **1987** à**0,11 %** et a laissé la place au sol humide. Cette perte d'eau est liée généralement auxfacteursessentiellement climatiques**(Djidel et al, 2013).**
- D'autre coté, la surface sol humide a diminué de**2.73%** de la superficie globale en **1976**à **2,11%** en **1987**.
- La surface de Sol salé diminue aussi dans cette période d'une superficie de 98473,05Ha soit **12,53%** de la surface globale en **1976** à **8,2%** en **1987**.

Cette diminution des surfaces du sol salé se convertit vers le sable(**49019,5 Ha**), cela est expliqué par l'action de vent qui a érodé cette surface de sel

Par contre les classes d'eau sol salé et sol humide une progression notable a été remarquée dans les classes de la végétation, milieu urbain et sable :

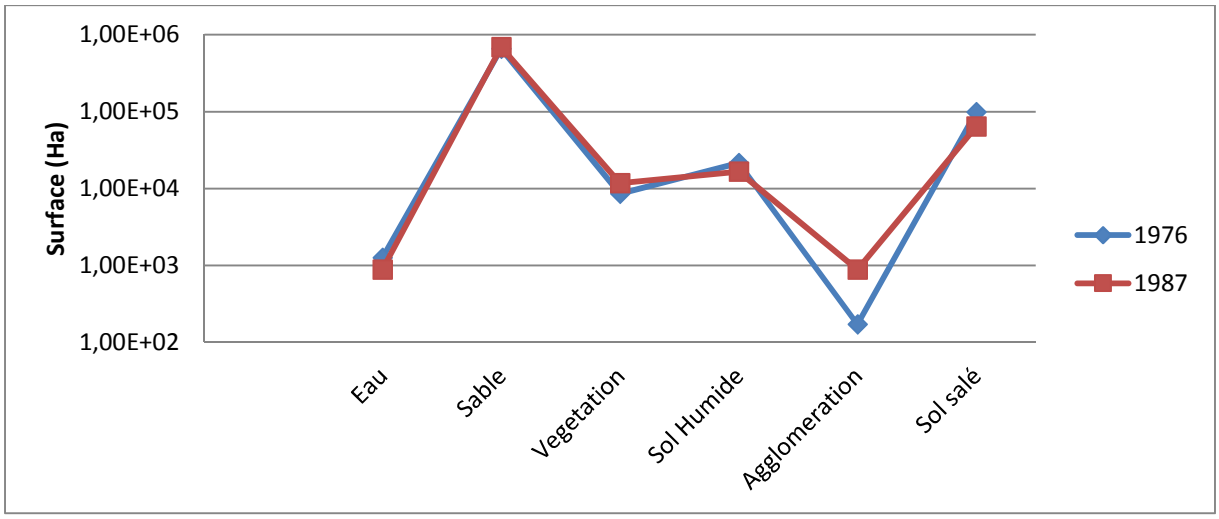


Fig.28 : *Evolution de l'occupation du sol entre 1976 et 1987*

b)Entre les années(1987-2007)

Cette période représente une progression des surfaces des classes de solhumide et sol salé au détriment des espaces des autres classes :

- Le Sol humide occupe une superficie de **16541,46 Ha** soit **2,11%** de la superficie globale en **1987**. Ce dernier a augmenté en **2007** soit à **2.24%** d'après ce qu'on remarque sur la figure 29.

Ce changement est lié à la fluctuation du niveau piézométrique de la nappe phréatique influencée surtout par l'utilisation des eaux de nappes profondes (du complexe terminal (CT) et du continental intercalaire (CI) dans l'irrigation.

- Le Sol salé occupe une superficie de **64340,91 Ha** soit **8.20%** de la superficie globale en **1987**. Ce dernier a connu une grande augmentation en **2007** à **23.72%**

engendré par l'effet de la température et l'évaporation intensefavorisant une cristallisation des sels formant des efflorescences salifères blanchâtres à la surface du sol.

- L'eau aussi a changé de **885,87 Ha** soit **0,11%** de la superficie globale l'eau, à une surface de **56,34** Ha dans l'année **2007** (**0.007 %** de la superficie globale). Ca peut être justifié par les conditions climatiques déficitaires de période **(Djidel et al, 2013)**

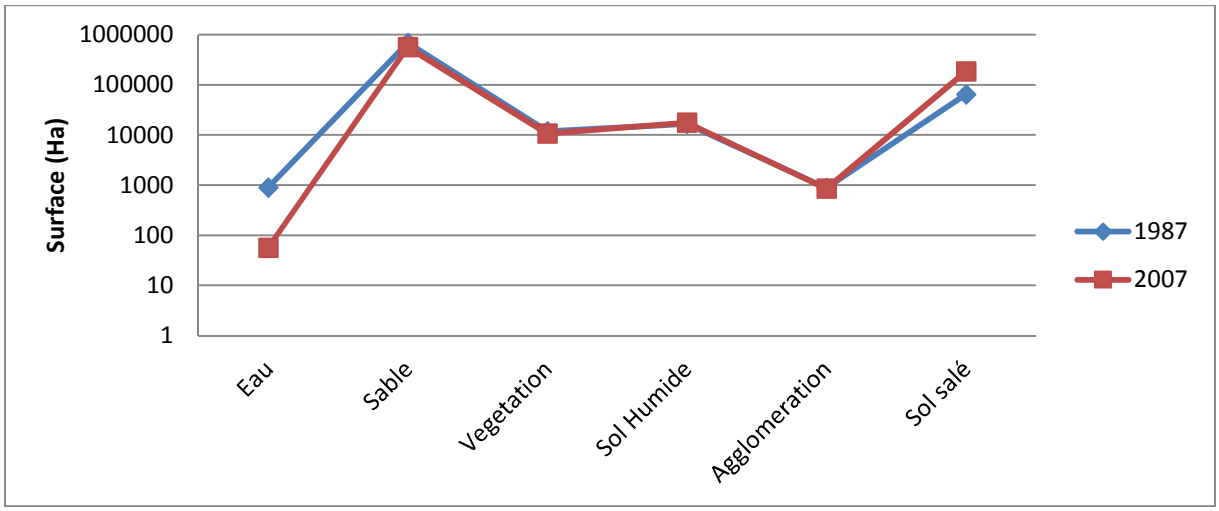


Fig.29: *Evolutionde l'occupation du sol entre 1987 et 2007*

c) Entre les dates 2007-2014

La seule diminution remarquée dans cette période est celle de sol salé (Figure 30). D'après la matrice des changements, cette perte est attribuéed'une manière générale des aux sols nus (sable) et les Sols humides dans l'année **2014** (**109547,01 Ha** et **6746,13 Ha**respectivement).

Pou les autres classes on peut signaler que :

- L'eau qui occupe en **2007** une superficie de **56,34 Ha,**a augmenté pour atteindre**194,22 Ha** de la surface globale en **2014** de pourcentage.

Cette augmentation est due essentiellement à l'accroissement du nombre de forages ce qui a encouragé le développement des projets d'agriculture intensive, ce qui a conduit à un surplus d'eau d'irrigation qui s'accumule dans les zones basses constituant ainsi des petits lacs

- Le Sol humide aussi a augmenté dans ce période, cette classe occupe une superficie de **17536,05** Ha soit **2,24%** de la superficie globale en**2007**. Cette dernière a augmenté dans la période 2007-2014 à une surface de **21359,79 Ha** (**2.72%**de la surface global) (figure 30).

La matrice des changements montre que la majorité d'extension de surfaces humides entre l'année **2007** et **2014**occupe les espaces de sol salé: **6746,13 Ha** et de sable : **2873,07 Ha** respectivement.Ce changement d'occupation est justifié par les changements climatiques (augmentation de précipitation e dans la période et diminution dans les vents et température)

a incité à l'affleurement de nappe phréatiques et l'utilisation intensive des nappes profondes (du complexe terminal (CT) et du continental intercalaire (CI) du grand système aquifère du Sahara septentrional). Et L'évolution inverse de sol humide avec le sol salé a cause du phénomène dissolution précipitation des cristaux de sel **(Berné, 1978).**

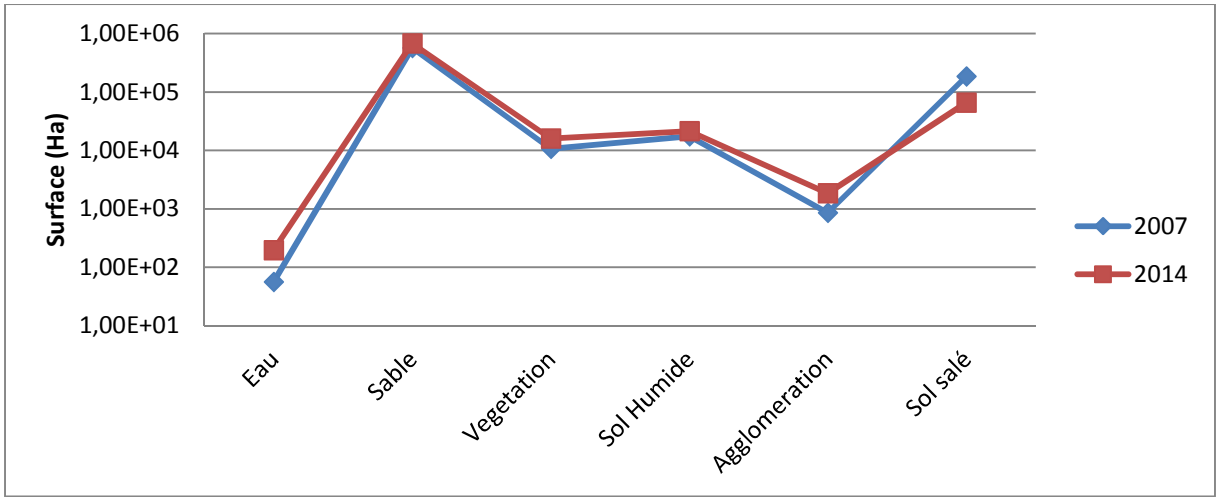


Fig.30 : *Evolution de l'occupation du sol entre 2007 et 2014*

2.2. Répartition des changements de végétation et tissue urbaine dans la zone

Après cette quantification des changements de surfaces quatre classes citées précédemment,

il est préférable d'avoir une idée détaillée sur le changement et la répartition spatiale sur terrain de deux autres classes qui font l'objet de cette étude ; la végétation et le tissue urbain (agglomération), et tout ça afin de bien localiser les endroits affectés par ce changement.

a) Entre les dates 1976-1987

La figure 31 montre la dynamique des échanges de surface entre ces deux classes et les autres classes d'où on peut déduire :

- la Végétation occupe une superficie de **8575,38** Ha soit 1,1% de la superficie globale en **1976**. Augmentéede**1,5 %** en **1987**, la Végétation est due essentiellement aux projets agricoles dans la région d'Oued Righen visant l'exploitation des certains sols humides, le total devient **2944,53 Ha** de végétation en **1987**.
- La tissue urbaine occupe **170,91 Ha** soit **0,02%** de la superficie globale en **1976** le milieu urbain présente une augmentation de **710,28 Ha** à **1987** pour atteindre**0,11 %** de la superficie globale de la région. Avec peu de détail on a :

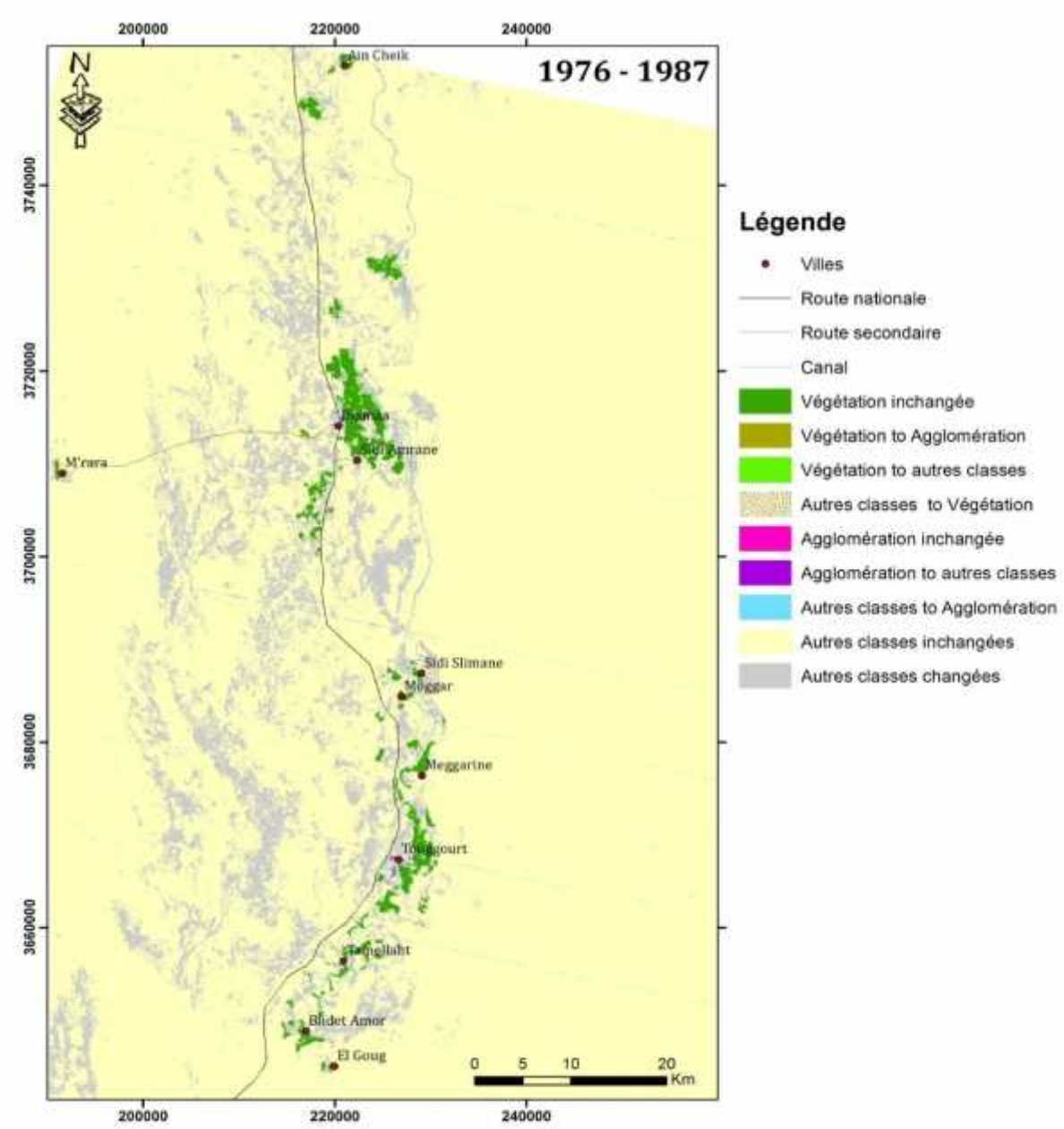


Fig.31:*Carte de Répartition des changements de végétation et tissue urbaine (1976-1987)*

- La végétation inchangée **: 8368,38 ha,**localisée au centre de la zone d'étude où elles se trouvent prés des concentrations urbaines de BelidetAmor, Touggourt, Djamaa et Sidi Slimane et allant le long du canal.
- Surface de végétation gagnée : **348,75 ha.**
- Perte de Végétation : **206,46 ha**.
- Agglomération inchangé : **927900 ha** présente les grandes agglomérations surtout Touggourt et Djamaa.

- Surface d'agglomération gagnée : **788,40 Ha**, présente l'extension des zones urbaines surtout au niveau Touggourt et Djamaa.
- Surface de tissue urbaine perdue:**78,12 Ha.**

Pour avoir une idée sur l'influence de couvert végétal et le tissue urbaine sur les zones humides dans la région, on a comparé l'évolution de ces deux classes avec les deux classes majeures des zones humides : eau et sol humide (figure 32).

L'histogramme ne montre pas une relation directe entre le couvert végétal, la tissure urbaine et la zone humide, mais il reflète beaucoup plus l'effet des conditions climatiques sur l'évolution des zones humide. Par ailleurs cette influence peut apparaitre au niveau chott Merouane qui représente l'exutoire des eaux de drainage de la région.

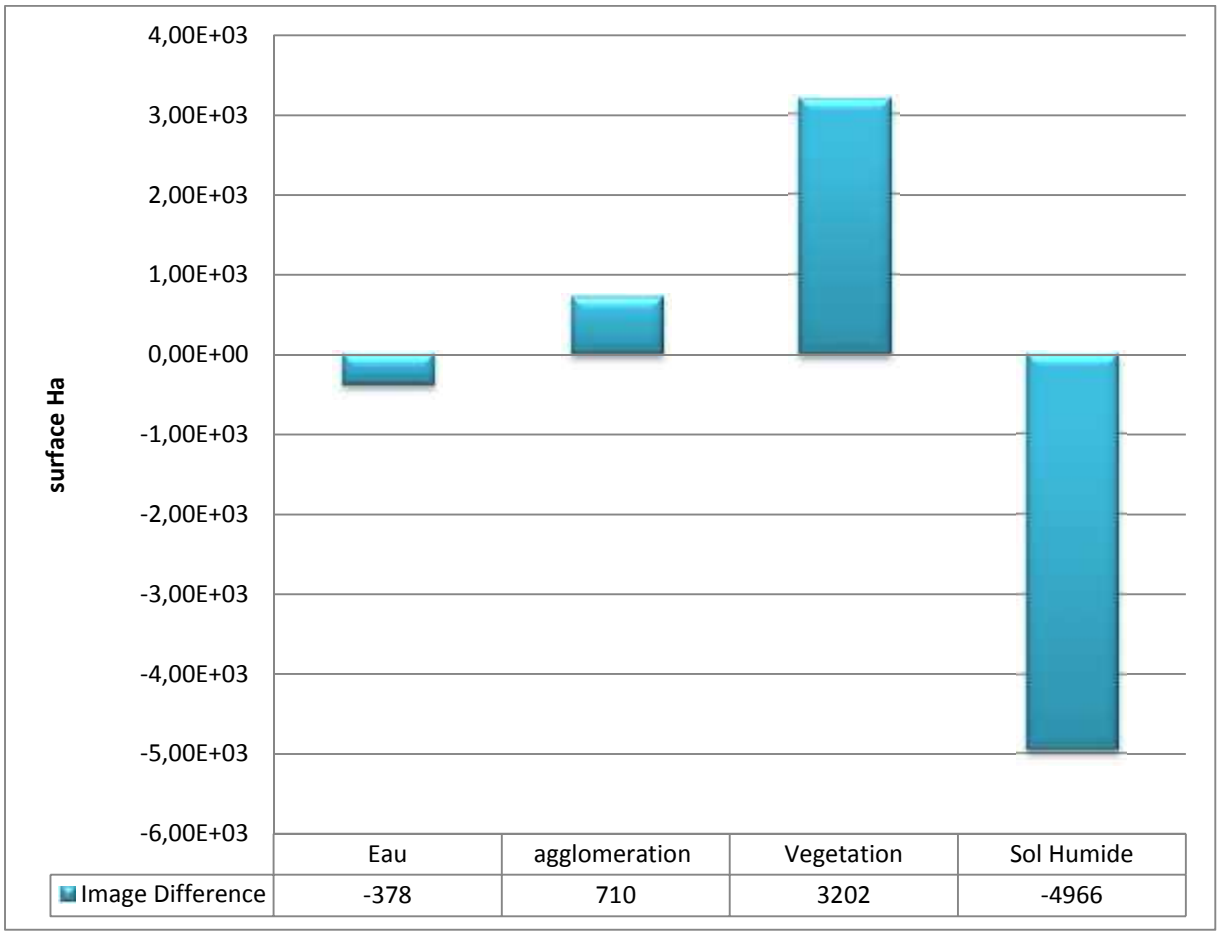


Fig.32 : *Dynamique des surfaces humides entre 1976 et 1987*

b) Entre les dates (1987-2007)

- La végétation occupe une surface de **11777,13** Ha soit **1.5%** de la superficie globale en **1987**. Mais elle a connue une faible diminution dans l'année **2007**à**10746,03** Ha (**1.38%** de la superficie globale).

Cette faible diminution et justifié par la disparition et la récolte de quelques périmètres irrigués. Et la mort de végétation des types des algues qui disparue avec la disparition d'espace d'eau.

- Le Milieu urbain occupe une superficie de **881,19** Ha soit **0,11%** de la superficie globale en **1987**. En **2007** cette classe reste presque stable avec une très faible diminution à **855,45 Ha** (**0,109%** de surface globale en **2007**)

La dynamique des surfaces humides (figure 33) ne montre pas toujours l'influence du couvert végétal et la tissue urbaine sur les deux classes liées à l'eau (eau et sol humide). Toutefois l'effet du climat et surtout la température apparait clairement où on peut remarquer la transformation des surfaces d'eau en sol humide sous l'effet de la température.

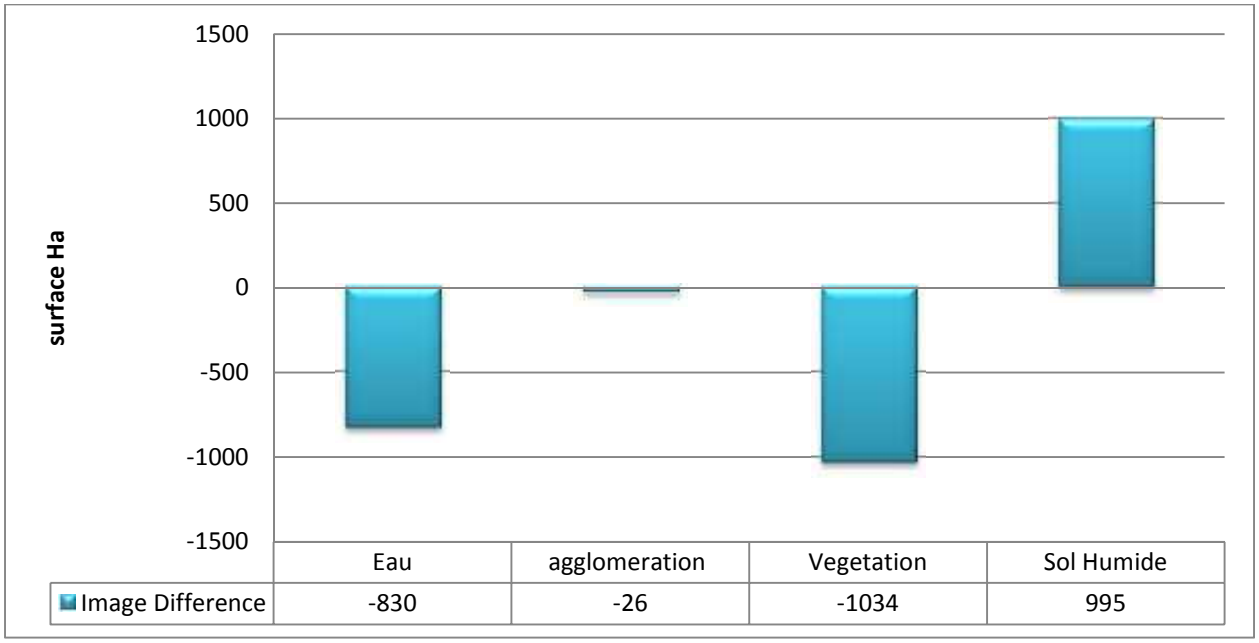


Fig.33 : *Dynamique des surfaces humides entre 1987 et 2007*

Le détail de dynamique de changement du couvert végétal et tissue urbain est montré sure la carte (figure 34) et présenté dans le tableau 13 :

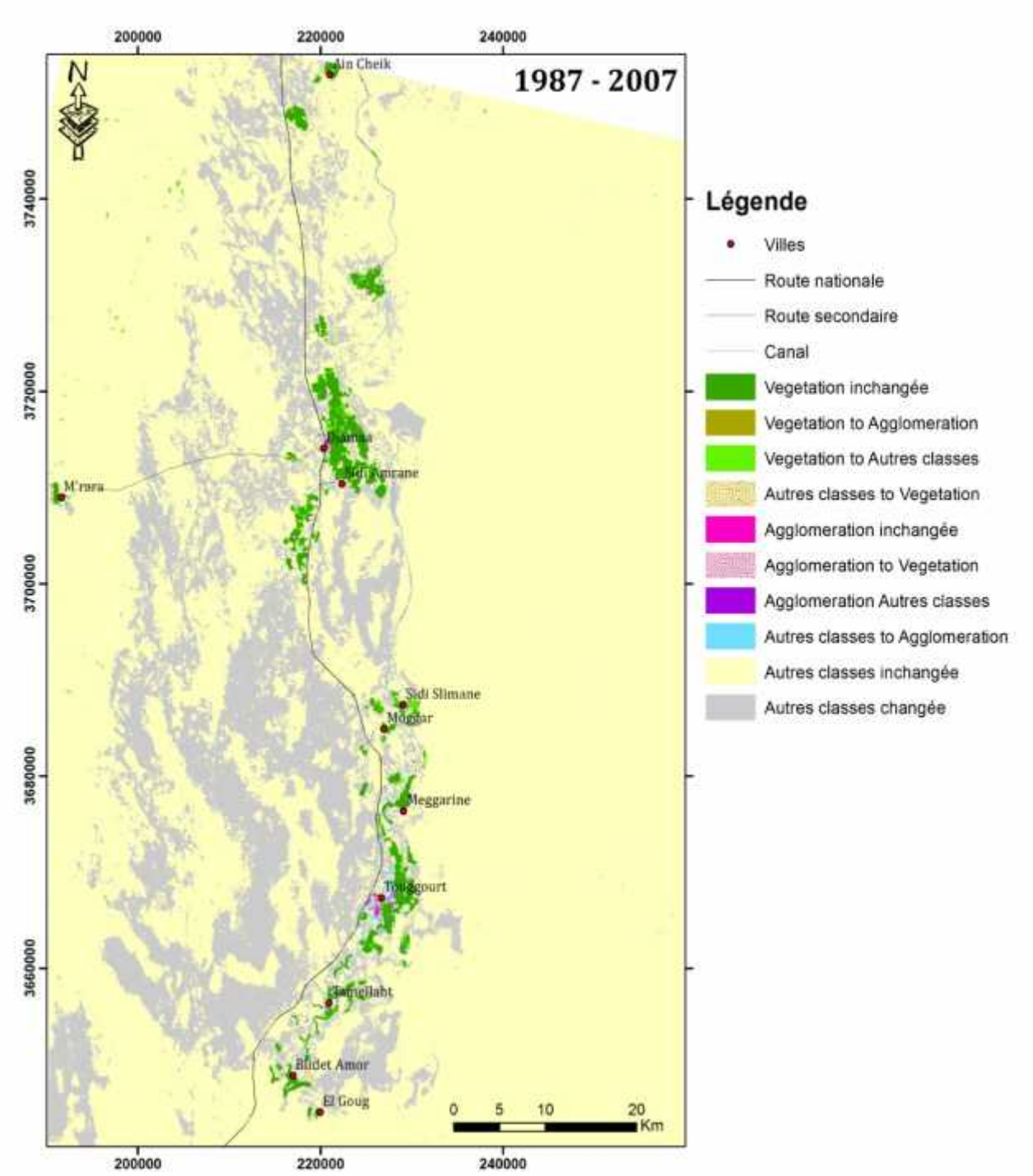


Fig.34 : *Carte de Répartition des changements de végétation et tissue urbaine (1987-2007)*

Tab.13 *: Tableau de dynamique changement de couvert végétal et tissue urbaine (1987-2007)*

1987-2007	inchangé	Gain	Perte
Végétation	9167,31 Ha	1569,24 Ha	2468,25 Ha
Agglomération	257,13 Ha	598,14 Ha	613,17 Ha

c) Entre les dates (2007-2014)

- La Végétation occupe une superficie de **10743,03 Ha** soit **1,73 %** de la superficie globale en **2007.**On remarque une augmentation dans cette classe à **159439,79 Ha** qui présente**2,03 %** de la surface globale.

L'augmentation de la surface de la Végétation est due essentiellement aux projets agricoles, qui occupent surtout la surface de sols humides

- Le Milieu urbain occupe une superficie de **855,45 Ha** soit **0,11%** de la superficie globale en **2007**. En **2014** l'agglomération présente un accroissement à **0,23%**avec une superficie de **1857,24 Ha**, expliqué par l'évolution des populations actuelles des toutes les villes de l'Oued Righ.

La dynamique des surfaces humides fait ressortir une relation entre les quatre classes. L'augmentation des deux classes (végétation et agglomération) est accompagnée par un gain dans la surface d'eau et de sol humide.

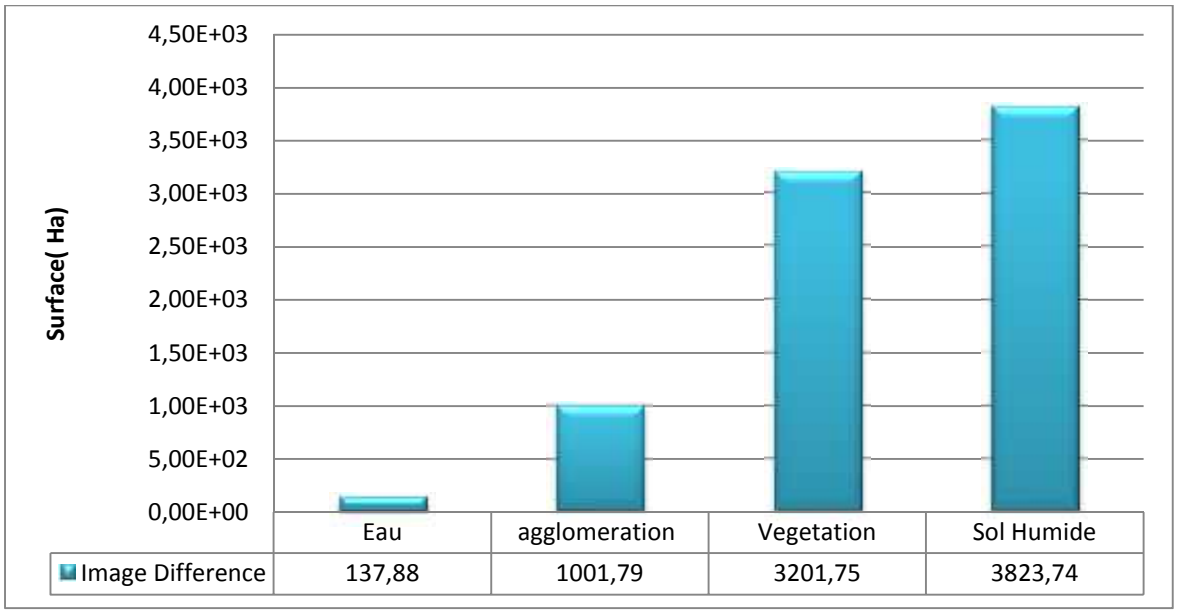


Fig.35: *Dynamique de surface humide entre 2007 et 2014*

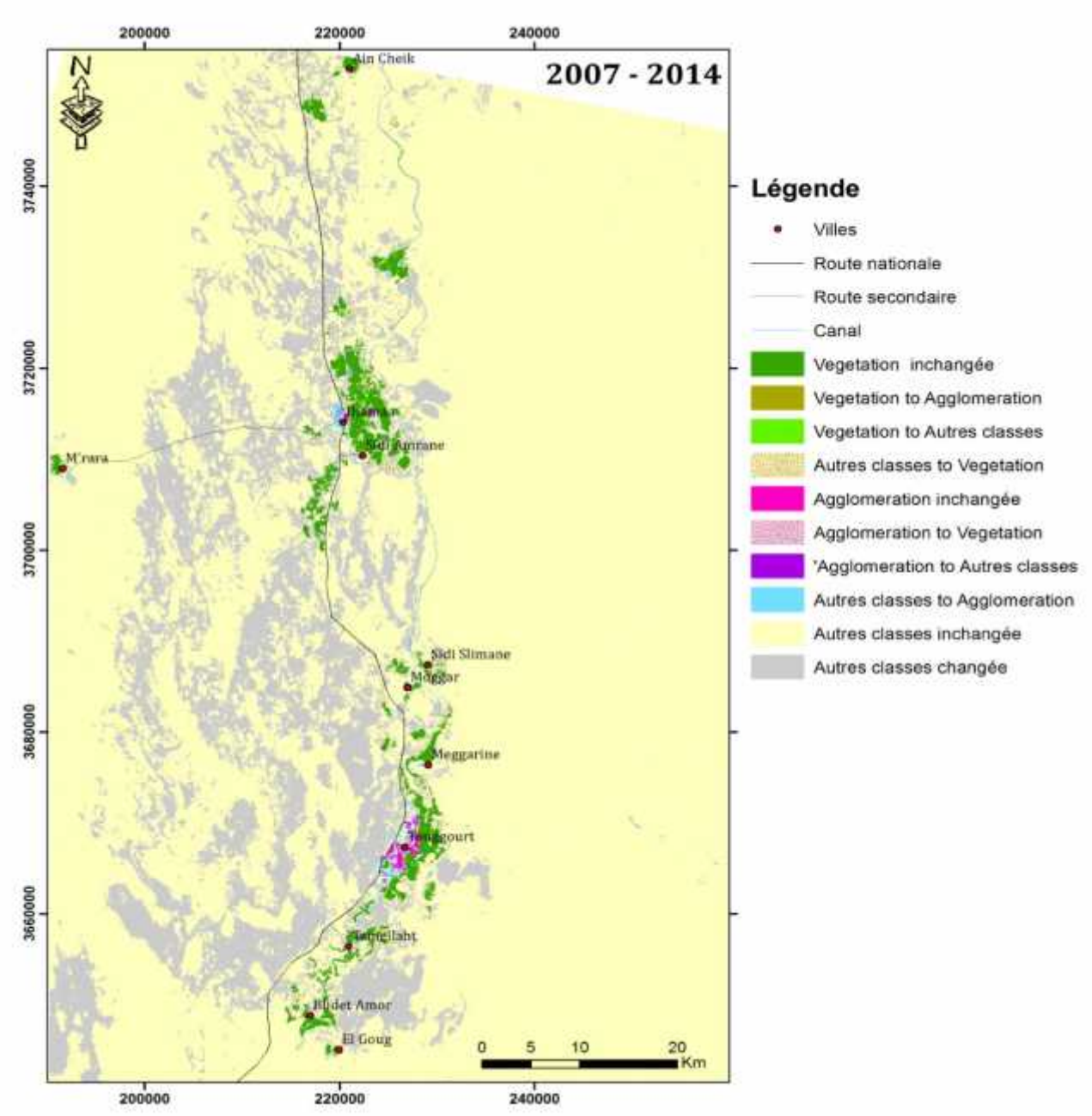


Fig.36:*Carte de Répartition des changements de végétation et tissue urbaine (2007-2014)*

Le tableau suivant résume les différents changements dans les deux classes ; végétation et tissue urbain

Tab.14* :Dynamique changement de tissue urbain et couvert végétal*

2007-2014	inchangé	Gain	Perte
Végétation	10443,87 Ha	5015,16Ha	297,54 Ha
Agglomération	656,37 Ha	1169,64 Ha	199,08 Ha

2.3. Cartes de changement de type (from–to) to (from-to) de végétation et tissue urbaine :

La présentation des 2 cartes de changement d'états de surfaces occupées par la végétation et le tissue urbain fait ressortir visuellement une nette évolution de ces deux classes entre (1976-1987) et (2007-2014), donc depuis 1976 jusqu'à 2014 sur la région de l'Oued Righ avec une progression du milieu urbain au détriment des espaces de sol nu (figure 37).

a) Entre (1976-1987)-(2007-2014)

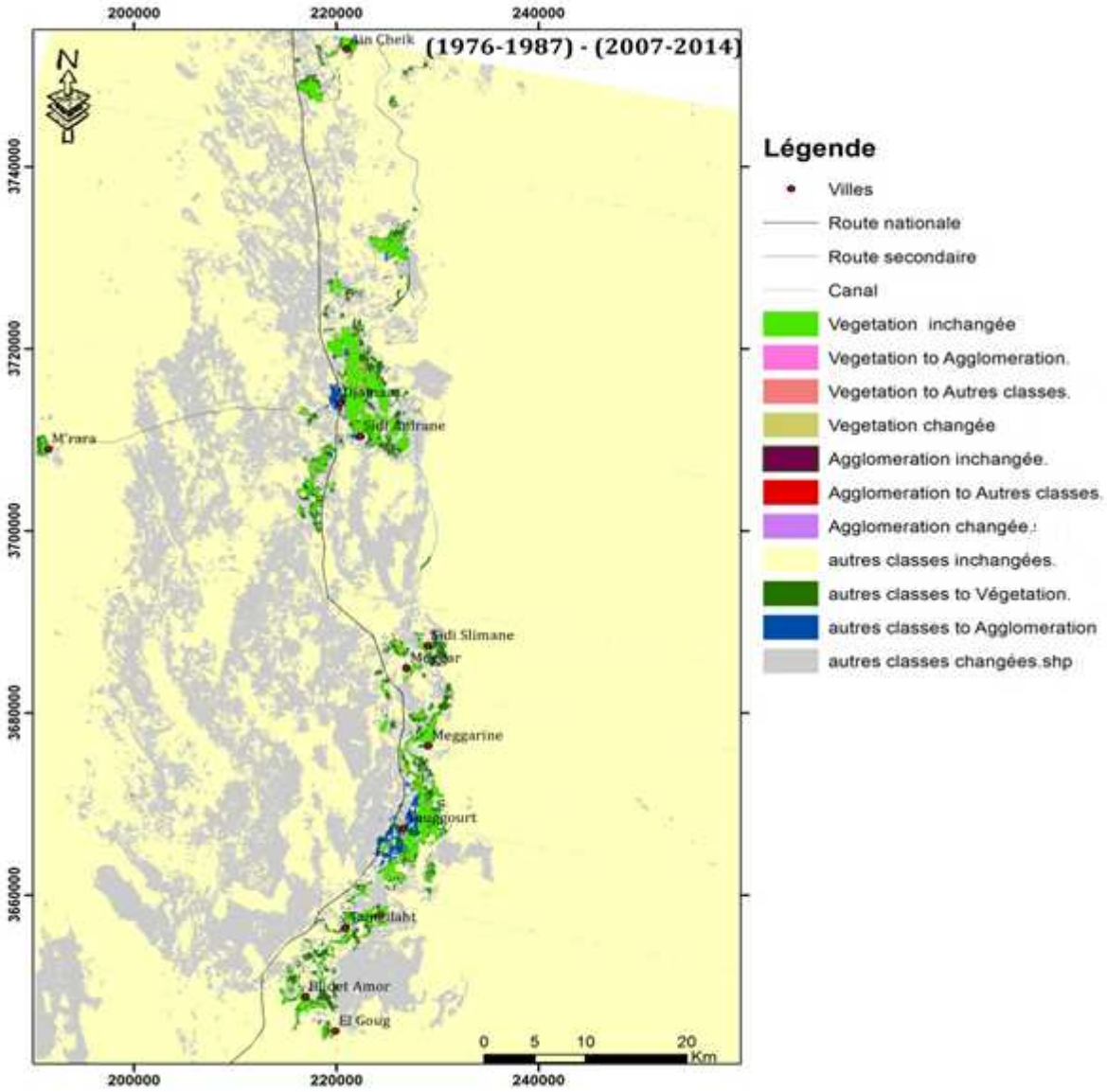


Fig. 37:*Carte de Répartition des changements de végétation et tissue urbaine entre (1976-1987) et (2007-2014)*

a) Surfaces inchangées :

- ***Végétation inchangé*** : augmenté au début de **8559,63 Ha** entre et 1976 et 1987 à **10736,55 Ha** entre 2007 et 2014, c'est généralement les oasis aux alentours des agglomérations. Le type de végétation dans la région de l'Oued Righ (les palmerait) prend cette stabilité(figure 38).
- ***Agglomération inchangé*** : de superficie de **92,25 Ha** dans la période (1976-1987) a augmenté à **680,13 Ha** en (2007-2014) (figure 38).

b) Gain de surface :

1- Végétation :

- ***agglomération to végétation :*** l'augmentation de végétation à la place d'agglomération est très rare à l'exclusivité dans la période (2007-2014) où on a un gain de **2,88 Ha**.
- ***autres classes to végétation :*** le changement des autres classes vers le végétationest de **3258,18 Ha** entre 1976 et 1987 et de **4824,99 Ha** dans la période (2007-2014).

2- Tissue urbain :

- ***Végétation to agglomération :*** représente l'extension des milieux urbains sur l'espace de végétation, généralement sur la végétation proche ou dans les villes ce changement occupe **3,24 Ha** dans la période de (1976-1987) et retrait à**0,27Ha**dans la période (2007-2014).
- ***autres classes to agglomération :*** Entre 1976 et 1987, la superficie changée vers l'agglomération est **605,07** Ha, elle croit dans la période (2007-2014) à **1157,76Ha**. Cela est justifié par l'évolution des populations dans les villes de l'Oued Righ.

c) perte de surface

1- Végétation :

- ***Végétation to agglomération :*** représente l'extension des milieux urbains sur l'espace de végétation, généralement sur la végétation qui très proche ou dans les villes a partir de matrice de changement ces changement occupe **3,24 Ha** dans la période de (1976-1987) et retrait à**0,27 Ha** dans la période (2007-2014)
- ***Végétation to autres classes :*** Avec superficie de **127,89 Ha** la période de (1976-1987) augmenté à **238,23 Ha** dans la période (2007-2014). cette class est une végétation occupé par un class de sole humide, sol salé, eau, ou bien sable.

2- Tissue urbain :

- ***Agglomération to végétation :*** ce changement est très, il existe seulement dans la période (2007-2014) avec une superficie de**2,88 Ha**.
- ***agglomération to autres classes :*** le changement d'agglomération vers les autres classes est de **71,46 Ha** dans la période de (1976-1987). Cette surface a connu une extension de**146,88 Ha** dans la période (2007-2014).

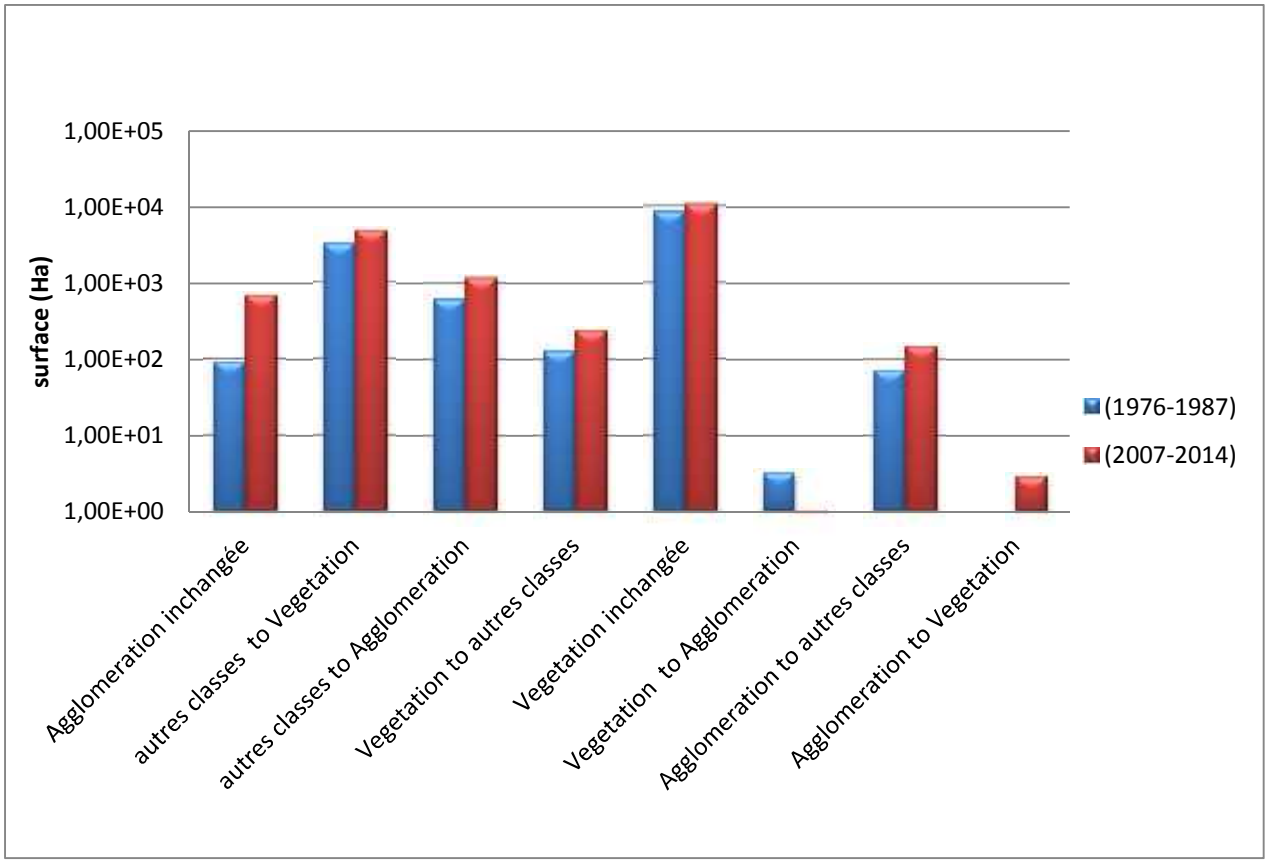


Fig.38 : *Evolution de changement de tissue urbaineet couvert végétal (1976-1987) et (2007-2014)*

Conclusion Générale

Notre étude cartographique et statistique a une objectif principal c'est de la mise en place d'une analyse diachronique de tissu urbain et couvert végétal et leur effet sure les surface humide de la région de l'Oued Righ entre 1976 et 2014. On a utilisé des images de la région de l'Oued Righ des années 1976, 1987, 2007 et 2014 issues du satellite Landsat 5, 7 et 8 afin de déterminer les formes et quantité des changements résultant de certains facteurs influant cet environnement.

à partir des résultats obtenus, on remarque des changements importants sur l'occupation du sol dans la région de l'Oued Righ dans trois périodes principales :

Dans la première période de ***« 1976 - 1987»,*** les surfaces du milieu urbain, végétation ont étés augmentés à 881,19 Ha, 11777,13 Ha respectivement. Par contre les surfaces d'eau, du sol salé, et du sol humide ont étés diminués respectivement à 885,87 km2, 64340,91 Ha et à 16541,46 Ha.

Dans la deuxième période de ***« 1987-2007 »*** on a obtenu à partir des résultats que les surfaces du sol salé et du sol humide ont augmenté respectivement à 18571,57 Ha et à 17536,05 Ha. Par contre la surface d'eau, végétation, de sable et le milieu urbain ont étés diminués a 563,4 Ha, 10743,03 Ha, 567878,04 Ha, et à 855,45Ha respectivement.

Dans le troisième intervalle de ***« 2007-2014 »*** les surface des : milieu urbain, végétation, ont étés augmentés parallèlement avec les classes d' eau, sol humide, sable respectivement à 1857,24 Ha, 15943,03 Ha, Par contre, la surface du sol salé humide a été diminuée à 65832,21 km2.

Les facteurs qui ont influé sur cette région durant la période étudiée sont :

- Les facteurs climatiques sévères d'un bilan hydro-climatologique constamment déficitaire.
- La croissance démographique et l'extension urbaine engendre des besoins socio-économiques énormes afin de satisfaire les besoins dans un climat hyperaride.
- La surexploitation des nappes profondes utilisée pour l'irrigation qui a causé une suralimentation de la nappe phréatique et conduit à une remontée flagrante de son niveau statique.

- La sous-évacuation du surplus d'eau par le réseau de drainage et le réseau d'assainissement.

A fin de mieux gérer les zones humides de la région de l'Oued Righ, on recommande :

- Contrôle de l'évolution du niveau et de la qualité de la nappe.
- Gestion rationnelle de la ressource en eau.

Ce travail doit être suivi des études approfondis sur l'évolution de ces zones humides et les facteurs qui entre en jeux avec l'utilisation des images satellitaires de très haute résolution (Ikonos, Quickbird, Alsat …).

Références bibliographiques

- **ABHS, 2006.**Agence Nationale des ressources Hydrauliques, étude sur la vallée de L'Oued Righ, 120
- **ANONYME, 2004.**Nouvelle nomenclature du programme FNDRA .Rapport technique.
- **ANRH. 2005.** Agence Nationale des ressources Hydrauliques, Les ressources en eaux dans la wilaya d'Ouargla. Rapport technique.
- **A.N.R.H, 2006.** Agence Nationale des ressources Hydrauliques, étude sur la vallée de l'Oued Righ, 120p.
- **AUBERT.G, 1960.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales INA, Alger Vol n° 1année 1976 pp 185-196.
- **BEN HAMIDA R. et TALBI E., 2004.**Bilan Hydrique et Chimique de la vallée d'Oued Righ. Mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique Saharienne. Université KASDI MERBAH Ouargla, 89 pages.
- **BERGUIGA N, et BEDOUI R., 2012**. Contribution à l'étude phytoédaphique des zones humides d'Oued Righ (cas de lac Merdjaja et chott Sidi Slimane). Thèse. Ing, Univ. Ouargla, p79.
- **BOUTALLEB A., 2010.** Contribution à l'étude de l'impact de l'aménagement hydro-agricole sur la dégradation de l'environnement hydro-édaphique à Oued Righ. Mém. Ing. Bio. Uni. Kasdi-Merbah Ouargla. 76P.
- **COTE M., 2002.** Méditerranée, revue géographique des pays méditerranés. CNRS. Cote d'Asur.17P.
- **Djidel Mohamed, Labar Sofiane, Medjani Fethi, Bouafia Imadeddine., 2013,** Etude des changements écologiques des zones humides en milieux désertiques en utilisant l'imagerie Landsat et le SIG. International Journal of Environnement & Water, Vol 2, Issue 5, pp. 81-87.
- **DERAI I. et SAYAH LEMBAREK M^{ed}., 2000.**Problématique du réseau d'AEP de la région de Touggourt. Mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en génie rural. Université de SAAD DAHLEB BLIDA, 66 pages.
- **DERRUAU, 1988.**Précis de Géomorphologie .livre 7^{e} ed. 533p.

- **DUBIEF.J, 1952 DUBOSTE .D 2002.** Ecologies, aménagements et développements agricole des oasis algériennes. Ed du : Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides. CRSTRA 423 p.

- **DUBOST D., 1991.** Ecologie, aménagement des oasis algérienne, Thèse Doctorat de Géographie, Université François Rebellais, Tours, 548P.

- **DUTIL.P, 1971.** Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara. Thèse doc. D'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg. 346p

- **FAURIE C. et FERRA C. et MEDORI P., 1980**– Ecologie. Ed. J.B. Baillière, Paris, 168p.

- **GOUSKOV N., 1964.** Notice explicative de la carte géologique de Biskra au 1/200000 .Publication de la série géologique .Algérie . 13p

- **HAMDI-AÏSSA B., 2001.** Le fonctionnement actuel et passé de sol du Nord Sahara (Cuvette de Ouargla). Thèse de Doctorat en pédologie. I.N.A Paris Grignon, 275p

- **KARPOFF R., 1952 un intinéraire géologique dans les sud de l'ahaggar (Sahara central).extr.C.R.S.de la Soc.géol.de France,no.10**

- **LACOSTE A et SALANON R., 2006.** Elément de biogéographie et d'écologie. Ed. Nathan. Paris, 318p.

- **Lambin, E.F., Turner II, B.L., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C., Xu, J., 2001**. Our emerging understanding of the causes of land-use and -cover change. Global Environ. Change, in press

- **NACERI M.A., (2012).**Application de la télédétection pour la classification des sols humides dans la région d'Ouargla mém.Ing.géo. Kasdi-Merbah Ouargla.80p

- **QUEZEL, 1958, cité par DUTIL 1971.** Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara. Thèse doc. D'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg. 346p

- **SAYAH L., 2008** étude hydraulique du canal Oued Righ détermination des caractéristiques hydrauliques. Mém.Mag. Kasdi-Merbah Ouargla.82p.

- **SOGETHA-SOGREAH, (1970).** participation à la mise en valeur de l'Oued-Righ. Rapport : étude agro-pédologique. Ed. Ministère travaux publics construction, servi. Ét. Sci., Algérie,

- **Thompson, Robert S. Katherine H. Anderson and Patrick J. Bartlein. 1999.** Atlas of Relations between Climatic Parameters and Distributions of Important Trees and Shrubs in North America. U.S. Geological Survey Professional Paper 1650 A&B

- **TOUTAIN.G (1979).** Eléments d'agronomie saharienne de la recherche au développement. Ed : INRA, Paris ,276p

- **Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. and Melillo, J.M. 1997**: Human domination of Earth's ecosystems. Science 277, 494–99.

Données :

1- **O.N.M**– Office National de la Météorologie, Synthèse de données climatiques. Service archives. Ouargla, Algérie.
* données climatiques (1974à 2013)

2- **O.N.S.,** (2008) –Annuaire statistique de l'Algérie, résultats.

Satellitaires :

Image satellitaire 1976, 1987, 2007 et 2014 **(Dr. DJIDEL Mohamed)**

- **http: www.google Earth.com / http: www.landsat.usgs.gov.com**

Résumé
La région de l'Oued Righ appartient à l'ensemble de bassin du bas Sahara situé au nord-est du Sahara algérien constituée par des milieux très particulières des vaste espace de sable et des affleurements dans les dépressions sous formes des zones humides (Oasis, Chotts et Sebkhas). Ces zones humides sont toujours menacées par différents facteurs naturel et surtout anthropique dégradant son environnement et menant à une augmentation du niveau statique et de la salinité influant directement sur l'écosystème oasien
Le travail présenté a pour but de suivre d'évolution des états de surfaces occupé par deux classe majeures qui ont un influence directe sur l' alimentation des eaux dans ces zones humides ; le couvert végétal et le tissu urbain.
Cette étude est basée sur l'évolution diachronique de la région de l'Oued Righ entre les années 1976,1987, 2007 et 2014, grâce à l'utilisation d'images satellitaires de Landsat 8,7et 5, les analyses statistiques et la cartographie des changements de détection des classifications de chaque année.
À partir des résultats obtenus il y avait des changements importants sur l'occupation du sol dans la région. Une progression générale du milieu urbain et végétation au détriment des espaces des sols humides et sols salés.
***Mots-clés :** cartographie, statistique, évolution diachronique, zone humide, couvert végétal, tissu urbain.*

Abstract
The Oued Righ region is part of the set of basin lower Sahara located in the south-east of Algerian Sahara *consisting of very particular systems of large space of sand and the outcrops in the depressions in the form of wetlands (Oasis, and Chotts Sebkhas). These wetlands are still threatened by various factors natural and especially the human, degrading the environment and leading to an increase in the static water level and salinity directly affecting the oasis ecosystem. This work objective is to follow the evolution of surface states of the vegetation and urban areas that affect directly the amount of water in these wetlands.*
Our study is based on the diachronic evolution of Oued Righ region between the years 1976,1987, 2007 and 2014, thanks to the use of Landsat satellite images7 and 5, statistical analysis and mapping classification and changes detection of each year.
From the results, there were significant changes in the occupation of land in the region concerned. An increase in urban areas and vegetation at the expense of areas of wetland and salty land
***Keywords**: cartography, statistics, diachronic evolution, wetland. Vegetation, urban areas.*

ملخص:

منطقة واد ريغ هي جزئ من تجمع حوض الصحراء المنخفضة تقع شمال شرق الصحراء الجزائرية تتكون من أوساط متميزة من مساحات رمل واسعة و بروزات على المنخفضات بشكل أراضي رطبة (واحات شطوط و سبخات) , هذه الراضي الرطبة لا تزال عرضة للتهديد بفعل مختلف العوامل الطبيعية و البشرية خصوصا تؤدي إلى تدهور البيئة و تسبب في ارتفاع المياه الجوفية و الملوحة المؤثرة على النظام البيئي.

الهدف من هذا العمل متابعة تطورات سطح قسمين مهمين يؤثران مباشرة على موارد المياه في الأراضي الرطبة : **الغطاء** النباتي و النسيج العمراني.

وتستند هذه الدراسة على التسلسل الزمني لمنطقة واد ريغ بين السنوات 1976**و** 1987**و** 2007 **و**2014 **,و ذلك بفضل** استخدام صور الأقمار الصناعية لاندسات 8, 7 **و**5 , التحليل الإحصائي ورسم خرائط التغيرات لكل سنة .

من النتائج المتحصل عليها كانت هناك تغيرات كبيرة في المنطقة , من زيادة المناطق الحضرية و **النباتات على حساب الأراضي** الرطبة والأراضي المالحة تحت تأثير العوامل المناخية و السكان و النمو الحضري و سوء إدارة مياه الشرب مياه الري **و الصرف**

الكلمات الرئيسية: رسم الخرائط , الإحصائيات , التطور الزمني , مكونات الأرض , الأراضي الرطبة , الغطاء النباتي**,** النسيج العمراني , واد ريغ , الجزائر.