
Table des matières

LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES ACRONYMES	9
INTRODUCTION GENERALE	10
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STEPPE ALGERIENNE	13
I. Introduction	13
I.1 - Délimitation des zones steppiques.....	13
I.1.1 - Bordure sub-steppique.....	13
I.1.2 - Région steppique proprement dite	13
I.1.3 - Région steppique présaharienne.....	14
I.2 - Milieu physique	14
I.2.1 - Climat	14
I.2.1.1 - Pluviométrie	14
I.2.1.2 - Température	15
I.2.1.3 - Autres facteurs climatiques.....	15
I.2.2 - Hydrographie et ressources hydriques	16
I.2.3 - Nature des sols	16
I.2.4 - Végétation steppique naturelle	17
I.2.4.1 - Steppes à graminées :	17
I.2.4.2 - Steppes à chaméphytes :.....	18
I.2.4.3 - Steppes à psamophytes :	18
I.2.4.4 - Steppes à halophytes :	18
I.2.4.5 - Steppes secondaires.....	18
I.2.4.6 - Steppes dégradées	19
I.2.4.7 - Terres cultivées	19

I.3 - Etat de la steppe	19
I.4 - Occupation des terres et ressources fourragères.....	20
I.5 - Systèmes de production	20
I.6 - Cause de déséquilibre	21
I.6.1 - Causes naturelles.....	21
I.6.2 - Problème de salinité des sols	22
I.6.3 - Causes anthropozoïques	23
I.6.4 - Evolution de la population steppique.....	24
I.6.5 - Surpâturage	25
I.6.6 - Défrichement des parcours et pratiques culturelles	27
I.6.7 - Le régime juridique des terres	27
CHAPITRE 2 : OUTILS D'INVESTIGATION (TELEDETECTION ET SYSTEME	
D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE)	29
I. Télédétection	29
I.1 - Définition	29
I.2 - Objectifs de la télédétection.....	30
I.2.1 - La cartographie	30
I.2.2 - L'agriculture.....	30
I.2.3 - L'aménagement	31
I.2.4 - L'hydrogéologie.....	31
I.3 - Principes de base de la télédétection	31
I.3.1 - La cible	32
I.3.2 - La source d'énergie	32
I.3.3 - Le vecteur	32
I.4 - Les étapes de réalisation	33
I.5 - Techniques de la télédétection.....	33
I.6 - Bases physiques et technologiques.....	34
I.6.1 - Le rayonnement électromagnétique	34

I.6.2 - Sources d'énergie électromagnétique	35
I.6.2.1 - Sources naturelles	36
I.6.2.2 - Les sources artificielles	36
I.6.3 - Notion de réflectance	36
I.6.3.1 - Définition de la réflectance	36
I.6.3.2 - La compréhension du phénomène	37
I.7 - Méthodes de traitement d'image	38
I.7.1 - L'image numérique de la télédétection	38
I.7.2 - Signification thématique des canaux	39
I.7.2.1 - Indice de brillance	39
I.7.2.2 - Indice de végétation	39
I.7.3 - Traitement des données	41
I.7.3.1 - Les prétraitements	41
I.7.3.2 - Les traitements d'améliorations	41
I.7.3.3 - Les traitements d'optimisations	43
I.7.3.4 - Les traitements spécifiques	43
I.7.3.5 - L'interprétation	45
II. LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE	47
II.1 - Historique des SIG	47
II.2 - Définition d'un système d'information géographique (SIG)	49
II.3 - Le concept du système d'information géographique (SIG)	50
II.4 - Fonctionnement d'un SIG	51
II.4.1 - Acquisition de la base de données	52
II.4.2 - Système de gestion de la BDG	53
II.4.3 - Système d'analyse spatiale	54
II.4.4 - Système de restitution cartographique	55
II.5 - Mode de représentation des données géographiques	55
II.5.1 - Mode de représentation raster	56
II.5.2 - Mode de représentation vecteur	57

II.6 - Les Avantages et les inconvénients d'un (SIG)	61
II.6.1 - Les avantages.....	61
II.6.2 - Les inconvénients.....	62
III. SIG et télédétection	63
Chapitre 3 : Description de la zone d'étude.....	65
I. Situation géographique.....	65
II. Présentation des formes de relief et le réseau hydrographique.....	67
II.1 - Le relief	67
II.2 - Hydrologie	67
II.3 - Géomorphologie	70
II.4 - La géologie	70
II.5 - Pédologie	72
II.6 - Paramètres biologiques	73
II.6.1 - La végétation.....	73
II.6.2 - La faune.....	74
II.6.3 - Le Climat	74
II.7 - Environnement bioclimatique de la région d'étude	74
II.7.1 - Précipitations	76
II.7.1.1 - Précipitations moyennes mensuelles et annuelles	76
II.7.1.2 - Régime saisonnier.....	77
II.7.2 - Température	78
II.7.3 - Autres facteurs Climatiques	79
II.7.3.1 - Le Vent	79
II.7.3.2 - Les gelées.....	80
II.7.3.3 - La neige	81
II.7.4 - Synthèse Climatique	81
II.7.4.1 - Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	81
II.7.4.2 - Indice d'EMBERGER.....	83

II.8 - Aspect socioéconomiques	85
II.8.1 - Population.....	85
II.8.2 - Evolution de la population	85
II.8.3 - Densité de la population	87
II.8.4 - Agriculture et l'agro-pastoralisme.....	89
II.8.4.1 - La répartition générale des terres.....	89
1.1 - Répartition de la S.A.T	90
1.2 - Répartition de la S.A.U.....	90
II.8.4.2 - Production Agricole	91
II.8.4.3 - Les systèmes d'élevage et répartition du cheptel	93
Chapitre 4 : Approches Méthodologiques.....	96
I. L'acquisition des données.....	96
I.1 - Prospection sur terrain.....	96
I.2 - Cartes géographiques utiles	96
I.3 - SIG et Télédétection.....	97
II. Gestion des données	97
III. Analyse de données	97
Chapitre 5 : Résultats et discussion	99
I. Cartes thématiques	99
I.1 - Carte d'Exposition.....	99
I.2 - Carte Hypsométrique.....	102
I.3 - Carte des pentes.....	104
I.4 - Carte Lithologique	106
I.5 - Carte d'occupation du sol.....	108
II. Résultats Finals	111
Conclusion générale	116
Bibliographie	117

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau n° 1 : Effectif du cheptel (1987-1999) (en milliers de tête).....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau n° 3: Couleurs primaires et leurs longueurs d'ondes.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau n° 4 : Intérêt des différentes méthodes.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau n° 5 : Comparaison entre deux modes de représentation vecteur et raster.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau n° 6 : surface et périmètre de chaque commune.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau n° 7 : Situation géographique des stations étudiées</i>	<i>75</i>
<i>Tableau n° 8 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures.....</i>	<i>79</i>
<i>Tableau n° 9 : Valeur du Q2 et étage bioclimatique des trois stations.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau n° 10 : Evolution de la population pour les trois derniers R.G.P.H</i>	<i>86</i>
<i>Tableau n° 11 : Densité de la population en 2008</i>	<i>87</i>
<i>Tableau n° 12 : La répartition des terres de la zone d'étude Ha.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau n° 13 : Productions Végétales (Cultures Herbacées) 2013/2014</i>	<i>92</i>
<i>Tableau n° 14 : Productions Végétales (Cultures Pérennes) 2013/2014</i>	<i>92</i>
<i>Tableau n° 15 : Rapport productivité de la zone d'étude.....</i>	<i>93</i>
<i>Tableau n° 16 : Surface des terres de chaque exposition de la zone d'étude</i>	<i>99</i>
<i>Tableau n° 17 : Surface des terres de chaque classe d'altitude de la zone d'étude.....</i>	<i>102</i>
<i>Tableau n° 18 : Surface des terres de chaque classe de pente.....</i>	<i>104</i>
<i>Tableau n° 19 : Surface des terres de chaque couche lithologique.....</i>	<i>106</i>
<i>Tableau n° 20 : Surface des terres de chaque Type d'occupation.....</i>	<i>108</i>
<i>Tableau n°21 : Les points d'eau des communes steppiques de la W. Tlemcen.....</i>	<i>111</i>

LISTE DES FIGURES

<i>Figure n° 1: Délimitation de la steppe algérienne. (NEDJRAOUI, 2002)</i>	14
<i>Figure n° 2 : Principe de base de la télédétection</i>	32
<i>Figure n° 3: Les étapes de télédétection (BONN, et al., 1993)</i>	33
<i>Figure n° 4 : Spectre électromagnétique « fenêtres de transmission de L'atmosphère utilisée par les satellites de télédétection » (BONN, et al., 1993).</i>	35
<i>Figure n° 5 : Capteur Actif et Passif (ZAOUI, 2013)</i>	36
<i>Figure n° 6 : Représentation de l'image (HADDOUCHE, 1998)</i>	38
<i>Figure n° 7 : Les fonctionnalités d'un SIG (EASTMAN, 1993)</i>	51
<i>Figure n° 8 : Structure en mode Raster</i>	57
<i>Figure n° 9: Model Numérique de Terrain (MNT)</i>	57
<i>Figure n° 10 : Structure en mode vecteur</i>	58
<i>Figure n° 11 : Conversion des données (Vectorisation et Rastérisation)</i>	60
<i>Figure n° 12 : Carte de situation de la zone d'étude</i>	65
<i>Figure n° 13 : Schéma simplifié de la zone de d'étude</i>	66
<i>Figure n°14 : Carte du réseau hydroclimatologique de la zone d'étude (A.N.R.H, 2005)</i>	68
<i>Figure n° 15: Carte réseaux hydrographiques et bassins versants source : P.D.A.U (2014)</i>	69
<i>Figure n° 16 : Esquisse géologique de la zone d'étude (P.D.A.U, 2012)</i>	71
<i>Figure n° 17 : Carte de situation des stations météorologiques de la zone d'étude ..</i>	76
<i>Figure n° 18 : Précipitations moyennes mensuelles des trois stations (El-Aricha, Sidi Djilali et Ras El-Ma)</i>	77
<i>Figure n° 19 : Régimes saisonniers des trois stations</i>	78
<i>Figure n°20 : Températures moyennes mensuelles des trois stations</i>	79
<i>Figure n° 21 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen pour les trois stations</i>	82
<i>Figure n° 22 : Climagramme pluviométrique d'EMBERGER des trois stations</i>	84
<i>Figure n° 23 : Histogramme d'évolution de la population de la zonr d'étude</i>	86
<i>Figure n° 24 : Carte de la densité de la population de la zone d'étude en 2008</i>	88
<i>Figure n° 25 : Répartition de la S.A.T de la zone d'étude (D.S.A., 2015)</i>	90
<i>Figure n° 26 : Répartition de la S.A.U de chaque commune</i>	91

<i>Figure n° 27 : Effectif du Cheptel de la zone d'étude en 2014 (D.S.A., 2015).</i>	93
<i>Figure n° 28 : Distribution du Cheptel de chaque commune en 2014</i>	94
<i>Figure n° 29 : Evolution de l'effectif du cheptel de la zone d'étude</i>	95
<i>Figure n° 30 : Organigramme détaillé des approches méthodologiques poursuivies</i>	98
<i>Figure n° 31 : Histogramme des surface de chaque esposition</i>	100
<i>Figure n° 32 : Carte d'exposition de la zone d'étude</i>	101
<i>Figure n° 33 : Répartition des surfaces de chaque classe d'altitude</i>	102
<i>Figure n° 34 : Carte Hypsométrique de la zone d'étude</i>	103
<i>Figure n° 35 : Répartition des surfaces de chaque classe de pente</i>	104
<i>Figure n° 36 : Carte des pentes de la zone d'étude</i>	105
<i>Figure n° 37 : Répartition des surfaces de chaque couche lithologique</i>	106
<i>Figure n° 38 : Carte lithologique de la zone d'étude</i>	107
<i>Figure n° 39 : Répartition des surfaces de chaque type d'occupation</i>	109
<i>Figure n° 40 : Carte d'occupation de la zone d'étude</i>	110
<i>Figure n° 41 : nombre des points d'eau des communes steppiques de la W. Tlemcen</i>	112
<i>Figure n° 42 : Débits total et moyen de la zone d'étude</i>	112
<i>Figure n° 43 : Carte synthèse des potentialités hydrologique drapée sur la carte d'occupation du sol de la zone d'étude</i>	114

LISTE DES ACRONYMES

ABH : Agence des Bassins Hydrologiques.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

BDG : Base de Donnée Géographique.

DPAT : Direction de Planification et de L'aménagement du Territoire.

DSA : Direction des services Agricoles.

GPS : Global Positionning Système.

HCDS : le Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe.

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

MNT : Model Numérique du Terrain.

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et D'urbanisme.

PIR : Proche Infra-Rouge.

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat.

SGBD : Système de Gestion de la Base de Donnée.

SIG : Système d'Information Géographique.

STI : Scientific and Technical Information.

INTRODUCTION GENERALE

La dégradation des milieux naturels dans les zones arides et semi-arides s'est dramatiquement amplifiée au cours de ces derniers temps en raison de l'accélération de la croissance démographique, des mutations socio-économiques et des transformations concomitantes des systèmes d'exploitation des ressources naturelles.

En Algérie, l'équilibre de l'écosystème steppique a été pour longtemps assuré par une harmonie très rigide entre l'homme et le milieu dans lequel il vit. Cet équilibre a été à l'origine des pratiques humaines ancestrales qui pouvaient assurer la durabilité et la régénération des ressources naturelles. Cependant, ce territoire qui fut l'espace du nomadisme et des grandes transhumances, a subi des modifications profondes ces dernières décennies par l'apparition de nouvelles pratiques étrangères au mode de vie des populations steppiques. La conséquence de ces modifications étant une dégradation de plus en plus importante ressentie à tous les niveaux du territoire steppique.

La dégradation de l'environnement se manifeste avec acuité, notamment dans les zones steppiques. Ces zones, dont les ressources pastorales constituent la principale source de revenu pour 3,6 millions d'habitants, sont en effet depuis plus de vingt ans soumises à une dégradation croissante qui touche essentiellement la ressource « parcours » (BENSOUIAH, 2003).

Les steppes algériennes constituent l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures... etc. Depuis plusieurs décennies les ressources naturelles de l'espace steppique (eau – sol – végétation ...etc.) ont subi de sévères dégradations dues aux effets combinés d'une présence humaine et animale croissante et d'une sécheresse aggravante sur ces écosystème. Les potentialités hydrogéologiques n'échappent pas à cette règle (HADDOUCHE, 2009).

L'extension des surfaces cultivées dans les zones steppiques, l'accroissement du cheptel et les modes de gestion et d'exploitation inappropriés ont entraîné différents processus de dégradation: défrichement et prélèvement du couvert végétal, surpâturage, érosion des sols et détérioration de leur fertilité.

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Aussi est – il nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible.

Au fur et à mesure qu'elles se raréfient, les ressources en eau requièrent une gestion toujours plus précise qui réduise au minimum les pertes et les usages non productifs de l'eau. Une telle gestion nécessite une connaissance toujours plus détaillée des différents éléments du bilan d'eau et des processus hydrogéologiques.

Selon BOUANANI (2004), plus de trois décennies de développement intense en matière d'infrastructure hydraulique ont permis de comprendre que le développement durable du pays devait passer incontestablement par une prise en charge de la question de l'eau sous ses multiples facettes.

De nouvelles règles s'opposent pour assurer la sauvegarde de ces ressources (Hydrogéologique en particulier) en vue d'un développement durable ; l'utilisation de l'outil de télédétection et système d'information géographique reste une voie incontournable.

Ainsi notre étude s'inscrit dans le cadre de cette tendance, notamment l'intégration des données dans un SIG pour une gestion durable et la valorisation de ces ressources dans la région sud de Tlemcen.

L'intégration des données administratives, cartographiques, numériques et de terrain dans un SIG en se basant essentiellement à localiser les points d'eau (Localisation, types d'ouvrage, débit ...etc.) de la steppe de Tlemcen a permis d'élaborer une carte des points d'eau à l'aide des logiciels spécifiques (MapInfo et ArcGis) en tenant compte de la pente, l'exposition, l'hypsométrie et d'autres données utiles.

Le manuscrit d'article autour de cinq chapitres :

- Le premier chapitre présente et décrit la steppe algérienne ;
- Le deuxième chapitre détermine les outils d'investigation en télédétection et SIG ;
- Le troisième décrit la zone d'étude ;
- Le quatrième énumère les méthodes et les techniques utilisées dans ce travail ;
- Pour en finir, le dernier chapitre porte sur les résultats obtenus et discussion ;
- Une conclusion générale et des perspectives est nécessaire.

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA STEPPE ALGERIENNE

I. Introduction

En Algérie, la steppe constitue une vaste région qui s'étend entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, couvrant une superficie globale de 20 millions d'hectares (NEDJRAOUI, 2002), formant un ruban de 1 000 Km de long, sur une largeur de 300 Km à l'Ouest et au centre réduite à moins de 150 Km à l'Est. Les limites de cette zone s'appuyant sur les critères pluviométriques entre 100 et 400 mm de pluviométrie moyenne annuelle (KHALIL, 1997).

I.1 - Délimitation des zones steppiques

Selon KHALIL (1997), les grands espaces qui peuvent être différenciés en sous-ensembles régionaux bien distincts sont :

I.1.1 - Bordure sub-steppique

Située en gros entre les isohyètes 300 et 400 mm

Elle s'étend sur la bordure sud de l'Atlas Tellien au centre et sur les hauts plateaux constantinois, les monts du Hodna et de l'Aurès à l'Est. Les hauts plateaux constantinois sont à caractère agro-pastoral, tandis que les massifs des Aurès et les monts de Hodna sont à caractère sylvo-pastoral.

I.1.2 - Région steppique proprement dite

Située entre les isohyètes 200 et 300 mm et qui comprend :

⇒ Au centre

Les hautes plaines steppiques Algéro-oranaises, les hautes plaines de Hassi Bahbah, M'sila, le Nord des wilayates de Laghouat et d'El Bayadh. Ces hautes plaines sont occupées par des parcours steppiques semi-arides avec quelques masses de nappes alfatières et d'agriculture marginale sur épandage de crues des oueds. Les piémonts et les montagnes de l'Atlas Saharien (monts des Ouled Naïl, Djebel Amour) est caractérisé par des parcours ainsi que des forêts.

⇒ A l'Est

Les hautes plaines steppiques de M'sila, Khenchela et Tébessa, sont nettement séparées des hautes plaines de centre par le massif des Aurès.

I.1.3 - Région steppique présaharienne

Elle est située entre des isohyètes 100 et 200 mm. Cette région dominée par des parcours de type saharien et des vallées alluviales. Elle comprend :

⇒ **Au centre**

Les piémonts sud de l'Atlas Saharien, la cuvette du Hodna, le plateau saharien du sud des wilayates de Djelfa et de Laghouat.

⇒ **A l'Est**

L'extrémité Est de l'Atlas Saharien, monts du M'zab et des Nememchas, le plateau saharien de sud des wilayates de Tébessa et Biskra

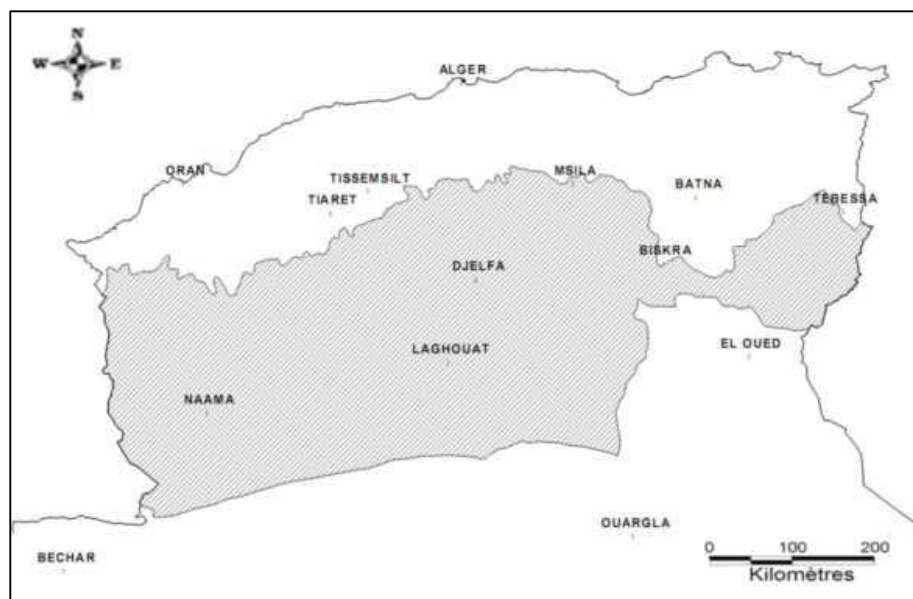


Figure n° 1: Délimitation de la steppe algérienne. (NEDJRAOUI, 2002)

I.2 - Milieu physique

I.2.1 - Climat

I.2.1.1 - Pluviométrie

En général, la pluviométrie moyenne annuelle est faible (entre 100 et 400 mm/an) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averses) et leurs aspects orageux (NEDJIMI, et al., 2012).

Selon KHELIL (1997), les précipitations subissent une baisse vers l'Ouest (Ain Sefra) par suite de la présence du grand Atlas marocain, elles augmentent progressivement vers le centre (El Bayadh, Aflou, Djelfa) puis diminuent vers Boussaâda et M'sila dominées par l'influence de l'enclave saharien du Hodna. Elles diminuent encore plus vers le piémont sud de l'Atlas Saharien (Laghouat) décroissent rapidement dès que l'on s'éloigne de la flexure sud atlasique vers le Sud. Les massifs montagneux, dont les monts des Ouled Naïl et Djebel Amour, sont relativement plus arrosées. Ils sont les plus favorisés avec des précipitations dépassent 400 mm/an et où les crêtes reçoivent jusqu'à 600 mm/an.

I.2.1.2 - Température

La température est l'un des facteurs essentiel qui influe directement sur la richesse faunistiques et floristiques. Dans la steppe on parle surtout des températures extrêmes. D'après LE HOUEROU (1977), cité par KHELIL (1997), le régime thermique de la steppe est de type continental, l'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à 20°C. Les gelées de la saison froide inhibent la poussée de la végétation, ce qui amène les éleveurs à se déplacer vers les parcours sahariens à température plus chaude (Azzaba) pour trouver de quoi nourrir ces bétails. Les températures très élevées de la saison estivale inhibent également le développement de la végétation, ce qui amène les éleveurs cette fois à se déplacer vers le Nord pour pâturer les plateaux céréaliers (Achaba).

I.2.1.3 - Autres facteurs climatiques

- Le sirocco : une contrainte climatique importante en saison estivale (vent très chauds) qui assèche y compris le sol en eau mais aussi la végétation et les ressources en eau superficielles ;
- Les gelées : constituent l'un des facteurs climatiques les plus contraignants des zones steppiques. Cette contrainte est directement liée à la température très basse de la saison froide ;
- La neige : tombe sur les régions de haute altitude (monts des Ouled Naïl) ;
- Les vents dominants de direction Ouest et Nord-ouest sont souvent suivis d'orages.

1.2.2 - Hydrographie et ressources hydriques

Le réseau hydrographique est fortement influencé à la fois par les variations saisonnières et interannuelle de la pluviométrie et aussi le relief de la steppe (Khelil, 1997). La plupart des oueds de la steppe sont irréguliers, secs en été avec toutefois des crues violentes le plus souvent en début et à la fin de l'hiver, et parfois en été. Ces crues causent beaucoup des problèmes d'érosion des terres et aussi de perte non négligeable de nombre de têtes des animaux qui pâture.

La plupart des oueds de la steppe ne poursuivent jamais leurs cours jusqu'à la mer et se perdent dans les grandes dépressions et chotts. Dans les régions steppiques les ressources hydriques sont faibles, peu renouvelables et inégalement réparties. Selon M.A.D.R. (2008), les ressources hydriques sont constituées par :

- Les eaux superficielles provenant des précipitations orageuses et qui représentent un volume annuel de 40 milliards de m³ dont une infime partie est mobilisée par des ouvrages. L'essentiel des apports disparaît par évaporation et infiltration.
- Les eaux souterraines dont le potentiel est évaluées à 1,4 milliard de m³ et qui constitue la seule ressource fiable, utilisée pour les besoins humaines, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation des cultures. Cette ressource est d'une part peu étudiée, hormis sur les périmètres de Oued Touil et du Hodna, et d'autre part anarchiquement exploitée ; en témoigne le nombre important de puits devenus non fonctionnels par la baisse du niveau des nappes alluviales et phréatiques suite à la multiplication des forages.

1.2.3 - Nature des sols

Le sol est un milieu cohérent dont les propriétés s'expliquent par son histoire, les conditions de son environnement et souvent aussi par l'action anthropique. Les sols steppiques sont pauvres et fragiles à cause de la rareté de l'humus et de leur très faible profondeur. « Adaptés au régime climatique aride, ils sont généralement peu évolués, moins profonds et parfois inexistants. Ils sont caractérisés par une évolution beaucoup plus régressive que l'inverse, c'est à dire la morphogenèse qui l'emporte sur la pédogenèse» (HADDOUCHE, 1998).

Le sol est l'élément de l'environnement dont la destruction est souvent irréversible et qui entraîne les conséquences les plus graves à courts et à long terme (HALITIM, 1985 in KHELIL, 1997). Selon HADDOUCHE (1998) et les travaux édités par la commission de pédologie et de cartographie des sols (C.P.C.S) de France en 1967, la steppe est caractérisée par les classes des sols suivants :

- Les sols minéraux bruts d'érosion,
- Les sols peu évolués d'apport éolien et d'apport alluvial,
- Les sols calcimagnésiques,
- Les sols halomorphes,
- Les sols isohumiques.

Les sols steppiques sont peu profonds et pauvres en matière organique, caractérisés par une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. Les bons sols sont destinés à une céréaliculture aléatoire et se localisent dans les dépressions, les lits d'oued, les dayas et les piémonts de montagne du fait que leur endroit permet une accumulation d'éléments fins et d'eau.

1.2.4 - Végétation steppique naturelle

La végétation steppique caractérisée par les faibles formations forestières qui sont à base de Pin d'Alep, du chêne vert et du Genévrier. Par contre des formations à couverture basse et clairsemée, plus ou moins dégradée.

Les steppes algériennes sont dominées par quatre grands types de formations végétales naturelles (BENCHERIF, 2011) :

1.2.4.1 - Steppes à graminées :

Notamment l'alfa (*stipa tenacissima*), pures ou mixtes avec d'autres plantes pérennes ou vivaces. Rencontrés sur les sols bien drainés, ces parcours (faciès à dominance d'Alfa) ont généralement une bonne valeur fourragère grâce à la présence de nombreuses espèces annuelles, favorisées par l'existence d'un microclimat crée par les touffes d'Alfa, ainsi qu'aux épis formés au printemps par cette plante, qui a une bonne valeur fourragère (0,60 UF/Kg.MS). Sans les épis "boss" et sans les plantes annuelles, les parcours à dominance d'Alfa sont

considérés comme médiocres, car les feuilles de cette plante riches en cellulose ont une valeur énergétique faible (0,25 à 0,35 UF/Kg. MS)

I.2.4.2 - Steppes à chaméphytes :

Principalement l'armoise blanche (*Artemisia herba Alba*) pures ou mixtes avec d'autres plantes pérennes ou vivaces. Comme les précédentes, ces steppes forment de bons parcours (faciès à dominance d'armoise blanche) riches en espèces annuelles d'une bonne valeur fourragère (environ 0.5 UF/Kg.MS), très appréciés par les moutons et recherchés par les bergers, surtout en automne où ils produisent beaucoup de biomasse verte. La particularité de l'armoise blanche, est qu'elle donne son arôme à la viande des moutons.

I.2.4.3 - Steppes à psamophytes :

Elles sont constituées d'espèces qui poussent sur les sols sableux, et qui peuvent jouer un rôle de fixation des dunes. On peut citer : le Rétam (*Retama retam*) et le drinn (*Aristida pungens*).

I.2.4.4 - Steppes à halophytes :

Ce sont des formations particulières des dépressions salées ; parmi les espèces qu'on y rencontre, signalons les Atriplex (*Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*), le Tamarix (*Tamarix galica*).

D'autres vivaces de bonne qualité pastorale peuvent remplacer ces annuelles, comme « Remth » (*Arthrophytum scoparium*).

I.2.4.5 - Steppes secondaires

Dites aussi steppe post-culturales, elles se constituent sur les parcelles précédemment défrichées et mises en culture, recolonisées par des espèces de faibles valeurs fourragères, comme l'Armoise champêtre (*Artemisia campestris*), l'Orge des rats (*Hordeum murinum*) et la Mauve sauvage (*Malva sylvestris*), qui viennent remplacer les bonnes espèces fourragères comme les Medicago (ex : *Medicago truncatula*, *Medicago secundiflora*) et les hélianthèmes (ex : *Hélianthémum virgatum*).

I.2.4.6 - Steppes dégradées

Issues de la disparition de plantes annuelles et vivaces, et leur remplacement partiel par d'autres de moindre valeur fourragère comme Harmel (*Peganum harmala*), Zireg (*Noaea mucronata*), Choubrok (*Atractylis serratuloïdes*) et Methnane (*Thymelea microphylla*).

I.2.4.7 - Terres cultivées

Occupent environ 2,7 millions d'hectares : dont 1,9 millions d'hectares sont localisées principalement dans les zones d'épandage de crue et dans les lits d'oueds sur des sols profonds, approvisionnés régulièrement en éléments fertilisants (limons) et en eau et ayant une bonne capacité de stockage en eau ; outre la céréaliculture, ils peuvent aussi être propices à l'arboriculture et à l'horticulture (culture vivrières) ; et dont 0,8 millions d'hectares se trouvent sur des terres de parcours beaucoup moins convenables aux cultures (BOUYAHIA, 2010).

I.3 - Etat de la steppe

Le monde steppique reste extrêmement marqué par son climat et son modeste niveau de développement. Ainsi, la production agricole y est par ailleurs fortement limitée par les faibles disponibilités en eau et la pauvreté du sol. C'est un monde caractérisé par une série de risques, aussi bien climatiques que structurels engendrant un des écosystèmes très fragiles. Le monde steppique a connu des transformations profondes. Se traduisant par deux dégradations : d'une part, une dégradation du milieu physique et d'autre part, une autre socio-économique caractérisée par la paupérisation progressive de certaines franges de plus en plus considérables (DOUH, 2011).

C'est ainsi, que la société pastorale a subi des transformations socioéconomiques assez remarquables, accompagnée par une régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique; pourtant Le système d'élevage ovin dans les zones steppiques en association avec la transhumance en zone céréalière a constitué depuis des années la source principale de son alimentation. Mais depuis

les deux dernières décennies seules 20% du cheptel steppique sont concernés par la transhumance (BEDRANI, 1984).

De nombreux auteurs (NEDJIMI, 2012) ; (NEDJRAOUI, et al., 2008) ; (HADDOUCHE, 2009) ; (BOUCHETATA, et al., 2005) (BENSAID, 2006) (BOUAZZA, 1995) indiquent que l'équilibre des écosystèmes a été fortement perturbé au cours des récentes décennies sous l'effet de la modification des systèmes d'exploitation. Par ailleurs, FLORET (1981), souligne que le couvert végétal naturel y est soumis en permanence à un double impact, celui des sols (trop secs et légers) et du climat (faibles précipitations) d'une part et anthropique d'autre part.

I.4 - Occupation des terres et ressources fourragères

L'estimation du potentiel fourrager que recèle la steppe en l'absence d'études fiables et globales reste problématique. Différentes approches ont été tentées et ont abouti aux estimations suivantes :

- 1) L'approche bibliographique qui permet d'estimer la production fourragère annuelle à l'hectare en fonction de l'état des parcours et des formations végétales dominantes aboutit à une estimation de l'ordre de 3 milliards d'UF.
- 2) Le H.C.D.S avance quant à lui une estimation de l'ordre de 1,5 milliard d'UF.

C'est la dernière approche qui apparaît la plus juste car elle est fondée sur des bases expérimentales et non pas sur des calculs par estimation. De plus, dans ce domaine il devient impératif de se doter d'outils performants d'évaluation de la ressource fourragère sachant qu'elle constitue la base de toute approche prospective qui concerne l'élevage. En tout état de cause, en prenant en compte les charges admissibles à l'hectare, on admet que les besoins de l'effectif actuel dépassent largement l'offre fourragère disponible et le recours à la complémentation est généralisé et ne se fait qu'en dernière extrémité avec toutes les conséquences en matière de désertification.

I.5 - Systèmes de production

Les superficies sujettes aux pratiques agricoles ne sont pas encore convenablement maîtrisées puisqu'on les situe entre 1 et 1,5 millions d'ha. Les

cultures qui sont orientées vers la satisfaction des besoins de l'élevage (orge, avoine, fourrages) couvrent 70% des surfaces cultivées, le reste étant consacré à l'arboriculture et le maraîchage. Selon le (M.A.D.R., 2008), trois grands types de systèmes de production sont pratiqués : l'élevage extensif, l'agro-élevage et l'élevage hors-parcours.

I.6 - Cause de déséquilibre

On assiste actuellement à une surexploitation des parcours steppiques dû à l'accroissement de la population humaine et animale sur un espace vital de plus en plus réduit.

La dégradation des parcours est issue de l'interaction de deux types de facteurs. Des facteurs naturels liés aux conditions du milieu physique en général, et des facteurs socio-économiques, anthropiques qui favorisent une action anarchique de l'homme sur l'écosystème. (NEDJIMI, et al., 2012).

I.6.1 - Causes naturelles

Les facteurs naturels qui sont à l'origine de la dégradation des parcours steppiques sont fortement liés à la fragilité de l'écosystème de ces zones. L'action combinée des facteurs climatiques et édaphiques font que les parcours sont soumis à une dégradation accentuée par le phénomène de l'érosion (LE HOUEROU, 1995).

Les risques d'érosion éolienne et hydrique sont forts en steppes arides en raison de la violence des événements climatiques et de la faible protection du sol par la végétation. L'importance du recouvrement végétal est à la fois une conséquence de l'érosion et un indice de risque érosif, que l'on peut associer à des indices d'érodibilité pour faire des prédictions. (BENSOUIAH, 2002).

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. (NEDJRAOUI, et al., 2008).

Dans un milieu ouvert où la végétation a un recouvrement inférieur à 30%, l'action du vent opère un tri en emportant les fines particules telles que le limons et les argiles et laisse sur place des sols squelettiques à dominance d'éléments grossiers présentant un faible pouvoir de rétention d'eau, qui ne peut favoriser la remontée biologique. Ce type d'érosion provoque une perte de sol 150 à 300 t/ha/an, dans les steppes défrichées (LE HOUEROU, 1996).

L'érosion hydrique est due en grande partie aux pluies torrentielles qui, sous forme d'orages violents désagrègent les sols peu épais, diminuent leur perméabilité et leur fertilité. Les éléments fins, l'humus et les éléments minéraux sont emportés par le ruissellement qui provoque la formation de rigoles et de ravines entaillant profondément la surface du sol. Comme conséquence directe de ce phénomène d'érosion, un volume de 50 à 250 tonnes par hectare et par an de terre sont ainsi entraînées par le ruissellement sur les sols dénudés à forte pente. (LE HOUEROU, 1995).

1.6.2 - Problème de salinité des sols

Plus de 95% des sols des régions arides sont soit calcaires, gypseux ou salsosodiques (HALITIM, 1988). Du fait des hautes températures qui sévissent pendant une longue période de l'année, les précipitations subissent après leur infiltration, une forte évaporation entraînant la remontée vers la surface du sol, des particules dissoutes qui se concentrent en croûtes et stérilisent le sol.

On trouve deux types de dépressions salées aux niveaux des régions arides et semi-arides dont les termes vernaculaires sont Chott et Sebkha; (POUGET, 1980). La différence entre ces deux noms réside dans le mode d'alimentation.

Les sebkhas sont sous la dépendance d'apport des eaux de crues et les Chotts sont alimentés respectivement par les apports de ruissellement et aussi par les nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources et/ou des suintements.

Les Chotts seraient de véritables «machines évaporatoires», en période pluvieuse normale (hiver, printemps) une couche d'eau de quelques centimètres, saturée en sel (300-400g/l) recouvre la surface, laissant après évaporation des dépôts surtout de chlorure de sodium, parfois exploitables. Après de fortes pluies, les Chotts peuvent constituer de véritables lacs de plusieurs mètres de profondeurs; quelques mois après, l'évaporation très forte assèche complètement la surface. Le vent balayant cette surface desséchée et dénudée peut, dans certaines conditions, entraîner des particules argileuses et des cristaux de sels (chlorure de sodium, gypse) qui s'accumulent en bordure de la dépression. (NEDJIMI, 2012) Tout autour de ces systèmes, la présence d'une nappe phréatique plus ou moins salée et inégalement profonde contribue à la formation de sols halomorphes (POUGET, 1973).

1.6.3 - Causes anthropozoïques

L'équilibre des écosystèmes naturels a été fortement perturbé au cours des récentes décennies dans la plupart des régions arides et semi-arides sous l'effet de la modification des systèmes d'exploitation du milieu liée à la transformation des conditions socio-économiques et à l'évolution des techniques de production (LE HOUEROU, 2002).

En effet, suite à l'accroissement démographique et à la sédentarisation d'une partie croissante de la population, on assiste à une extension rapide de l'agriculture au détriment des meilleures zones pastorales dont la végétation naturelle est détruite par des moyens mécaniques de plus en plus puissants (HADDOUCHE, et al., 2008). Cette destruction est également aggravée par l'accroissement de la pression animale sur les surfaces pastorales de plus en plus réduites et par le prélèvement des produits ligneux destinés à la satisfaction des besoins en combustibles (FLORET, et al., 1992). Ces différents phénomènes ont contribué à accroître la fragilité des écosystèmes, à réduire leur capacité de régénération et à diminuer leur potentiel de production.

Dans les zones les plus vulnérables, la surexploitation des ressources naturelles renouvelables a eu pour effet de favoriser différents processus de dégradation

conduisant à une progression rapide de la désertification. L'économie de ces zones est basée sur l'élevage extensif des ovins, ainsi que la culture sporadique des céréales en sec (LE HOUEROU, 2001). Le problème majeur auquel l'élevage fait face dans ces zones est la rareté et l'irrégularité des ressources alimentaires. La production animale des ruminants dans les zones arides se caractérise par des crises périodiques dues à des disettes résultant de la sécheresse (LE HOUEROU, 2006).

Compte tenu de l'état de dégradation des écosystèmes naturels et de la forte pression humaine et animale qui s'exerce sur ces écosystèmes, la reconstitution du couvert végétal ne peut plus être assurée dans la plupart des cas par les mécanismes naturels de régénération et nécessite le recours à des techniques récentes d'aménagement et de gestion des terres. Ces techniques se basent sur l'utilisation judicieuse des eaux de pluie et la plantation d'espèces ligneuses contribuant aussi bien à l'accroissement de la production qu'à la protection des sols contre l'érosion (LE HOUEROU, 1992).

1.6.4 - Evolution de la population steppique

Le nomadisme et notamment la transhumance (Achaba-Azzaba) constitue la principale activité pastorale qui découle des facteurs historiques économiques et sociaux. C'est une forme d'adaptation à un milieu contraignant où l'offre fourragère est marquée par une discontinuité dans le temps et dans l'espace (HADDOUCHE, et al., 2008). Ces déplacements, s'effectuant en été vers les zones telliennes (Achaba) et en hivers vers les parcours présahariens (Azzaba), allègent la charge sur les parcours steppiques leur permettant ainsi de se régénérer (NEDJIMI, et al., 2006).

Une forte croissance démographique est enregistrée durant la dernière moitié du siècle. La population de la steppe qui était de 900 milles habitants en 1954, est estimée à plus de sept (07) millions d'habitants en 1999 (H.C.D.S, 2005).

La transhumance ou déplacement de grande amplitude (Azzaba; transhumance d'été vers les chaumes des zones telliennes ou Achaba; transhumance d'hiver vers

les piémonts Nord de l'Atlas Saharien) qui permettait dans le passé une utilisation rationnelle des ressources naturelles, ne concerne plus que cinq (5%) de la population steppique (NEDJIMI, et al., 2008).

Le reste de la population est devenu semi-sédentaire. Les pasteurs ont modifié leur système de production en associant culture céréalière, élevage et sédentarisation (KHALDOUNI, 2000).

1.6.5 - Surpâturage

Le pastoralisme est l'activité productive traditionnelle de la steppe. Cependant, il faut signaler qu'à côté de cet élevage traditionnel, il existe un autre plus moderne, dont la préoccupation principale est la commercialisation effective de la production animale. Ni le secteur traditionnel, ni le secteur plus moderne ne semblent être favorables, par leurs logiques économiques propres, à la conservation des paysages steppiques (HADEID, 2008) .

L'activité pastorale traditionnelle relève d'une logique économique basée sur l'utilisation optimale des potentialités végétales : le pasteur considère son cheptel comme un moyen de thésaurisation, une réserve de valeur. Alors que le pastoralisme pratiqué par les gros éleveurs, obéit à une logique de marché, dirigée par la recherche du profit seulement. Dans ce cas, l'éleveur se prête toujours à retirer le maximum de bénéfices de son exploitation, sans se préoccuper d'une utilisation optimale des ressources végétales, ni du couvert végétal de la steppe (MONTCHAUSSE, 1977) et (HADEID, 2008).

Ces deux logiques, traditionnelle et moderne, sont soutenues par des moyens logistiques différents. Les premiers, ne disposant pas de moyens de transport modernes, préfèrent réduire leurs aires de parcours et laisser ainsi, leur cheptel pâturer dans les environs, engendrant des auréoles de dégradation de plus en plus poussées. Alors que les seconds, équipés de moyens de transport, se permettent ainsi de déplacer leurs troupeaux là où la végétation steppique est présente. Ainsi, malgré leur antagonisme, la logique traditionnelle et moderne de l'activité pastorale concourent à la fois au surpâturage, ce qui entraîne évidemment la

réduction du tapis végétal, dans la mesure où la consommation végétale dépasse les possibilités de renouvellement de la végétation. (HADEID, 2008).

Le Tableau n° 1 citer par NEDJRAOUI en 2012 représente l'évolution des effectifs des animaux d'élevage ces dix dernières années. 78 % de l'effectif est constitué par le cheptel ovin, 14 % par les caprins, les bovins ne représentent que 6 % des effectifs. Les régions steppiques et présahariennes détiennent 80 % de l'effectif total constitué essentiellement par le cheptel ovin.

Tableau n° 1 : Effectif du cheptel (1987-1999) (en milliers de tête)

Années	1987	1989	1991	1993	1995	1997	1999
1- Bovins	1 416	1 405	1 300	1 394	1 267	1 255	1 650
Vaches BLM*	146	173	166	188	206	208	248
Vaches BLA**	705	705	661	724	731	720	752
Autres	565	527	473	482	330	327	650
2- Ovins	16 148	17 316	16 891	18 665	17 302	16 755	19 203
Brebis	9 784	10 354	9 098	10 964	11 500	10 000	11 000
Autres	6 364	6 962	7 793	7 701	5 801	6 755	8 203
3- Caprins	2 568	2 404	2 484	2 683	2 780	3 120	3 403
Chèvres	1 960	1 990	1 262	1 492	1 600	1 680	1 680
Autres	608	414	1 222	1 191	1 180	1 440	1 723
4- Camelins	120	123	132	125	126	134	154
Total	20 252	21 248	20 807	22 867	21 475	21 264	24 410
*BLM: Bovins laitiers modernes				**BLA: Bovins laitiers améliorés			
Source : Ministère de l'Agriculture							

Tableau n° 2 : Effectif du cheptel (2003-2010) (en milliers de tête)

Années	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2010
1- Bovins	1 560	1 614	1 586	1607	1633	1682	1 747
Vaches BLM*	192	199	204	208	216	229	915
Vaches BLA**	640	645	624	639	643	652	
Autres	728	770	758	760	774	801	832
2- Ovins	17 502	18 293	18 909	19 615	20 154	21 404	22 868
Brebis	9860	10 184	10 396	10 696	10 899	11 852	13 086
Autres	7642	8109	8513	8919	9 252	9552	9781
3- Caprins	3 324	3 451	3590	3754	3 837	3962	4 287
Chèvres	1904	1940	2027	2151	2 200	2298	2492
Autres	1420	1511	1563	1603	1675	1664	1794
4- Camelins	253	273	269	286	291	301	314
Total	22 639	23 631	24 354	25 262	25 915	27 349	29 216
	*BLM: Bovins laitiers modernes			**BLA: Bovins laitiers améliorés			
	Source : Ministère de l'Agriculture : Statistiques agricoles (2000-2010)						

D'après les deux tableaux, on remarque que le pourcentage des quatre grands types d'élevages est presque stable durant les années citées par exemple, le pourcentage des ovins varie entre 77 à 78% idem pour les autres.

1.6.6 - Défrichement des parcours et pratiques culturales

Les cultures annuelles, dont la céréaliculture est la plus prépondérante dont le but de combler le déficit alimentaire du cheptel, causé par la sécheresse. Les conséquences du labour sur ces terres augmentent le risque de dégradation du sol par l'érosion éolienne et hydrique. (BENSOUIAH, 2002) ; (NEDJIMI, et al., 2008) et (HADDOUCHE, 1998).

1.6.7 - Le régime juridique des terres

Parmis les causes de désertification, le manque des lois et des décrets qui protègent ces terres et aussi d'autres décrets pour les valoriser avec des projets soutenus par l'état et la population steppique elle-même avec un suivi continu et périodiques.

Lorsque les fermiers ou les bergers perdent le contrôle des terres qu'ils exploitent ou le sentiment de sécurité à long terme que cette exploitation leur procure, leurs motivations à conserver des pratiques durables sur le plan environnemental disparaissent. Des problèmes de pénurie d'eau, d'épuisement des eaux souterraines, d'érosion des sols et de salinisation ont tous été identifiés comme étant le résultat de profonds manquements politiques et institutionnels. La sécurité d'occupation n'implique pas nécessairement des droits de propriété privée; de nombreuses pratiques locales de gestion collective en place depuis longtemps ont fait assez efficacement leurs preuves.

Au passé, dans les steppes algériennes, un certain équilibre s'est maintenu, entre les ressources pastorales disponibles et le cheptel existant, avec un mode de vie adapté à ce milieu fragile (nomadisme et transhumance), ce qui a permis au parcours de se régénérer facilement après de longues périodes de sécheresse. De nos jours, cet équilibre est perturbé et la rupture se manifeste par une dégradation générale du milieu. L'accroissement des effectifs du cheptel, la pratique des labours mécanisés inadaptés à ce milieu fragile, la désorganisation de la transhumance et la surexploitation des ressources pastorales ont conduit à ce déséquilibre alarmant, qui se traduit sur le plan écologique par une dégradation visible des pâturages et l'extension des paysages désertiques. Une gestion et un aménagement appropriés des parcours, selon leur situation et les contraintes vécues, s'imposent comme préalable où il va falloir envisager une politique rationnelle pour l'utilisation de l'espace steppique (NEDJIMI, et al., 2012).

Chapitre 2 : TELEDETECTION ET SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

La télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) qui lui sont généralement associés, constituent des outils modernes permettant l'étude complexe des phénomènes environnementaux à l'échelle spatiale et temporelle. Ce sont des techniques très efficaces utilisées de plus en plus pour aider à la gestion des différents problèmes liés à l'environnement.

Parmi les nombreux domaines d'application de la télédétection, l'hydrologie occupe une place importante.

Ce travail a comme objectif de présenter un exemple où les informations fournies par la télédétection et les techniques des SIG sont valorisés dans la régionalisation des potentialités hydrogéologiques.

I. Télédétection

I.1 - Définition

On peut donner plusieurs définitions de la télédétection :

La télédétection se définit comme « l'ensemble des techniques mises en œuvre à partir d'avions, de ballons ou de satellites qui ont pour but d'étudier soit la surface de la terre ou d'autres planètes, soit l'atmosphère en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffractées par les différents corps observés » (SCANVIC, 1983).

Autre définition « La télédétection est un moyen d'appréhender les objets et les d'étudier leurs propriétés spectrales, cela se fait en étudiant les caractéristiques des ondes électromagnétiques réfléchies ou émises par ces objets elle est basée sur le principe de chaque objet absorbe, émet, diffuse et réfléchit des rayonnements qui lui sont propres et que l'on peut enregistrer et analyser » (DESHAYES, et al., 1990).

HADDOUCHE en 1998 a défini aussi la télédétection comme suit « La télédétection est un ensemble de moyens (vecteurs; capteurs; programmes de traitement; etc.) qui permet d'appréhender des éléments de la surface terrestre à distance (du mètre aux centaines de kilomètres) à l'aide de leurs diverses propriétés spectrales ».

Chaque auteur la définit au dépend de sa spécialité par exemple cette définition « La télédétection est une importante source d'information pour la gestion des couverts végétaux et la cartographie des changements survenus dans les différents écosystèmes de la planète à l'échelle régionale, continentale ou globale » (TEILLET, 1999) pour les agronomes et les chercheurs en sciences naturelles et de l'environnement.

I.2 - Objectifs de la télédétection

I.2.1 - La cartographie

Selon NAERT (1995), la télédétection, c'est un outil servant à mieux connaître et comprendre les différentes composantes de la terre. Elle est tout simplement une source d'acquisition des données. Elle permet:

- ⇒ la production de l'image ou de photographie, qui par l'interprétation des informations acquises permet des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles ;
- ⇒ de faciliter l'observation et d'alimenter en données extrêmement denses et répétitives, sans être perturbantes pour le milieu;
- ⇒ de faciliter le raisonnement en fournissant pour constituer des cartes thématiques, des informations facilement déductibles (relief, détection des changements...etc.).

I.2.2 - L'agriculture

La télédétection peut intervenir dans des études prévisionnelles et évaluer le processus de dégradation du sol qui est la cause principale de la dégradation des terres agricoles par érosion (éolienne ou hydrique). Elle permet également la

gestion la gestion et la protection de ces milieux d'intérêt socioéconomique et écologique.

1.2.3 - L'aménagement

Pour effectuer un aménagement il faut une étude multi temporaire qui devra permettre de lever des incertitudes cartographiques pour dresser des scénarios prospectif pour l'aménagement (MEGHRAOUI, 2007).

1.2.4 - L'hydrogéologie

Les projets de recherche de la disponibilité en eau (Sources, Puits, Nappes phréatiques ...etc.) pour un développement durable reste un travail colossal. L'intervention de la télédétection permet de bien distinguer chaque zone (bassin versant, terres agricoles...etc.) via des images satellites et de prospecter sans déplacement sur terrain surtout lorsqu'il s'agit de zone a grand échelle (à l'échèle du kilomètre).

En 1999 L'apport de la télédétection en hydrologie a permet la réalisation de six thèmes (PIEYNS, 1999) :

- Etude de la couverture neigeuse ;
- Etude des surfaces en eau ;
- Humidité des sols - Evaporation ;
- Bases de données d'occupation des sols ;
- Dynamique et Qualité des eaux - Turbidité ;
- Météorologie - Estimation des précipitations.

I.3 - Principes de base de la télédétection

La télédétection est issue de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur (Figure 2)

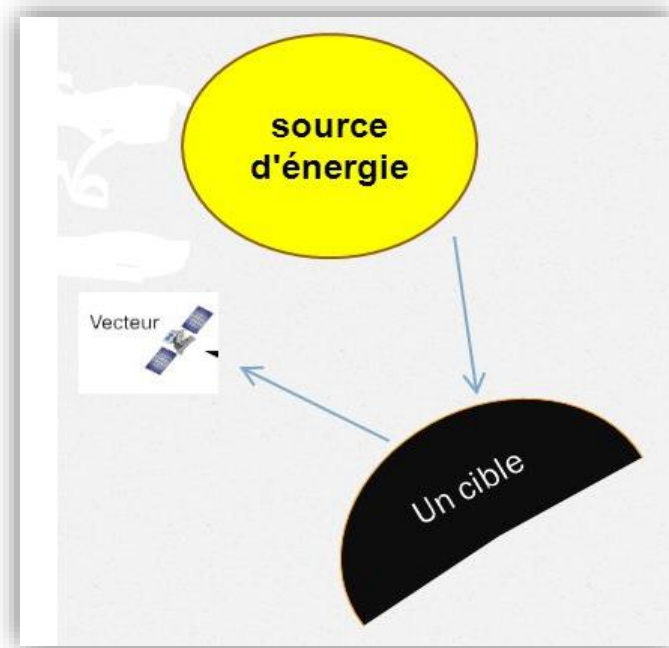


Figure n° 2 : Principe de base de la télédétection

1.3.1 - La cible

Est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.

1.3.2 - La source d'énergie

Est l'élément qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons).

En écologie, la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite lui-même en source d'énergie. Il est également possible de mesurer la chaleur qui se dégage à la surface de la cible (infrarouge thermique), auquel cas c'est la cible qui est source d'énergie (bien qu'il s'agisse d'énergie solaire stockée et réémise).

1.3.3 - Le vecteur

Ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36.000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoie l'image sur terre vers des stations de réception.

Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive et lorsque le satellite émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, on parle de télédétection active.

I.4 - Les étapes de réalisation

De manière plus détaillée, on peut schématiser la télédétection comme un ensemble de sept étapes clés.

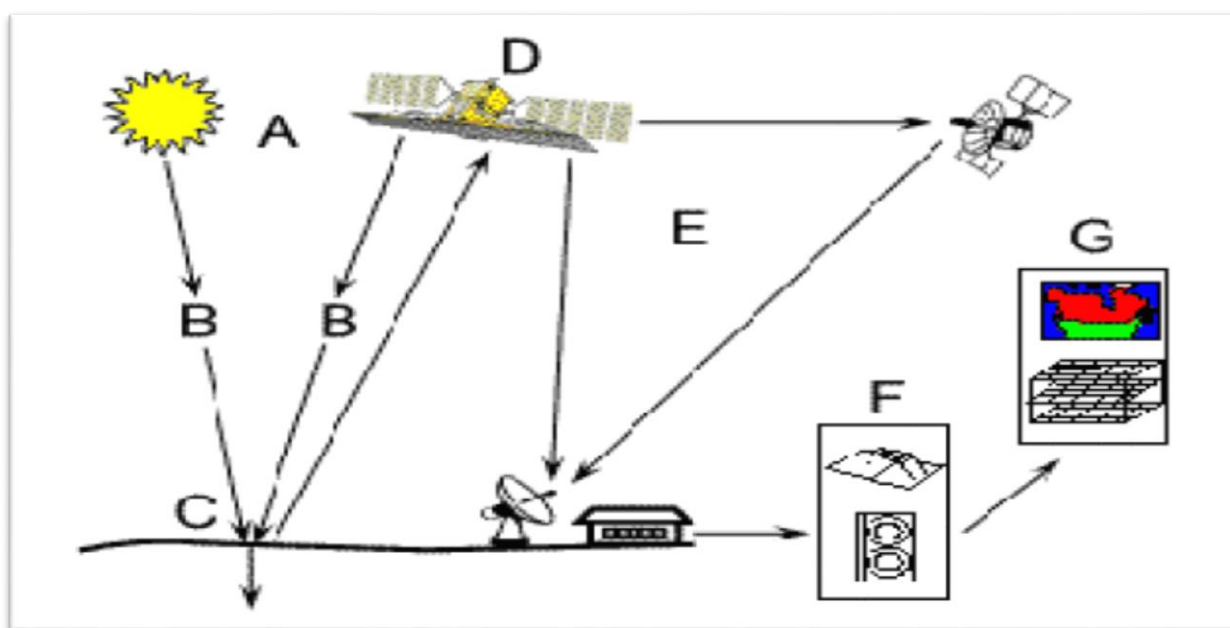


Figure n° 3: Les étapes de télédétection (BONN, et al., 1993)

- A. : Source d'énergie ou d'illumination ;
- B. : Rayonnement et atmosphère ;
- C. : Interaction avec la cible ;
- D. : Enregistrement de l'énergie par le capteur ;
- E. : Transmission, réception et traitement ;
- F. : Interprétation et analyse ;
- G. : Application.

I.5 - Techniques de la télédétection

Les techniques de la télédétection se différencient les unes des autres et cela par le type de vecteur (avion ou satellite), le mode d'acquisition (analogique ou

numérique), la résolution spatiale, la gamme spectrale utilisée et la surface observée.

Les techniques de la télédétection sont actuellement au nombre de quatre (4):

- La photographie aérienne ou spectrale;
- La télédétection multi spectrale visible;
- La télédétection thermique;
- Le radar graphie.

Elles se différencient par le type des capteurs utilisés (caméra, radiomètre, radar) et par le mode d'acquisition actif ou passif. (HADDOUCHE ,1998).

I.6 - Bases physiques et technologiques

I.6.1 - Le rayonnement électromagnétique

La notion de spectre fait référence à la décomposition de la lumière blanche au moyen d'un prisme. Cette nomenclature a été étendue à toutes les ondes électromagnétiques, dont le visible n'est qu'une petite partie (Figure 4). Les différents types de rayonnement sont classés selon leurs longueurs d'onde et leurs fréquences.

Les principales zones employées dans les mesures de télédétection sont:

· Les ondes non-visibles :

- ✓ 0.35 - 0.40 mm (ultraviolet)
- ✓ 0.70 - 0.90 mm (proche infrarouge)

· Les ondes visibles :

- ✓ 0.40 - 0.70 mm (visible).
- ✓ L'œil humain ne peut voir que la synthèse des trois bandes suivantes :
- ✓ 0.40 - 0.50 mm (bleu);
- ✓ 0.50 - 0.60 mm (vert-jaune);
- ✓ 0.60 - 0.70 mm (rouge). (HADDOUCHE, 1998).

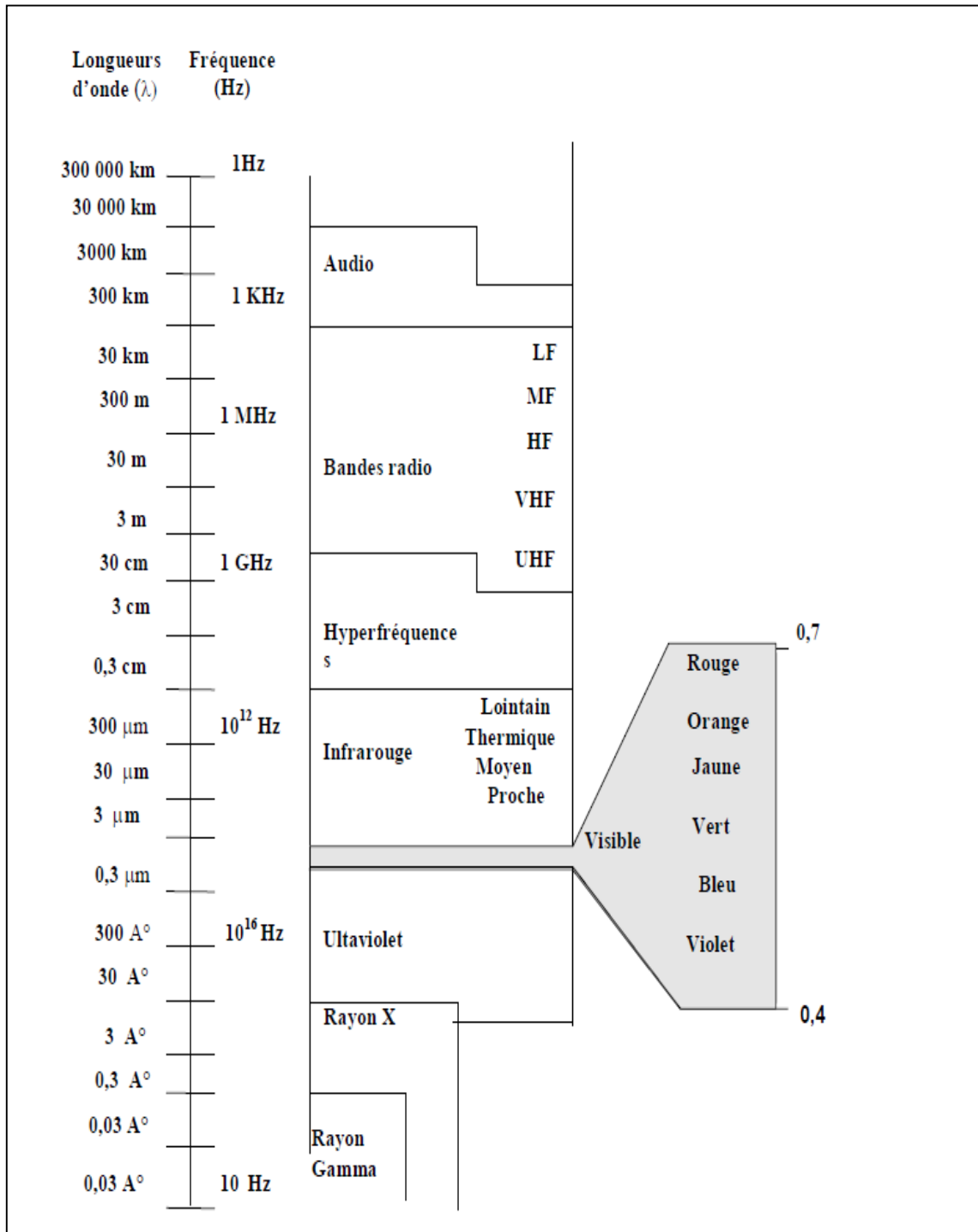


Figure n° 4 : Spectre électromagnétique « fenêtres de transmission de L'atmosphère utilisée par les satellites de télédétection » (BONN, et al., 1993).

I.6.2 - Sources d'énergie électromagnétique

Les sources d'énergie utilisées en télédétection sont de deux types:

- ⇒ Sources naturelles: corps noir, soleil, terre;
- ⇒ sources artificielles: radar et lasers.

I.6.2.1 - Sources naturelles

Elles sont aussi appelées sources thermiques. Le corps noir est le radiateur parfait, car il émet toute l'énergie absorbée. Le rayonnement du soleil correspond à peu près à celui du corps noir. La terre représente aussi une source d'énergie qui émet essentiellement dans l'infrarouge lointain. Tous les objets se trouvant sur la surface de la terre émettent des radiations lorsque leur température est supérieure à $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I.6.2.2 - Les sources artificielles

Les sources artificielles sont constituées par les différents appareils tels que les lasers et les radars. Elles consistent en une production artificielle d'un rayonnement et enregistrement du signal réfléchi par la surface visée.

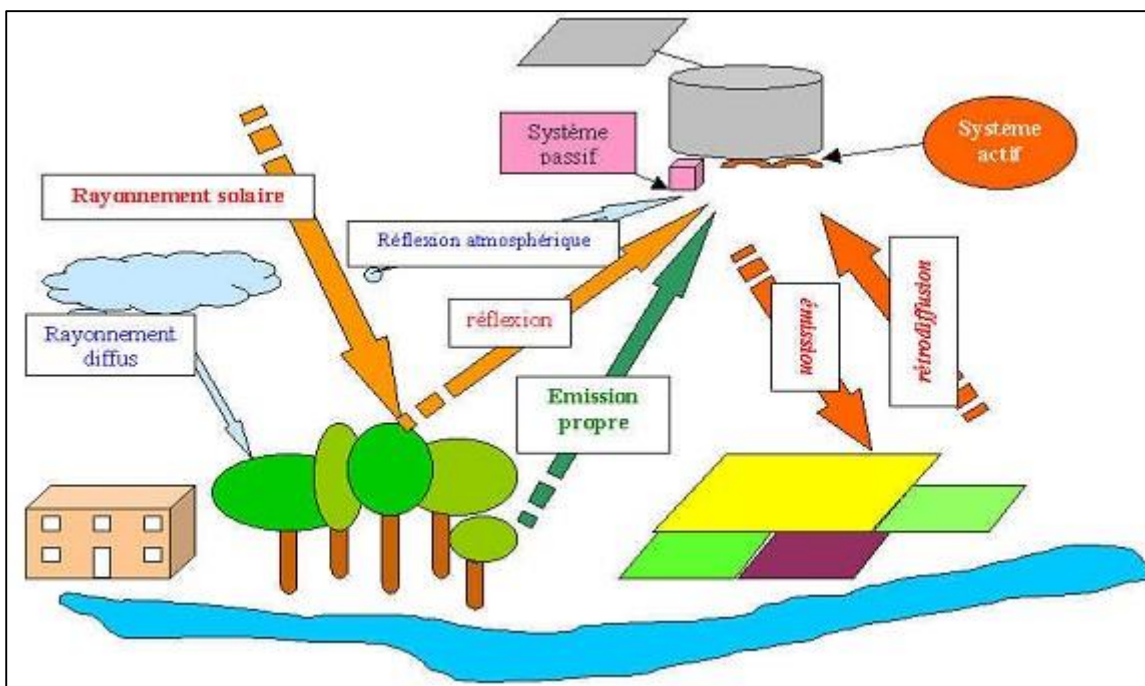


Figure n° 5 : Capteur Actif et Passif (ZAOUI, 2013)

I.6.3 - Notion de réflectance

I.6.3.1 - Définition de la réflectance

« C'est le rapport entre l'énergie réfléchie par un corps et l'énergie incidente. Les données recueillies sur les images, et pouvant être quantifiées, représentent l'intensité relative des différentes longueurs d'ondes. Ces valeurs enregistrées

simultanément représentent " la signature spectrale des objets." (GIRAD, et al., 2010).

Cette énergie ou signature spectrale est donc propre à chaque objet et rend sa discrimination possible (STONNER, et al., 1981).

La réflectance des sols résulte directement de leur composition et de leurs couleurs.

Elle varie suivant les diverses combinaisons entre les principaux paramètres de surface tels que: la matière organique, le fer et le calcaire; elle varie aussi en fonction de l'humidité (MERZOUK A., 1992). Les sensations de couleur résultent des valeurs de la réflectance dans le visible (GIRAD, et al., 2010).

La réflectance se mesure au moyen de spectroradiomètres. On peut alors tracer des courbes donnant la réflectance en fonction de la longueur d'onde. Selon leur nature, les objets auront des courbes de réflectance différentes. Cette propriété, dont la couleur est un aspect bien vulgarisé, est celle qui a conduit à concevoir des systèmes d'acquisition du rayonnement selon des canaux de longueur d'onde distincts.

L'expérience montre que, dans les mêmes conditions géométriques d'incidence et d'observation, un objet a une luminance qui varie avec la longueur d'onde (SCANVIC, 1983).

I.6.3.2 - La compréhension du phénomène

Pour un rayonnement quelconque qui arrive sur un objet on peut écrire la loi de conservation suivante : $R+T+A= 1$.

Où : R: énergie Réfléchie;

T: énergie Transmise;

A: énergie Absorbée.

Seules les ondes réfléchies par les objets peuvent être enregistrées par un capteur. Ce sont elles qui sont intéressantes en télédétection. Par ailleurs, tous les objets

émettent de l'énergie dans différentes longueurs d'onde. Elle peut être captée par des appareils de télédétection et analysée.

En définitif, les capteurs enregistrent l'énergie issue principalement d'un rayonnement incident, ou de l'émission d'ondes électromagnétiques par l'objet.

I.7 - Méthodes de traitement d'image

I.7.1 - L'image numérique de la télédétection

Toute représentation d'un objet ou d'une scène dans un plan est dite image.

Il y a trois formes physiques d'existence d'une image:

- forme binaire (trait);
- en niveaux de gris;
- en couleurs.

Une image numérique de télédétection est un document et une technique d'approche du milieu naturel ou d'analyse de la surface de la terre. Elle est sous forme d'une matrice géométrique à deux dimensions :

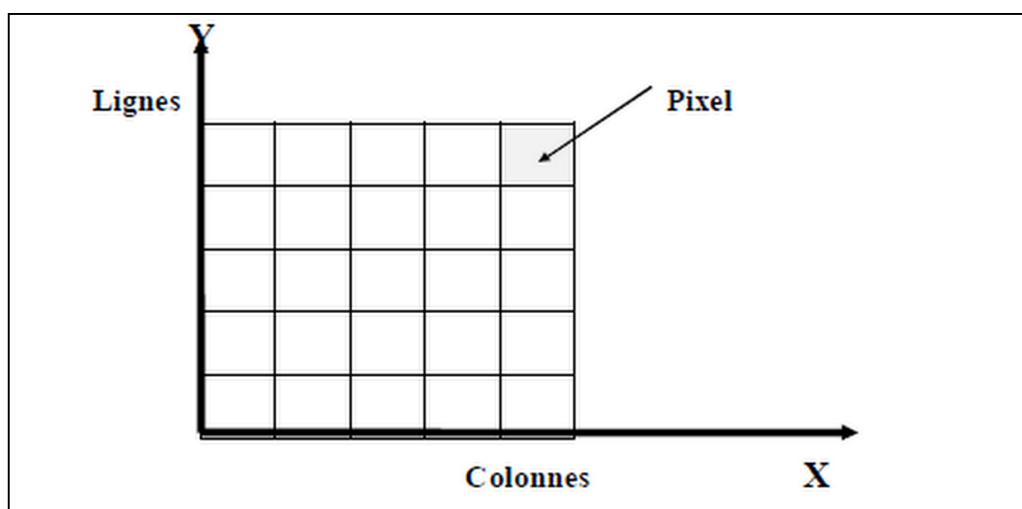


Figure n° 6 : Représentation de l'image (HADDOUCHE, 1998)

Cette image est acquise, en générale, par un capteur électronique embarqué à bord d'un vecteur et captant l'énergie provenant de la surface terrestre. Cette dernière est reçue par le capteur puis transformée en signaux électriques par les détecteurs.

Le pixel : Une image satellite est constituée de nombreux carrés appelés pixels. Le pixel représente la plus petite unité figurant sur une image satellite, il est extrêmement important. Réunis, les pixels fournissent toute l'information qui constitue l'image dans son intégralité.

Résolution (spatiale) : Le premier fait important à connaître concernant une image satellite est sa résolution spatiale. La résolution spatiale d'une image est la plus petite distance entre deux objets adjacents que le capteur puisse identifier.

1.7.2 - Signification thématique des canaux

Chaque cible thématique est caractérisée par une signature spectrale. Elle ne réagit pas de la même façon dans les différents canaux.

« L'analyse des réflectances moyennes des différents thèmes individualisés dans chacun des canaux permet le choix des bandes spectrales appropriées pour la cartographie des sols » (ESCADAFAL, 1989).

1.7.2.1 - Indice de brillance

Il traduit les changements de limites de sols nus. Le passage des teintes sombres aux teintes claires s'accompagne d'une augmentation simultanée des valeurs radiométriques dans les canaux. Cet axe communément appelé " droite des sols" permet de mettre en évidence, en plus de l'humidité du sol, sa rugosité et sa couleur (GIRAD, et al., 2010); (BIALOUZ, 1977); (ARROUAYS, 1987); (HINSE, 1989). L'indice de brillance trouve, au niveau du sol, toute sa justification dans la corrélation existant pour les sols entre les canaux rouge et infrarouge (KING, 1994). IL peut être comparé avec l'indice de végétation dans la même frange de bande.

1.7.2.2 - Indice de végétation

Il est une réduction de l'information de type radiométrique contenu dans le capteur.

Les types d'indices sont souvent de bons indicateurs de la densité de la végétation mais doivent être manipulés avec prudence et après une étude attentive de leurs valeurs relativement à des données de terrain (DESHAYES, et al., 1990).

Ces indices sont aisément construits par une simple combinaison linéaire de canaux qui ont pour but:

- La recherche de la corrélation entre l'indice de végétation et la densité du couvert végétal (détermination des indicateurs de développement à partir de la réponse spectrale des végétaux).
- La prévision des récoltes à partir des indices de végétation.
-

Les feuilles de la végétation contiennent de la chlorophylle. La chlorophylle est une molécule qui absorbe fortement les rayons bleus et rouges, et qui réfléchit dans le vert. C'est pourquoi la végétation nous apparaît verte. Mais la végétation réfléchit également dans le proche infrarouge (PIR), rayonnement dont les longueurs d'onde sont comprises entre 0,7 et 1,3 micromètres (μm) et qui sont proches des longueurs d'onde des rayons lumineux rouges.

Dans ce domaine de longueur d'onde, ce ne sont plus les pigments qui sont responsables de la réflexion mais la structure du feuillage (le parenchyme lacuneux, un des composants des feuilles, réfléchit le rayonnement proche infrarouge). Si notre œil était sensible aux rayons du proche infrarouge, la végétation nous paraîtrait très fortement colorée en infrarouge. Pour pouvoir étudier la végétation en télédétection, il faudra donc un capteur sensible au proche infrarouge.

Une végétation saine sera très lumineuse dans le PIR, tandis qu'une végétation malade ou souffrante de la sécheresse effectuera peu de synthèse chlorophyllienne et apparaîtra peu lumineuse dans le PIR. L'analyse de la proportion de lumière infrarouge réfléchiée donne donc une mesure de la santé de la végétation, ou permet d'estimer le degré de maturité d'une culture (maïs, blé, ...). Une culture arrivée à maturité n'effectue presque plus de photosynthèse ; elle sera peu lumineuse dans le PIR.

I.7.3 - Traitement des données

Avant que les données numériques ne soient prêtes à l'interprétation, il faudrait tout d'abord qu'elles passent par une chaîne de traitement visant l'élimination des défauts contenus dans les données brutes et leur amélioration (BONN, et al., 1993).

Cette chaîne de traitement comporte deux grandes étapes:

I.7.3.1 - Les prétraitements

- Les corrections radiométriques

Les données télédéteectées à l'état brut comportent des défauts radiométriques, ponctuels ou en lignes, dus essentiellement au capteur embarqué à bord du satellite « Une correction radiométrique vise l'élimination de ces défauts. Elle consiste en outre à un reformatage et à une élimination du lignage dans les images, notamment une calibration relative des canaux » (BARIOU, 1978).

- Les corrections géométriques

Les fenêtres comportent des distorsions géométriques dues à l'instrument d'enregistrement des données et à la courbure de l'écran sur lequel les images ont été photographiées. Les images vont être, par conséquent, rectifiées par extrapolation afin d'avoir l'image superposable à la carte topographique considérée comme référentiel (BARIOU, 1978).

I.7.3.2 - Les traitements d'améliorations

Un détecteur a une sensibilité radiométrique égale à 256 niveaux de gris, l'information numérique répartie sur cette gamme est restituée sur un film de sensibilité 16 fois plus moindre. Ceci engendre une perte considérable d'informations que nous cherchons à minimiser par un ajustement de la densité en la ramenant à un niveau plus compatible.

❖ La composition colorée

L'information apportée par un seul canal ne permet pas toujours de donner un détail satisfaisant pouvant refléter de près ce qu'on espère ressortir à partir des données télé détectées. Pour ce faire, on a recours à la combinaison de trois (03)

canaux en affectant à chacun l'une des trois couleurs fondamentales : Bleu, Vert ou Rouge; c'est à dire en associant les couleurs primaires dans l'ordre de classement correspondant à leur longueur d'onde à savoir: Vert, Rouge, Proche infrarouge.

Tableau n° 3: Couleurs primaires et leurs longueurs d'ondes (HADDOUCHE, 1998)

Longueur d'onde	Couleur Affétée
Vert	Bleu
Rouge	Vert
Proche infrarouge	Rouge

Le résultat final correspond à une image trichrome appelée **composition colorée** dans laquelle les thèmes se distinguent par les différentes nuances dans ces trois couleurs de base.

❖ **Conversion RVB ITS**

De la même façon qu'une couleur peut être parfaitement définie comme un mélange de quantités de rouge, vert, bleu (système RVB), elle peut aussi être définie par trois paramètres: Intensité, Teinte, Saturation...

✓ **Intensité**

C'est le degré d'éclaircissement ou d'assombrissement d'une couleur. L'intensité d'une couleur correspond à la quantité d'énergie réfléchiée par l'objet coloré.

✓ **Teinte**

Elle représente la qualité spécifique de sensation, ou dominante de couleur due à une radiation de longueur d'onde déterminée. EX: rouge, vert, bleu, jaune.

Remarque: noir, gris, blanc ne correspondent à aucune teinte.

✓ **Saturation**

Elle est inversement proportionnelle à la fraction de radiation blanche qui affaiblit la coloration du rayonnement. Cette saturation représente la pureté de la couleur.

Les trois paramètres I, T, S constituent un triplé de propriétés nécessaires pour définir une couleur.

Le principe de ce traitement consiste à générer à partir des canaux bruts du système RVB, de nouveaux canaux dont la représentation des images est en intensité, teinte et Saturation (**I.T.S.**).

Ce traitement est intéressant du fait qu'il permet d'obtenir une meilleure perception et différencie la géomorphologie de la végétation. En général :

« **I** » varie de 0 à 1 (exprimé généralement en pourcentage) de noir et blanc ;

« **T** » varie de 0 à 360 degrés en décrivant toutes les teintes ;

« **S** » varie de 0 à 100% de pureté.

I.7.3.3 - Les traitements d'optimisations

✓ **optimisation de la densité**

Elle vise à mettre en évidence la géomorphologie en distinguant les détails non visibles à l'intérieur des zones trop sombres ou trop claires.

✓ **Analyse en Composantes Principales (ACP)**

Elle permet la décorrélation et la compression de l'information dans des composantes principales en éliminant les redondances. La première composante contient le maximum d'informations (géomorphologique et végétation), les autres contiennent une information complémentaire (sols de grande brillance).

Autrement dit, elle permet de réduire la dimension initiale du fichier de données, tout en conservant le maximum d'informations. L'**A.C.P.** est une méthode statistique essentiellement descriptive.

I.7.3.4 - Les traitements spécifiques

✓ **Filtrage**

Il consiste à isoler, grâce à des filtres différents, les objets qui présentent des signatures spectrales différentes pour les mettre en évidence.

- Filtrage de Sobel et Kirsh: il consiste à appliquer une matrice (3x3) dans le but de rehausser les différences de niveaux de gris suivant une ou plusieurs directions données.
- Rapport entre les bandes spectrales: à chaque objet correspond une réflectance propre dans une gamme de longueur d'onde donnée, et une autre valeur de réflectance dans une bande spectrale. Cette différence constitue la signature spectrale.

✓ **Rehaussement d'image**

Ce genre de traitement permet d'augmenter les transitions entre les différents objets thématiques (amélioration des contours et nuances de couleurs).

✓ **Classification multi spectrale**

Elle consiste à attribuer un pixel ou un groupe de pixels à une classe donnée et de généraliser à l'ensemble de l'image en utilisant des méthodes automatiques de classification et ceci grâce à deux modes :

✓ Mode supervisé: il exploite toutes les connaissances préalables de l'utilisateur.

✓ Mode non supervisé : il consiste à utiliser le calcul informatique pour classer Les données selon une logique automatisable.

En se référant à l'objectif fixé au préalable, le traitement spécifique est l'ensemble des méthodes qui visent la discrimination des différents thèmes relatifs à cet effet. Ces derniers sont repérés puis regroupés en classes selon leurs signatures spectrales, cependant, cette opération de classification ne permet pas toujours de tenir compte de la réalité.

Dans la pratique, il existe deux types de classification selon que l'on tienne ou non compte de la réalité terrain:

- **classification supervisée**

Elle consiste à regrouper les différents thèmes selon leurs signatures spectrales en injectant a priori au calculateur l'information réalité terrain suivant une méthode statistique déterminée. Enfin, l'opération d'attribution des pixels aux différentes classes est généralisée sur l'ensemble de l'image. Cette information est obtenue à partir d'un échantillonnage soigneusement fait sur terrain. A cet effet, les zones d'échantillonnage sont représentées sur une carte topographique.

- **classification non supervisée**

Cette classification ne fait pas intervenir dans son algorithme de traitement la « réalité terrain ». Les écologues optent pour la classification supervisée, la méthode non supervisée nécessite une connaissance très approfondie du terrain.

Tableau n° 4 : Intérêt des différentes méthodes (ZAOUI, 2013)

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Classifications non Supervisée	Utiles pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classifications Supervisée	Les classes obtenues ont une signification thématique précise	Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

I.7.3.5 - L'interprétation

Suite aux différentes étapes de traitements effectuées sur les données numériques, on obtient une image améliorée prête à l'interprétation.

❖ **La mosaïque**

Pour une interprétation globale des images couvrant une zone d'étude, il est nécessaire de les regrouper en agrégat appelée « **mosaïque** ».

Cette opération s'effectue en deux étapes :

- ✓ **obtention d'un meilleur rendu possible** de l'image et ce en ayant un "raccord coloré optimal", lequel peut être obtenu en gardant le même seuillage des canaux pour l'ensemble de la mosaïque.
- ✓ **correction géométrique:** les fenêtres comportent des distorsions géométriques dues à l'instrument d'enregistrement des données et à la courbure de l'écran sur lequel les images ont été photographiées.

❖ **L'interprétation proprement dite**

L'interprétation des images satellites est basée sur le même principe adopté pour l'interprétation des photographies aériennes. Elle consiste en une analyse qui prend en considération les paramètres de texture, structure et forme.

- ✓ **L'interprétation globale:** une vue générale est faite sur l'ensemble de l'image permettant d'en extraire les grands traits, tels les différentes teintes existantes et leur répartition.
- ✓ **L'interprétation définitive:** elle consiste à délimiter des aires ayant la même teinte appelées « zones isophènes ». Ce découpage correspond à des thèmes que le thématicien est sensé dégager par analogie avec des documents caractérisant la même zone (cartes, documents, etc.). Toutefois, la légende définitive n'est établie qu'après vérification et confirmation sur terrain.

II. LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Lier l'information à la localisation géographique est un processus qui s'applique à de très nombreux domaines d'activité. Choisir un site, gérer des ressources, planifier et déployer un réseau, cartographier une zone, ou gérer les espaces – tous ces problèmes impliquent des données d'ordre géographique (FERAH, 2010).

Il faut éviter une confusion courante : un logiciel SIG n'est pas un outil de cartographie assisté par ordinateur. C'est bien plus que cela, c'est un ensemble d'outils informatiques intégrés, qui permet de gérer des données qui peuvent être localisées (GAMBLIN, 1995).

Les systèmes d'Information Géographiques présentent une grande utilité qui répondent de manière fiable et efficace aux questions et aux problèmes rapidement. La gestion des ressources en eau, la conception et la réalisation d'aménagements du territoire font largement appel aux connaissances et aux méthodes de l'hydrogéologie. Dans lequel les systèmes d'information géographiques (SIG) contribuent à une utilisation plus souple, plus efficace des modèles de Simulation ou mieux, à la conception éventuelle de nouveaux modèles plus performants.

II.1 - Historique des SIG

La notion des SIG est apparue vers les années soixante et elle résulte de l'extension du système de base données à tous les types de données géographiques.

Le Système d'information Géographiques s'est peu à peu développé, mais au cours des dernières années, les SIG se développent énormément rapidement cela correspond à un besoin de plus en plus exprimé de raisonner sur des phénomènes spatiaux, que ce soit dans le domaine de gestion courante des collectivités territoriales, de l'analyse de la répartition d'espèces écologiques ou de la compréhension des dynamiques en cours dans l'espace.

La gestion, la surveillance de l'environnement nécessite la prise en compte de renseignements multiples permettant une meilleure prise en décision, que ce soit en matière d'aménagement, de dégradation du sol et de lutte contre la désertification.

La première application souvent citée de l'analyse spatiale en épidémiologie est l'étude menée avec succès par le docteur John Snow pendant l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854 : ayant représenté sur un plan la localisation des malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il détermina que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

Dans les années 1960, les cartes de l'Afrique de l'Est trop nombreuses pour permettre de localiser les meilleurs endroits pour créer de nouvelles implantations forestières font naître l'idée d'utiliser l'informatique pour traiter les données géographiques (ZAOUI, 2013).

L'usage accru de ces techniques et méthodes dans la science et l'aménagement du territoire et pour le suivi, la gestion et la protection de la biodiversité a été permis par l'avancée de l'informatique, et encouragé par la prise de conscience environnementale. Cette évolution des applications a permis de nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires et collaboratives.

Depuis les années 1970, Il existe trois périodes principales dans l'évolution des SIG : (ZAOUI, 2013)

- Fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques ;
- Milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, géodésie, ...) ;
- Depuis les années 1980 : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur P.C Personal Computer, mise en réseau (bases de données distribuées, depuis les années 1990, des applications sur Internet) et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur

Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de « logiciels libres » ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives, etc.

II.2 - Définition d'un système d'information géographique (SIG)

Le SIG, abréviation composée essentiellement de trois notions :

- **Notion de système** : Un système est un ensemble d'éléments en relation les uns les autres et formant un tout.
- **Système d'information** : c'est un système qui, dans sa globalité, regroupe des équipements, des procédures, des ressources humaines et surtout des matières premières (données) prêtes au traitement, et ce, pour pouvoir fournir des informations désirées.
- **Système d'information géographique (SIG)** : plusieurs définitions ont été dictées, mais elles s'orientent toutes vers le même ordre d'idée. D'après l'union géographique internationale (I.G.N), un système d'information géographique est « *le terrain commun entre le traitement d'information et plusieurs domaines utilisant les techniques d'analyse spatiales* » (TOMILINSON, 1988).

D'autres définitions ont été données, un système d'information géographique est un système de gestion de base de données dans le temps et l'espace.

Selon (BURROUGH, 1986), il s'agit d'un « *ensemble puissant d'outils pour rassembler, stocker, extraire à volonté et visualiser des données spatiales du monde réel pour un ensemble particulier d'objectifs* ».

Une définition du SIG a été adoptée lors du colloque de Strasbourg (Novembre 1990) et qui est la suivante : « Un système d'information permettant à partir des divers sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace » (DIDON, 1990).

D'après (COWEN, 1988) rapporté par (I.N.R.A., 1991) « *Un SIG est défini comme étant un support de décision entraînant l'intégration des données spatiales dans un problème de l'environnement* ».

A partir de ces définitions, il paraît bien clair que le module de données joue un rôle important dans un SIG et que les SIG actuels sont issus des résultats des efforts combinés dans plusieurs disciplines. (HADDOUCHE, 1998).

II.3 - Le concept du système d'information géographique (SIG)

Au début, le SIG est un outil de stockage de données en vue de leur restitution cartographique, ensuite ce qui a nécessité la prospection et la recherche à intégrer ces données dans le système général d'information. Ce dernier avènement confère tout son intérêt au concept SIG.

Il faut donc éviter une confusion courante : un logiciel SIG n'est pas un outil de cartographie assisté par ordinateur. C'est bien plus que cela, c'est un ensemble d'outils informatiques intégré, qui permet de gérer des données qui peuvent être localisées (GAMBLIN, 1995).

Un SIG est un ensemble de matériels et logiciels autorisant le recueil, la saisie, la codification, la correction, la manipulation et l'analyse, l'édition graphique des données géographiques spatiales : points, lignes, polygones, pixels de différentes valeurs. La gestion des données est un des autres aspects du système, qui prend toute son importance lorsque la base de données se doit impérativement être en phase avec l'actualité.

La gestion de cette base de données est assurée par un SGBD (Système de Gestion de Base de Donnée) qui doit assurer :

- Des fonctions de gestion nécessaire au maintien et à l'exploitation d'une base de données (saisie, correction, suppression, extraction, interrelation,....etc.) ;
- Des opérations liées à la topographie (recherche sur la localisation, sur l'inclusion,....etc.) ;
- Mais aussi la gestion des droits d'accès.

II.4 - Fonctionnement d'un SIG

Un SIG est plus qu'un simple modèle de données où des différents types de structures de données doivent être incorporés. Il est habituellement composé de quatre modules :

A. Acquisition → B. Gestion de données → C. Analyse → D. Restitution.

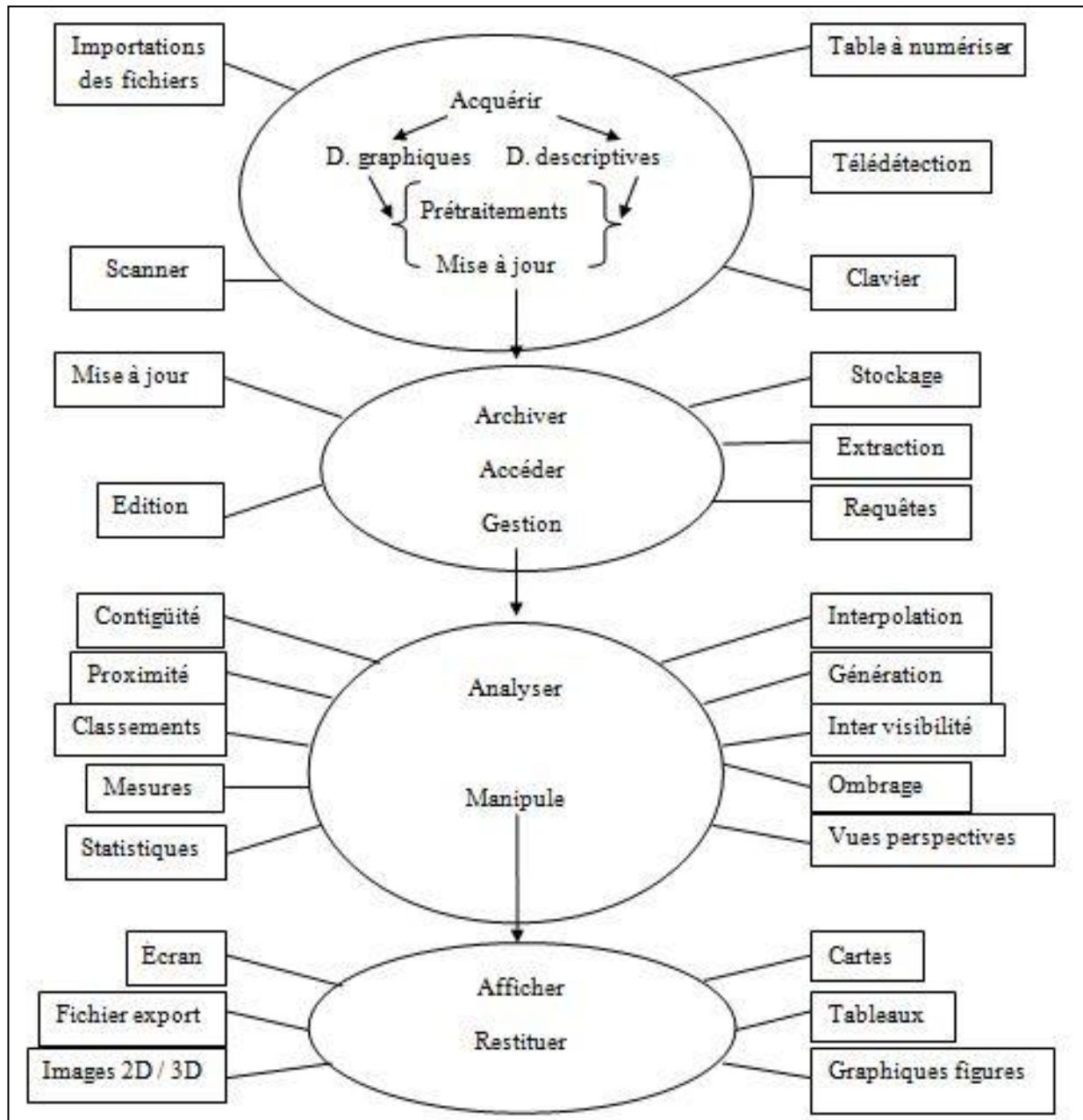


Figure n° 7 : Les fonctionnalités d'un SIG (EASTMAN, 1993)

Un SIG est capable de traiter de façon conjointe les informations géographiques (contours des unités de sols) et sémantiques (descriptive : classe de sols, occupation du sol, classe des pentes,...etc.) constituant la carte. Il délègue la saisie de l'information graphique à des périphériques spécialisés (saisie manuelle sur digitaliseur, semi-automatique sur scanner) (Figure 7). Il permet l'acquisition des données sémantiques par interfaçage avec un système de gestion de la base de données (SGBD), qui est à son tour interfacé à un logiciel.

II.4.1 - Acquisition de la base de données

Noyau du système, la BDG est constitué d'un ensemble numérique de « carte » et d'informations associées. Comme cette base de données décrit des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets. Ainsi, par exemple, on peut avoir une base de données décrivant des objets spatiaux tels qu'un puits, associées à la suscription thématique de ces dernières telle que la profondeur, le débit, niveau statique...etc. qui constitue la base de données thématique (EASTMAN, 1993).

La collecte des données peut être réalisé à partir de :

1) A partir des documents existants

Du papier (plan carte) au numérique, à partir d'une planche à numériser ou du scannage de la donnée sur l'écran de l'ordinateur, on numérise des objets dessinés sur le plan en données vecteurs. L'inconvénient de cette méthode est la retranscription des erreurs dues au support d'origine (déformation du papier, épaisseur du trait, ...) Si la donnée est scannée et géo-référencée c'est de la donnée « raster ».

2) A partir de photos

De la photo (scannée) ortho-rectifiée à la donnée vecteur, c'est une des principales sources pour une numérisation précise sur de grands territoires (la constitution de la donnée topographique de l'IGN pour l'ensemble du territoire se fait par

photogrammétrie). La précision de la donnée est en relation avec la précision de la photo. Ce type d'acquisition nécessite soit des enquêtes terrain soit des croisements avec d'autres données pour qualifier la donnée ; la photo est une simple collection de pixels (ZAOUI, 2013).

3) A partir d'image satellite

L'image satellite constitue la principale source d'information pour l'occupation du sol grâce à la télédétection.

4) A partir de donnée alphanumérique

La donnée littérale permet de créer de la donnée (géocodage) ou de l'enrichir.

5) A partir du terrain

Généralement utilisée pour des chantiers de petite taille ou en complément d'autres techniques.

- Levé G.P.S. (Global Positioning System) système de positionnement, à l'échelle du Globe, sur un ensemble de satellites artificiels ;
- Lever à la planchette ;
- Levé avec théodolite (mesure des angles) et/ou distance mètre.

II.4.2 - Système de gestion de la BDG

Le SGBD est le second composant fonctionnel d'un SIG. En fait, normalement, un SIG contient non seulement un SGBD traditionnel, mais une variété d'outils capables de gérer à la fois les dimensions thématiques et spatiales de l'information. A l'aide d'un SGBD, il est possible d'introduire des informations thématiques, sous la forme de tables ou de statistique et subséquemment d'en extraire des éléments spécifiques des deux mêmes formes. Plus important encore, un SGBD permet l'analyse de ce contenu thématique. (DIDON, 1990).

D'autre part, de nombreuses analyses de données spatiales ne comportent pas de vraies composantes spatiales, elles se suffisent donc d'un seul SGBD conventionnel.

Par exemple si l'on demande au système de trouver toutes les zones comportant des espèces indicatrices de dégradation du sol, on pourra représenter les résultats sous forme cartographique. Le produit final, la carte, sera certes spatiale, mais l'analyse elle – même n'a pas de caractéristiques spatiales. Ainsi, la flèche bidirectionnelle qui lie le SGBD à la composante thématique de la BDG met en évidence ce caractère spatial de l'analyse.

II.4.3 - Système d'analyse spatiale

Les systèmes précédemment décrits permettent de saisir l'information spatiale sous forme numérique, d'attribuer un contenu thématique aux objets spatiaux, d'analyser cette information sur la base de son contenu thématique et d'effectuer des représentations cartographiques. Elles sont insuffisantes pour contenir un SIG, bien qu'elles répondent à d'énormes besoins importants. Mais sa capacité fondamentale est de permettre une analyse des données basée sur leurs caractéristiques spatiales.

L'analyse spatiale de l'information est une extension des capacités d'interrogation des bases de données traditionnelles, en prenant en compte la localisation des observations. L'exemple le plus simple consiste à combiner dans la requête conjointe de deux caractéristiques spécifiques à deux ensembles d'objets spatiaux distincts.

Au-delà de SGBD, le système d'analyse spatiale a une liaison bidimensionnelle avec la BDG pour permettre un traitement de type analytique. Ainsi, il prélève à la fois de l'information de la BDG et la complète à l'aide de l'analyse. Par exemple, on peut chercher les zones d'une région qui ont une faible pente, un sol squelettique et fragile, le résultat pourra d'appeler zone moyennement désertifiée et très sensible à la désertification. Cette information n'existait pas originellement dans la BDG mais a été dérivée sur la base de données existante et d'un ensemble de relations spécifiques. Ainsi, les capacités analytiques d'un système d'analyse spatiale et de SGBD jouent un rôle essentiel dans l'extension de données, au travers des connaissances sur les relations qui existent entre les objets (HADDOUCHE, 1998).

La notion de superposition étant le mot-clé des SIG, l'analyse spatiale par ordinateur a beaucoup évolué cette dernière décennie et propose des opérations bien plus riches et complexes (IDRISSA, 2004).

II.4.4 - Système de restitution cartographique

La restitution des données est l'opération de représentation des résultats de l'extension ou de l'analyse de données sous une forme qui soit compréhensible par l'utilisateur ou un autre système informatique.

Autour de la BDG, gravitent un ensemble de systèmes. Le plus élémentaire est celui de représentation cartographique. Ce dernier permet de sélectionner des éléments de la BDG et de les représenter cartographiquement à l'écran ou à l'imprimante.

Dans la plupart des SIG, ces outils de représentation sont très sommaires et font appel à des logiciels spécialisés pour la production finale de qualité sur des supports film ou papier. (HADDOUCHE, 1998).

II.5 - Mode de représentation des données géographiques

Tous les objets spatiaux peuvent être décrits par 3 classes de propriétés :

- Leur position à la surface de la terre ;
- Les relations spatiales qu'ils entretiennent avec d'autres objets ;
- Leurs attributs (caractères descriptifs non graphiques).

Quel que soit la structure de donnée adaptée dans le SIG, elle doit être capable de rendre compte correctement de ces 3 types de propriétés. Comme les attributs d'un objet peuvent changer dans le temps sans qu'il y ait modification de position ou de la forme de l'objet, il est correct de séparer le codage des données graphiques et non graphiques. De la même manière, une limite séparant deux unités graphiques peut être modifiée sans que les attributs de ces deux unités ne subissent aucune altération.

Deux sources principales de données spatiales alimentent les SIG : les images numériques raster et les structures vectorielles cartographiques. Ainsi,

l'émergence de SIG dit raster ou vecteur. La cohabitation dans le SIG de deux types de données nécessite une bonne connaissance de leurs caractéristiques et de leurs propriétés (BERMEIR, et al., 2014).

Un système d'information stocke les deux composantes de l'information décrite par une carte : la description des objets spatiaux et leur thématique. Tous les systèmes n'utilisent pas la même approche pour réaliser cette gestion ; la grande majorité use toutefois d'une des deux techniques fondamentales de représentation : l'approche en mode objet (la structure vecteur) et l'approche en mode image (à structure raster ou maille).

II.5.1 - Mode de représentation raster

Dans un système en mode maille, les entités décrites ne sont pas tout à fait des objets spatiaux, mais des unités d'observation qui résultent de subdivision de la zone d'étude en un maillage de cellules rectangulaires.

Cette forme de matrice a deux dimensions où le pas de la maille (cellule) représente l'indicateur de résolution spatiale, (exemple 20*20m pour les images SPOT HRV et 30*30m pour les images LANDSAT TM).

Ce sont des données où l'espace est divisé de manière régulière en ligne et en colonne; à chaque valeur ligne / colonne (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace.

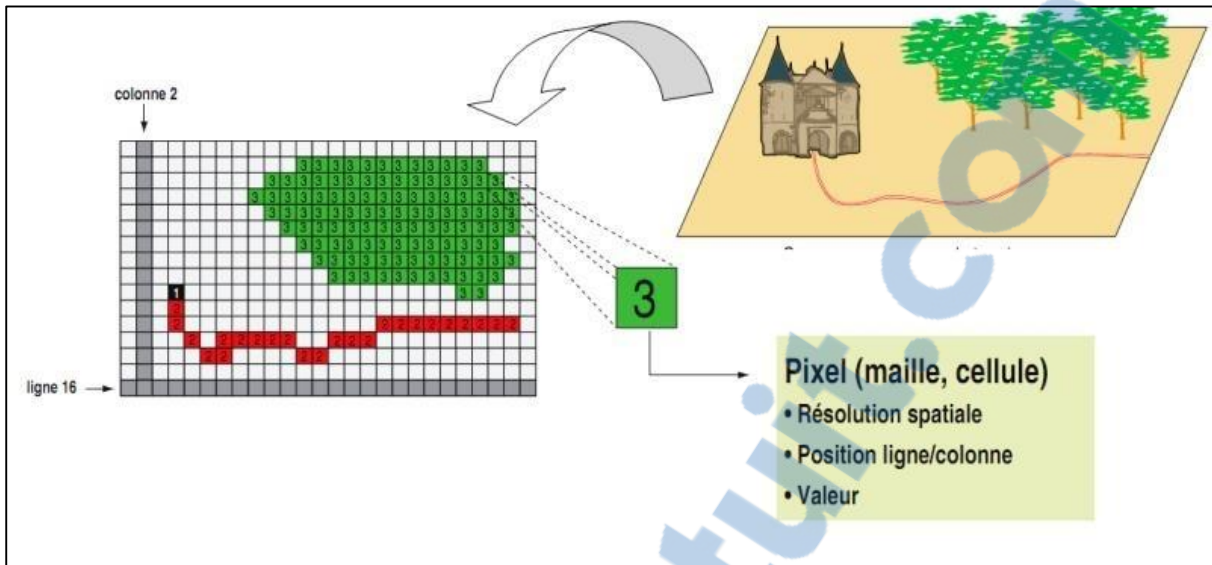


Figure n° 8 : Structure en mode Raster

⇒ Le Model Numérique du Terrain d'altitude (MNT)

A chaque couple X et Y est associé un Z ce qui permet de créer un « squelette » du relief sur lequel on peut draper des images satellites ou des photos aériennes où les objets du sursol, maisons, arbres, ...etc.

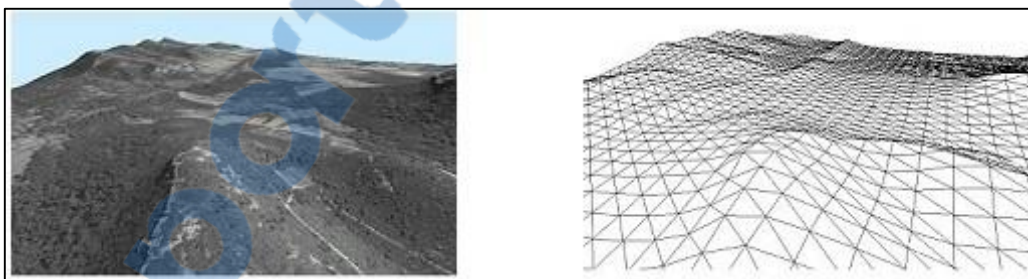


Figure n° 9: Model Numérique de Terrain (MNT)

A partir des MNT, on peut créer des produits dérivés tels que les courbes de niveau, les classes d'altitude, les cartes de pente.

II.5.2 - Mode de représentation vecteur

Le mode vecteur répond aux soucis de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Les objets spatiaux peuvent être représentés sur une carte par des points (exemple : puits, points géographiques), des lignes (exemple : routes et rivières) ou des surfaces (exemple : unité géologique, unité pédopaysagique,....etc.).

- **Le point** : L'objet le plus simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des points d'eau, des collecteurs d'ordures, Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000ème, il représente une capitale régionale.
- **La ligne** : La ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement, etc... Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information...etc.
- **La surface** : Elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, un barrage, une zone bâtie, ...etc.

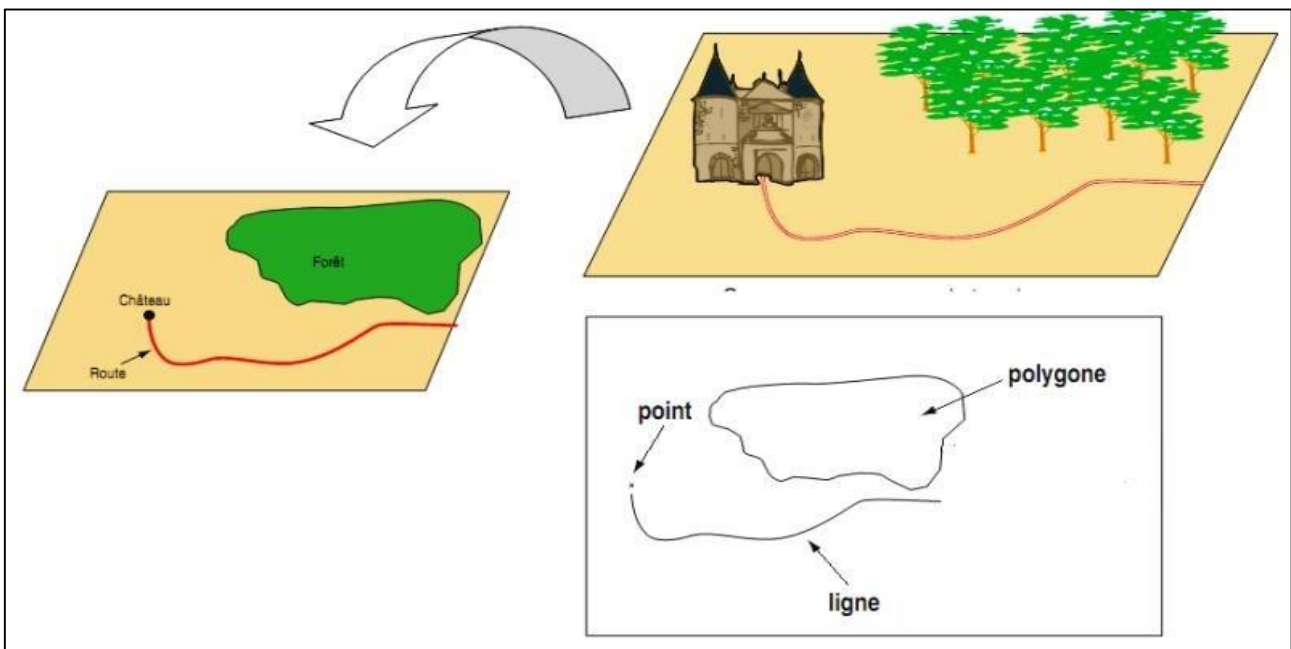


Figure n° 10 : Structure en mode vecteur

Les deux systèmes, à savoir le mode vecteur et le mode raster, possèdent de points inhérents à leur manière de représenter et de gérer l'information spatiale. Chacun a ses avantages et ses inconvénients ; toutefois une comparaison entre eux s'avère utile, illustrée dans le tableau n°5.

Tableau n° 5 : Comparaison entre deux modes de représentation (vecteur et raster)

Mode	vecteur	Raster
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Grande précision - Stockage plus compacte des données - Topologie complètement décrite par la liste des relations - Représentation graphique précise - Extraction, mise à jour et généralisation des graphiques et des attributs possible - Plus adaptés à des données dont les limites sont parfaitement définies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure des données très simple - Superposition et combinaison des données très aisée. - Analyse spatiale aisée. - Croisement thématique rapide et simple. - Technologie relativement bon marché et en plein développement - Plus adapté à des données dont les limites sont peu précises, données dont valeur varié graduellement en fonction de la distance.
inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Croisement thématique plus complexe et plus long. - Structure des données complexe. - Combinaison, superposition très difficile à réaliser car chaque cellule est différente. - Technologie chère car de haute précision graphique. - Analyse spatiale couteuse en temps de calcule. 	<ul style="list-style-type: none"> - Précision liée à la taille. - Taille des mailles dépendante du phénomène étudié. - Gros volume de stockage. - Topologie difficile à implanter - Aspect visuel médiocre des documents.

Aucune des deux structures ne convient pour toutes les applications, et le choix d'un mode de représentation se fera en fonction du type de traitement que les données auront subit. De ce tableau nous pourront dire de façon évidente que tout points faibles des SIG raster sont les points forts des SIG vecteur et inversement. Mais, le problème de choix est simple Alors qu'il existe des algorithmes de conversion de données vecteur à raster et réciproquement.

Conversion des données : (Figure 11)

- Rastérisation

La conversion du vecteur au raster est toujours facile et fait appel à des algorithmes simples. Il en résulte une modification des contours des polygones qui peut conduire à une perte d'informations.

- Vectorisation

La conversion du raster au vecteur est beaucoup plus délicate, complexe et couteuse en temps de calcul. Il existe des algorithmes permettant de laisser les contours crénelés obtenus après vectorisation.

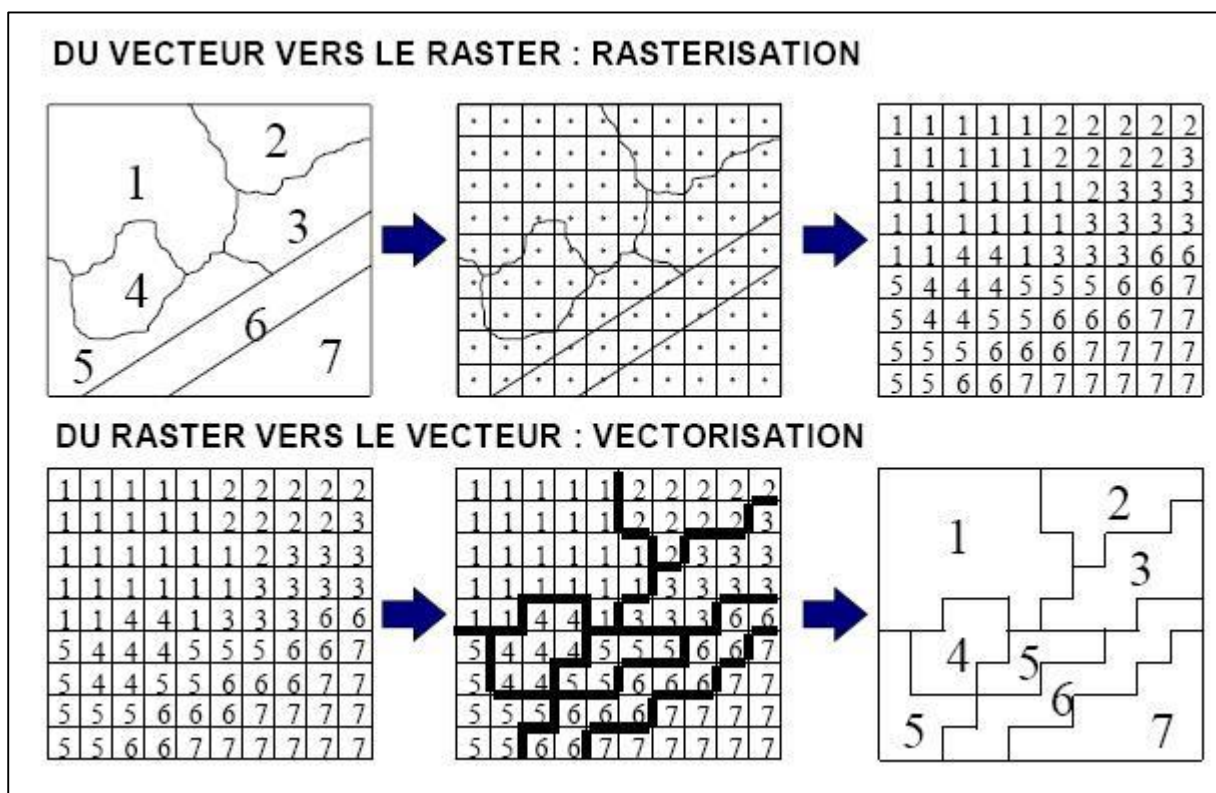


Figure n° 11 : Conversion des données (Vectorisation et Rastérisation)

L'utilisateur du SIG devra donc choisir dans chaque cas, en fonction des données disponibles et de ses objectifs, les démarches méthodologiques optimales.

Certaines analyses peuvent faire appel aux deux sources de données « vecteur et raster » ;

- ✓ Drapage d'une carte vectorielle sur un modèle numérique de terrain ;
- ✓ Mise à jour d'une carte vectorielle par superposition d'image raster ;
- ✓ Aide à la classification d'images satellitaires par superposition de carte vectorielle.

La nature différente et donc complémentaire des données vecteur et raster élargit le sens d'investigation de l'utilisateur du SIG en élargissant, pour une analyse de donnée, l'éventail des possibilités de traitement.

II.6 - Les Avantages et les inconvénients d'un (SIG)

Les systèmes d'informations géographiques bien qu'ils présentent énormément d'avantages pour l'utilisateur et notamment que c'est un précieux outil d'aide à la décision en particulier pour l'aménagiste, ils présentent tout de même certains inconvénients que allons énumérés d'après la synthèse de plusieurs auteurs (I.N.R.A., 1991).

II.6.1 - Les avantages

- ✓ Le SIG contient non seulement une base de données mais également une base de connaissance.
- ✓ L'accès à toutes les informations et par tous les utilisateurs est nettement facilitée.
- ✓ Les possibilités de description des organisations spatiales sont beaucoup plus larges.
- ✓ Les modèles peuvent évoluer avec le progrès des connaissances générales et des données peuvent être régulièrement et aisément mises à jours.
- ✓ Les sorties finales se font tout de même sur papier : une carte restant un moyen privilégié d'exprimer un phénomène spécialisé.
- ✓ Il n'y a plus de contraintes graphiques lors de l'élaboration d'un modèle d'organisation spatiale (MOS) ; les changements d'échelles sont aisés.
- ✓ Des restitutions sur le thème finalisé (carte thématiques) sont rapidement réalisables.

-
- ✓ On peut produire différentes cartes à partir des mêmes données ponctuelles et des mêmes modèles d'organisation, en modifiant les options (modification de classe pour tel ou tel caractère).
 - ✓ Il est possible, de façon quasi-illimitée, de croiser des données pédologiques par exemple avec d'autres données spatialisées non pédologiques (géomorphologie, climat, socio-économie, ...)
 - ✓ Enfin, à l'aide de modèles de fonctionnement, on peut procéder à des simulations fournissant des images selon divers scénarios.

II.6.2 - Les inconvénients

- ✗ Le système est complexe et difficile à gérer. La saisie est lourde (surtout si on désire informatiser des données anciennes). Les données sont difficilement accessibles à un utilisateur insuffisamment formé.
- ✗ L'information systématiquement quantitative peut donner à certains utilisateurs l'impression erronée d'une connaissance parfaite et mathématique d'où le risque d'utilisation abusive. A nouveau, il faut prévoir des codifications correspondant à des connaissances imprécises ou à des données absentes.

Les données traitées ne sont pas de même nature, tant du point de vue sémantique, que du point de vue géométrique. C'est ainsi, les choix des données se feront en fonction de l'objectif de l'étude, qu'il faut choisir les variables les plus utiles et pouvoir les associer selon :

- Le Thème cartographique ;
- L'échelle de la carte ;
- Le système de projection ;
- La date de réalisation.

III. SIG et télédétection

Ces deux technologies qui ont évolué séparément peuvent aujourd'hui être utilisées conjointement de manière interactive et complémentaire.

1). Rapport SIG-télédétection

Les relations mutuelles entre SIG et systèmes de télédétection sont évidentes ; la télédétection constitue une source de données géographiques. C'est un privilège d'entrée de données pour le SIG (réalisation d'inventaires, uniformisation, actualisation des données existantes).

2). Intégration SIG-STI

Il existe 3 schémas d'organisation d'un ensemble SIG-STI :

- Les deux systèmes sont totalement séparés. Ils communiquent par échange de données à l'aide de formats de transfert ;
- Il existe une interface commune aux deux systèmes ;
- Intégration SIG et STI est complexe (peu développée encore).

Ces deux derniers schémas, notamment le dernier, permettent de gérer et de traiter des données graphiques classiques (généralement en mode vecteur) et des images de télédétection.

L'intérêt de cette intégration. Par exemple, possibilité en interactif, de remettre à jour un fichier vecteur à partir de l'interprétation d'une image satellitaire, et inversement, des segmentations préalables de fichiers topographiques (ou autres) pour apporter une aide à l'interprétation des images satellitaires.

De même, des données SIG élaborées à partir de cartes existantes ou de données de terrain, peuvent apporter une aide considérable à l'interprétation des images de télédétection. Ces données sont souvent très intéressantes pour l'utilisation régulière et rationnelle de la télédétection.

Ainsi, la liaison et la convivialité entre SIG et le traitement d'images représentent un axe de développement prometteur. Le développement de l'utilisation de la télédétection sera favorisé par le développement des bases de données localisées et les SIG ; à moyen terme, le développement de la télédétection pourra à son tour renforcer le secteur SIG.

3). Apport de la télédétection

La télédétection, notamment satellitaire, de part les qualités intrinsèques des données produites (surface couverte, stéréoscopie parfois, résolution au sol, précision liée à la résolution et la stéréoscopie, répétitivité) peut permettre la mise à jour ou l'élaboration de cartes à intégrer à la base des données.

La télédétection fournit, par exemple, des informations :

- Sur l'occupation du sol ;
- Permettant l'évaluation prévisionnelle de la nature et du rendement des récoltes ;
- Permettant de mettre en évidence des phénomènes périodiques ou exceptionnels (pollution, glissement de terrains, crues, incendies....etc.).

Chapitre 3 : Description de la zone d'étude

I. Situation géographique

La zone d'étude est une zone steppique regroupe cinq communes de la région sud de la Wilaya de Tlemcen (Sebdou, Sidi El Djilali, El gor, El Bouihi, El Aricha) d'une superficie total de 3268,4km² et d'un périmètre de 606,76km (Figure 12). La surface et le périmètre de chaque commune sont présentés dans le Tableau n° 6.

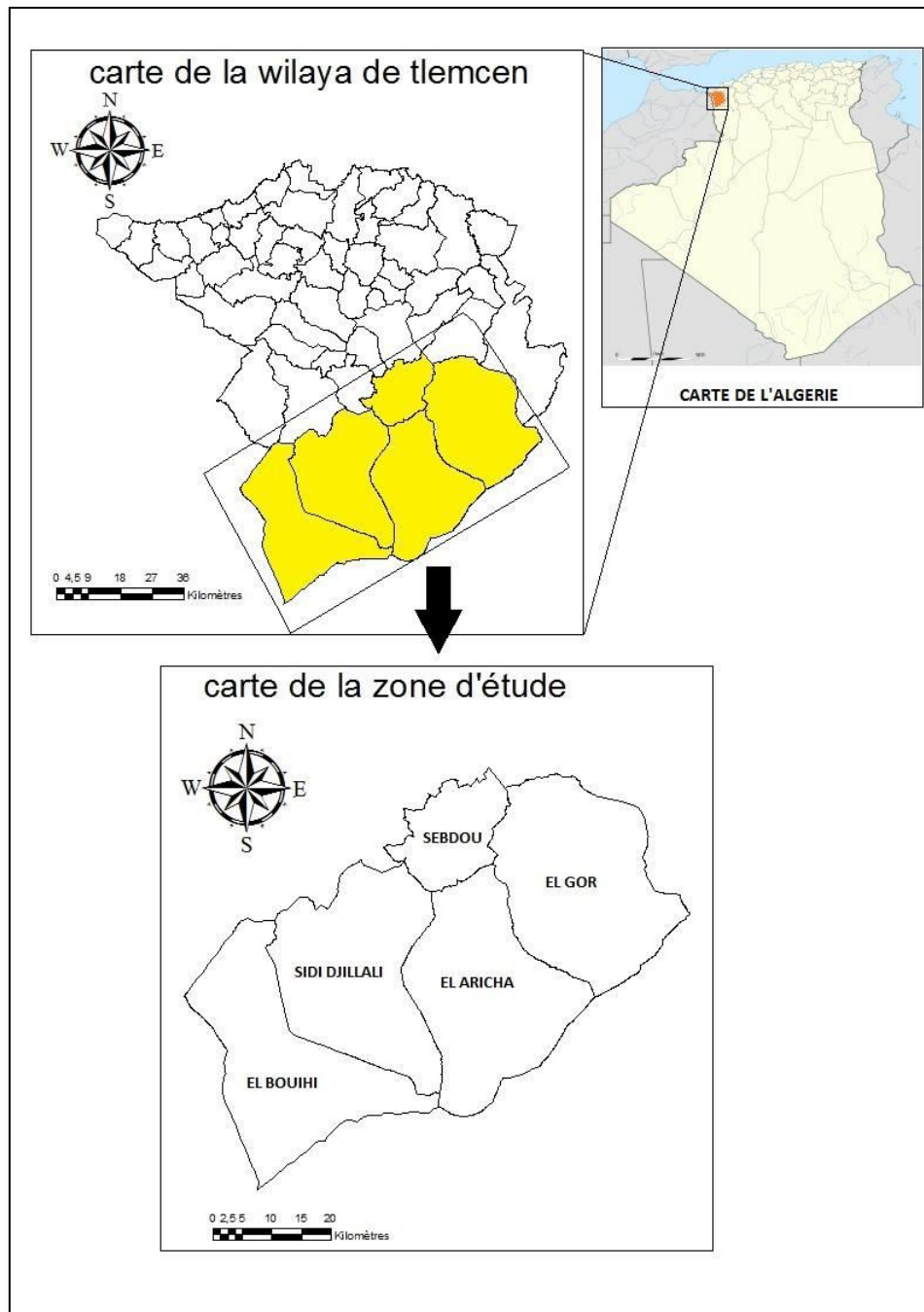


Figure n° 12 : Carte de situation de la zone d'étude

Tableau n° 6 : surface et périmètre de chaque commune

Commune	Superficie	Périmètre
Sidi Djilali	733,4km ²	129km
El-Bouihi	734km ²	149,1km
El-Aricha	747,3km ²	122,9km
El-Gor	803,9km ²	121,8km
Sebdou	249,8km ²	83,96km

Ces cinq communes regroupées sont limitées par :

- Au Nord, les monts de Tlemcen ;
- Au Sud, la wilaya de Naama
- A l'Est, la wilaya de Sidi Bel-Abbes ;
- A l'Ouest, les frontières Algéro-Marocaines.

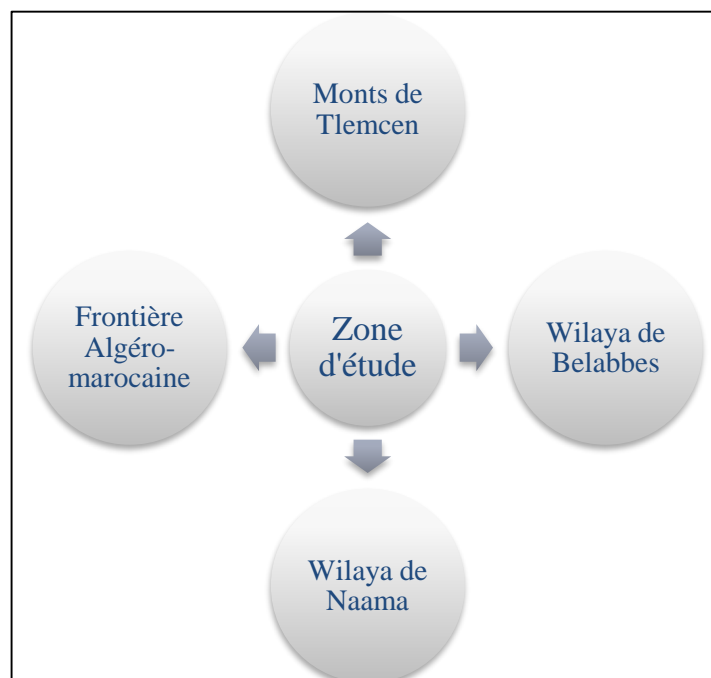


Figure n° 13 : Schéma simplifié de la zone de d'étude

II. Présentation des formes de relief et le réseau hydrographique

II.1 - Le relief

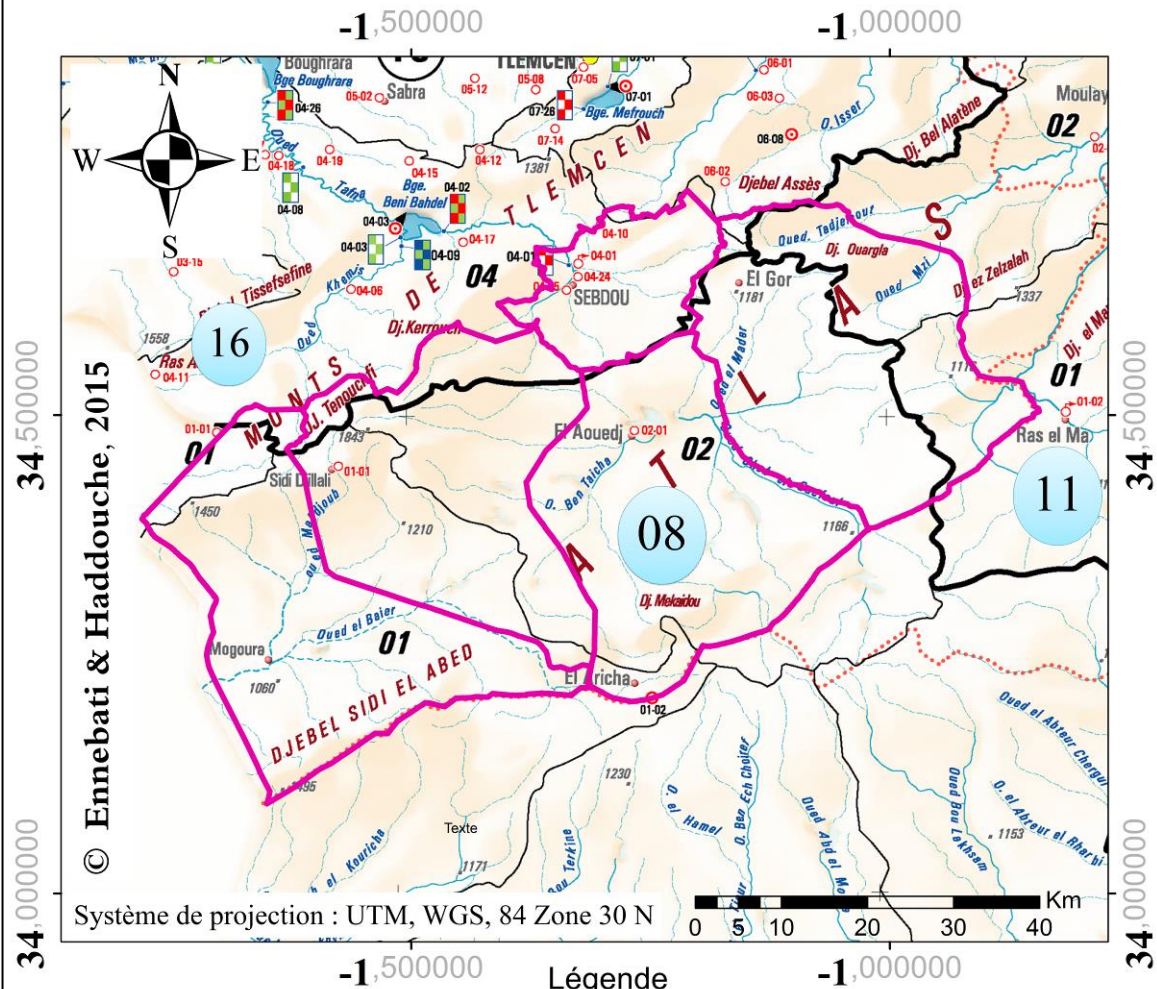
Il y a trois grands ensembles bien nets qui peuvent être distingués :

- Au Nord par la chaîne montagneuse qui a une direction Sud-ouest, Nord-est ; elle est beaucoup plus accidentée à l'Ouest qu'à l'Est. La topographie s'abaisse progressivement d'Ouest en Est (de 1300 mètres à 900 mètres ; soit une dénivelée de 400 mètres environ ;
- Au Centre par la présence de petites collines et cuvettes (Dayats) ainsi que les entailles provoquées par un réseau hydrographique non hiérarchisé, donnent au relief un aspect ondulé. L'altitude moyenne est de 1000 mètres ;
- Au Sud des Monts de Tlemcen s'étendent d'une plaine où émergent le Djebel Sidi El Abed, le Djebel Makaïdou et Djebel En Necheb (altitude moyenne est de 1200 m). Les versants Nord de ces reliefs (en ajoutant le Djebel Ouark, le Djebel Kerbaya et le Djebel Taerziza) sont beaucoup plus abrupts et plus fournis en végétations et présentent des pentes assez fortes dans leur partie sommitale, plus ou moins douces en aval. L'écoulement des oueds se fait du Sud vers le Nord et s'interrompt souvent au niveau des Dayats.

II.2 - Hydrologie

La zone d'étude est alimentée par trois grands bassins versant selon la structuration des unités hydrologiques de l'Algérie (ANRH) et qui sont les bassins versant de la TAFNA, le bassin versant du CHOTT ECH CHERGUI et le bassin versant de la Macta (Figure 14).

Carte du réseau hydroclimatologique de la zone d'étude



- 08 Bassin versant du Chott Echergui
- 11 Bassin versant de la Macta
- 16 Bassin versant de la Tafna

Extrait de la carte du réseau hydroclimatologique et de surveillance de la qualité de l'eau du nord Algérien.
Source : ANRH, (2005)

Légende	
	06 Limite de bassin avec code
	27 Limite de sous bassin avec code
	Limite de wilaya
	Réseau hydrographique
	Barrage
	Plan d'eau (Chott, Sebkhah)
	Station pluviométrique
	Station pluviographique
	Station climatologique
	Station hydrométrique classique
	Station hydrométrique automatisée
	Station de surveillance de la qualité de l'eau
	Station hydrométrique classique et site de surveillance de la qualité de l'eau
	Station hydrométrique automatisée et site de surveillance de la qualité de l'eau
	Soumaa Antenne régionale de l'ANRH
	Fouka Secteur rattaché à l'antenne régionale
	JIJEL Chef lieu de Wilaya
	AIN M'LILA Localité

Figure n°14 : Carte du réseau hydroclimatologique de la zone d'étude (A.N.R.H, 2005)

La commune de Sebdou située dans le bassin versant de la Tafna appartient au sous bassin N° 4 (oued sebdou).

Les trois communes (Sidi Djilali – el Bouihi – El Aricha) appartiennent au bassin versant du CHOTT ECH CHERGUI du sous bassin versant N° 1 et 2.

La commune d’El-Gor appartient au deux bassins versant :

1. Bassin versant du CHOTT ECH CHERGUI ;
2. Bassin versant de RAS ELMA (comprend 2 sous bassins : Oued Berbor et Oued El hammam).



Figure n° 15: Carte réseaux hydrographiques et bassins versants source : P.D.A.U (2014)

II.3 - Géomorphologie

« La géomorphologie est l'un des éléments les plus précieux de l'analyse cartographique dans les études de reconnaissance. Ce paramètre régit un nombre considérable de processus physiques, tels que la morphologie (pente), la pédogénèse et par conséquent le développement et l'évolution des sols » (TRICART, et al., 1965).

Trois formes physiographiques importantes se dégagent :

- Les Djebels (comme par exemple Djebel Tchenoufi, Djebel Sidi El Abed et Djebel Mekaidou qui culminent respectivement à 1791 m, 1500 m et 1434 m). Les versants Nord de ces reliefs sont beaucoup plus abrupts et fournis en végétation.
- Les surfaces plus ou moins planes correspondent aux glacis. Elles sont constituées par des dépôts alluviaux, d'âge et d'origine diverses, se raccordant à des terrasses fluviales parfois lacustres.
- Les dépressions (exemple : Dayet El ferd où on note la présence d'une végétation halophile à cause de la salinité élevée).

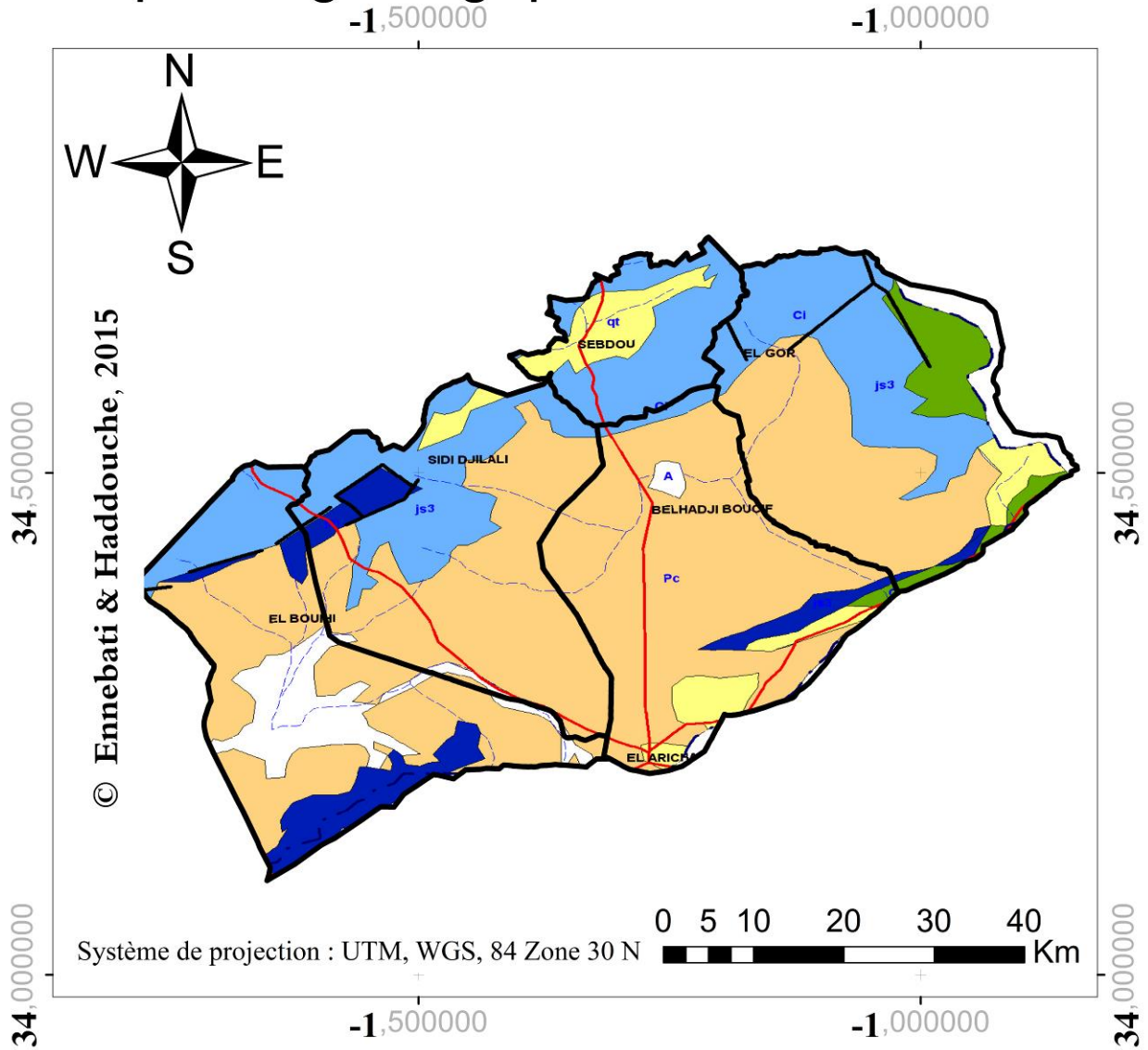
II.4 - La géologie

La géologie est à l'origine de la nature lithologique qui constitue l'un des facteurs de formation du sol et des formes du relief. Elle occupe aussi une place avantageée dans le cadre de cette étude puisque à elle peut nous éclaircir la qualité (Physique et chimique) et le type de dispersion des points d'eau de la zone d'étude.

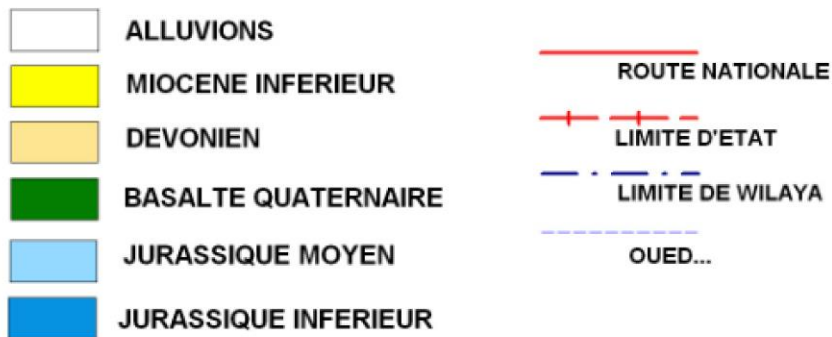
Selon la carte géologique extraite du Plan d'Aménagement du Territoire de la wilaya de Tlemcen, les principales séries lithologiques reconnues sont :

- Les alluvions les plus récents ;
- L'ère tertiaire (miocène inférieur ...etc.) ;
- L'ère secondaire (jurassique moyen et inférieur) ;

Esquisse géologique de la zone d'étude



Légende



Extrait de la carte géologique de Tlemcen. Source : P.D.A.U, (2012)

Figure n° 16 : Esquisse géologique de la zone d'étude (P.D.A.U, 2012)

II.5 - Pédologie

Le sol est un milieu cohérent dont les propriétés s'expliquent par son histoire, les conditions de son environnement et souvent aussi par l'action humaine (HADDOUCHE, 1998).

Le sol est formé selon les paramètres suivants :

- La nature de la roche mère ;
- La topographie du milieu ;
- Les caractères du climat ;
- L'homme ;
- Le couvert végétal.

Les sols steppiques adaptés au régime climatique aride sont généralement peu évolués, moins profonds et parfois inexistants. La répartition des sols steppique correspond à une mosaïque compliquée ou se meulent sols anciens et sols récents, sols dégradés et sols évolués (HADDOUCHE, 2009).

Les sols steppiques ont deux caractères principaux :

- 1- Pauvreté et fragilité des sols, prédominance des sols minces de couleur grise due à la raréfaction de l'humus. Ce sont les sols les plus exposés à la dégradation ;
- 2- Existence de bons sols dont la superficie est limitée et bien localisée.

Ces derniers se localisent dans les deux zones :

⇒ Les sols de dépressions :

Ces dépressions qu'elles soient linéaires (lits l'oued) ou des dépressions fermées constituées par les chotts et les dayas sont les meilleurs sols. Ce sont des sols formés par des éléments fins déposés par les eaux de ruissellement, constituant un horizon pédologique très fertile.

⇒ Les sols des piedmonts :

Ces sols sont beaucoup moins homogènes et moins épais. Leurs constituants sont plus grossiers et moins stables que ceux des sols des dépressions.

II.6 - Paramètres biologiques

II.6.1 - La végétation

Dans ces zones, la végétation a fait l'objet de nombreuses études phytosociologiques et écologiques. La plupart ont abouti à la conclusion que la végétation steppique se trouve dans un état alarmant dû à l'action combinée des facteurs climatiques et anthropiques ((DJEBAILI, et al., 1982); (NEDJRAOUI, 1990); (BEDRANI, et al., 1991); (BOUAZZA, 1995); (LE HOUEROU, 1995) ; (BENSAID, 2006) ; (HADDOUCHE, 2009)).

Les espèces végétales rencontrées peuvent être classées de la manière suivante :

1. Les groupements forestiers

- Forêts claires à *Pinus halepensis* sur les sommets des djebels ;
- Steppe arborée à base de *Juniperus oxycedrus*, *Stipa tenacissima* et *Stipa parviflora*.

2. Les groupements steppiques

- Steppe à *Stipa tenacissima* ;
- Steppe à *Artemisia herba alba* ;
- Steppe à *Lygeum spartum*.

Les groupements à Alfa (*Stipa tenacissima*) dégradés sont peu exigeants du point de vue édaphique. Ils affectionnent les zones bien drainées, car ne supportent pas les terrains facilement inondables (MANIERE, et al., 2009)

La composition floristique de cette steppe est généralement bien venante durant les bonnes années pluvieuses. L'Alfa peut se trouver en association avec :

- Les gaminés : représentés essentiellement par *Lygeum spartum* ;
- Les chaméphytes : représentés par *Hammada scoparia* et *Hélianthemum hirtum*.
- Les psammophytes : représentés par *Thymelaea microphylla* et *Noaea micronata* qui se trouvent dans des sols d'épaisseur variable et de texture beaucoup plus sableuse.

II.6.2 - La faune

La faune steppique de la zone d'étude est aussi perturbée que riche, variée en faune sauvage et domestique, représentée en ovins, bovins et caprins. Ces animaux domestiques constituent la capitale source de vie pour la majorité des populations des cinq communes.

II.6.3 - Le Climat

Le climat est un facteur très important vue son influence primordiale sur le milieu et fait partie des facteurs écologiques abiotique d'un premier ordre, comme il est composé de facteurs associés entre eux, tel que la température, les précipitations, l'humidité, ...etc.

La vie faunistique et floristique dépendent directement de la disponibilité en eau et la relation directe avec le climat (le nombre de précipitations et la quantité annuelles). D'où l'importance de faire une étude bioclimatique de la zone d'étude.

II.7 - Environnement bioclimatique de la région d'étude

De nombreux auteurs ont travaillé sur le climat général de l'Algérie. Nous avons entre autres le travail de SELTZER, (1946), BAGNOULS et GAUSSEN, (1953-1957), QUEZEL, (1957), GOUNOT, (1959), SAUVAGE, (1962-1963), (1995), STEWART ,(1969-1975), CHAUMONT et PAQUIN ,(1971) et plus récemment DAHMANI ,(1984), DJEBAILLI ,(1984), KADIK ,(1987), LE HOUEROU, (1995) et HIRCHE, et al., (2007). L'ensemble de ces auteurs s'accordent à reconnaître que le climat de l'Algérie s'intègre au climat méditerranéen qui est un climat de transition entre la zone tropicale, avec un été chaud et très sec, et la zone Saharienne à hiver très froid.

Dans le cadre de notre étude, deux paramètres climatiques pris en considération, la pluviosité et les températures qui jouent un rôle important dans la disponibilité en eau (écoulement, retenue en eau, nappes phréatiques....etc.), la répartition des êtres vivants d'une part et des données les plus disponibles d'autre part.

Deux diagrammes ont été utilisés :

- 1- Diagramme d'EMBERGER(1955), pour retrouver l'ambiance climatique de la zone d'étude ;
- 2- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1963), pour déterminer les périodes sèches.

L'étude climatique de la zone d'étude est faite à base des données de la station météorologiques d'El Aricha, Sidi Djilali et Ras El-Ma dont les caractéristiques sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau n° 7 : Situation géographique des stations étudiées

Stations	Coordonnées GPS	Altitudes (m)	Commune	Wilayas
El Aricha	34°12'00" Nord 01°60'00" Ouest	1255	Aricha	Tlemcen
Sidi Djilali	34° 27'56 " Nord 1°34'17"Ouest	1275	Aricha	Tlemcen
Ras El-Ma	34°30' Nord 0°49' Ouest	1085	Aricha	Belabbes

Les stations météorologiques d'El Aricha, Sidi Djilali et de Ras El-Ma demeurent les seules stations dont les données climatiques sont représentatives et disponibles de la zone d'étude. La station météorologique de Ras El-Ma est prise en considération, malgré son appartenance à la Wilaya de Sidi Belabbes, vue son emplacement qui est à proximité de la commune d'El-Gor. Raison de plus, ces trois stations sont positionnées sous forme de ceinture sur la zone d'étude (Figure 17).

Dans la steppe de Tlemcen, les précipitations sont très irrégulières d'une année à une autre. Afin de mieux observer les fluctuations climatiques, il a été nécessaire de prendre en considération une durée plus ou moins longue de 25ans pour les deux stations météorologiques d'El-Aricha et Ras El-Ma (1984-2009), et de 38ans pour la station météorologique de Sidi Djilali (1970-2008).

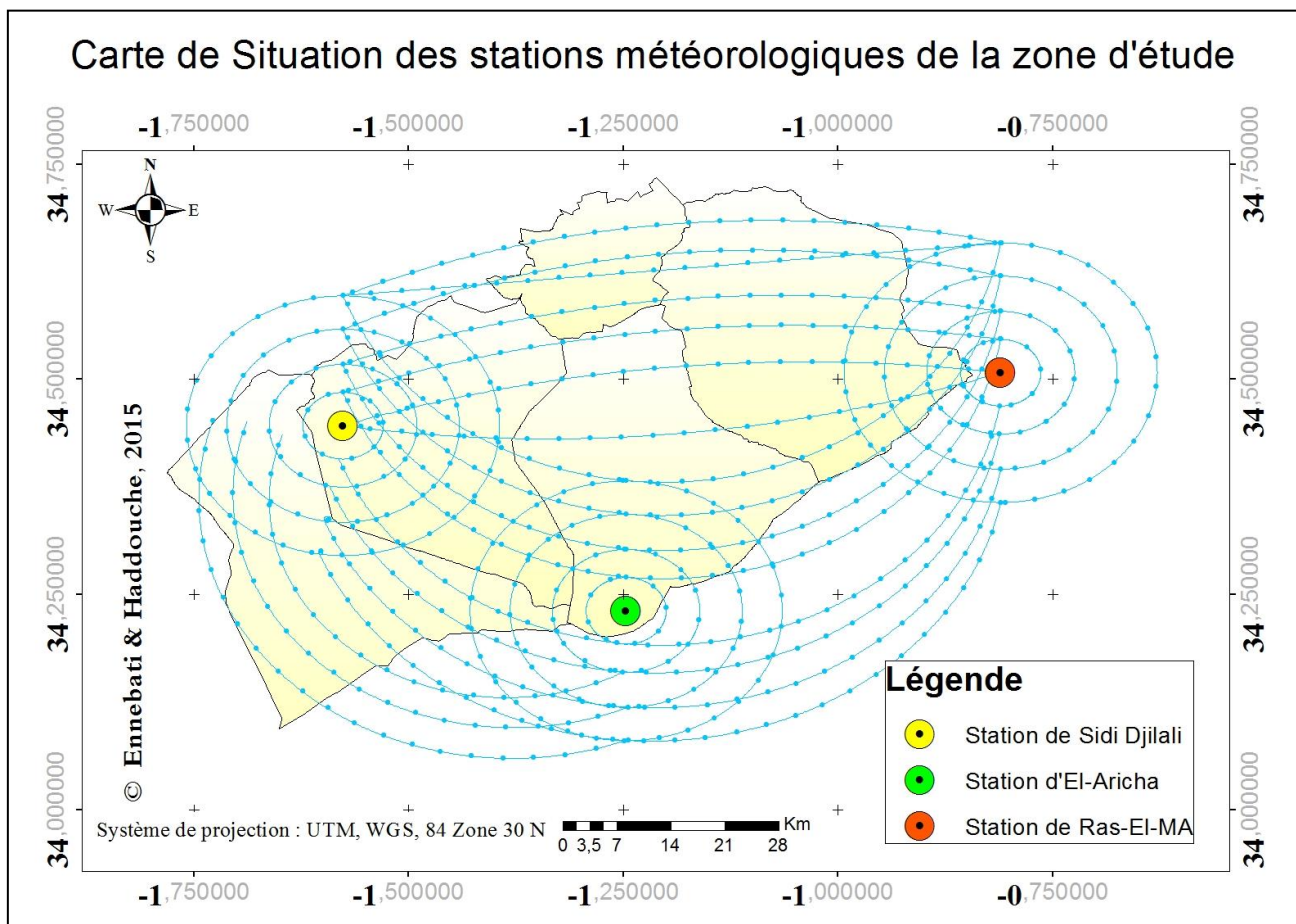


Figure n° 17 : Carte de situation des stations météorologiques de la zone d'étude

II.7.1 - Précipitations

Les régimes pluviométriques se trouvent sous l'influence de deux groupes de facteurs (HALIMI, 1980):

- Les facteurs géographiques : altitude, latitude, distance à la mer, orientation des versants.
- Les facteurs météorologiques : masses d'air, centre d'action, trajectoire des dépressions.

La variation des paramètres climatiques tels que l'évapotranspiration et la saison sèche, sont surtout fonction de la pluviosité moyenne annuelle.

II.7.1.1 - Précipitations moyennes mensuelles et annuelles

- Régime mensuel

Les moyennes mensuelles des trois stations sont représentées

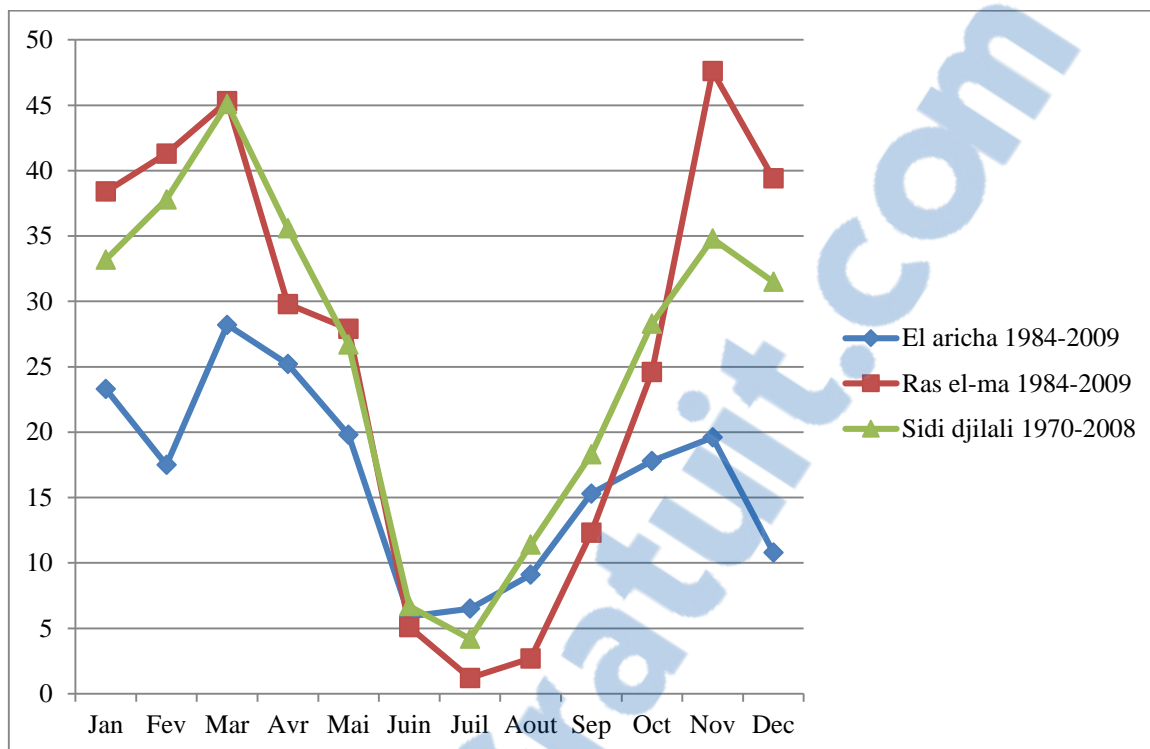


Figure n° 18 : Précipitations moyennes mensuelles des trois stations (El-Aricha, Sidi Djilali et Ras El-Ma)

Nous remarquons un faible taux et l'irrégularité permanente des précipitations.

Le mois les plus pluvieux dans chaque station est :

- Le mois de mars avec 28.2 mm de précipitations dans la station d'El Aricha ;
- Le mois de mars 45.1 mm de précipitations dans la station de Sidi Djilali ;
- Le mois de Novembre 47.6 mm de précipitations dans la station de Ras El-Ma.

Par contre le mois de juillet est le mois le moins pluvieux dans les deux stations de Sidi Djilali et de Ras El-Ma (4.2 mm à Sidi Djilali et 1.2 mm à Ras El-Ma). La station d'El Aricha, le mois de juin est le plus sec avec 5.9 mm.

La valeur la plus élevée enregistrée depuis les trois stations est la station de Ras El-Ma qui est de 47.6 mm dans le mois de mars durant la période 1970-2008.

II.7.1.2 - Régime saisonnier

La connaissance des saisons les plus arrosées est très importante, selon AIDOUD (1989), les pluies d'hiver contribuent à maintenir l'humidité du sol, alors que les

pluies du printemps interviennent en phase de croissance, et même les précipitations d'automne ont un rôle important dans le cycle biologique annuel.

Le régime pluviométrique saisonnier est de type :

- La station d'El Aricha -> **HPAE** ;
- La station de Sidi Djilali -> **PHAE** ;
- La station de Ras El-Ma -> **HAPE**.

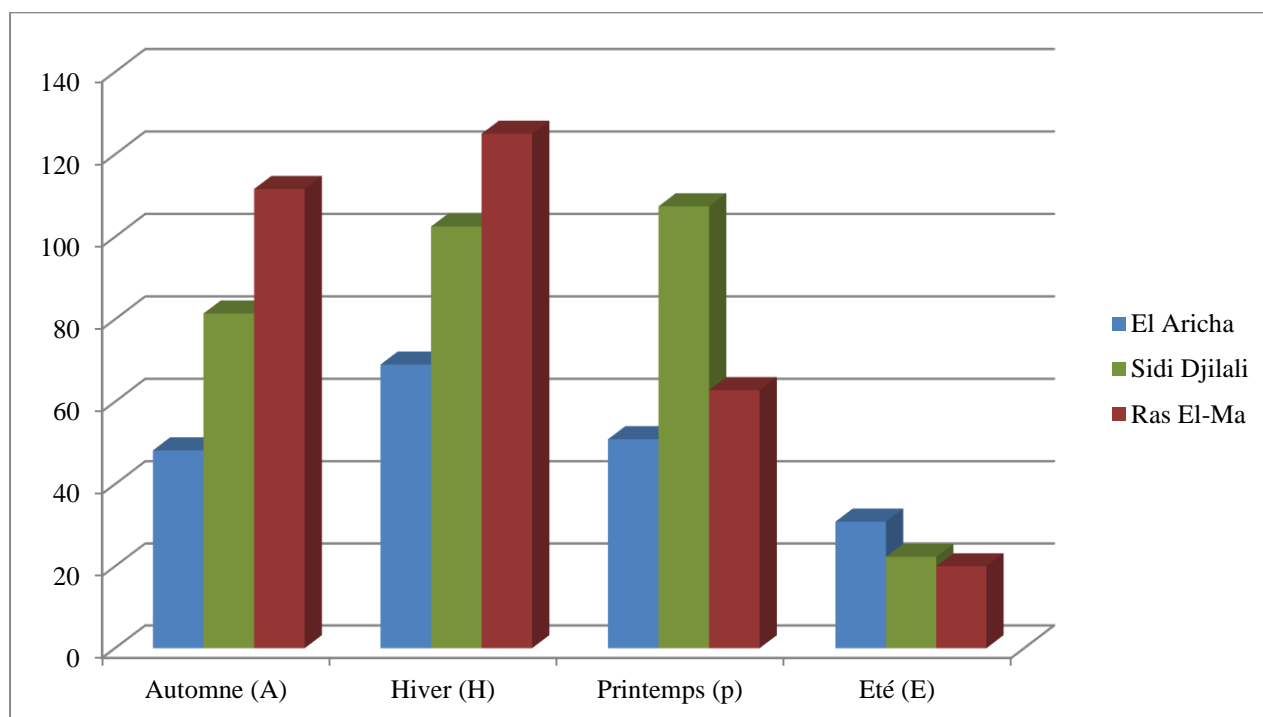


Figure n° 19 : Régimes saisonniers des trois stations

II.7.2 - Température

La température est considérée comme le second facteur climatique important. C'est celui qu'il faut examiner en tout premier lieu par son action écologique sur les êtres vivants. Elle joue un rôle majeur dans la détermination du climat régional.

Le tableau suivant résume les moyennes mensuelles des températures de la station d'El Aricha et Ras El-Ma (1984 – 2009), et de la station de Sidi Djilali (1970-2008).

Tableau n°8 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures

	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T_moy
El Aricha	T	4.8	6.2	9.4	10.9	17.6	21.9	27.7	27	20.7	14.6	8.65	5.5	14.57
Ras El-Ma	T	9.7	10.8	12.9	15.1	18.2	20.9	24.1	24.1	21.5	18.6	14.6	10.4	16.74
Sidi Djilali	T	5.3	6.9	9.9	12.5	18.8	23.4	27.8	27.2	21	16.1	10.5	7	15.53

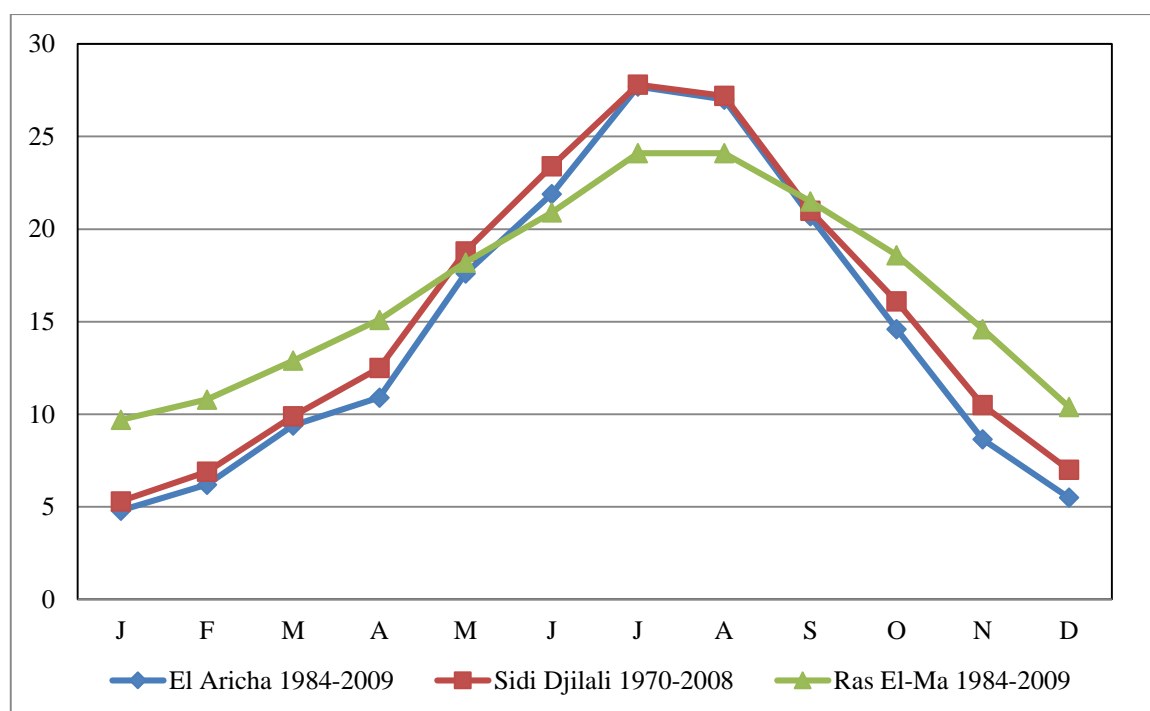


Figure n°20 : Températures moyennes mensuelles des trois stations

Le mois de Juillet est le mois le plus chaud tandis que le mois de Janvier est le mois le plus froid de l'année pour les trois stations météorologiques.

II.7.3 - Autres facteurs Climatiques

II.7.3.1 - Le Vent

On ne peut pas apprécier directement les vents faute de données précises. Devant une pareille carence, il nous paraît raisonnable en première approximation de nous borné à des constatations et à des observations pouvant expliquer certains faits (BENABADJI, et al., 2000).

Les vents qui soufflent sur la zone d'étude ont, selon leur direction, diverses origines :

* Vents du Nord

En hiver, ces vents secs et froids pénètrent la zone d'étude par les monts de Tlemcen ; ils favorisent les chutes de neige à plus de 1 400 mètres d'altitude (Sidi-Djilali). De mars-avril à octobre, ces vents sont chauds et parfois humides par suite de leur passage sur la mer ; ce phénomène réduit relativement la chaleur de l'été dans la zone de Sebdou.

* Vents d'Ouest

Ce sont les vents dominants. Ils soufflent du sud-ouest au nord-ouest. Une grande partie des précipitations provient de l'ascendance forcée de ces masses d'air sur les monts de Tlemcen, ce qui permet à la zone de Sidi Djilali d'être relativement arrosée. Ils sont fréquents pendant les mois de novembre à février.

* Vents du Sud

Secs et chauds, les vents du Sud qui soufflent surtout au printemps et en automne, quelquefois en été, ramènent avec eux une quantité appréciable de sable et de limon.

II.7.3.2 - Les gelées

Selon, COUDREC, (1974), il y'a gelée blanche lorsque des cristaux de glace se forment sur une surface refroidie par rayonnement nocturne. La température moyenne du sol à 25 cm de profondeur pendant la période froide (Hiver) varie entre 7°C et 9°C. Pour les racines qui descendent à 1 mètre de profondeur la température dépasse les 11°C.

Selon le même auteur, la région d'El Aricha durant la période [1968-1988] a enregistré plus de 50 jours de gel par an. En général, le risque de gelées commence lorsque le minimum de température tombe au-dessous de 10°C. Elles sont fréquentes lorsque la température minimale moyenne du mois le plus froid est inférieure à 3°C. El Aricha, se trouve dans les limites des zones à l'intérieur desquelles il gèle plus de 50 jours par an.

II.7.3.3 - La neige

La neige par fusion constitue un apport d'eau appréciable pour la végétation. La neige dans notre zone constitue une faible part des précipitations totales. Les chutes de neige ne sont pas rares sur les hauteurs, surtout sur la partie Nord montagneuse (Djebel Tchenoufi au Nord-Ouest de Sidi Djilali) où elles peuvent persister deux semaines par an.

II.7.4 - Synthèse Climatique

Les synthèses climatiques résultent des différentes combinaisons de données climatiques qui sont multiples et ne datent pas d'aujourd'hui. De nombreux auteurs ont proposé des études synthétiques numériques et graphiques pour classer le climat et montrer son importance et son effet sur la répartition des espèces végétales. En prenant en considération que les paramètres essentiels (précipitations et températures), nous pouvons caractériser le climat de la zone d'étude.

II.7.4.1 - Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

(BAGNOULS, et al., 1953) ont optimisé l'utilisation des valeurs des précipitations et des températures en les représentant sur le diagramme ombrothermique pour pouvoir suivre leur évolution simultanée, afin de déterminer la période sèche. L'échelle préconisée par les auteurs est de $P \leq 2T$.

P : Précipitations moyennes mensuelles exprimées en (mm).

T : Températures moyennes mensuelles exprimées en degré Celsius.

L'intersection des courbes thermiques et pluviométriques détermine la durée de la saison sèche. D'après les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен présenté dans la Figure n° 21 montre que la période sèche dure 5 mois allant du mois de Mai au mois d'Octobre pour les trois stations météorologiques.

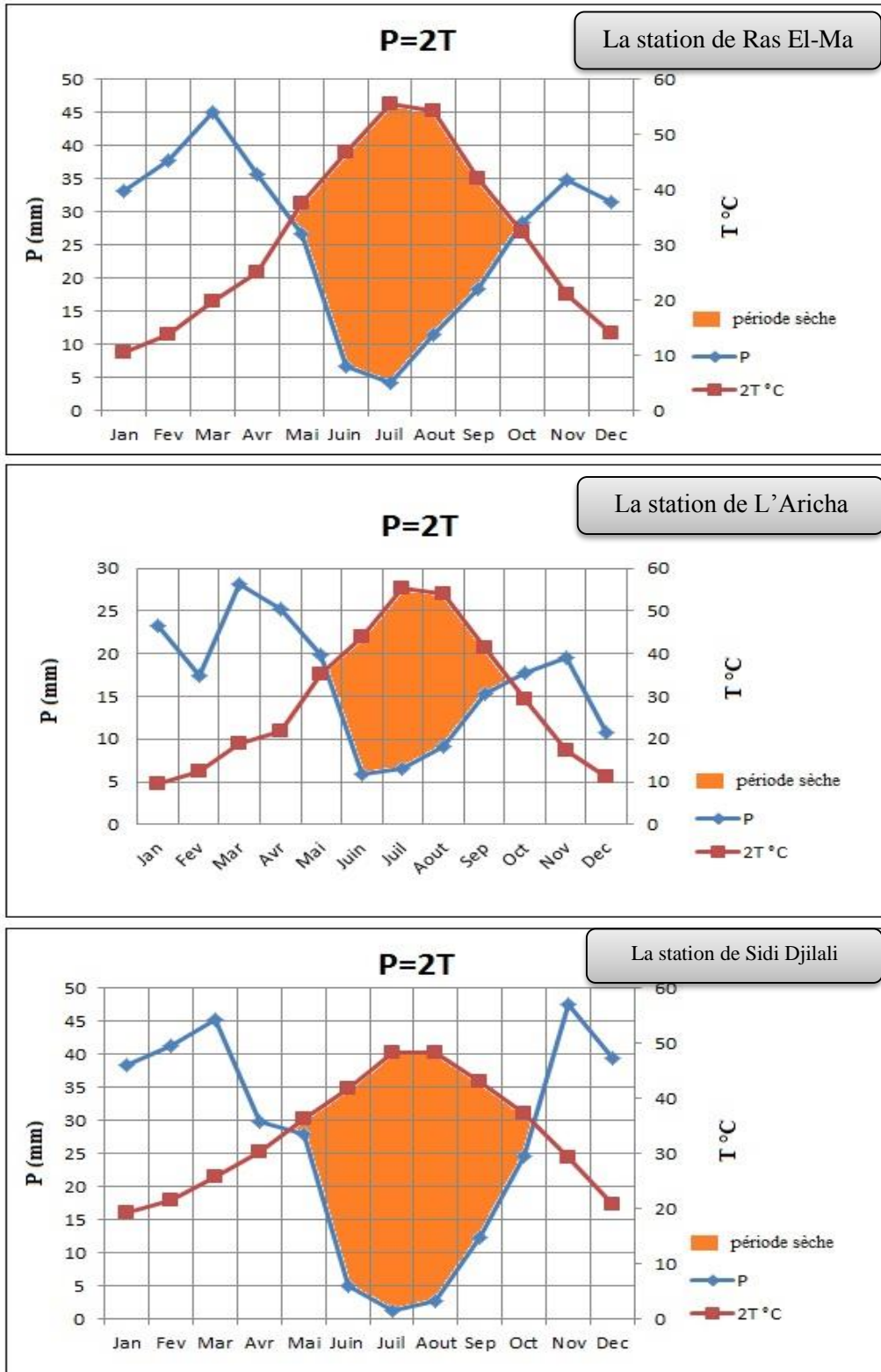


Figure n° 21 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausson pour les trois stations

II.7.4.2 - Indice d'EMBERGER

Le plus souvent, la classification utilisée pour caractériser le climat méditerranéen d'une localité a été élaborée par EMBERGER, (1955). Celle-ci utilise un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur du quotient pluviométrique (Q_2) est reportée en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid de l'année en abscisse.

D'après DAJOZ, (1985), le climagramme d'EMBERGER permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond.

La représentation d'un ensemble de station de la région biogéographique méditerranéenne a permis de délimiter quatre zones climatiques à savoir : Le saharien l'aride, le semi-aride, le subhumide et l'humide.

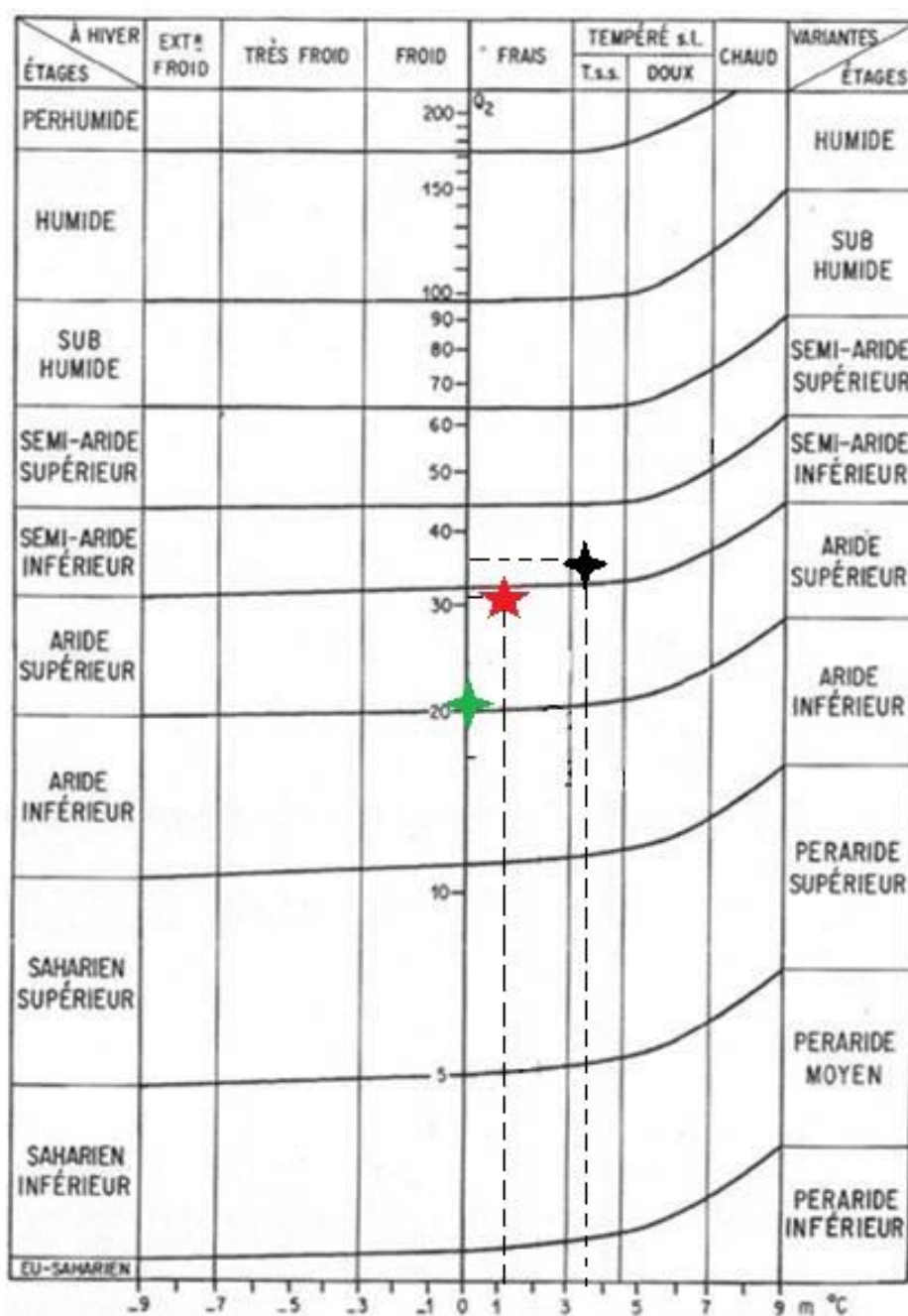
Ce quotient pluviométrique « Q_2 » fait intervenir les précipitations, les températures maximales et minimales. Sa formule est la suivante :

$$Q_2 = 2000P / M^2 - m^2$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud

m : moyenne des minima du mois le plus froid



- ✦ Sidi Djilali (1970-2008) ✦ Ras El-Ma (1984-2009)
- ✦ El Aricha (1984-2009)

Figure n° 22 : Climagramme pluviométrique d'EMBERGER des trois stations

Tableau n° 9 : Valeur du Q2 et étage bioclimatique des trois stations

Station	Période	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q ₂	Ambiance bioclimatique
El Aricha	1984-2009	198	306.1	273.2	20.77	Aride supérieur à hiver frais
Sidi Djilali	1970-2008	313.61	309	274.3	30.98	Aride supérieur à hiver frais
Ras El-Ma	1984-2009	315.6	305.4	276.7	37.78	Semi-aride à hiver tempéré

II.8 - Aspect socioéconomiques

Le milieu steppique du Sud de Tlemcen change en fonction des changements du climat et de la société. Viser un développement durable, c'est vouloir réconcilier l'activité économique, le développement social et la gestion de l'environnement» (HADDOUCHE, 2009).

Pour ce travail, L'analyse de la population est basée sur des résultats des recensements (RGPH) ainsi que l'enquête menée par le bureau d'étude au niveau du chef-lieu. Pour cela, le P.D.A.U et le D.P.A.T sont la source élémentaire pour procurer toute donnée utile du recensement et activité liée de chaque commune.

II.8.1 - Population

L'étude de la population d'une commune ou d'une zone est une étude clé et essentielle dans la compréhension de la dynamique urbaine, en effet, si une commune peut être étudiée en tant que lieu, en tant que territoire, elle doit l'être aussi en tant que territoire habité ou utilisé par un bassin de population.

II.8.2 - Evolution de la population

L'évaluation de la population communale nous permet de connaître ses caractéristiques, son évolution, sa répartition et ses rapports avec le niveau de satisfaction des besoins en matière d'activité agricole.

Les dernières statistiques qui ont été faites en 2008 ont révélé que le nombre d'habitant de notre zone d'étude est de 73041 habitants Tableau 10

Tableau n° 10 : Evolution de la population pour les trois derniers R.G.P.H

Commune	RGPH 1987	RGPH 1998	RGPH 2008
Sebdou	25203	35836	40932
El Aricha	5820	5100	7171
Sidi Djilali	7118	5229	7155
El Ghor	7268	7754	8762
El Bouihi	7833	7618	9021

(D.P.A.T, 2014)

Le tableau précédant nous a permis de réaliser cet histogramme suivant :

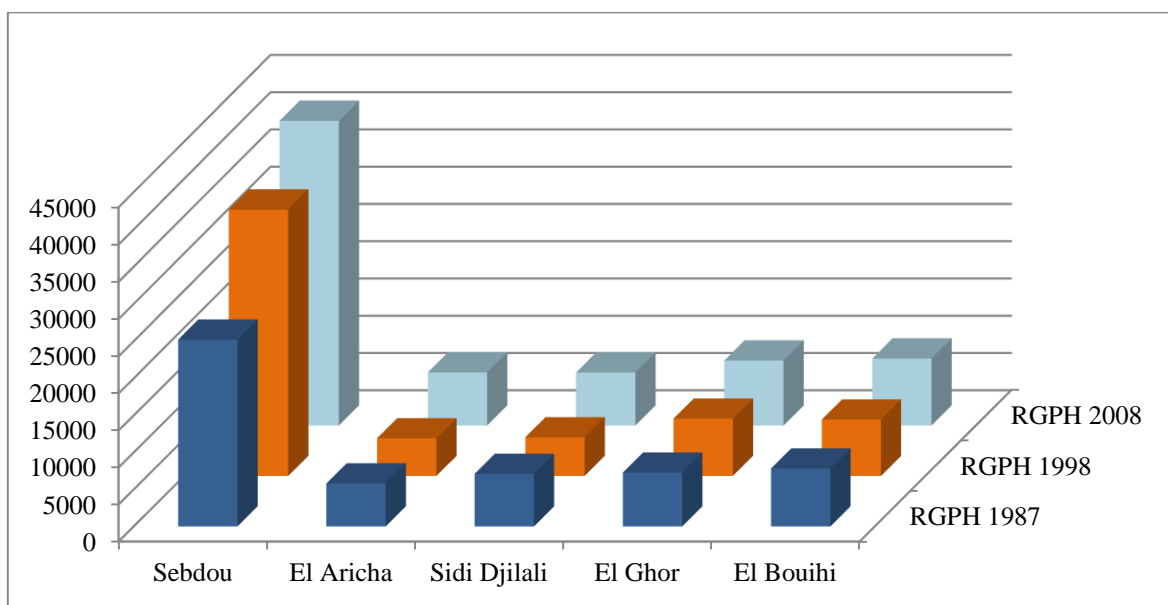


Figure n° 23 : Histogramme d'évolution de la population de la zonr d'étude

On remarque une diminution de la population durant la première décennie (1987-1998) à El Aricha, Sidi Djilali et El Bouihi (Figure 23). Ce départ massif de la population vers les régions nord de la wilaya est dû principalement au problème de sous équipement enregistré dans cette partie sud de la wilaya et aussi aux décennies noires.

La deuxième décennie est marquée par un taux d'accroissement positif pour toutes les communes vue le progrès du niveau de vie et la présence des opportunités économiques.

II.8.3 - Densité de la population

La densité de population est une mesure du nombre d'habitants d'une population occupant une surface donnée. Le tableau suivant montre la densité de chaque commune étudiée.

Tableau n° 11 : Densité de la population en 2008

Communes	Superficie (Km ²)	Population (RGPH, 2008)	Densité hab/Km ²
El Aricha	747,3	7171	10
Sidi Djilali	733,4	7155	10
El Gor	803,9	8762	11
El Bouihi	734	9021	12
Sebou	249,8	40932	164
Total	3268,4	73041	206

(D.P.A.T, 2014)

La commune de Sebou est la plus dense en habitant qui est de 164 habitant/Km² par contre les autres communes ne dépassent pas les 12 habitants/km².

Les données énumérées dans le tableau ci-dessus nous a permet d'élaborer une carte pour bien apprécier la densité de chaque commune dont chaque point réparti aléatoirement égale à 100 Habitants (Figure 24).

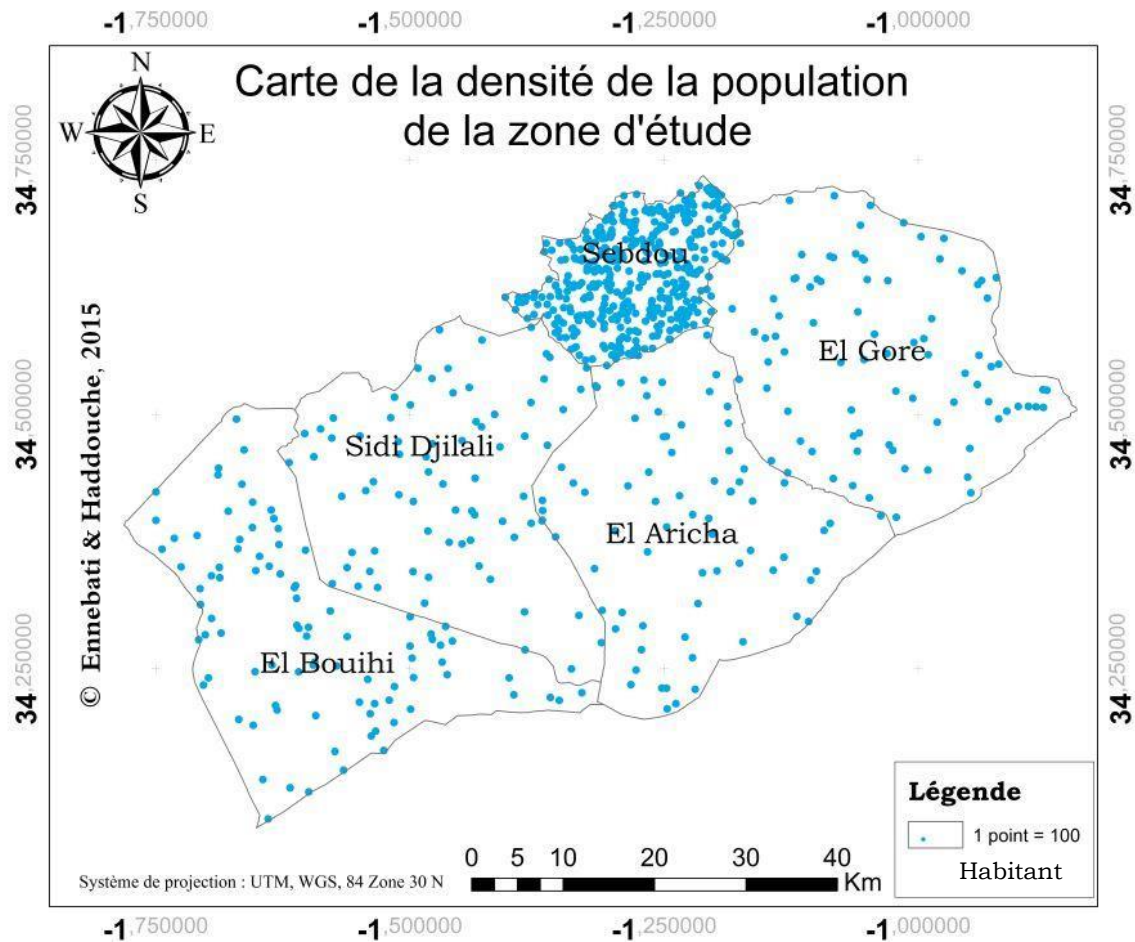


Figure n° 24 : Carte de la densité de la population de la zone d'étude en 2008

II.8.4 - Agriculture et l'agro-pastoralisme

Selon HADDOUCHE (2009), dans les zones arides et semi-aride, le passage du pastoralisme fondé sur la mobilité des troupeaux à l'agropastoralisme avec le développement progressif d'une agriculture intégrée s'est accéléré avec la mise en place des politiques de lutte contre les effets de la sécheresse qui ont permis le maintien d'un stock animal important durant les périodes de sécheresse grâce aux transferts de fourrages des zones favorables vers les zones arides.

II.8.4.1 - La répartition générale des terres

D'après les données statistiques du 31/12/2014, déclarées par la Direction des Services Agricoles (D.S.A) de la Wilaya de Tlemcen, la répartition des terres par commune est présentée dans le tableau suivant :

Tableau n° 12 : La répartition des terres de la zone d'étude Ha

COMMUNES	Surface	S.A.T	SUPERFICIE AGRICOLE UTILE (S.A.U.)					AUTRES TERRES UTILISEES PAR L'AGRICULTURE.	
			TOTAL	D O N T				PARCOURS PACAGES	TERRES IMPRODUCT.
				IRRIGUEE	TERRES LABOUR.	CULTURES PERMAN.	CULTURES S/SERRES		
SIDI DJILLALI	73340	41300	10000	98	9880	120	0	31000	300
BOUIHI	73400	44100	19500	209	19292	208	0	24400	200
EI-ARICHA	74730	25000	15700	45	15665	35	0	9000	300
EI-GOR	80390	46000	17000	41	16961	39	0	28965	35
SEBDOU	24980	17758	9406	369	8503	903	0	8152	200
TOTAL	326840	174158	71606	762	70301	1305	0	101517	1035

Source : D.S.A. (2015)

De ce tableau, on peut extraire suffisamment d'information, et nous nous concentrons que sur des données utiles qui seront représentés au fur et à mesure.

La S.A.U., pour les cinq communes, occupe presque 22% de la surface totale qui est un pourcentage non négligeable et de 41 % de la S.A.T.

1.1 - Répartition de la S.A.T

Les parcours pacagés de chaque commune occupent une surface importante comparativement à la S.A.U dont cette dernière ne dépasse pas les 20000 Ha. Par contre, les terres improductives occupent une surface minime surtout pour la commune d'El-Gor.

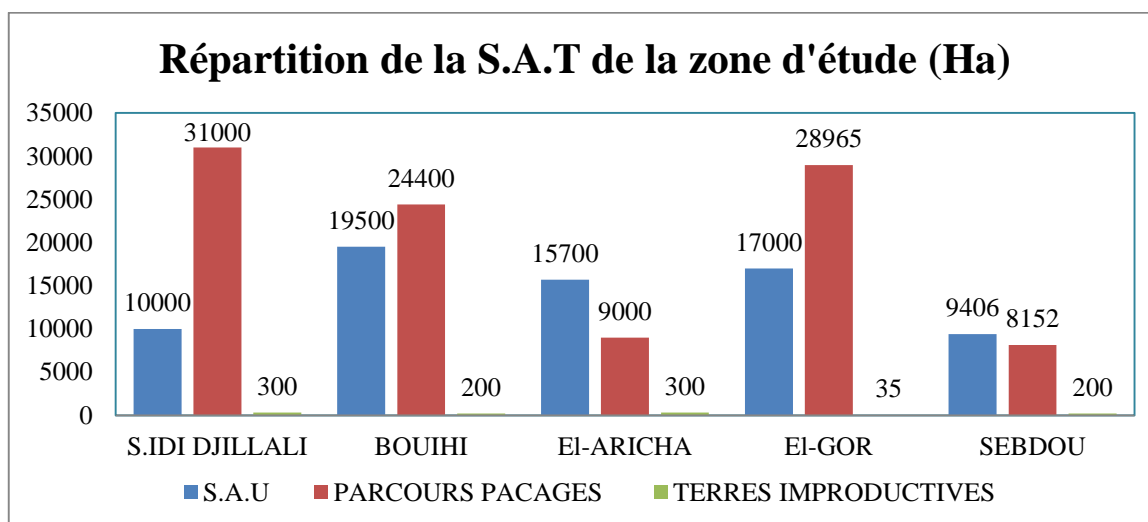


Figure n° 25 : Répartition de la S.A.T de la zone d'étude (D.S.A., 2015).

1.2 - Répartition de la S.A.U

La S.A.U est réparti en 3 types de terres avec des surfaces variables :

- Terres labourées (70301Ha) ;
- Terres irriguées (762 Ha) ;
- Terres avec des cultures permanentes (1305 Ha).

Les terres irriguées et les terres des cultures permanentes de chaque commune ont des surfaces très faibles inférieur à 905 Ha comparativement aux terres labourées qui arrivent jusqu'à 19 300 Ha. (Figure 26).

L'absence totale des cultures sous serres dans toute la zone d'étude.

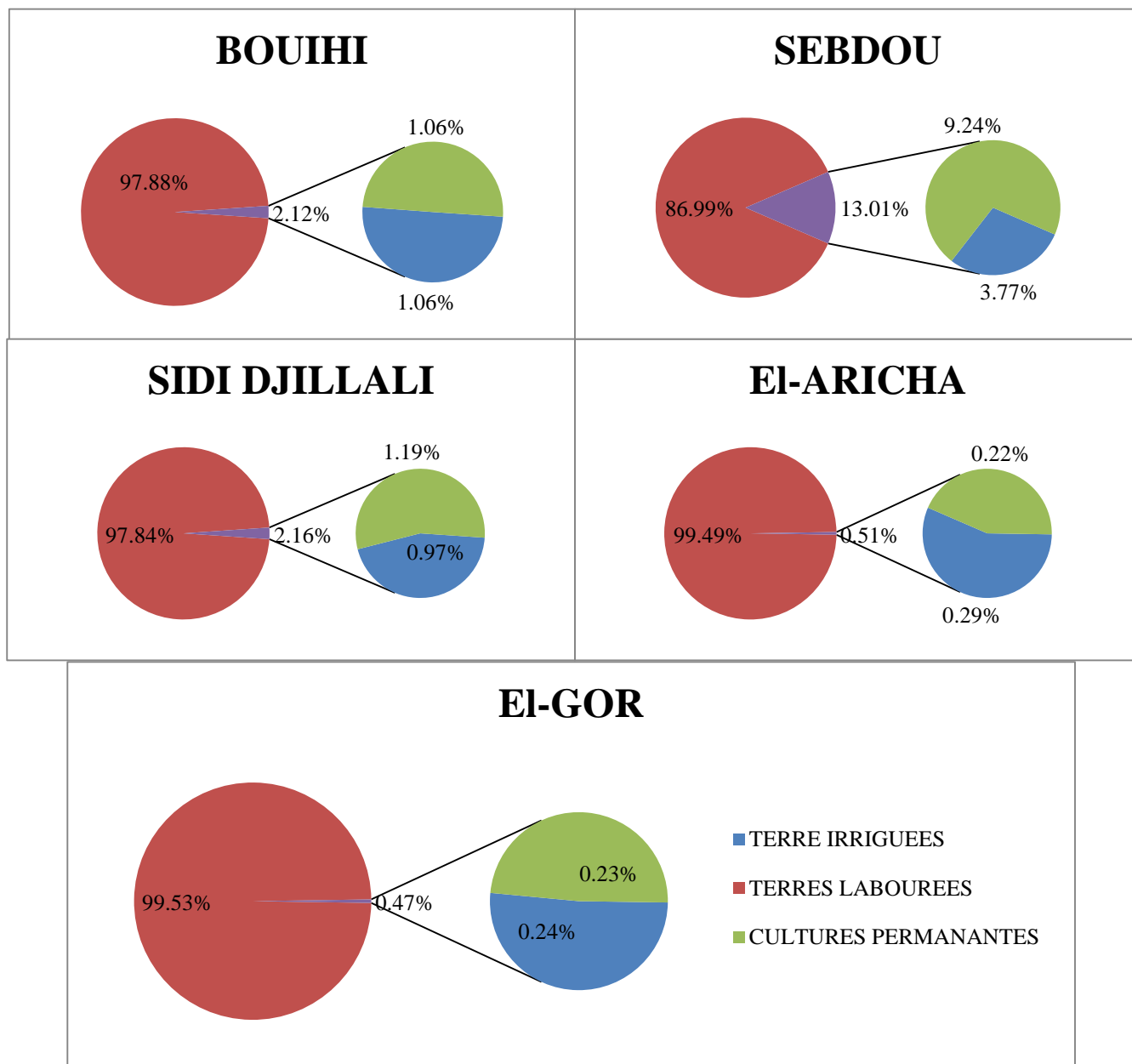


Figure n° 26 : Répartition de la S.A.U de chaque commune

II.8.4.2 - Production Agricole

Vue la vocation pastorale de la zone d'étude, à l'exception de la commune de Sebdoou qui est à vocation agropastorale, le tableau suivant nous montre le type d'agriculture de chaque commune (Culture pérenne et culture Herbacée).

Tableau n°13 : Productions Végétales (Cultures Herbacées) 2013/2014

COMMUNES	CEREALES		FOURRAGES ARTIFICIELS		LEGUMES SECS		CULTURES MARAICHÈRES	
	Superficie ensemencée (Ha)	Prod.(Qx)	Sup.(Ha)	Prod.(Qx)	Sup.(Ha)	Prod.(Qx)	Sup.(Ha) Réelle	Prod.(Qx)
Sidi DJILLALI	7000	20190	20	800	0	0	6	710
BOUIHI	6700	17720	50	2000	0	0	5	180
El-ARICHA	9000	31790	10	400	0	0	0	0
El-GOR	8850	11250	100	4000	0	0	34	5400
SEBDOU	4200	15060	200	7000	10	40	110	26690
TOTAL	35750	96010	380	14200	10	40	155	32980

Source : D.S.A. (2015)

La commune de l'Aricha est en première position de production des céréales (31790 Qx) et la dernière en production des fourrages artificiels (400 Qx), suivit par la commune d'El-Gor qui a une bonne production en céréales, en fourrages artificiels et la production des cultures maraichères. Seule la commune de Sebdu qui produit des légumes secs dans son territoire.

Tableau n°14 : Productions Végétales (Cultures Pérennes) 2013/2014

COMMUNES	Viticulture		Agrumes		Oliviers			Arb . Fruitières diverses		Figuiers	
	Sup (Ha)	Prod. (Qx)	Sup. Compl (Ha)	Prod (Qx)	Sup. (Ha)	Nbre total Oliviers Cultivés	Prod (Qx)	Sup (Ha) Compl	Prod (Qx)	Sup (Ha)	Prod. (Qx)
S./ DJILLALI	0	0	0	0	50	9900	35	70	650	0	0
BOUIHI	0	0	0	0	145	52500	260	63	1320	0	0
El-ARICHA	0	0	0	0	9	1800	5	26	940	0	0
El-GOR	0	0	0	0	11	2200	15	28	590	0	0
SEBDOU	0	0	0	0	507	54200	2790	396	10580	0	170
TOTAL	0	0	0	0	722	120600	3105	583	14080	0	170

Source : D.S.A. (2015)

Vue le projet de l'oléiculture, lancé par l'état algérienne, la totalité des communes participent à ce projet. La commune de Sebdu domine avec une production de 2790 Qx et plus de 1500 Qx de production d'arbre fruitier (écarté les Vignes, les agrumes, les oliviers et les figuiers).

- Potentiel productivité - superficie

Suite aux données qui sont disponible, un tableau est réalisé pour voir la production agricole en quintal par rapport à l'hectare.

Tableau n°15 : Rapport productivité de la zone d'étude Qx/Ha

COMMUNES	Céréales	Fourrages artificiels	Cultures maraichères	Oliviers	Arb . Fruitières diverses
S./ DJILLALI	2,884	40,00	118,33	0,700	928,57
BOUIHI	2,645	40,00	36,00	1,793	736,15
E1-ARICHA	3,532	40,00	0,00	0,556	1692,00
E1-GOR	1,271	40,00	158,82	1,364	432,67
SEBDOU	3,586	35,00	242,64	5,503	1922,60
TOTAL	2,686	37,37	212,77	4,301	3274,00

La commune de Sebdoou a un bon potentiel productif sur tous les domaines (Céréaliculture, oléiculture, culture maraichères et d'autres arbres fruitiers) sauf le fourrage artificiel qui est de 35Qx/Ha, quant aux autres communes qui est de 40Qx/Ha chacun.

II.8.4.3 - Les systèmes d'élevage et répartition du cheptel

Dans la zone d'étude l'activité pastorale est dominante, le cheptel ovin (182 670 têtes) représente plus de 88 % de l'effectif total du cheptel de la zone d'étude (Figure 27).

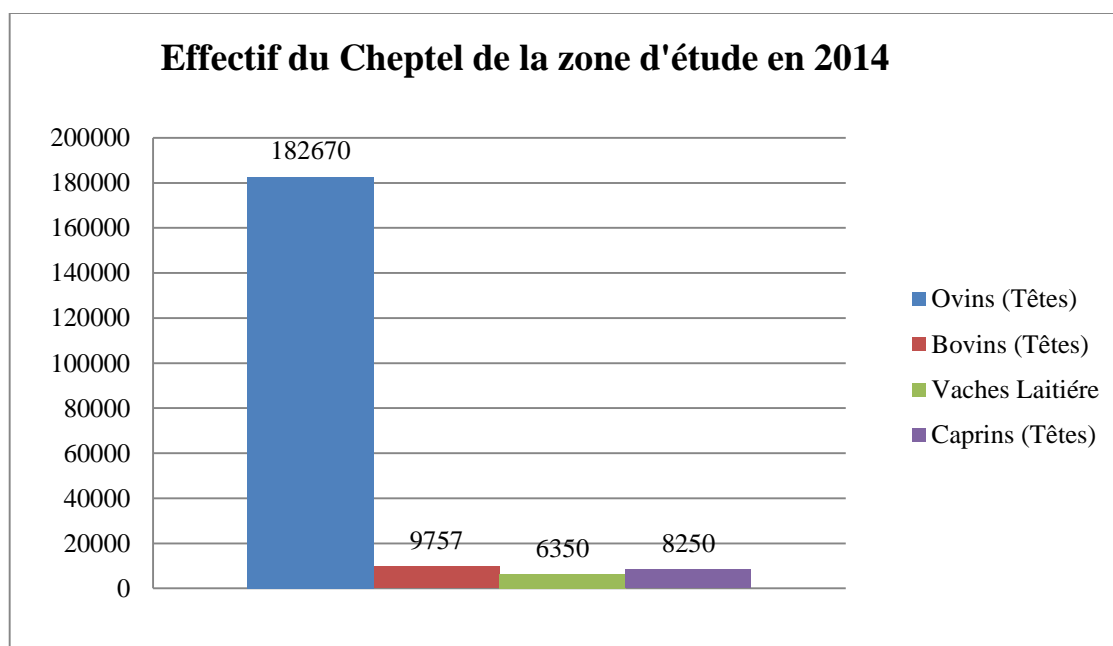


Figure n° 27 : Effectif du Cheptel de la zone d'étude en 2014 (D.S.A., 2015).

La commune qui comptabilise un nombre élevé d’ovin est celle de Bouihi (près de 49 500 têtes), suivit par la commune d’ El Aricha (environ 43 300 têtes), néanmoins cette dernière occupe la première place en caprins. La production bovine, laitière ou de viande, est occupée en première place par la commune d’El-gor dont l’effectif est de 2430 et 3280 têtes repectivement (Figure 28).

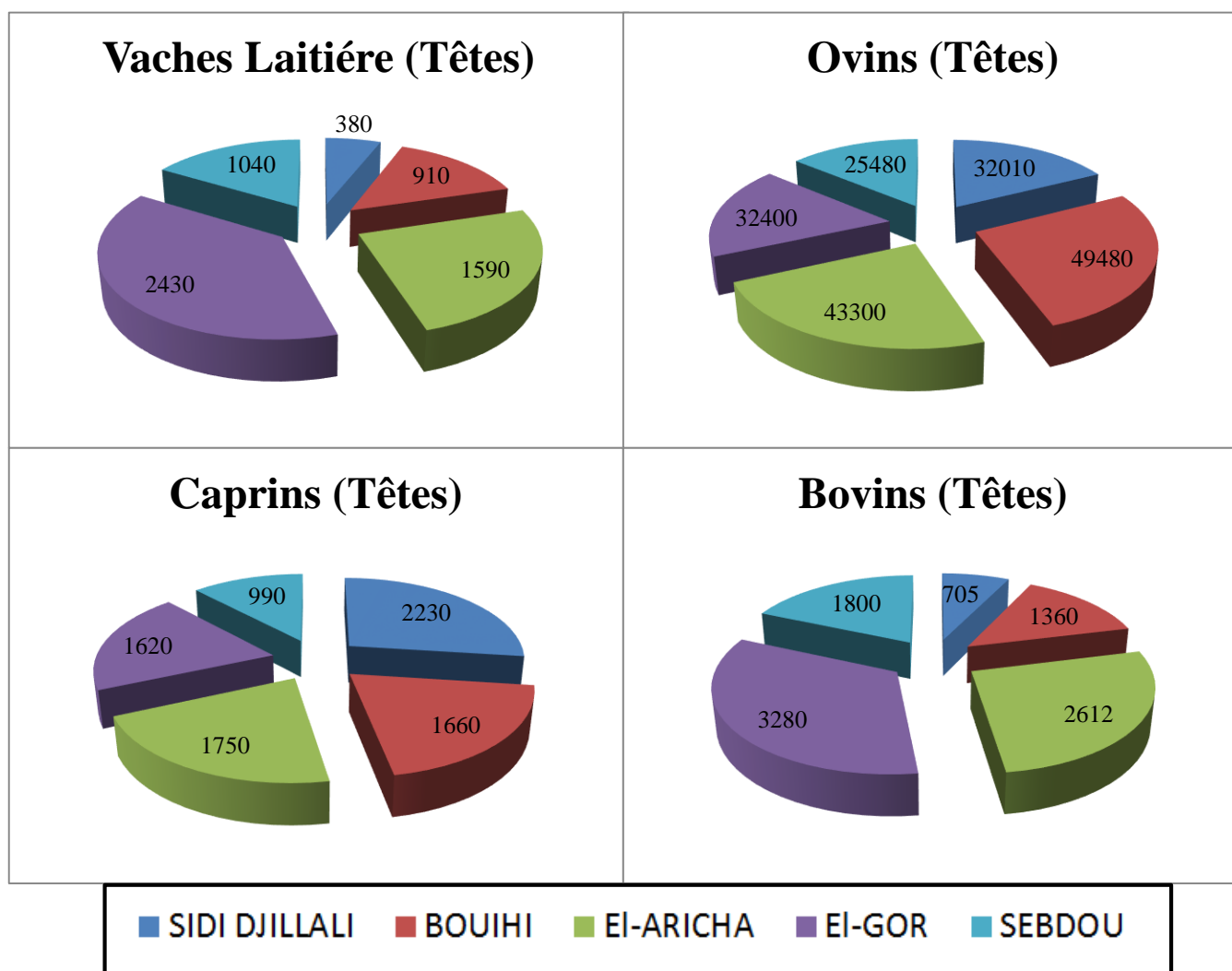


Figure n° 28 : Distribution du Cheptel de chaque commune en 2014

Suite au données disponibles, il nous a été utile de faire un histogramme d’évolution du cheptel (2010-2013-2014) sur toute la zone d’étude (Figure 29).

une croissance exponentielle en production bovine sur les trois communes (El-Gor, Bouihi et El-Aricha), qui est due aux avantages offerts par l’état algérienne et des créditx bancaires.

Une évolution du nombre d'ovin sur les deux communes de l'Aricha et de Sebou, et les trois autre communes subissent un léger recul en nombre d'ovin.

L'élevage des caprins est nettement amélioré sur les communes de Sidi Djilali, l'Aricha et et El-Bouihi.

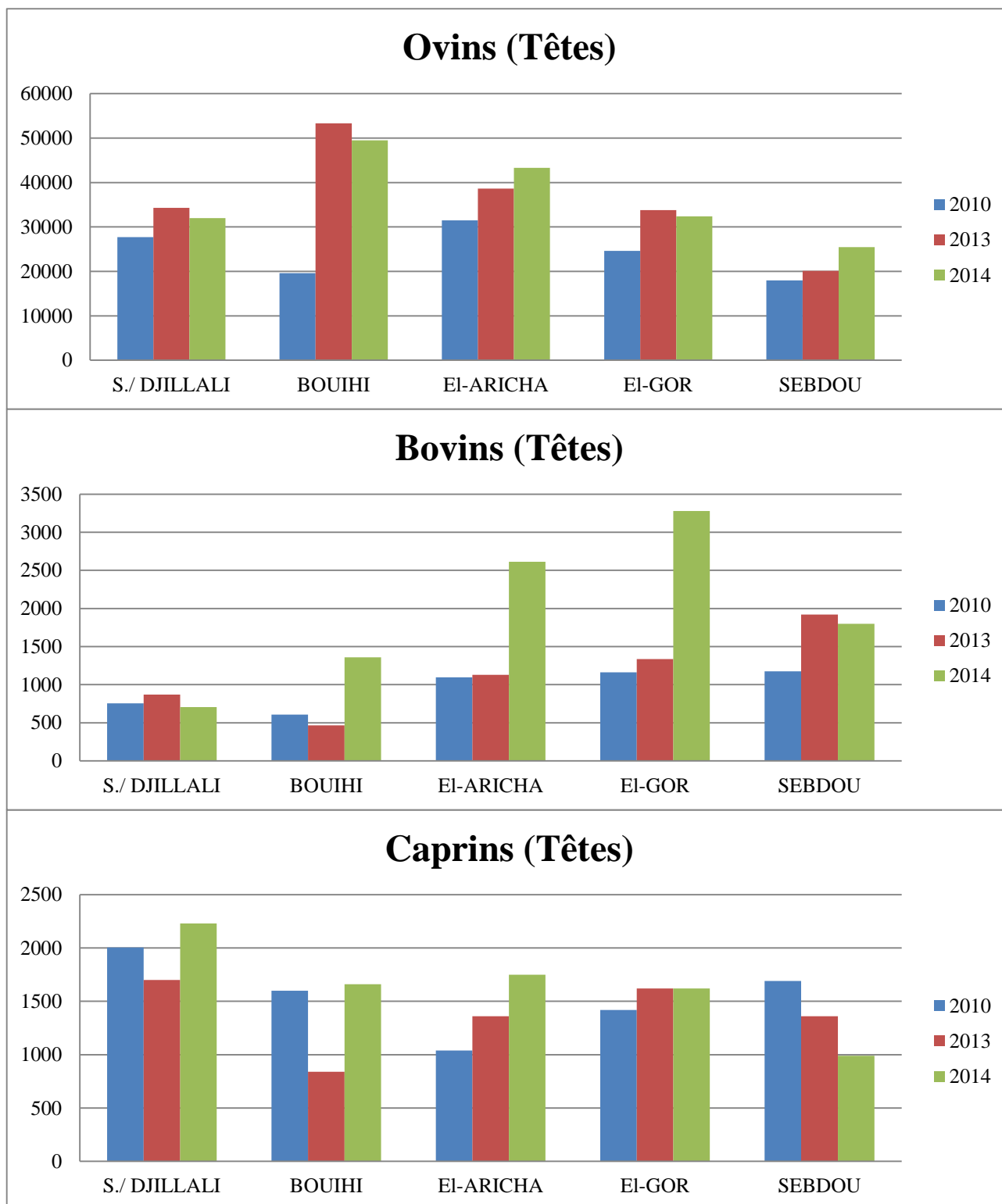


Figure n° 29 : Evolution de l'effectif du cheptel de la zone d'étude

Chapitre 4 : Approches Méthodologiques

I. L'acquisition des données

I.1 - Prospection sur terrain

Une liste assez exhaustive des points d'eau (puits, source, forage) est réalisée avec l'assistance de certains établissements :

- Service de l'hydraulique Sebdou ;
- Daira de Sebdou ;
- Commune de Sebdou ;
- Circonscription des forêts (Sebdou) ;
- HCDS (Sebdou) ;
- Direction des services de l'hydraulique Tlemcen ;
- ANRH (Oran et Tlemcen) ;
- ABH (Oran) ;
- DSA (Tlemcen).

Des sorties sur terrain ont été menées durant la période allant du mois de Juillet 2012 jusqu'au mois de juin 2014 dans le but de géoréférencier les points d'eau et d'apprécier leurs état. D'autres points d'eau inaccessibles ont été localisés sur des cartes d'état-major et à l'aide des archives de réalisation et de maintenance.

Une vérification et une confirmation de la liste ont été approuvées par les établissements sus-nommées (coordonnées GPS, Débit, profondeur, niveau statique ...etc.).

Cette liste des points d'eau a été introduite dans un SGBD (Système de Gestion de la Base de données). Il faut noter que l'ensemble des points d'eau inventorié est d'ordre étatique.

I.2 - Cartes géographiques utiles

Notre travail de terrain a été réalisé à la base des cartes auxiliaires disponibles au niveau des différents établissements afin de comparer et de mettre à jours nos résultats.

I.3 - SIG et Télédétection

Des images satellitaires du capteur ETM+, prises par le satellite Landsat8 en date du 03 Juin 2014, ont été exploitées pour l'établissement de la carte d'occupation du sol.

Un MNT (Model Numérique du Terrain) des cinq communes a été utilisé dans le but de la réalisation des cartes thématiques (pente, exposition,...etc.).

II. Gestion des données

Les points d'eau ont été introduits dans un Système de Gestion de Base de Donnée (SGBD).

Chaque point d'eau créé dans la base de donnée été complété par des données utiles (Localisation, Débit, Profondeur....etc.).

III. Analyse de données

Cette étape fait appel aux logiciels bien spécialisés dans les SIG et la télédétection. ArcGis V10.0 est l'outil de base qui nous a permis de réaliser la majeure partie du travail. Il faut noter que ArcGis en version standard (par défaut) ne permet pas de faire certaines analyses, donc nous avons téléchargé les extensions utiles (par ex : Arc hydroV 2.1).

Le système d'information géographique « MapInfo professional V 11.0 » a fait l'objet d'utilisation pour une partie de notre travail en utilisant en parallèle l'extension Vertical Mapper V3.0.

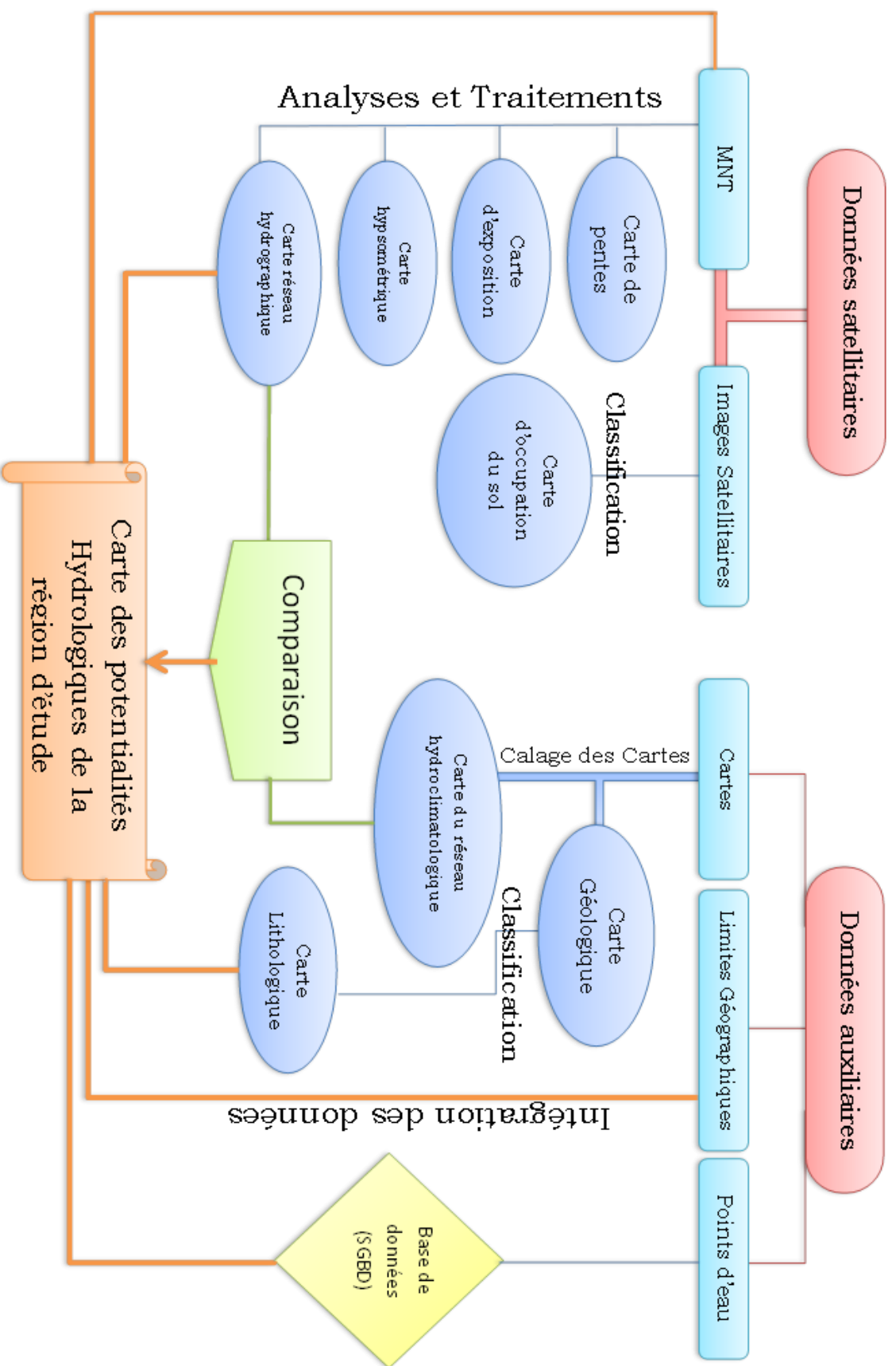


Figure n° 30 : Organigramme détaillé des approches méthodologiques poursuivies

Chapitre 5 : Résultats et discussion

Durant nos sorties réalisées durant la période allant du mois de Juillet 2012 jusqu'au mois de juin 2014, nous avons recensé 178 points (sources-puits-forages) dont 119 points localisés et confirmés et 59 points non localisés pour chaque commune, due essentiellement aux difficultés d'accès et le manque d'effectif d'accompagnement sur terrain.

Avant d'atteindre le résultat final, d'autres résultats auxiliaires ont été obtenus en réalisant d'autres cartes thématiques.

I. Cartes thématiques

Ces cartes ont été réalisées à partir d'un MNT (Model Numérique du Terrain) à l'aide du logiciel ArcGis.

I.1 - Carte d'Exposition

A partir de cette carte (Figure 32), nous avons pu calculer la surface de chaque exposition du terrain dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Surface des terres de chaque exposition de la zone d'étude

Exposition	Surface Ha	Taux de recouvrement
terrain plat	1 500	0,46%
Nord	81 681	25,00%
Est	76 490	23,41%
Sud	84 589	25,89%
Ouest	82 450	25,24%

On remarque que les surfaces des terrains de chaque exposition sont presque équitable qui sont compris entre 76490 Ha et 84589 Ha. La surface des terrains plats est presque négligeable d'un taux de recouvrement de 0,46%, seul Dayet El Ferd a une surface de 729 Ha et le reste qui est de 771 Ha est éparpillé sur la zone surtout dans la commune d'EL-Aricha.

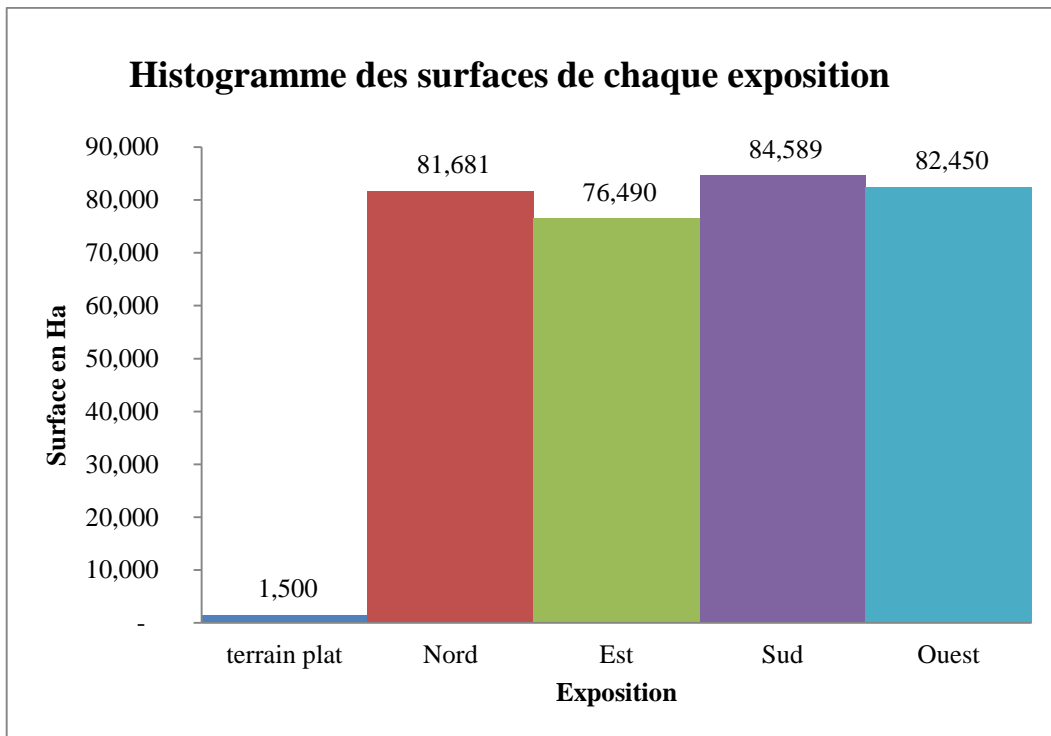


Figure n° 31 : Histogramme des surface de chaque exposition

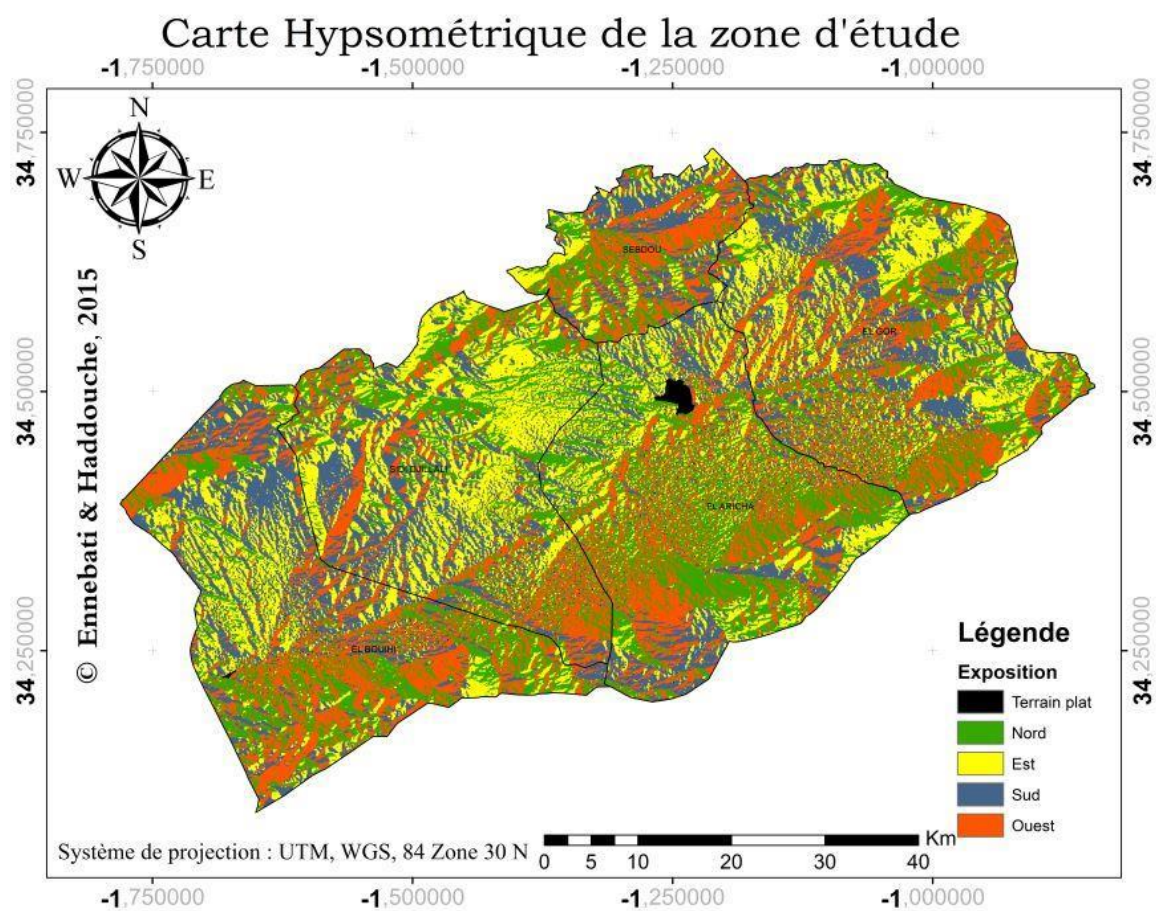


Figure n° 32 : Carte d'exposition de la zone d'étude

I.2 - Carte Hypsométrique

A partir de la carte hypsométrique (Figure 34), on remarque que la zone d'étude est comprise entre 834 mètres et 1829 mètres d'altitude. Cet intervalle d'élévation a été divisé en 9 classes. La surface de chaque classe a été calculée et représentée dans le tableau suivant.

Tableau 17 : Surface des terres de chaque classe d'altitude de la zone d'étude

Altitude m	Surface Ha	Taux de recouvrement
842- 1000	7 361,34	2,25%
1000 - 1100	41 509,20	12,71%
1100 - 1200	185 412,30	56,76%
1200 - 1300	60 346,10	18,47%
1300 - 1400	18 190,00	5,57%
1400 - 1500	7 441,43	2,28%
1500 - 1600	4 260,72	1,30%
1600 - 1700	1 926,21	0,59%
1700 - 1830	228,46	0,07%

Seule la surface dont l'altitude est comprise entre 1100 et 1200 m dépasse le moitié de la surface totale de la zone d'étude (plus de 56%) d'une surface de près de 185 000 Ha. Le taux de recouvrement de la deuxième classe entre 1200 et 1300 est de 18,47 %, et la classe entre 1000 et 1100 est de 12,71%.

Il s'avère que l'ensemble de ces trois classes, déjà citées, sont comprises entre 1000 jusqu'au 1300 m. Elles ont une surface de 287 267, 61 Ha, un pourcentage qui dépasse largement le reste de toutes les autres classes et qui est de 87,94% de la surface totale de la zone d'étude.

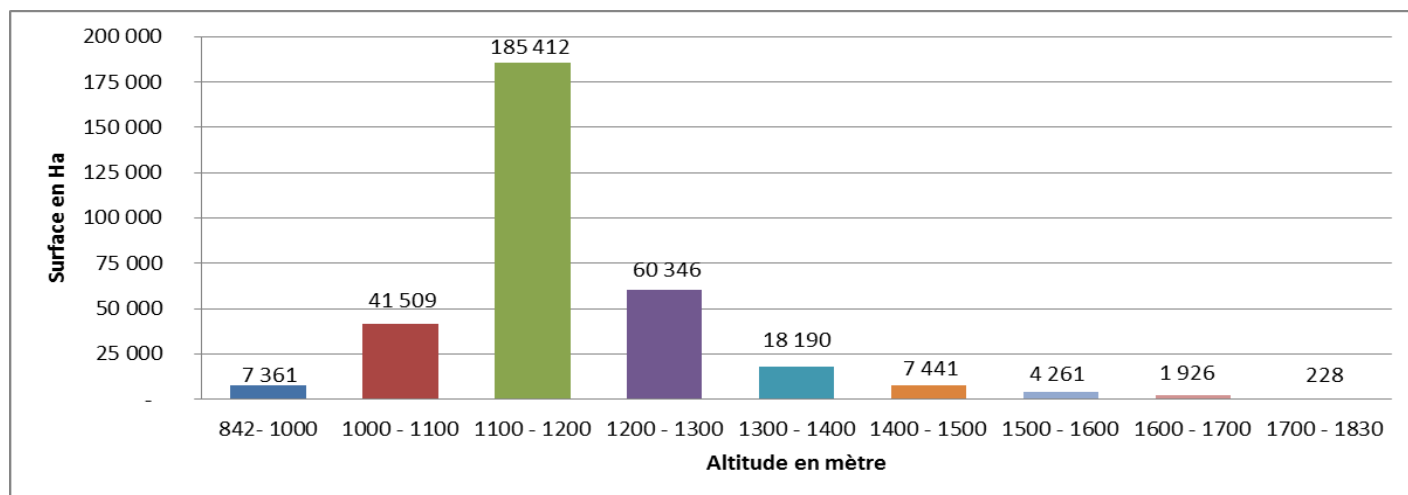


Figure n° 33 : Répartition des surfaces de chaque classe d'altitude

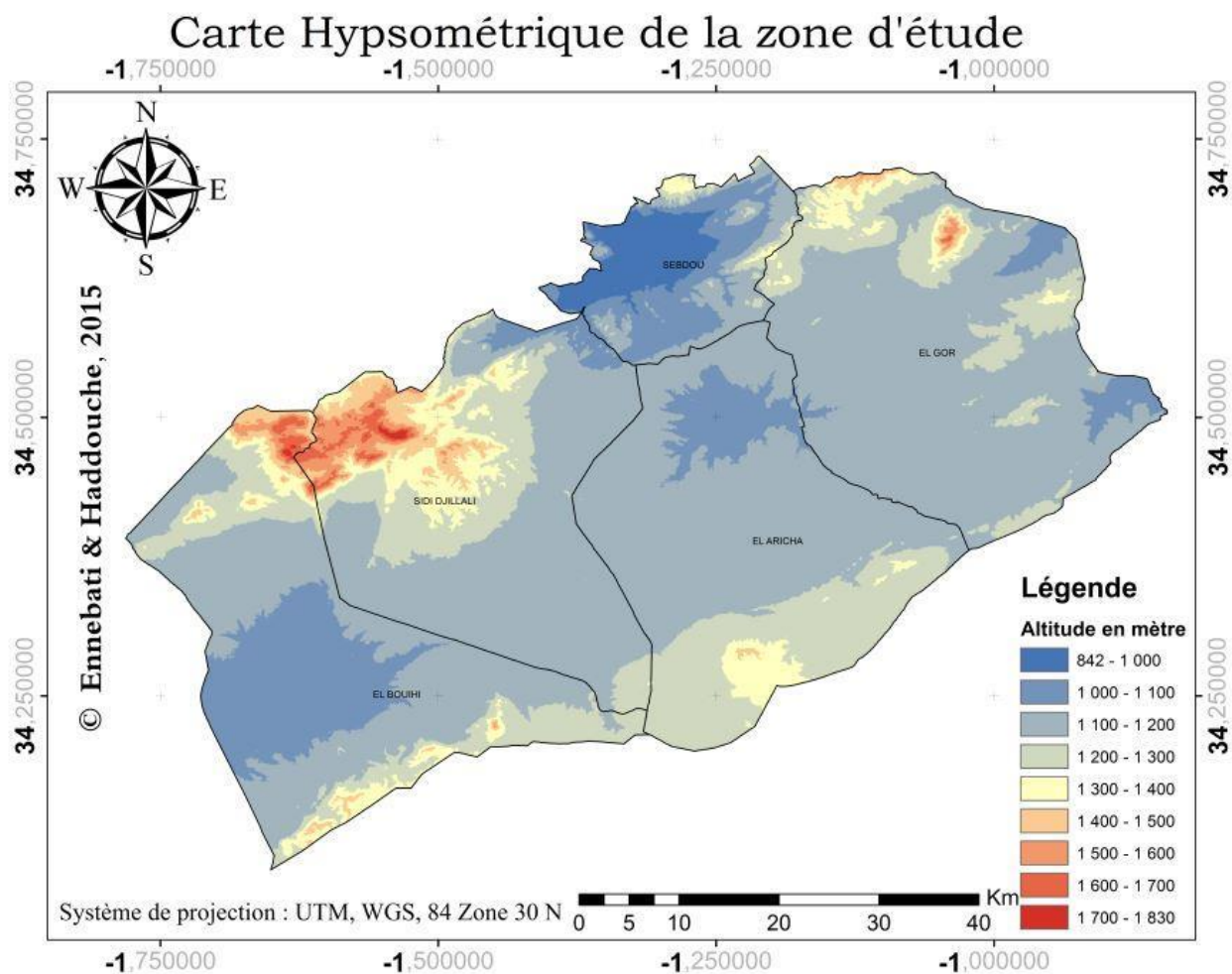


Figure n° 34 : Carte Hypsométrique de la zone d'étude.

I.3 - Carte des pentes

La carte des pentes (Figure 36) a été classée en 8 classes dont la dernière classe est la classe de la pente supérieure à 40 %, pratiquement impraticable pour l'agriculture.

Tableau 18 : Surface des terres de chaque classe de pente

La pente	Surface Ha	Taux de recouvrement
0 - 5 %	208 767	63,90%
5 - 10 %	53 214	16,29%
10 - 15 %	19 829	6,07%
15 - 20 %	12 866	3,94%
20 - 25 %	9 376	2,87%
25 - 30 %	6 769	2,07%
30 - 40 %	8 394	2,57%
plus de 40 %	7 504	2,30%

La dominance de la classe en pente inférieure à 5% a une superficie de 208 767 Ha (63,90%). La surface de la classe dont la pente est comprise entre 5-10 % est de 53 214 Ha (16,29%). La surface de la classe de pente supérieure à 40% (terres difficiles à exploiter) est seulement de 7500 Ha (2,30%). Donc la surface totale, dont la pente est inférieure à 40 %, est de l'ordre de 319 215 (97,70%).

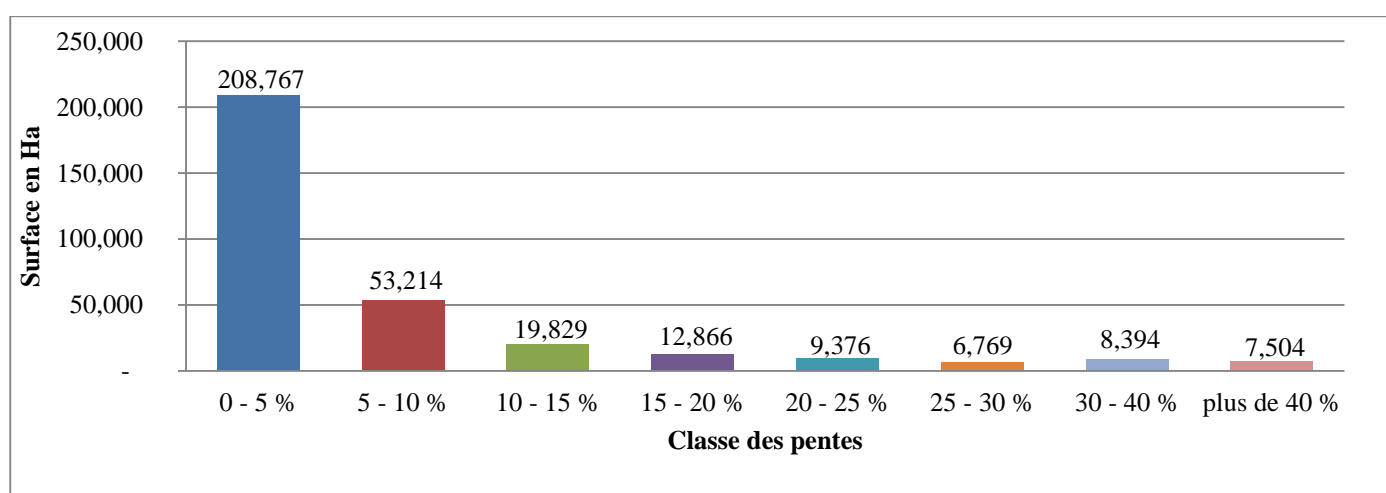


Figure n° 35 : Répartition des surfaces de chaque classe de pente

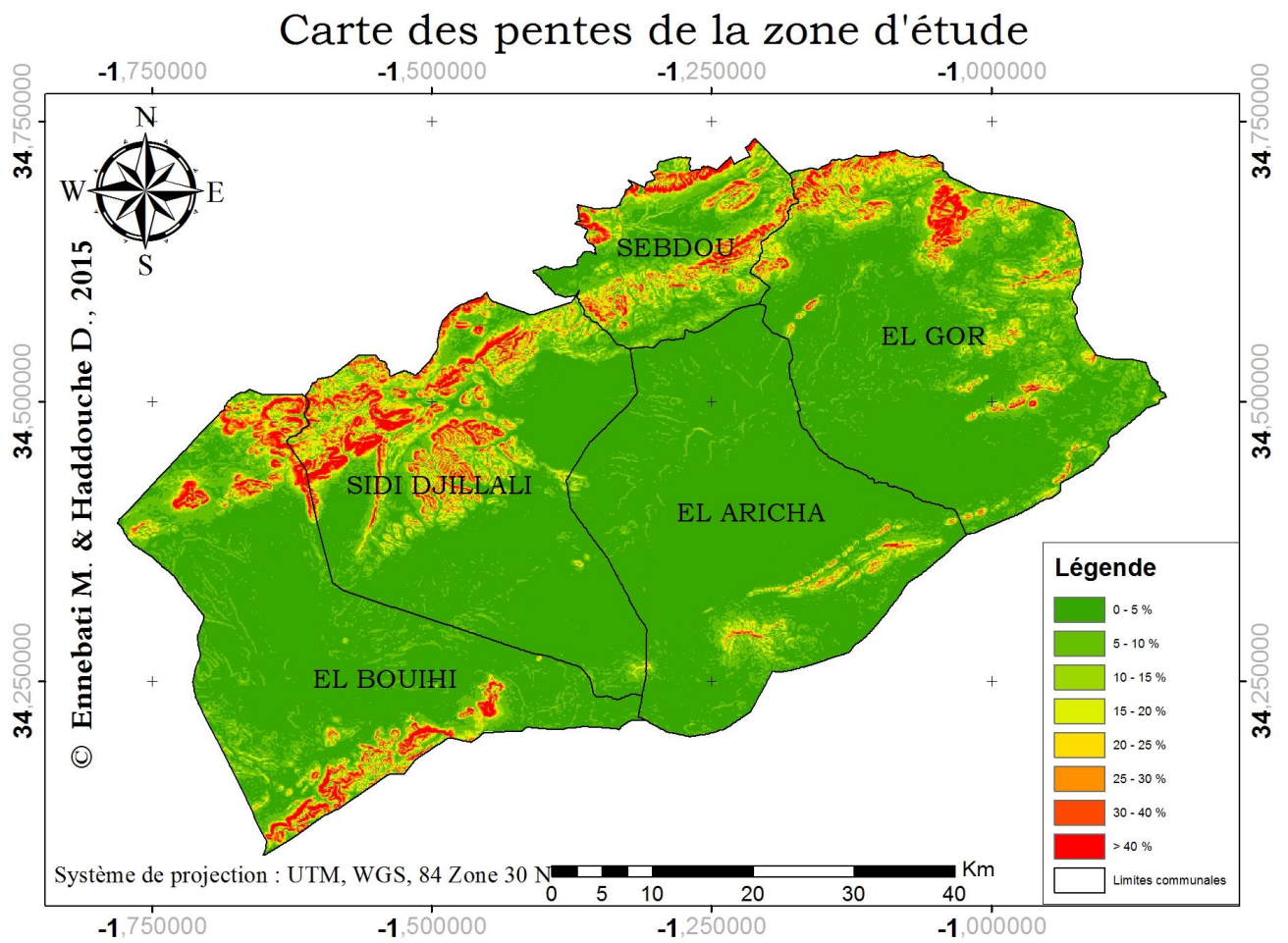


Figure n° 36 : Carte des pentes de la zone d'étude

I.4 - Carte Lithologique

La carte lithologique (Figure 38) enfante 6 types de couche lithologique.

Tableau 19 : Surface des terres de chaque couche lithologique

Types de couche	Surface Ha	Taux de recouvrement
Croûtes calcaires	178 577,47	54,67%
Calcaires et dolomies dures	110 321,62	33,77%
Alluvions et sables	31 276,73	9,57%
Marnes	4 758,41	1,46%
Argiles	1 087,47	0,33%
Calcaires friables	652,94	0,20%

Les croûtes calcaires ont une surface très importante qui est de 178 577 Ha (54,67%) qui dépasse la moitié de la surface totale des cinq communes. Suit par les calcaires et les dolomies dures d'une surface de 110 321 Ha (33.77%). Quelque trace des couches argileuses et des calcaires friables (uniquement dans la commune d'El-Gor) qui occupent 0,33% et 0,20% respectivement de la surface totale. Les marnes se trouvent sous forme de trace dans les trois communes d'El-Gor, Sidi Djilali et d'El Aricha d'une surface de 4 758 Ha.

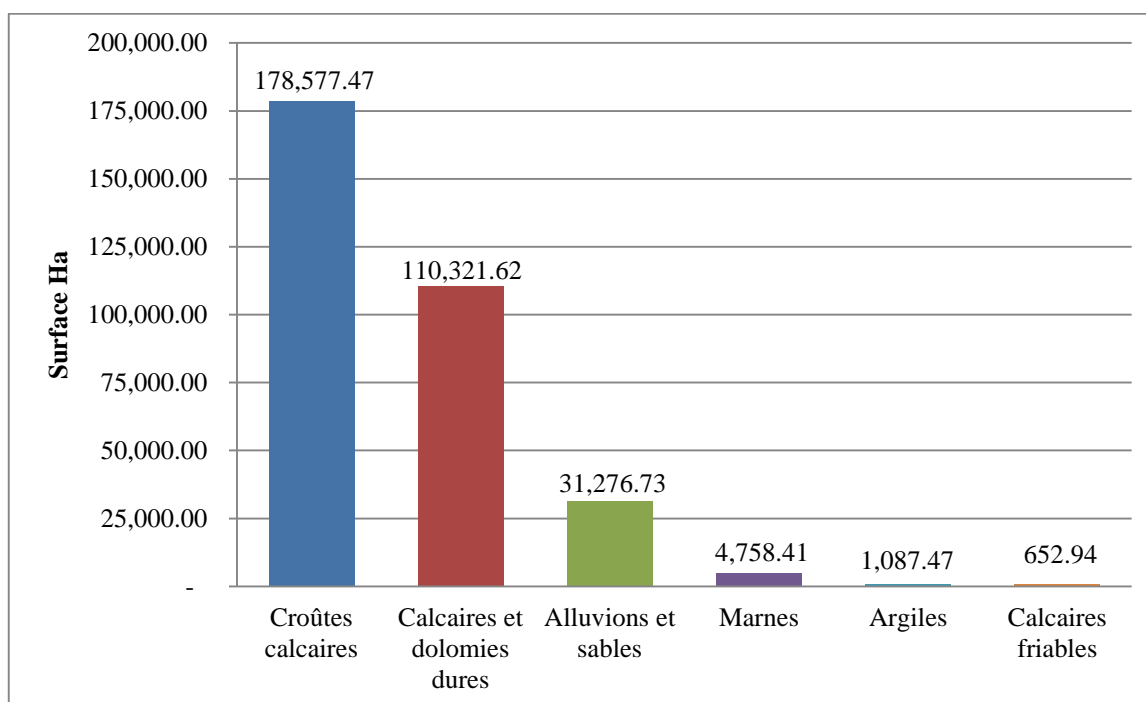


Figure n° 37 : Répartition des surfaces de chaque couche lithologique

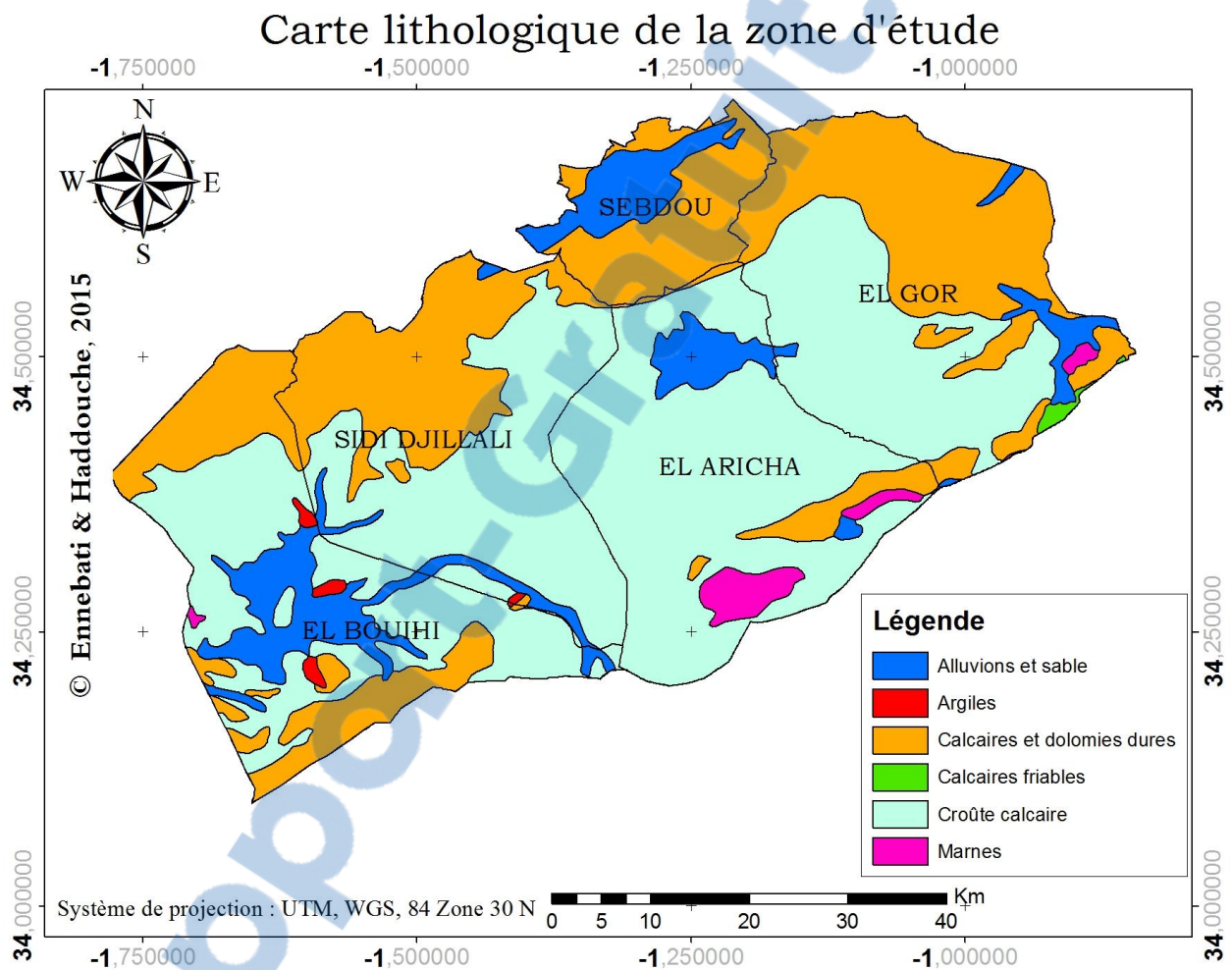


Figure n° 38 : Carte lithologique de la zone d'étude

I.5 - Carte d'occupation du sol

Des images satellitaires du capteur ETM+, prises par le satellite Landsat8 en date du 12 Mai 2014, ont été exploitées pour l'établissement de la carte d'occupation du sol.

La zone d'étude est à vocation pastorale et agro pastorale La surface des parcours calculés est d'une surface qui dépasse la moitié de la surface totale (près de 57%) et qui est de 186 017 Ha, dont ils se situent au sud de la zone. Les sols nus occupent une surface considérable qui est de l'ordre de 76 090 Ha, réparties surtout dans les trois communes de Sidi Djilali, El Aricha et El-Bouihi. Les forêts de situent principalement au nord de la zone d'étude d'une surface de 15 874 Ha, soit un pourcentage de 4,9% de la surface totale. Tandis que les maquis occupent une surface assez importante situés aussi essentiellement au nord.

L'urbain a une surface minime comparativement à la surface totale qui ne dépasse pas les 0,24% (741 Ha) de la surface totale. Les terrains de cultures sont très insignifiants, ne dépassant même pas les 650 Ha de surface (Tableau 20 & Figures 39 & 40).

Tableau 20 : Surface des terres de chaque Type d'occupation

Type d'occupation	Surface en Ha	Taux de recouvrement
Parcours	186 017,69	56,94%
Sol nu	76 090,58	23,29%
Maquis	46 800,69	14,33%
Forêts	15 874,47	4,86%
Urbain	741,02	0,23%
Cultures	645,71	0,20%
Eau	519,35	0,16%

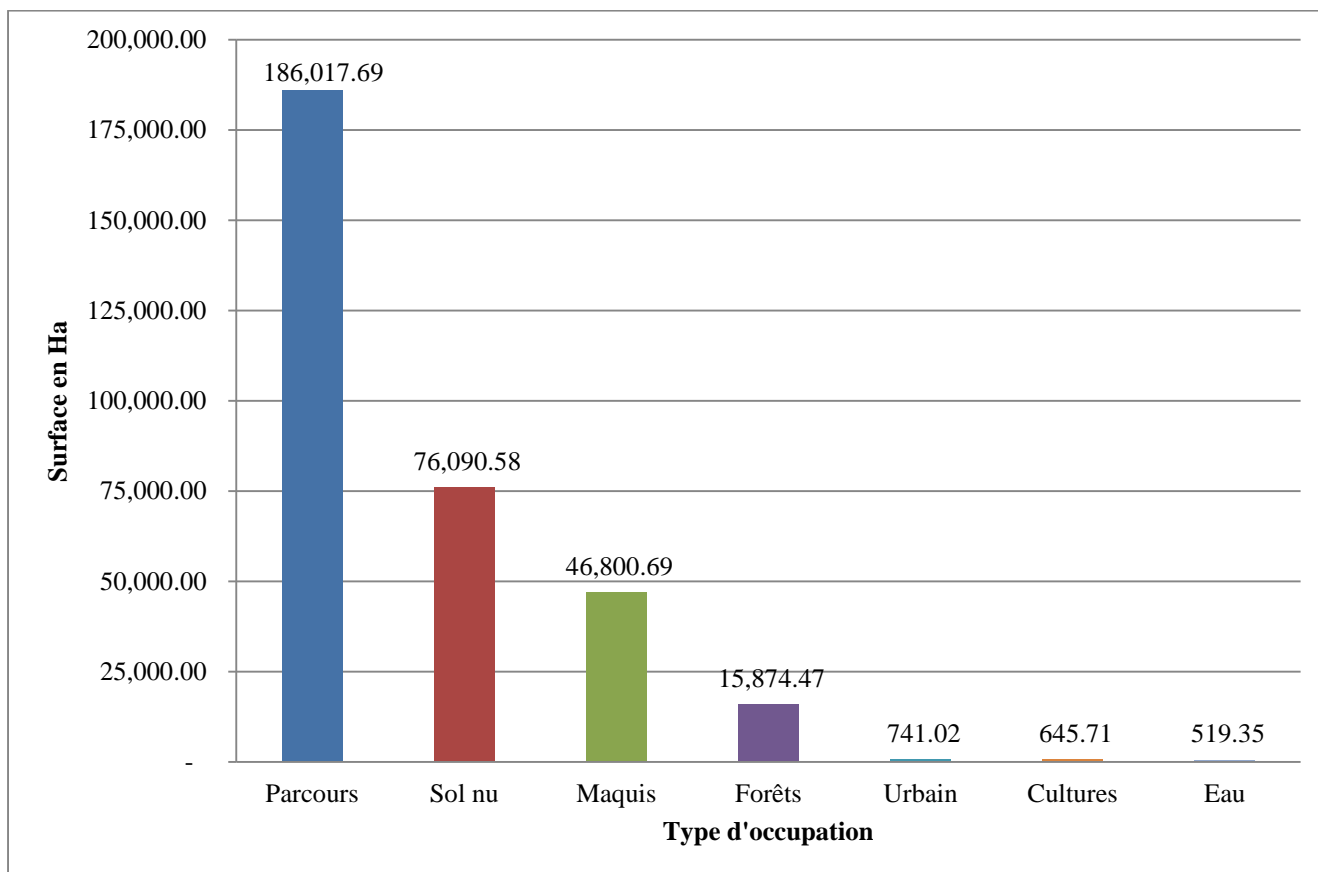


Figure n° 39 : Répartition des surfaces de chaque type d'occupation

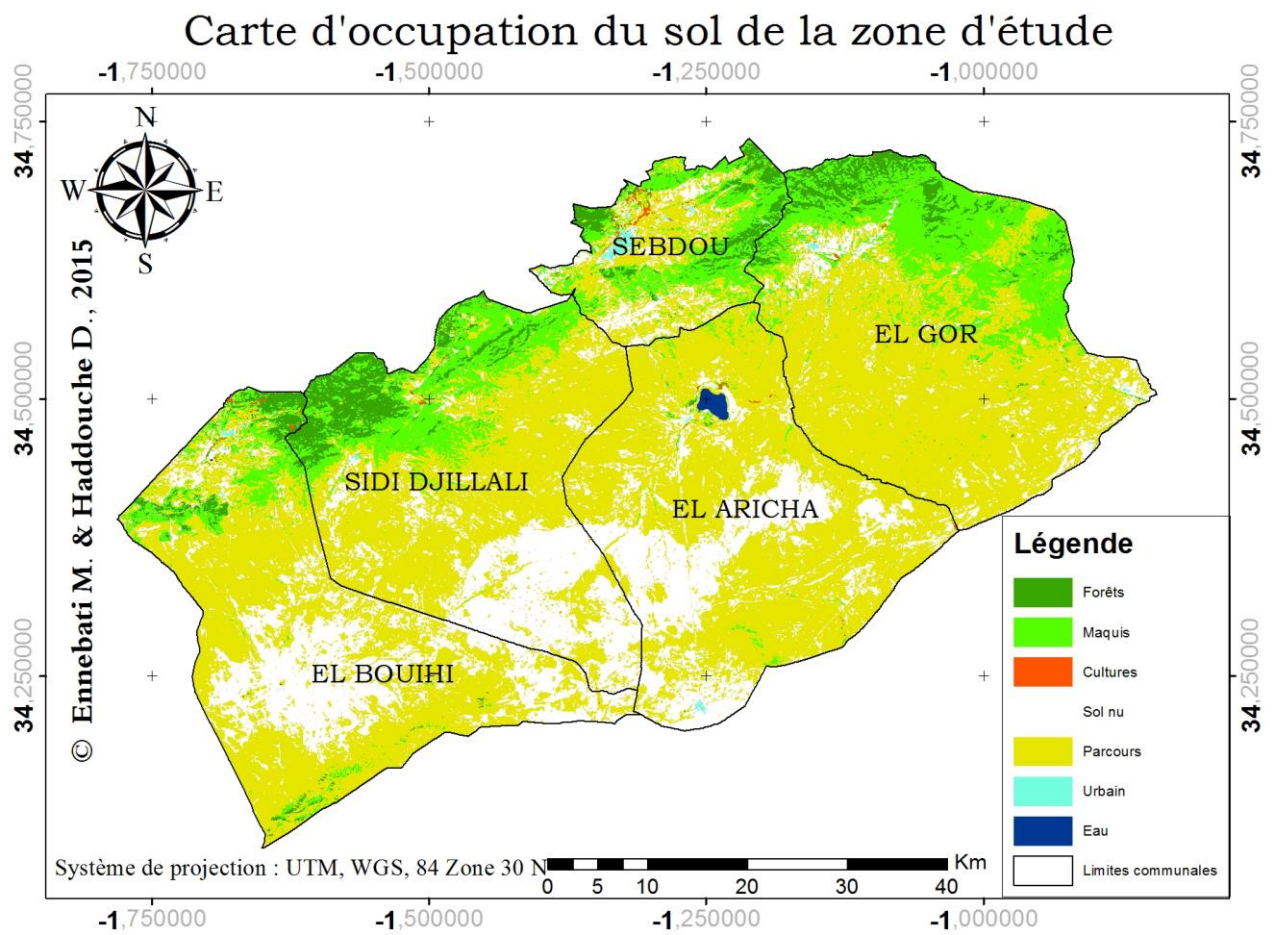


Figure n° 40 : Carte d'occupation de la zone d'étude

II. Résultats Finals

Un total de 178 points d'eau, dont 113 Forages, 46 Puits et 19 Sources ont été recensés. Elles sont gérées par différents établissements qui sont : HCDS, ADE, APC, DSA et La direction des Forêts.

Le tableau suivant illustre le nombre des points d'eau de chaque commune.

Tableau n°21 : Les points d'eau des communes steppiques de la W. Tlemcen

La commune	Forages	Puits	Sources	Total
Sebdou	13	4	7	24
Aricha	18	8	0	26
Sidi Djilali	24	15	8	47
El-Gor	22	11	1	34
El Bouihi	36	8	3	47
Total	113	46	19	179

Les deux communes d'El Bouihi et de Sidi Djilali sont les communes les plus riches d'un total de 47 points d'eau chacun. Suit par la commune d'El-Gor qui est de 34 points.

La commune d'El Bouihi a le nombre le plus élevé en forage qui est de 36, localisés surtout en amont (nord de la zone d'étude) d'un débit assez faible et qui atteint au maximum 10L/S. Suit par la commune de Sidi Djilali d'où le nombre de forage est de 24 et le débit peut aller jusqu'à 40 L/S à Ain Sefa. La commune d'El-Gor contient 22 forages avec un débit maximal de 10 L/S. la commune de Sebdou malgré le nombre réduit en points d'eau, comparativement aux autres communes, présente un débit important (la moitié de ces points dépasse les 10L/S).

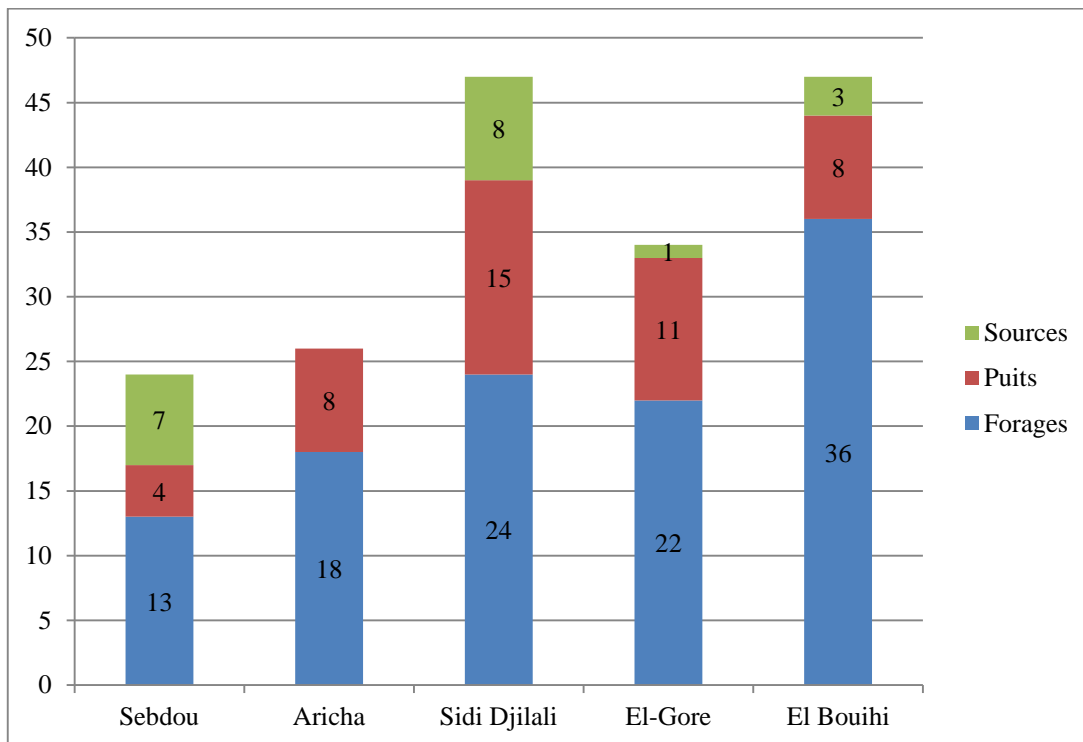


Figure n° 41 : nombre des points d'eau des communes steppiques de la W. Tlemcen

D'après l'histogramme de la figure 42, la commune de Seb dou possède le débit total le plus élevé qui est de 245L/S, due à l'emplacement qui est en amont, et d'un débit moyen de 11,66 L/S. La commune d'El-Gor est en dernière place d'un débit de 69 L/S et d'une moyenne de 3,63 L/S.

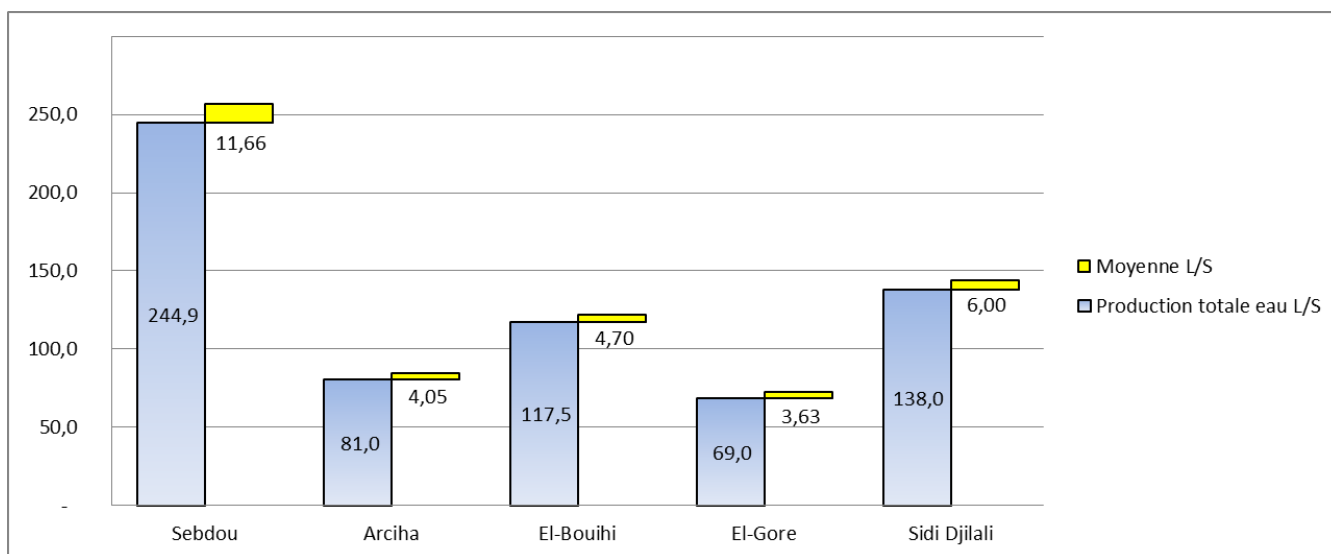


Figure n° 42 : Débits total et moyen de la zone d'étude

- **Carte synthèse des potentialités hydrogéologiques**

Sur les 178 points d'eau nous avons pu représenter 119 points sur la carte qui est due essentiellement aux difficultés d'accès et le manque d'effectif d'accompagnement sur terrain.

Les points d'eau représentés sont classés en trois types :

- ✓ Forages 78 points ;
- ✓ Puits 34 points ;
- ✓ Source 07 points.

Carte des potentialités hydrologiques de la zone d'étude

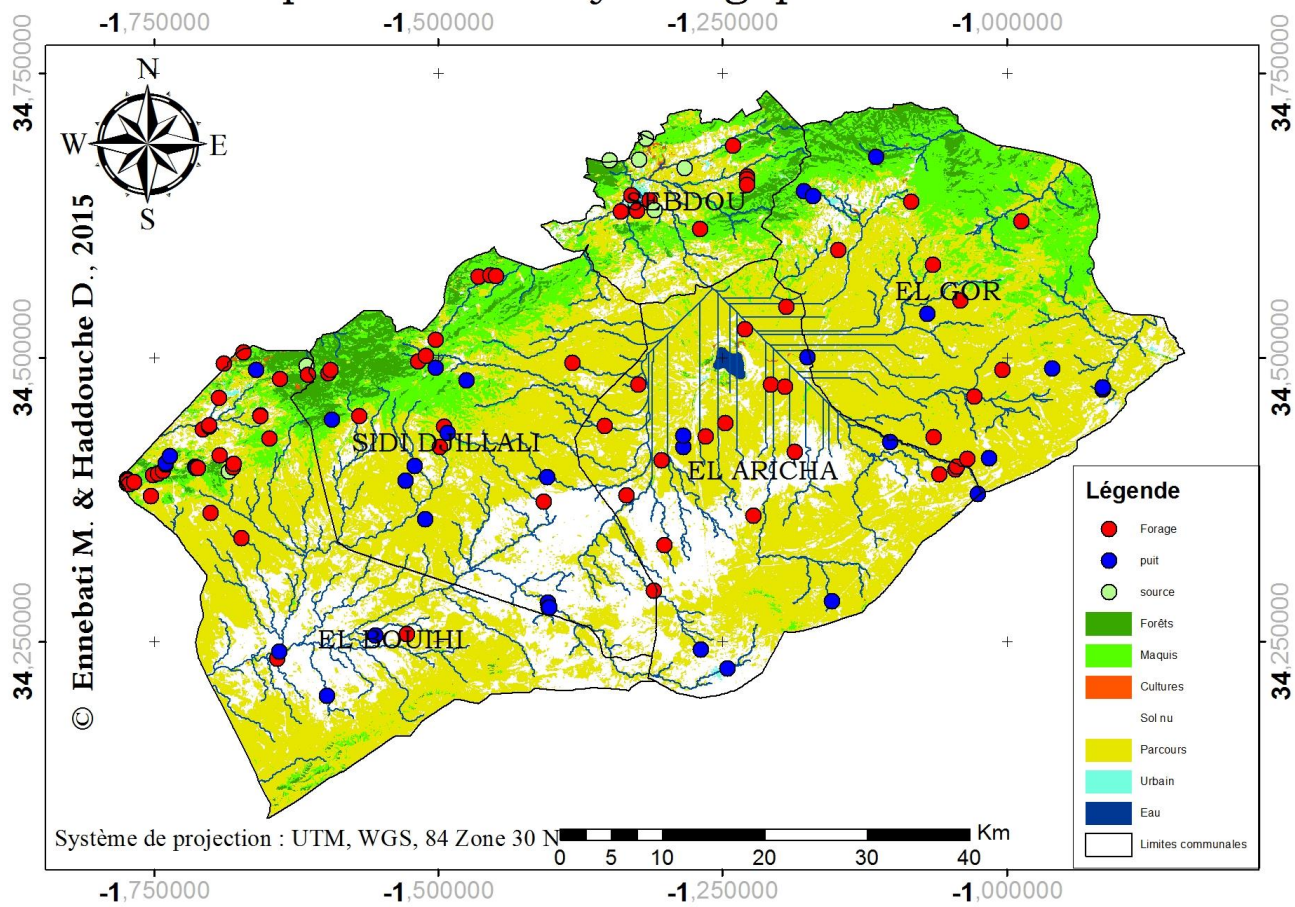


Figure n° 43 : Carte synthèse des potentialités hydrologique drapée sur la carte d'occupation du sol de la zone d'étude

La carte des potentialités hydrogéologiques montre que les forages sont bien éparpillés sur toute la zone d'étude, sauf le cas de la commune d'El-Bouihi où ces forages se concentrent essentiellement au nord. Idem pour les puits qui sont bien répartis. Les sources en eau se trouvent principalement dans la commune de Sebdou (cinq sources) et les deux sources restantes sont dans la commune d'El-Bouihi.

Le réseau hydrographique se compose essentiellement de trois grands groupes de réseaux hydrographiques (chevelures des oueds). Le premier alimente la commune de Sebdou d'où il prend réapparition de la même commune. Le second prend source à partir des trois communes (El-Gor, Sidi Djilali et l'Aricha) et se verse en aval dans la zone basse de Dayet El-Ferd de la commune de l'Aricha. Ce réseau occupe une surface de couverture et de longueur importante.

Le troisième s'alimente principalement à partir des deux communes qui sont Sidi Djilali et El-Bouihi, déverse au sud-ouest de la commune d'El-Bouihi.

Dans la carte d'occupation du sol, on constate que la majorité de ces points d'eau en général sont situés sur des parcours steppiques et sur des terrains agricoles.

Le réseau hydrographique drapé sur la carte des points d'eau, situés à proximité des oueds, augure un aménagement possible et durable. En tenant compte de la masse sociale qui va en elle-même contribuer à différents plans d'aménagement et de développement durable.

Conclusion générale

Au terme de cette étude, notre travail ne serait pas complet si nous n'arrivons pas à établir un plan de gestion adéquat en vue d'un développement durable.

Dans ce travail nous avons procédé à des analyses détaillées de quelques paramètres tels que le facteur socio-économique qui est le plus important dans la conservation et la protection des parcours steppique de la région de Tlemcen.

Les parcours occupent une place très importante en surface et qui se situe principalement en altitude comprise entre 1000 et 1300 mètre d'altitude et d'une pente qui ne dépasse pas les 10%. Il faut noter aussi que les précipitations annuelles moyennes varient du nord de 313,6 à 315,6 mm (Station météorologique de Sidi Djilali et de Ras El-Ma) jusqu'au sud qui diminue à 198 mm (Station météorologique de l'Aricha).

La surface de chaque exposition de la zone est divisée d'une façon presque égale sur les quatre orientations (Nord – Est – Sud – Ouest) qui est à peu près de 25% chacun.

Sur les 178 points d'eau nous avons pu représenter 119 points sur la carte d'un débit total et moyen variable de chaque commune.

D'après tous les résultats obtenus, la steppe de Tlemcen possède un potentiel hydrogéologique important, du point de vue nombre de point d'eau, le débit et l'emplacement de ces points d'eau. La commune de Sebdou présente des avantages de bonnes valeurs en eau et de son réseau hydrographique d'où il prend réapparition en aval dans la même commune, et cette commune occupe sa première place des terres agricole en surface.

Pour les potentialités agricoles, une étude de projets d'agriculture fourragère fait l'objet d'une nouvelle vision et d'une nouvelle perspective pour la sauvegarde des parcours contre toute forme de dégradation.

Bibliographie

1. **AIDOUD, A., LE FLOC'H, E. et LE HOUEROU H., N. 2006.** *Les steppes arides du Nord de l'Afrique.* s.l. : Secheresse, 2006. 19-30 pp.
2. **ARROUAYS, D. 1987.** *Un exemple d'utilisation de la télédétection pour la réalisation d'une carte des sols à mouenne echelle. Actes de la semaine Monétier-Bains. Projet Télédétection II Recherche en cours à l'INRA.* 1987. in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère. pp 275-280.
3. **BAGNOULS, F. et GAUSSEN, H. 1953.** *Saison sèches et indice xérothermique.* Toulouse : Bul. Soc. His. Nat., 1953. PP 139-239.
4. **BARIOU, R. 1978.** *Manuel d'utilisation de télédétection 2ème partie : les application de la photo-interpretation dans le domaine des sciences de la terre. III Les sols.* 1978. in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère. pp 129-153.
5. **BEDRANI, S. 1984.** *La steppe, les pasteurs et les agro-pasteurs en Algérie.* Alger : CREAD, 1984. p22.
6. **BEDRANI, S., BENADJILA, M. et BENADJILA, S. 1991.** - *Aperçu sur la législation et les modes d'utilisation par les animaux des terres publiques en Algérie. Actes du quatrième congrès international des terres de parcours.* Montpellier : s.n., 1991. Vol. 2, PP. 895-899. ISBN 2-87614-102-7.
7. **BENABADJI, N. et BOUAZZA, M. 2000.** Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à Artemisia herba-alba Asso. dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Science et changements planétaires / Sécheresse.* 2000, Vol. 11, 2.
8. **BENABDELI, K. 2000.** *Evalutation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique. Commune de Ras El Ma (Sdid Belabess) Algérie.* Sidi Belabess : Option Médit., 2000. 129-141.
9. **BENCHERIF, S. 2011.** *L'élevage pastoral et la céréaliiculture dans la steppe algérienne évolution et possibilités de développement.* Paris : Thèse Doc. école doctorale Abies, 2011.
10. **BENSAID, A. 2006.** *SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Naâma (Algérie).* Oran : Thèse Doc. Univ. Es-Senia, 2006. 299 P.

-
11. **BENSOUIAH, R. 2003.** La lutte contre la désertification dans la steppe algérienne : les raisons de l'échec de la politique environnementale. *Journées de la Société d'Ecologie Humaine*. 2003, Vol. 15èmes journées de la Société d'Ecologie Humaine. 11-12 Déc..
 12. **BENSOUIAH, R. 2002.** *Vue d'ensemble de la steppe Algérienne*. s.l. : Doc. en ligne : (<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.htm>), 2002.
 13. **BERMEIR, S, et al. 2014.** *Les concepts de base des systèmes d'information géographique (SIG): les données et les fonctions générales*. s.l. : I.N.R.A., 2014.
 14. **BIALOUZ, S. 1977.** *Deux remarques sur l'utilisation de la télédétection pour la cartographie pédologique. Introduction à la discussion 1er colloque "pédologie-télédétection "*. Rome : s.n., 1977. in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère. pp 213-220.
 15. **BONN, F. et ROCHON, G. 1993.** *Précis de la télédétection: Principes et méthodes*. [éd.] PU Québec. Québec : A.U.P.E.L.F, 1993. p. 485. Vol. I. ISBN 2-7605-0613-4.
 16. **BOUANANI, A. 2004.** *Hydrologie, transport solide et modelisation*. Tlemcen : Univ. Tlemcen Thèse Doc., 2004. 250 P.
 17. **BOUAZZA, M. 1995.** *Etude phyto-écologique des steppes a Stippa tenacissima L. et a Lygeum spartum L. au sud de Sebdou (Oranie-Algérie)*. Thèse Doct. Es. Sci. Univ. Tlemcen : s.n., 1995. 275 p..
 18. **BOUCHETATA, T. et BOUCHETATA, A. 2005.** Dégénération des écosystèmes stépiques et stratégie de développement durable. Mise au point méthodologique appliquée à la Wilaya de Naama (Algérie). *Développement durable et territoires*. [En ligne] 02 septembre 2005. [Citation : 14 septembre 2015.] <http://developpementdurable.revues.org/1339>. ISSN électronique 1772-9971.
 19. **BOUMEZBEUR, A. et BEN HADJ, M. 1980.** *Fiche descriptive sur les zones humides RAMSAR, Chott Zahrez Chergui (Algérie)*. alger : Direction générales des forêts, 1980. 10 p.
 20. **BOUYAHIA, H. 2010.** *Dynamique des systèmes d'élevage ovin et stratégie des éleveurs face aux aléas climatiques : cas de la région de Naama*. s.l. : Mém. Mag.Univ. Mascara, 2010. p 179.
 21. **BURROUGH, P.H. 1986.** *Principals of geographical information system for land resource assement*. Oxford : Clarendon press, 1986. p. 193 p. in ZAOUI M., Gestion des risques de feu dans la forêt de M'sila Wilaya d'Oran. Tlemcen : Mém. Mag. Univ. Tlemcen, 2013, p. 177 p..

-
22. **Commission de Pédologie et de Cartographie des sols. 1967.** *Classification des sols.* s.l. : C.P.C.S., 1967. 96 P.
23. **COUDREC, R. 1974.** De la tribu à la coopérative: aperçu de l'évolution des hautes plaines oranaises. *Option Méditerranéennes.* 1974, 28. PP 65-74.
24. **COWEN, D.J. 1988.** *GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 1988.
25. **DAJOZ, R. 1985.** *Précis d'écologie.* Paris : Bordas, 1985. 505 P..
26. **DEBRACH, J. 1953.** *Notes sur les climats du Maroc occidental.* s.l. : Maroc médicale, 1953. PP 1122-1134.
27. **DESHAYES, N. et MAUREL, P. 1990.** *La télédétection en agriculture : Principes généraux de la télédétection (l'image spatiale et son contenu).* Montpellier : s.n., 1990. pp 11-27.
28. **DIDON, E. 1990.** *SIG: Concept, Fonction, Application.* 1990.
29. **DJEBAILI, S. 1978.** *Recherches phytosociologiques et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien.* Montpellier : thèse.Doc., 1978. 229 P..
30. **DJEBAILI, S., et al. 1982.** *Groupes écologiques édaphiques dans les formations steppiques du Sud-oranais.* s.l. : Bulletin d'écologie terrestre BIOCEÑOSE, 1982. pp. 7-59.
31. **DOUH. 2011.** *Caractérisation des paramètres Zootechniques de l'élevage ovin en zones steppiques Cas de la Wilaya de Tébessa.* s.l. : Mém. Mag.Institut des sciences de la Nature et de la Vie El Taref, 2011. 130 p.
32. **EASTMAN, J.R. 1993.** *A grid based geographic analysis system.* Massachusetts : Clark University, 1993. In Conchita M. G. Kédowidé, « Modélisation géomatique par évaluation multicritère pour la prospection des sites d'agriculture urbaine à Ouagadougou », VertigO [En ligne], Volume 10 numéro 2 septembre 2010, mis en ligne le 30 septembre 2010.
33. **EMBERGER, L. 1955.** *Une classification biogéographique des climats.* Montpellier : Trav. Bot. Géo. Zool.Fac. Sci. Bot., 1955. PP. 3-43.
34. **ESCADAFAL, R. 1989.** *Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et àr télédétection. Application : exemple de la région Tataouine.* Paris : O.R.S.T.O.M, 1989. in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère. 317 P.

-
35. **Evalutaion des écosystèmes pour le millénaire. 2005.** *Ecosystème et bien-être humain : Synthèse sur la désertification.* Washington : Island press, 2005. 26 p.
36. **FERAH, T. 2010.** *Intégration des données multi sources dans un Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS) des formations forestières méditerranéennes. Cas de la zone écologique de ghazaouate (Algérie Nord occidentale).* Arzew : Mém. Mag. Centre des techniques spatiales, 2010. 123 p + annexes.
37. **Floret, C. 1981.** *Effects of protection on steppic vegetation in the mediterranean.* 1981.
38. **FLORET, C., LE FLOC'H, E. et PONTANIER, R. 1992.** *Perturbation anthropique et aridification en zone présaharienne In: Le Floc'h E., Grouzis M., Cornet A., Bille J. C. (Eds) L'aridité une contrainte de développement, caractérisation réponses biologiques et stratégie de sociétés.* Paris : Ed. Orostom, 1992. 449-463 pp.
39. **GAMBLIN, B. 1995.** *Un système d'information géographique à l'ONTF rêve ou réalité ?* s.l. : Fox, 1995. in KHAZANI R., 2013 Contribution a l'étude de la diversité pédopaysagique des parCours steppique de la région sud de la wilaya de tlemCen (Cas de la Commune d'el-ariCha). Mém. Master Univ. Tlemcen .
40. **GIRAD, M-C et GIRAD, C-M. 2010.** *Traitement des données de télédétection.* 2e. Paris : Dunod, 2010. 576 P.
41. **Guendouzi. 2014.** Contribution à l'étude de la phytomasse aérienne d'écosystèmes steppique de la commune de Maâmora (Saida). *Mém. Master .Univ Tlemcen.* 2014. pp 3-4.
42. **H.C.D.S. 2005.** *Problématique des zones steppiques et perspectives de développement.* s.l. : Rap. Synth. haut commissariat au développement de la steppe, 2005. 10 P.
43. **H.C.D.S;. 2005.** *Problématique des zones stéppiques et perspectives de développement.* Djelfa : Haut commissariat au développement de la steppe, 2005. 10 p.
44. **HADDOUCHE, D. 1998.** *CARTOGRAPHIE PÉDOPAYSAGIQUE DE SYNTHÈSE PAR TÉLÉDÉTECTION « IMAGES LANDSAT TM » Cas de la région de GHASSOUL(EL-BAYADH).* Alger : Institut National d'Agronomie Thèse Doc., 1998. 138 p.
45. **HADDOUCHE, D. 2009.** *La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie: Cas de la région de Naama.* s.l. : Thèse Doc. Univ. Tlemcen, 2009. 211 p.

-
46. **HADDOUCHE, D., et al. 2008.** Comment consilier développement des populations stéppiques et lutte contre la désertification ?. Cas de la Wilaya de NAAMA (Algérie). *Revu New Medit CIHEAM- IAM Bari*. Mediteranean Journal of economics, Agricultur And Envirenment, 2008, Vol. VII, 3/2008. PP 25-31.
47. **HADEID, M. 2008.** Approche anthropique du phénomène de désertification dans un espace steppique : le cas des hautes plaines occidentales algériennes. *Vertigo*. [En ligne] Avril 2008. [Citation : 03 Juin 2015.] <http://vertigo.revues.org/5368#tocfrom2n1>. 10.4000/vertigo.5368.
48. **HALIMI, A. 1980.** *L'Atlas Blidéen : climat et étages végétaux*. Alger : O.P.U, 1980. 484 P.
49. **HALITIM. 1985.** *Contribution à l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sols dans la génèse et le comportement des sols*. s.l. : Thèse Doc. Univ. Rennes, 1985. pp:1-183.
50. **HALITIM, A. 1988.** *Sols des régions arides d'Algerie*. alger : OPU, Alger, 1988. 384 p.
51. **HINSE, M. 1989.** *Réflectance spectrale des sols de settat (Chaouia, Maroc). Travaux sur terrain*. 1989. in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère. 132 P.
52. **HIRCHE, A., BOUGHANI, A. et SALAMANI, M. 2007.** *Evolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides Algériennes*. s.l. : Revu Sécheresse, 2007. pp : 314 - 320. Vol.18 N° 4.
53. **I.N.R.A. 1991.** *Gestion de l'espace rural et système d'information géographique*. Florac : Sémianire INRA, 1991. p 421.
54. **I.N.R.A. 1991.** *Relations entre facteurs du milieu naturel et pedopaysages : variables pertinentes pour une delimitation assistee*. Paris : Séminaire I.N.R.A. 22-24 octobre, 1991. In ZAOUI, M. 2013. Gestion des risques de feu dans la forêt de M'sila Wilaya d'Oran. Tlemcen : Mém. Mag. Univ. Tlemcen, 2013. 177 P. 421p.
55. **IDRISSA, A. 2004.** *Etude du milieu physique d'une région semi-aride par télédétection et intégration des données dans un système géographique : cas de la région d'Ain Sefra*. Tlemcen : Mém. Ing. Univ. Tlemcen, 2004. 80p..
56. **KHALDOUNI, A. 2000.** *Evolution technologique et pastoralisme dans la steppe algérienne. Le cas de camion Gak en Haute-plaines occidentales*. Montpellier : CIHEAM, 2000. 121-127.

-
57. **Khelil. 1997.** *L'écosystème steppique : quel avenir ?* Alger : DAHLEB, 1997. 184P.
58. **KING, D. 1994.** *Apport de la télédétection à l'étude de la couverture pédologique.* *Revue des travaux menés au service d'étude des sols et de la carte pédologique de France.* s.l. : Bul. S.F.P.T. n° 134 (1994-2), 1994. in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère. pp 15-19.
59. **LE HOUEROU. 1977.** *Plant sociology and ecology applied to grazing lands research, survey and management in the mediterranean Basin.* In. **KHELIL A., 1997.** *L'écosystème steppique : quel avenir ?.* DAHLAB Alger. 184p. 1977.
60. **LE HOUEROU, H. N. 1992.** *Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the mediterranean basin: Old approaches to new problems.* s.l. : Agri. Ecosy. Environm., 1992. 99-109 pp.
61. **LE HOUEROU, H. N. 1995.** *Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nord de l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 10.* Montpellier : CIHEAM, 1995. 136 P.
62. **LE HOUEROU, H. N. 2001.** *Biogeography of the arid steppe land north of the sahara.* s.l. : J. Arid Environ, 2001. 103-128 pp.
63. **LE HOUEROU, H. N. 1996.** *Climat change, drought and desertification.* s.l. : Arid Land Res. Manag., 1996. 1-36 pp.
64. **LE HOUEROU, H. N. 2006.** *Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid land.* s.l. : Sécheresse, 2006. 10-18 pp.
65. **LE HOUEROU, H. N. 1985.** *La régénération des steppes algériennes.* 1985. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger..
66. **LE HOUEROU, H. N. 2002.** *Man-made deserts : Dersertiyation processes and threats.* s.l. : Arid Res. Manag., 2002. 1-36.
67. **M.A.D.R. 2008.** *Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Note sur la steppe In .* 2008. 2-7pp.
68. **MANIERE, R. et CHAMIGNON, C. 2009.** *Cartographie de l'occupation des terres en zones arides méditerranéennes par télédétection spatiale. Exemple d'application sur les hautes plaines sud oranaises ; Mécheria au 1/200.000ème.* *Ecologia mediterranea.* 2009. pp. 159-85. In HADDOUCHE D. La télédétection et

la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie : cas de la région de NAAMA.

69. **MEGHRAOUI, M. 2007.** *Contribution à l'aménagement durable d'une zone de montagne par télédétection : cas de la Commune de oued lakhdar.* Tlemcen : Mém. Mag. Univ. Tlemcen, 2007. 107 P.

70. **MONTCHAUSSÉ, G. 1977.** *La steppe algérienne : Causes et effets d'une désertisation.* octobre - décembre. Paris : Edition Anthropos, 1977. pp.123-151.

71. **NAERT, B. 1995.** *Cartographie des sols aidées par la télédétection, une méthodes adaptée aux milieu méditerranéen et arides.* Montpellier : I.N.R.A, 1995. pp 193-199.

72. **NEDJIMI, B et GUIT, B. 2012.** Les steppes algériennes: Causes de déséquilibre. *Revue.Univ-Ouargla.* Algerian Journal of Arid And Environment (AJAE), 2012, Vol. II, 2.

73. **NEDJIMI, B. et HOMIDA, M. 2006.** *Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir.* s.l. : Revue du Chercheur, 2006. 13-19 pp.

74. **NEDJIMI, B. 2012.** *Rangeland improvement and management option in the arid steppes of Algeria.* In: Germano, M. Denise (Ed.) *Steppe ecosystems: Dynamics, land use and conservation.* . New York : Nova Science Publishers, 2012. 157-170.

75. **NEDJIMI, B. 2012.** *Seasonal variation in productivity, water relation and ion contents of Atriplex halimus spp. schweinfurthii grown in Chott Zehrez wetland.* s.l. : Saudi Soc. Agri Sci., 2012. 43-49 pp.

76. **NEDJIMI, B., SEBTI, M. et NAOUI, T. 2008.** *Le problème du foncier agricole en Algérie.* Alger : Revue Droit Sci. Hum., 2008. 1-11 pp.

77. **NEDJRAOUI. 2002.** *Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation.* Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres U.R.B.T. 2002. p 239-243.

78. **NEDJRAOUI, D. 2012.** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. *Profil fourrager (Algérie).* [En ligne] FAO, Janvier 2012. [Citation : 08 Juin 2015.] <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm>.

79. **NEDJRAOUI, D. 1990.** *Adaptation de l'alfa (Stipa tenacissima L) aux conditions stationnelles.* Alger : Thèse Doc. USTHB, 1990. 256 P.

80. **NEDJRAOUI, D. et BEDRANI, S. 2008.** *La sésertification de la steppe algérienne: causes, impacts et action de luttés.* s.l. : Vertigo, 2008. 1-15 pp.

-
81. **PIEYNS, S. 1999.** *Utilisation de la télédétection en hydrologie.* Bondy : O.S.T.R.O.M, 1999. 39714.
82. **POUGET. 1980.** *Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises.* Paris : Thèse Doc., travaux et documents de l'OROSTOM, 1980. 555 p.
83. **POUGET, M. 1973.** *Une manifestation particulière et méconnue de la salure dans les steppes du sud-Algérien: Les plages de la salure sur les glacis quaternaires a crôte calcaire.* s.l. : Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 1973. 15-24 pp.
84. **RIVAS-MARTINES, S. 1981.** *Les étages bioclimatiques de la péninsule Ibérique,.* Madrid : Anal. Gard. Bot, 1981. Vol. II. PP 251-268.
85. **SAUVAGE, CH. 1961.** *Recherches géobotaniques sur le chêne liège au Maroc.* Montpellier : Thèse Doc. Univ. Montpellier, Trav. Inst. Sci. Chérifien, 1961.
86. **SCANVIC, J.Y. 1983.** *Utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre naturelle et méthodes.* Orléans : BRGM, 1983. p. 158.
87. **STONNER, E.R. et BAUGARDNER, M.F. 1981.** *Characteristic variation in reflectance of surface soils.* s.l. : Produe univ. Agric, 1981. pp. 1161-1165 PP. Vol. 16, in Haddouche I., 1998. Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "Image Landsat TM" Cas de la région de Ghassoul. Ins. Agronomie Mém. Magistère.
88. **TEILLET, P.-M. 1999.** *The role of surface observation in support of remote sensing. Télédétection (Revue de recherche et d'application en télédétection).* GBSP, 1999, Vol. I, 01.
89. **TOMILINSON, R.F. 1988.** *The Impact of the Transition From Analogue to Digital Cartographic Representation.* s.l. : The American Cartographer, 1988. Vol. 15 n° 3. 251-261.
90. **TRICART, J. et CAILLEUX, A. 1965.** *Introduction à la géomorphologie climatique. L'influence non directe du climat: pédogénèse et mophogénèse.* 1965. PP 100-144.
91. **ZAOUÏ, M. 2013.** *Gestion des risques de feu dans la forêt de M'sila Wilaya d'Oran.* Tlemcen : Mém. Mag. Univ. Tlemcen, 2013. 177 P.

الإمكانات الهيدرولوجية للنظام الإيكولوجي السهوب تلمسان وإدخال البيانات في النظام المعلوماتي الجغرافي

ملخص

إن تدهور الأوساط الطبيعية في المناطق الجافة وشبه الجافة تفاقم بشكل كبير في الآونة الأخيرة بسبب ضغط الإنسان والحيوان والاستغلال المفرط للموارد الطبيعية . السهوب الجزائرية هي مساحة مميزة في تربية الأغنام وتعرض لظاهرة التصحر القاسية

يتم التعرف على أهمية المياه باعتبارها دعم الحياة وعامل منظم لتطوير البلد عالمياً، فمن الضروري تحديد وإدارته كما يجب بشكل متقن.

و بهذا الصدد، الهدف من هذا العمل هو حساب و تحديد عدد الآبار و المنابع الموجودة في منطقة السهوب لمدينة تلمسان من ناحية سرعة التدفق و العمق و غيرها .

تم تحديد حوالي 178 مصدر من الماء وضعت في قاعدة البيانات في نظم المعلومات الجغرافية لوضع خريطة للمياه. عن طريق تجميع طبقات البيانات سمح لنا للحصول على نتائج أكثر وضوحاً (تأثير كتلة) وسهولة التفسير. وقد حققت الخريطة النهائية من إمكانات الهيدرولوجية المتوفرة وأنها توفر إمكانية لتصحيح أو تعديل أو تحديث أو إضافة عامل آخر ... الخ

النتائج المتحققة (أو قاعدة البيانات التي تم الحصول عليها) ستستخدم في العمل المستقبلي لتطوير الخرائط مع هدف التنمية المستدامة.

كلمات المفتاحية : تلمسان ، التصحر ، السهوب ، GIS ، الهيدرولوجيا .

Potentialités hydrologiques de l'écosystème steppique de Tlemcen et intégration des données dans un système à référence spatiale

Résumé

La dégradation des milieux naturels dans les zones arides et semi-arides s'est dramatiquement amplifiée au cours de ces derniers temps à cause de la pression anthropozoïque et de la surexploitation des ressources naturelles.

Les steppes algériennes constituent l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif et exposée à des phénomènes de désertification dure.

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue, il est nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible.

Ce travail a pour but de localiser tous les points d'eau existants (puits-sources- forages...etc.) au niveau des cinq communes steppiques appartiennent à la Wilaya de Tlemcen, leur débit, profondeur....etc.

Près de 178 points d'eau ont été localisés sont introduit dans une base de donnée dans un SIG pour l'élaboration d'une carte des point d'eau. A l'aide de l'assemblage des couches de données nous a permis d'avoir des résultats plus visibles que sur le terrain (Effet synoptique) et faciles à interpréter. Une carte finale des potentialités hydrogéologiques a été réalisée et elle offre la possibilité de la corriger, modifier, mettre à jour, ajouter d'autre facteur ...etc.

Les résultats obtenus (ou la base de donnée obtenue) serviront dans les prochains travaux à l'élaboration des cartes d'aménagement dans le but d'un développement durable.

Mots clés : Tlemcen, Désertification, Steppe, SIG, Hydrogéologie.

Hydrological potential of the steppe ecosystem of Tlemcen and data integration in a spatial reference system

Abstract

The degradation of natural habitats in arid and semi-arid has dramatically amplified in recent times because of the anthropozoic pressure and overexploitation of natural resources.

Algerian steppes are the privileged space of the extensive sheep farming and exposed to severe desertification phenomena.

The importance of water as life support and regulator factor for the development of a country is universally recognized, it is necessary to quantify and manage as rigorously as possible.

This work aims to locate all existing water points (source- well-drilling ... etc.) in five steppe common property of the Wilaya of Tlemcen (their speed, depth ... etc.).

Nearly a 178 water points have been located are introduced into a database in a GIS for the development of a map of water. Using the assembly of data layers allowed us to have more visible results in the field (block effect) and easy to interpret. A final map of hydrogeological potential was realized and it offers the possibility to correct, modify, update, add another factor ... etc.

The results obtained (or the database obtained) will be used in future work to the development of map management with the objective of sustainable development.

Key words: Tlemcen, desertification, steppe, GIS, hydrogeology.