

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE

جامعة العلوم و التكنولوجيا هواري بومدين

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES

معهد العلوم البيولوجية



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER

EN : SCIENCES DE LA NATURE

Spécialité : Ecologie et Environnement (E.D)

Par : YAHIAOUI Ibrahim.

SUJET :

***Evaluation de la dynamique spatiale de l'occupation du sol
dans la plaine du Bas – Cheliff (Algérie)
Apport de la Télédétection.***

Soutenu publiquement le : 03/07/2011, devant le Jury composé de :

Mme NEDJRAOUI D. Professeur à l'U.S.T.H.B.

Présidente.

Mr DOUAOUI A.E.K. Professeur au C.U.Khemis Miliana.

Directeur de mémoire.

Mme KADI HANIFI Y. Professeur à l'U.S.T.H.B.

Examinatrice.

Mme KADIK L. Professeur à l'U.S.T.H.B.

Examinatrice.

Mr GUETTOUCHE M.S. Professeur à l'U.S.T.H.B.

Examinateur.

Résumé

La plaine de Bas Cheliff connaît une dynamique spatio-temporelle très active de l'occupation et l'utilisation des sols. La télédétection a été utilisée pour détecter et étudier ces changements au cours des trois dernières décennies.

L'analyse numérique des images satellitaires correspondant aux années 1988, 1992, 2000, 2001 et 2005 a montré l'importance de l'effet saisonnier sur l'extension et la densité de la couverture végétale qui est sous la dépendance étroite de la pluviométrie. D'autres facteurs interviennent aussi sur cette végétation telle que la salinité et l'hydromorphie qui peuvent constituer selon les zones et les saisons des facteurs limitant le développement naturel ou agricole du végétal.

L'extension des zones urbaines n'a pas épargné les terres agricoles qui sont souvent les plus fertiles et les moins salées. Cette évolution a été très rapide entre les années 1988 et 2000 suite à l'exode rural massif de la population survenu au cours de cette période.

Mots clés : Bas-Cheliff, Occupation du sol, Télédétection.

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord notre Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour effectuer ce modeste travail.

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*Puis, j'aimerais exprimer ma profonde gratitude à mon professeur Monsieur **DOUAOUI AbdelKader** Professeur au centre universitaire de Khemis Miliana, pour son aide, ses conseils et son encadrement, qui, en tant qu'encadreur, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.*

*Mes remerciements s'adressent également à **Madame NEDJRAOUI Dalila** : Professeur à l'Université de l'U.STHB, responsable de l'école doctorale d'écologie et environnement, qui malgré ses responsabilités et ses nombreuses occupations a bien voulu prendre un peu de son temps et m'honorer à présider mon jury.*

*J'exprime ma gratitude aussi à **Madame KADI-HANIFI Yasmina** : Professeur à l'Université de l'U.STHB ; Un remerciement spécial d'avoir accepté d'examiner ce travail, en plus de son aide précieuse et Ses qualités humaines ainsi à **Monsieur GUVETTOUCHE Mohamed Saïd**, Maître de conférence à l'université de l'U.S.T.H.B et **Mme KADIK, Lalia** Professeur à l'USTHB d'avoir accepté de faire partie des jurys.*

*Je tiens à remercier sincèrement mes amis **MOKHTARI Djamel Eddine**, **BELOUAZNI Ahmed** maîtres assistants à l'université de Chlef, doctorants en « écologie et environnement », qui m'ont extrêmement aidé pour mes recherches, leurs soutiens et leurs encouragements m'ont été très précieux.*

*Je tiens à témoigner mes remerciements à **Mr: BENCHALLAL Amirouche** : Doctorant à l'école doctorale « Traitement des images et SIG », faculté d'électronique pour sa disponibilité ainsi à **BenMouloud Maâmar** et **Boutheldja Mohamed**.*

*J'adresse mes reconnaissances et gratitudes envers tous le responsables de «Laboratoire d'écologie et Environnement de l'U.S.T.H.B » de m'avoir donné cette chance d'apprentissage et de m'avoir intégré dans cette formation doctorale, ainsi tout mes professeurs de l'U.S.T.H.B : **Abdoune Fathia**, **Dahmani Malika**, **Mr Salamani** sans oublier **Fekir** et **Hamadouche** de l'université de Mascara.*

*Je remercie aussi toute Ma promotion de post graduation 2009 à l'usthb : **Abdelkader Guenaia**, **Djalil**, **Missoum**, **Elhadj**, **oussama**, **Youcef**, **Ahmed**, **assia**, **fatima**, **nesrine**, **aicha** aussi nos collègues de Annaba sans oublier « **Youcef Messaoudi** » étudiant post graduation*

en génie mécanique à l'USTHB ainsi à la Promotion de post graduation 2010 « Ecopédologie, Eau et Environnement » à Chlef, surtout, Ahmed ziane, Zaki, et Ammar et toute la promotion du post graduation 2007 de l'option "Eau-Environnement" à Chlef notamment Mohammed Rata, Djahida Hadidi, aussi aux Etudiants de 3^{ème} cycle (doctorat) « Eau et Environnement ».

Sans oublier de remercier mes collègues, Melles : SAIDI Hadjer, MEDJADBA Wafa, NAKIB Imène doctorantes au Laboratoire « Biochimie Cellulaire et Moléculaire » FSB/USTHB et ceux de laboratoire « Pédologie et Analyse de l'eau » à l'UHB.Chlef Faculté des sciences agronomique et sciences biologique, aussi ma promotion de 2007, en « Ecologie végétale et Environnement ».

Je tiens à exprimer mes reconnaissances à Monsieur ACHIT Mohamed Maître de conférence à l'université de Chlef, A Monsieur BRADAI hamid et Monsieur M'hamedi Bouzina Mahfoud Enseignants à l'université de Chlef, pour leurs encouragements durant mes années universitaires.

En somme, Je n'oublie pas mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragée au cours de la réalisation.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation, à celle qui m'a tellement aidé pour avoir confiance en soi, que Dieu lui procure joie et quiétude dans sa vie.

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grandes personnes,

A mes parents.

A celle qui m'a appris le sens de l'amour et de la modestie,

A ma grand-mère.

A ceux que je chéris par-dessus tt à mes frères

A mon adorable ange,

Ma petite sœur

A mes chers amis

A toute ma famille

A toutes les personnes qui me connaissent et m'aiment

Profondément.

IBRAHIM.

Liste des figures

Figure 1 : Principe d'un système de télédétection. (Source : IGN. 2008).....	5
Figure 2 : Domaine spectral des longueurs d'onde (Source : IGN, 2008).....	6
Figure 3: Reflectance spectrale des surface naturelles. (Source : IGN, 2008).....	7
Figure 4: Correction radiométrique effectuée sur une image Quickbird.....	11
Figure 5: les effets perturbateurs de l'atmosphère sur une image.....	12
Figure 6: localisation de la plaine du Bas Cheliff.	15
Figure 7:La plaine du Bas-Chélif (Source: Douaoui, 2005).	16
Figure 8:Variation de la pluviométrie annuelle de quelques stations pluviométrique dans la plaine du Bas-Cheliff.	17
Figure 9: Système théorique des vents ascendant et descendant dans la vallée du Cheliff.	18
Figure 10: Atlas de la vitesse moyenne du vent de la vallée de Cheliff à 10 m du sol. (Source : Boukli et al., 2007)	18
Figure 11:Variation de l'humidité relative journalière moyenne de l'air du 01/09/07 au 31/08/08.....	19
Figure 12:Variation de l'ETP journalier -Penman- du 01/09/07 au 31/08/08.	19
Figure 13:Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Relizane de la période (1985/2007).	20
Figure 14:Position de la station de H'madena sur le climagramme d'Emberger.....	21
Figure 15:Carte des sols (Boulaine, 1956).....	23
Figure 16:Qualité des eaux des barrages de Gargar et de Merdjet Sidi Abed.....	27
Figure 17:Principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif.	28
Figure 18:Carte d'occupation des sols de la plaine du Bas-Chélif (Ghérina, 2007).....	29
Figure 19:Localisation des zones retenues de la plaine sur la scène SPOT 1988.....	36
Figure 20:Zone retenue au niveau du périmètre de Ouarizane	37
Figure 21: Zone retenue au niveau du périmètre de Djediouia	37
Figure 22: Zone retenue au niveau du périmètre de Hmadna	38
Figure 23: Urbain d'Ouarizane.	39
Figure 24: Urbain de Oued Rhio.	39
Figure 25: Urbain de Djediouia.....	40
Figure 26: Urbain de Hmadna.	40
Figure 27: Approche Méthodologique.	41
Figure 28: Résultat de la Correction atmosphérique.....	43

Figure 29: Cartes NDVI de la région d'étude et des zones retenues.....	44
Figure 30: Evolution de la végétation dans la région d'étude et les zones entre 1988 et 2005.	45
Figure 31: Variation spatiale de NDVI dans la région d'étude.....	45
Figure 32: Cartes binaire des zone agricoles étudiées.....	46
Figure 33: Evolution des superficies agricoles des zones étudiées.....	47
Figure 34: Etat de changement des superficies des zones étudiées 1988 – 2005.....	48
Figure 35: Evolution des régions urbaines dans la région d'étude.	49
Figure 36: Variation spatiale des valeurs NDVI entre l'été 2000 et hiver 2001.....	50
Figure 37: Comparaison saisonnière entre la végétation agricole et spontanée.....	50
Figure 38: Comparaison saisonnière entre les sols nus.....	51
Figure 39: Cartes binaire de changement de Merdja Sidi Abed.....	52
Figure 40: Dynamique de la végétation entre 1988 et 2005.....	53
Figure 41: Localisation des sols hydromorphes étudiée dans notre région.....	55
Figure 42: Anomalies saisonnières de la végétation.	57
Figure 43: Anomalies pérennes de la végétation.	58
Figure 44: Evolution de la végétation dans les 4 zones étudiées entre 1999 et 2010.	60
Figure 45: Carte d'occupation du sol de la plaine du Bas-Chélif établie de l'image satellitaire (Aout, 2005).	63

Liste des Tableaux

Tableau 1: Moyennes mensuelles des précipitations et des températures de la station de H'madna (1985-2007). (Source : INRAA, 2009).....	18
Tableau 2 : Synthèse des sols de la plaine du Bas-Chélif d'après la carte pédologique de Mc Donald et BNEDER (1990).....	22
Tableau 3: Caractéristique des images utilisées.....	34
Tableau 4: Evolution des superficies des zones étudiées.....	47

SOMMAIRE

Résumé

Liste des tableaux.

Liste des figures

INTRODUCTION..... 1

CHAPITRE I : Aperçus Bibliographique.

I.1. Occupation du sol	3
I.1.1. Définition	3
I.1.2. Dynamique de l'occupation du sol	3
I.1.2.1. L'étude de la dynamique de l'occupation du sol	3
I.1.2.2. Evolution de la cartographie de l'occupation du sol.....	4
I.2. La télédétection et ses applications dans l'étude de l'occupation du sol	5
I.2.1. Principes généraux de la télédétection	5
I.2.1.1. Définitions.....	5
I.2.1.2. Les Domaines Spectraux.....	6
I.2.1.3. Réflectance spectrales des surfaces naturelles	7
I.2.1.4. La Résolution	8
I.2.2. Applications de la télédétection dans l'occupation du sol	9
I.2.2.1. Données multi-spectrales :	9
I.2.2.2. Données multi-spatiales	9
I.2.2.3. Données multi-temporelles	10
I.2.3. Traitement des images	10
I.2.3.1. Prétraitement des images brutes.....	11
I.2.3.2. Analyse d'une image.....	12

CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude : La plaine du Bas-Cheliff.

II.1. Situation géographique	15
II.2. Le Milieu physique :	16
II.2.1. Le climat	16
II.2.2. Précipitations	16
II.2.3. Températures	17
II.2.4. Vent et pression	17
II.2.5. L'humidité	18

II.2.6. L'évapotranspiration.....	18
II.2.7. Analyse climatique	19
II.2.7.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen	19
II.2.7.2. Indice de De Martonne (1927).....	20
II.2.7.3. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger	20
II.2.8. Pédologie	21
II.2.9. Géologie et géomorphologie	24
II.2.9.1. Les glacis colluvionnaires	24
II.2.9.2. La plaine alluviale	24
II.2.9.3. Les lits des oueds actuels.....	25
II.2.9.4. La Sebkha de Benziane.....	25
II.2.9.5. La Gaa.....	25
II.2.9.6. La colline de partage.....	25
II.2.10. Ecologie et Phytogéographie	26
II.2.11. Ressources en eau	26
II.2.11.1. Les ressources en eaux superficielles	26
II.2.11.2. Les ressources en eaux souterraines	27
II.2.12. Périmètres irrigués	28
II.3. Occupation du sol	28
II.4. La salinisation des sols du Bas – Cheliff.....	30
II.5. Evolution des données socio – économique dans le Bas – Cheliff	30
II.5.1. Période Coloniale	31
II.5.2. Période Après Indépendance	32

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes.

III.1. Collecte des données	33
III.2. Les images satellitaires.....	33
III.3. Traitement des images.....	34
III.3.1. Etape de Prétraitement	34
III.3.1.1 Phase de correction atmosphérique	34
III.3.1.2. Phase de correction géométrique.....	35
III.4. Choix des Zones étudiées	36
III.4.1. Validation sur Terrain	36

III.5. Dynamique de l'occupation du sol.....	38
III.5.1. Détection de la dynamique de la végétation.....	38
III.5.2. Evolution des superficies des zones étudiées.....	38
III.6. SPOT VEGETATION.....	40

CHAPITRE IV : Résultats et Interprétations.

IV.1. Correction atmosphérique.....	42
IV.2. Analyse des images satellitaires.....	43
IV.2.1. Evaluation de la dynamique de la végétation.....	44
IV.2.2. Evolution des superficies des zones étudiées.....	45
IV.2.2.1. Les superficies agricole.....	46
IV.2.2.2. Les Superficies urbains.....	48
IV.2.3. Comparaison saisonnière.....	49
IV.2.3.1. Comparaison de Végétation.....	49
IV.2.3.2. Comparaison des sols nus.....	50
IV.2.3.3. Comparaison des étendues d'eau libre.....	51
IV.3. Discussion.....	52
IV.3.1. La Pluviométrie.....	52
IV.3.2. La Salinité.....	54
IV.3.3. L'hydromorphie.....	54
IV.4. Anomalies de la végétation.....	55
IV.5. SPOT Végétation décadaire.....	58
CONCLUSION.....	64
Références Bibliographiques.....	66

INTRODUCTION

Introduction

L'utilisation et l'occupation du sol sont deux termes qui se ressemblent mais ils ont des significations différentes ; l'utilisation du sol fait référence à l'usage qu'on fait du sol, par exemple les loisirs, l'habitat de la faune ou l'agriculture quant à l'occupation du sol, elle fait référence à la couverture de la surface sur le sol, que ce soit de la végétation, des infrastructures, de l'eau, le sol nu ou autres. L'identification de l'occupation du sol établit la ligne de base à partir de laquelle des activités de suivi (et de détection) des changements peuvent être effectuées, et fournir des informations préliminaires sur la dynamique spatio – temporelle de cette occupation (CERTU, 2005).

La télédétection offre une perspective unique avec des analyses multi temporelles sur la façon dont l'occupation des sols se développe. L'élément clé pour cartographier les changements d'occupation du sol, de rurale à urbaine, est la capacité de distinguer entre les occupations rurales (l'agriculture, les pâturages, les forêts) et urbaines (résidentielle, commerciale, récréative). Les méthodes de télédétection peuvent être utilisées au-dessus de grandes régions pour effectuer la classification des types d'occupation du sol de façon pratique, économique et de manière répétitive (Bonn, 1996).

La plaine du Bas-Chélif qui s'étend sur près de 60000 ha a connu une dynamique très variable de l'occupation des sols, ce dynamisme qui est sous la dépendance de plusieurs facteurs fait l'objet de notre étude. Les facteurs de ces changements sont essentiellement climatiques et pédologiques : le facteur climatique qui intervient par le déficit pluviométrique enregistré au cours des deux dernières décennies est passé de plus de 300 mm/an à 220 mm/an ; le facteur pédologique lié essentiellement à la salinisation des sols revient aux pratiques agricoles (Douaoui et Lépinard, 2010).

Ce travail s'agit d'une complémentarité des études réalisées précédemment sur la plaine du bas -cheliff, d'où l'étude de la dégradation des états de surfaces surtout de la végétation par la salinité (Mokhtari, 2009) nous a orienté de combiner ce problème à l'objectif de notre étude, par la suite, l'étude de Amokrane, 2010 a apporté l'outils de la télédétection qu'on a utilisé pour l'approche méthodologique adoptée et le travail de Tillou, 2010, nous a permis d'utiliser ses résultats pour enrichir la discussion des résultats obtenus. Donc, ces trois travaux ont contribué particulièrement dans cette étude.

En utilisant les outils de la télédétection, notre étude de l'occupation du sol dans la plaine du Bas – Chélif est portée sur l'évolution de la dynamique spatiale de cette occupation

au cours des trois décennies et d'en faire une analyse en confrontant cette dynamique aux données du milieu physique (climat, végétation, pédologie).

Dans ce cadre, ce mémoire est structuré par les chapitres suivants :

- un aperçu bibliographique donné sur l'occupation du sol, la télédétection ainsi que la réalité socio – économique de la région dans le premier chapitre ;
- le deuxième chapitre consacré pour une présentation du milieu physique ;
- dans le troisième chapitre, on pose la problématique visée avec les grands objectifs soulignés et on explique la démarche méthodologique adoptée dans ce travail ;
- enfin, le dernier chapitre répond à la problématique posée par une analyse et une interprétation des résultats de cette étude.

CHAPITRE I

Aperçu Bibliographique.

CHAPITRE I : Aperçu Bibliographique.

I.1. Occupation du sol

I.1.1. Définition

Le concept "Occupation des sols" fait référence non seulement à la surface du sol mais aussi du sous-sol. Or les préoccupations actuelles s'orientent à rassembler et à analyser les informations à référence spatiale donc des informations à la surface du sol.

Selon la FAO (1998), l'occupation du sol correspond à la couverture biophysique des terres émergées, ce terme peut aussi faire référence à l'usage qu'on fait du sol par exemple : activités agricoles, loisirs et Habitats conçus pour la faune...etc.

I.1.2. Dynamique de l'occupation du sol

L'occupation du sol est modifiée selon différents processus naturels et anthropiques. La description de la couverture de la surface terrestre est toujours utile pour la connaissance scientifique des différents états et dynamiques des écosystèmes, des agro systèmes et des territoires, ainsi que pour la gestion des ressources naturelles et l'aménagement du territoire : zones artificialisées, espaces agricoles, forêts ou landes, zones humides, surfaces en eaux (Chery, 2005).

La description des changements d'occupation des sols repose sur la représentation d'une homogénéité locale et relative de la couverture terrestre et dépend des applications scientifiques et de gestion (CCT, 2008). Cela nécessite de caractériser l'occupation du sol au moyen de nomenclatures systématiques : chaque portion de l'espace concerné appartient à une classe de description. L'observation des changements d'occupation du sol au cours du temps permet d'estimer la nature des processus naturels et anthropiques en jeu et d'évaluer les risques et les enjeux de gestion des ressources naturelles et des territoires.

I.1.2.1. L'étude de la dynamique de l'occupation du sol

L'organisation de l'espace est sous la double influence du milieu physique et de l'activité humaine dans un environnement socio-économique déterminant. Donc, l'occupation du sol donne une illustration de cette «confrontation continue entre la société et son milieu » (Baudry et Burel, 1999), exprimant à un instant donné un état de ces relations qui impliquent des structures changeantes dans l'espace et dans le temps.

L'étude sur la dynamique de l'occupation dans l'espace permet d'établir l'état de référence et l'état actuel d'une zone d'étude (Mbala, 2009). Rappelons que l'état de référence est une situation d'une zone ou milieu donné à un moment de son évolution. Sa description vise à cerner les principales caractéristiques de la zone d'étude dans une perspective évolutive et temporelle, soit avant le changement. Il sert donc à décrire et à mieux comprendre les différentes composantes physiques, sociales et économiques, et leurs interactions, qui caractérisent le territoire à l'étude. Pour cela, l'étude et la cartographie de l'occupation du sol sont très importantes dans la compréhension de cette confrontation ainsi que dans l'étude interdisciplinaire de la dynamique socio-économique et son impact sur le milieu naturel.

D'autre part, la cartographie de l'occupation du sol offre un ensemble d'informations relatives à un temps « t » et à un endroit « x, y, z ». Ces informations caractérisent au mieux le milieu physique et son évolution spatio-temporelle. Donc, la connaissance de l'occupation du sol, d'un territoire donné représente une information très importante pour la caractérisation, la gestion et la prévision a posteriori d'un schéma directeur d'aménagement des ressources naturelles (Benkrid, 2008).

I.1.2.2. Evolution de la cartographie de l'occupation du sol

Dès la naissance du concept de systèmes d'information géographique (SIG), des liens étroits ont été établis entre la source d'information que les images de télédétection représentent et la similitude algorithmique qui caractérise les traitements associés à ceux du mode image (Caloz et Collet, 2001). Les premiers capteurs d'observation de la terre, dont la résolution spatiale était limitée (80 mètres pour Landsat MSS, 1,1 Km pour NOAA AVHRR) ont permis au mieux d'étudier et cartographier des petites régions agricoles dans des paysages agraires de type bocager (Baudry et Jouin, 2003).

Associé à ces importants développements technologiques, l'essor des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) a permis la création de bases de données d'occupation du sol spatialisées offrant la possibilité d'intégrer des données d'occupation et d'utilisation du sol dérivées des images de télédétection dans des modèles de suivi et plus récemment de prédiction de l'usage des terres (Benkrid, 2008). Ces derniers, en plein développement depuis une dizaine d'années sont souvent complexes à mettre en œuvre, car ils nécessitent d'une part la connaissance et la compréhension des facteurs qui motivent les changements observés, et d'autre part l'élaboration de modèles valides et reproductibles. En outre, ils nécessitent généralement la collaboration de nombreuses disciplines scientifiques, ce qui requiert un

C'est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, « d'observer » et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...), etc (Soudani, 2005).

I.2.1.2. Les Domaines Spectraux

Les principaux domaines du spectre électromagnétique et leurs longueurs d'ondes respectives sont (fig.) :

- l'ultraviolet, de 290 à 380 nm ;
- le visible, de 400 à 700 nm ;
- l'infrarouge proche, de 700 à 1500 nm ;
- l'infrarouge moyen, de 1500 à 3000 nm ;
- l'infrarouge thermique, de 3 à 15 μm ;
- les hyperfréquences ou micro-ondes, de 1mm à 1 m.

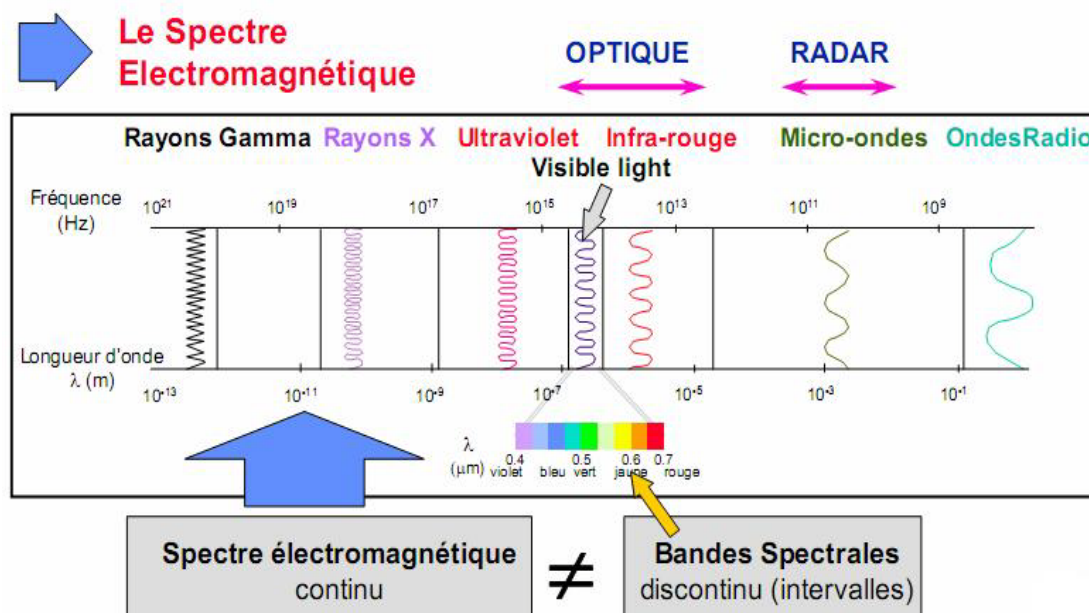


Figure 2 : Domaine spectral des longueurs d'onde (Source : IGN, 2008).

I.2.1.3. Réflectance spectrales des surfaces naturelles

La figure n°3 présente les courbes de la réflectance spectrale des différentes couverture de surface : Sol, Eau et Végétation.

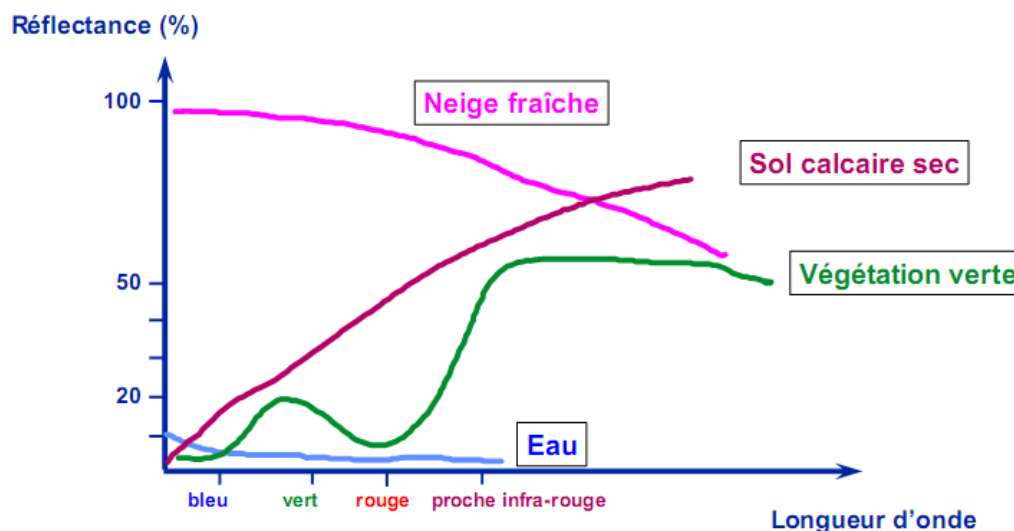


Figure 3: Réflectance spectrale des surface naturelles. (Source : IGN, 2008)

I.2.1.3.1. Le sol

Les réponses spectrales des sols se caractérisent par des valeurs de réflectance régulièrement croissantes dans le visible et le proche infrarouge, tandis qu'elles sont généralement faibles dans le moyen infrarouge réflectif. Ces valeurs, d'autant plus faibles que les sols sont plus humides, sont particulièrement faibles pour les bandes d'absorption de l'eau). Dans le visible et le proche infrarouge, la réflectance est liée aux premiers millimètres du sol, et donc aux états de surfaces définis par la composition et l'organisation de la surface des sols à un instant donné (Escadafal, 1989), c'est la partie de la couverture pédologique qui constitue la transition entre l'atmosphère et la pédosphère.

I.2.1.3.2. L'eau

Le comportement spectral de l'eau présente un maximum dans la bande bleue avec une réflectance de 0.5 μm et quasi nulle dans l'infrarouge. La turbidité, transport de matériaux en suspension et une eau peu profonde, modifient ses caractéristiques et la réflectance devient plus importante pour toutes les longueurs d'ondes. Dans ce domaine, la télédétection peut fournir des informations sous forme directe (Surface libre) ou indirecte par la caractérisation des paramètres qui lui sont liés. La localisation des sources dans les zones fracturées,

évaluation de recharge en eau, la maîtrise des crues, la qualité des eaux et les aménagements hydro agricoles.

I.2.1.3. La Végétation

En télédétection, le terme végétation fait référence à la chlorophylle, entre autre, le comportement spectral dépend aussi de la nature de l'espèce, la pigmentation, de la structure physiologique, du contenu en eau de la plante, du stade de développement, du taux de recouvrement et de l'état du peuplement. D'après la figure, on constate que la réflectance de la végétation est faible, avec un maximum (le vert) et un minimum (le rouge), et élevée dans le proche infrarouge.

I.2.1.4. La Résolution

Il existe quatre types de résolution :

I.2.1.4.1. La résolution spectrale

Elle fait référence à la largeur ou l'étendue de chaque bande enregistrée. Par exemple, les images panchromatiques, qui captent une grande étendue de toutes les longueurs d'ondes visibles ne sont pas aussi sensibles au stress de la végétation que les images utilisant une bande étroite dans l'infrarouge, la chlorophylle absorbant fortement le rayonnement infrarouge (Bonn et Rochon, 1992).

I.2.1.4.2. La résolution spatiale

Cette résolution fait référence au détail perceptible dans une image. La cartographie détaillée des marécages requiert une résolution spatiale beaucoup plus détaillée que la cartographie de régions physiographiques (Girard, 1999).

I.2.1.4.3. La résolution temporelle

Elle fait référence au laps de temps écoulé entre deux images. Plusieurs applications (la surveillance de feux de forêt, un déversement d'hydrocarbures ou le mouvement de la glace océanique) nécessitent des images répétitives, prises avec la plus grande fréquence possible. Certaines autres applications (identification de récoltes, invasion d'insectes et surveillance des marécages) demandent des images saisonnières, tandis que d'autres, comme la cartographie des structures géologiques, demandent une seule série d'images. Les applications où le temps est un facteur important nécessitent un traitement et une livraison rapides des images pour permettre aux utilisateurs d'en retirer l'information le plus rapidement possible (Brossier et Lummaux, 1979).

I.2.1.4.4. La résolution radiométrique

C'est la capacité d'un système d'acquisition à distinguer entre deux niveaux d'énergie voisins. Le rayonnement réfléchi par les cibles au sol et enregistré par le capteur est codé en format numérique binaire et l'image résultante est en niveaux de gris. Pour un codage en 8 bits, le niveau de gris correspondant au rayonnement réfléchi varie entre 0 et 255 (soit 256 niveaux de gris).

I.2.2. Applications de la télédétection dans l'occupation du sol

Les applications de la télédétection dans l'étude de l'occupation du sol ne forment pas une liste exhaustive de toutes les applications possibles en terme des données compatibles (référencement, superposition...etc) et les paramètres de surfaces (état de surface, végétation, utilisation et couverture du sol) (Tonon, 2008).

Ces applications qui nécessitent la combinaison de plusieurs sources de données s'appellent la fusion ou l'intégration d'images. Les données additionnelles qui peuvent aider à l'analyse ou l'interprétation des images sont nommées données auxiliaires.

Nous savons qu'une cible interagit différemment selon la longueur d'onde de l'énergie incidente qui est reflétée, absorbée, diffusée ou retransmise dans des proportions différentes. L'apparence d'une cible peut facilement changer avec le temps, parfois en quelques secondes. Pour plusieurs applications, le fait d'utiliser l'information en provenance de différentes sources de données garantit une identification correcte de la cible et une cueillette de données aussi précises que possible (Alain et *al.*, 1989).

On détermine trois types de données nécessaires dans une étude de l'occupation du sol :

I.2.2.1. Données multi-spectrales :

L'utilisation de plusieurs bandes spectrales vise à exploiter des "vues" différentes de la cible pour en faciliter l'identification (Erwann et al., 2007). Plusieurs études ont été faites pour identifier les meilleures bandes spectrales pour l'identification et l'analyse de cibles spécifiques, comme des arbres endommagés par des insectes.

I.2.2.2. Données multi-spatiales

Différents capteurs fournissent des informations différentes et complémentaires qui lorsqu'elles sont intégrées, peuvent faciliter l'interprétation et la classification des images. Un exemple de cette fusion de données provenant de plusieurs capteurs serait la fusion d'images

panchromatiques de haute résolution avec des images multi-spectrales à faible résolution. Nous pouvons aussi combiner des données acquises de façon active et passive. Un exemple spécifique serait l'intégration d'images RSO à des images multi-spectrales (Caloz et Collet, 2001).

I.2.2.3. Données multi-temporelles

L'information multitemporelle provient de l'interprétation d'images prises au-dessus de la même région, mais à différents moments. L'intervalle de temps entre les images est choisi de façon à surveiller un événement dynamique. Des événements catastrophiques (glissements de terrains, inondations, feux, etc.) nécessitent un intervalle de quelques jours, tandis que les événements plus lents (fonte de glacier, croissance d'une forêt) requièrent quelques années d'intervalle. Ce genre d'application exige aussi une uniformité dans la condition d'illumination (angle solaire ou géométrie d'images radars) pour produire des résultats de classification comparables (Bonn, 1996).

Pour augmenter la précision de l'analyse multitemporelle critique et quantitative, il faut des données calibrées. C'est seulement en établissant une relation entre les niveaux de luminosité d'une image et des unités de mesure qu'on peut comparer des images de façon précise et quantifiable, et déterminer ainsi la nature et la grandeur des changements observés (El Assaoui, 2009).

En terme de ces données et après avoir identifié les différents paramètres de surfaces, l'intérêt de la télédétection est de faire un suivi sur l'état de changements d'occupation du sol dans l'espace et à travers le temps par une analyse numérique des imageries satellitaires, le résultat sera biensure une carte d'occupation du sol qui nous renseigne sur tout un changement de structure et la nature de ce changement (Benmessaoud et al., 2009).

L'exploitation de ces données se fait à travers une succession d'applications qu'on appelle : traitement ou analyse optique des images satellitaire acquise pour une étude de l'occupation du sol, plusieurs traitements et différents aspects sont à la base des traitements conçu pour la détection des changements de l'occupation du sol (Burend, 2004).

I.2.3. Traitement des images

Plusieurs satellites sont utilisées dans le cadre d'une étude d'occupation du sol (évolution / évaluation) comme : Landsat (MSS/ TM), SPOT, ASTER.....etc. Ces satellites offrent la possibilité d'acquérir des images selon la série de temps étudiée dont la résolution spatiale ne fait pas l'obstacle d'étude, mais l'acquisition de ces images dans leur état brute

nécessite d'effectuer un prétraitement (Calibration et normalisation) sur les pixels de l'image à fin de faciliter la tâche étudiée.

I.2.3.1. Prétraitement des images brutes

Le but des prétraitements est de transformer les données enregistrées sur des bandes haute densité de l'image en produits standards prêts à l'exploitation, ces prétraitements consistent à :

Correction radiométrique : C'est l'étalonnage des valeurs de radiance enregistrées, réfléchies par la scène au sol ou émises par celle-ci, alors c'est une correction des variations de gain et de décalage dans les données obtenues par un capteur (fig.4). Les techniques de correction étalonnent et corrigent les données fournies par les détecteurs (Azerzaq et al., 1997



Figure 4: Correction radiométrique effectuée sur une image Quickbird.

Correction géométrique : Les corrections géométriques sont appliquées sur les images pour réduire les déformations géométriques intervenues lors de l'enregistrement de la scène telles que les distorsions causées par l'environnement (courbure de la terre, variation d'altitude au sol, réfraction atmosphérique...), les distorsions dues aux erreurs des systèmes de mesure et les distorsions provenant des mouvements de la plate-forme (roulis, tangage, lacet).

Correction atmosphérique : Le signal lumineux mesuré par les capteurs d'un satellite traverse deux fois l'atmosphère terrestre (Fig.5), la première fois lors du trajet soleil-cible et le seconde lors du trajet cible-capteurs. A chacun de ces deux traversées, le rayonnement électromagnétique va subir des transformations dues aux propriétés physico-chimiques des deux composants majeurs de l'atmosphère terrestre qui sont les gaz (oxygène, ozone, vapeur d'eau...) et les aérosols (poussières, pollens...).

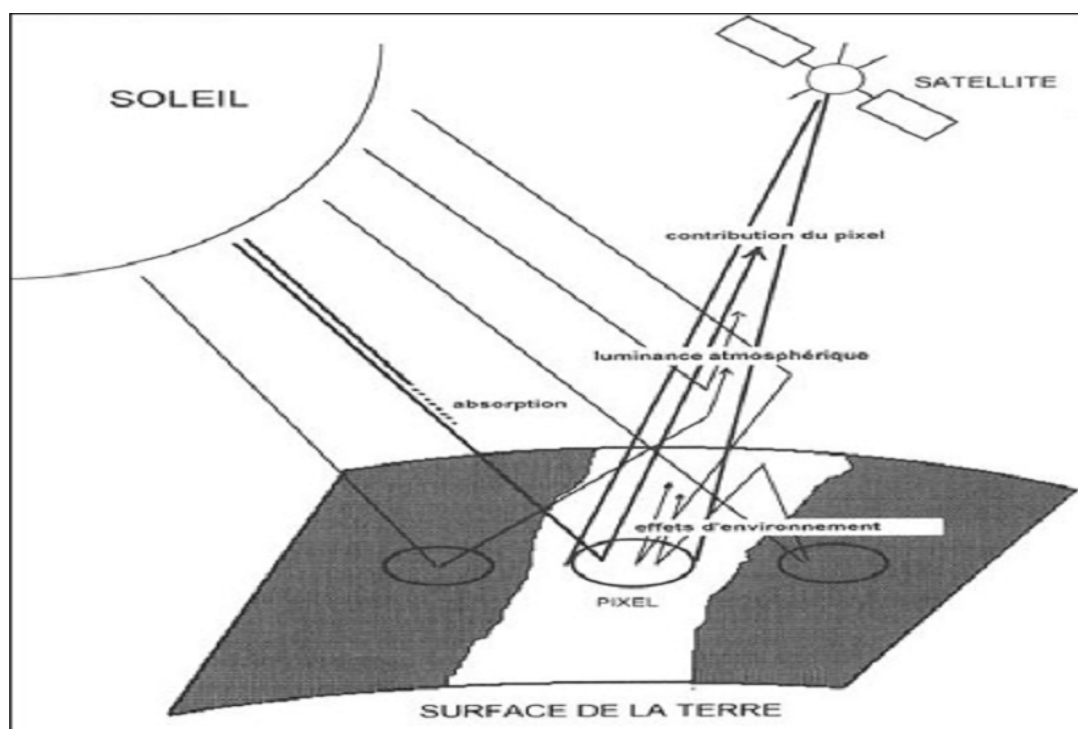


Figure 5: les effets perturbateurs de l'atmosphère sur une image.

Il est donc parfois nécessaire d'appliquer une correction atmosphérique sur les images en fonction des caractéristiques thématiques de la zone d'étude et de la méthode de traitement d'image employée. Il est impossible d'obtenir la contribution réelle de l'atmosphère sans posséder les données décrivant les conditions météorologiques lors de l'enregistrement de l'image. C'est donc par simulation que la correction atmosphérique va être effectuée, pour obtenir au final une évaluation la plus précise possible de l'état de l'atmosphère lors de la prise de vue.

I.2.3.2. Analyse d'une image

Une étude de l'occupation du sol se base sur la bonne représentation des unités principales sur l'image (sol, végétation, eau). Leur variation hétérogène spatiale, spectrale et temporelle exige de les présenter de façon homogène pour mieux interpréter les objets d'une images et tout un processus de changement observé. Cette représentation dite : classification, est utilisée pour la production de cartes thématiques où elle offre une analyse plus détaillée de l'image. Elle peut être effectuée sur un ou plusieurs canaux d'une image pour séparer les divers éléments d'une image en fonction de leurs caractéristiques de rétro diffusion ou de signature spectrale. En traitement numérique des images, on distingue la classification supervisée de la classification non supervisée.

Classification non supervisée : C'est classer les données d'image numérique, par traitement informatique uniquement basé sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement. La classification produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme "regroupement spectral" ou "classe". Ainsi, on présume que les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire. L'analyste doit ensuite déterminer l'identité de ces regroupements spectraux. Les principaux algorithmes de classification non dirigée sont : le regroupement par moyenne-K (K-means), le regroupement par ISODATA (Girard, 1989).

Classification supervisée : Procédure utilisée pour l'identification de zones « spectralement similaires » d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir desquels on extrapole pour le reste de l'image.

Aussi dans une étude de l'occupation du sol, la végétation est étudiée par l'ensemble des indices de végétation. Il existe de nombreux indices de végétation déduits à partir des mesures de réflectance ou de comptes numériques pour estimer le taux de recouvrement et identifier les types du couvert végétal (Girard, 1995).

Parmi les indices les plus utilisés dans l'étude de la végétation et de l'occupation du sol, on cite :

1- L'indice de végétation (NDVI)

Le NDVI est calculé comme suit : $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R) \dots (1)$

Avec : PIR : canal proche infrarouge R : canal rouge.

Par opposition aux aperçus quantitatifs de l'utilisation de NDVI, les utilisateurs ont tendance à estimer un grand nombre de propriétés de végétation (LAI : indice foliaire, la biomasse, la concentration en chlorophylle dans les feuilles, la productivité végétale, la couverture partielle de végétation, les précipitations accumulées,...etc) à partir de la valeur de cet indice ,en corrélant les valeurs espace-dérivées de NDVI avec des valeurs terre-mesurées de ces variables (Escadafal, 1994).

2- Le PVI (Perpendicular Vegetation Index)

Selon Richardson and Wiegand (1977), Le PVI prend en considération les effets du sol nu, il est défini comme la distance orthogonale entre un point qui représente le couvert végétal (rouge, proche infrarouge) et la droite de sol.

$$PVI = (PIR - a \times R - b) / (1 + a^2)^{0,5} \dots\dots\dots (2)$$

PIR : canal proche infrarouge *R* : canal rouge *a* : la pente de la droite des sols ; *b* : l'ordonnée à l'origine de la droite des sol

3- Le WdVI (Weighted Difference Vegetation Index, Clevers, 1989)

Il est défini de la même façon que le PVI et s'exprime par :

$$WdVI = PIR - a \times R \dots\dots\dots (3)$$

4- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index, Huete, 1988)

Dans cet indice le facteur d'ajustement du sol est ajouté.

$$SAVI = (PIR - R) (PIR + R + L) / (1 + L) \dots\dots\dots (4)$$

L : facteur d'ajustement des sols.

5- Le TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index, Baret et al, 1989)

C'est une modification du SAVI dans laquelle on mesure la droite des sols ainsi qu'un facteur d'ajustement relié à la brillance du sol.

$$TSAVI = a (PIR - a \times R - b) / [R + a \times (PIR - b) + 0,08 (1 + a^2)] \dots\dots\dots (5).$$

CHAPITRE II

Présentation de la Zone d'étude.

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude : La plaine du Bas-Cheliff

II.1. Situation géographique

S'étalant sur une superficie d'environ 40000 ha (Saidi et al.,1999 et Douaoui et al.,2005), la plaine du Bas-Chélif est la partie inférieure du plus grand bassin hydrographique d'Algérie qui couvre environ 56 227 km² soit plus de 22 % de la superficie du nord du pays (fig.6). Appelé Chélif-Zahrez, ce bassin compte en plus de cette plaine, le haut et le moyen Chélif. Il est traversé par le plus long Oued d'Algérie -Chélif- d'une longueur de 750 km (ABH-CZ, 2002).



Figure 6: localisation de la plaine du Bas Cheliff. (Source : Google Earth, 2010)

Situé au nord ouest de l'Algérie -a 250 km d'Alger et à vol de oiseau de la méditerranée 35 km- entre 0° 40' et 1° 6' 8'' de longitude Est de 34° 3' 12'' et 36° 5' 57'' de latitude Nord (A. Belouzni, 2010). Limité par la plaine du Moyen-Chélif à l'Est, la plaine de la Mina à l'Ouest, le massif du Dahra au Nord et le massif de l'Ouarsenis au Sud, traversée par la route nationale 4 et les chemins de fer de l'ouest et récemment par l'autoroute Est-ouest sur une portion d'environ 80 km. Elle fait environ 50 km de longueur sur une largeur variant de 6 à l'est à plus de 20 km à l'ouest, avec une surface pratiquement plate, d'une altitude moyenne de 70 m. On y trouve aussi les deux zones très connues, en l'occurrence, la zone de Benziane où se trouve le plateau et la sebkha de Benziane et la zone de Gaa qui forme une dépression très salée où les sols sont généralement cumulés (fig.7).

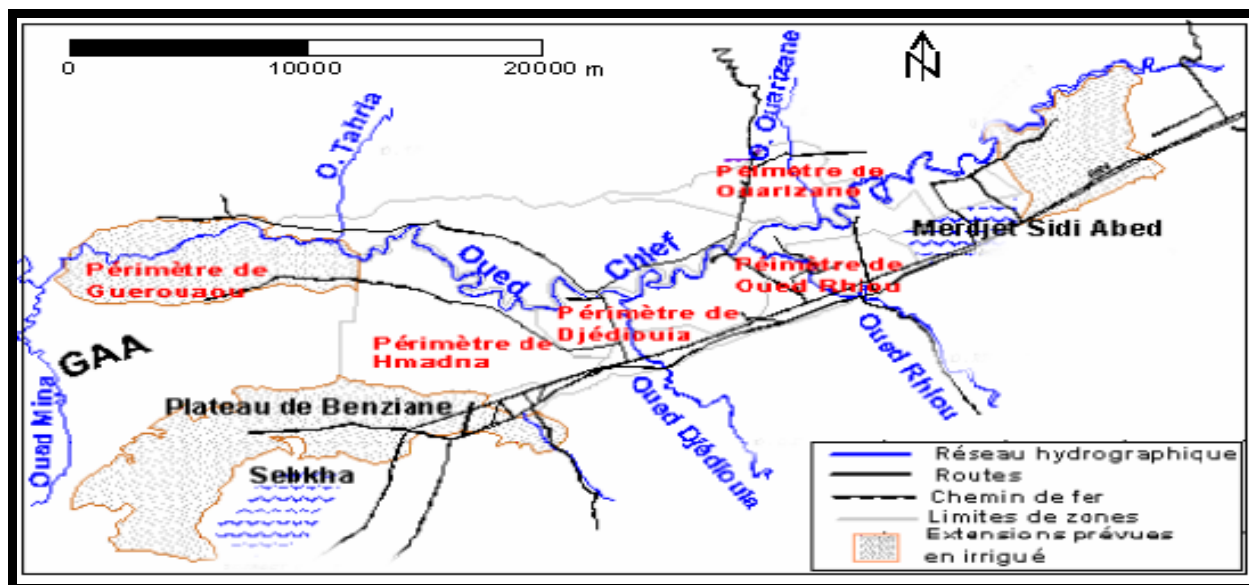


Figure7: La plaine du Bas-Chélif (Source: Douaoui, 2005).

II.2. Le Milieu physique :

II.2.1. Le climat

Le climat de la plaine a fait l'objet de diverses études approfondies allant du pionnier du domaine dans la région : Seltzer en 1946 dans son ouvrage 'Le climat de l'Algérie' à Yacono en 1954 dans son étude 'La colonisation des plaines du Chélif' jusqu'à nos jours. C'est un climat spécial, célèbre en Algérie par sa dureté et qui a été cité comme une curiosité météorologique (Seltzer, 1946). On parle du 'four du Tell' ou de 'portion de Sahara égarée dans le Tell' (Yacono, 1954). Il s'agit bien d'un climat très rude et très contrasté par des étés très chauds et des températures basses en hiver.

II.2.2. Précipitations

Décrites dans la bibliographie comme éléments primordiales, les précipitations de la plaine sont d'une part à la base du maintien et de l'avènement du couvert végétal d'autre part, elles jouent un rôle important dans la dégradation des sols par l'érosion hydrique lors des averses torrentielles comme l'a bien précisé Boulaine en 1957 : « Certaines années comme ce fut le cas en 1927-1928 ce fut la zone oranaise de la vallée du Chélif qui reçut les précipitations les plus abondantes. Celles-ci se traduisent par des crues catastrophiques. La répartition des pluies suivant les mois de l'année est évidemment marquée par une sécheresse aiguë des mois d'été, juin et surtout juillet et août » ; en plus par la remontée des sels en cas d'insuffisance pluviométrique.

Ces cycles de sécheresse ont marqué leur retour mais cette fois ci durant les deux dernières décennies s'étalant de 1987 à 1990, de 1992 à 1995 et 1998-1999 (fig.8).

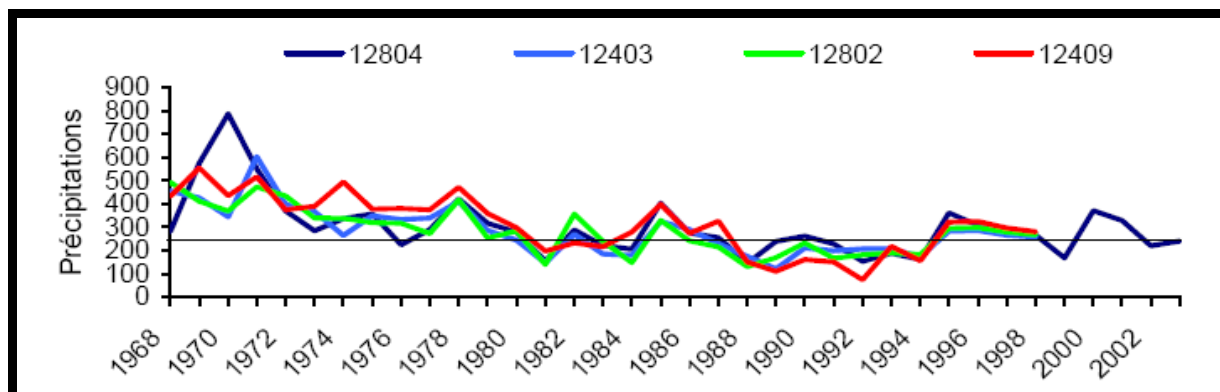


Figure 8: Variation de la pluviométrie annuelle de quelques stations pluviométrique dans la plaine du Bas-Cheliff. (INRAA, 2009)

II.2.3. Températures

La moyenne annuelle des températures avoisine les 20°C mais avec un écart aussi considérable d'environ également 20°C ; août est le mois le plus chaud avec une moyenne mensuelle de 29,72°C et 10,37°C enregistré en janvier (tab1).

Tableau 1: Moyennes mensuelles des précipitations et des températures de la station de H'madna (1985-2007).

Mois	Température (°C)	Précipitation (mm)
Janvier	10,37	37,71
Février	11,78	35,23
Mars	14,36	27,65
Avril	16,69	31,01
Mai	21,45	21,27
Juin	25,85	4,65
Juillet	29,31	1,18
Août	29,72	2,50
Septembre	25,35	14,91
Octobre	20,90	30,41
Novembre	14,63	49,34
Décembre	11,72	34,17
Max	29,72	49,34
Min	10,37	1,18
Ecart annuel	19,34	48,17
Moy annuelle	19,35	290,02

(Source : INRAA, 2009)

II.2.4. Vent et pression

D'après Ozenda (1982) : le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température.

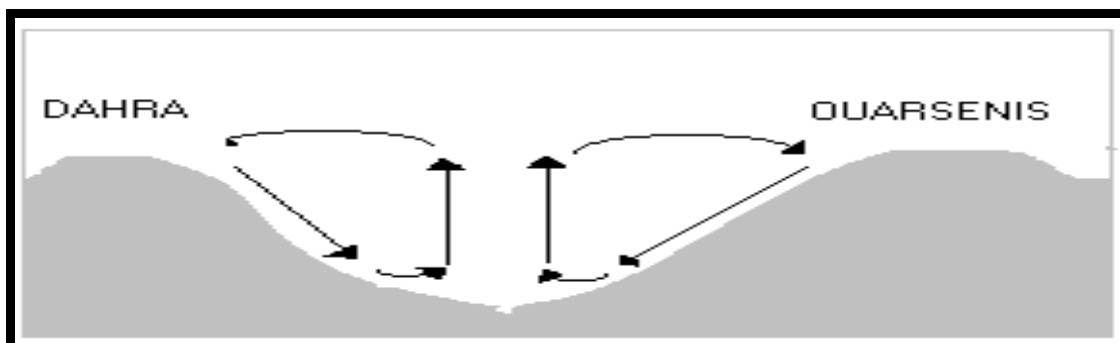


Figure 9: Système théorique des vents ascendant et descendant dans la vallée du Cheliff.

(Source : Yacono, 1954)

Le vent affecte la région de deux façons essentielles : soit comme agent d'érosion éolienne ou en assèchent les croûtes superficielle du sol favorisant ainsi la remontée des sels. La carte des vents de la vallée du Chélif à 10m du sol est représentée en figure 5. Une gamme de variation de la vitesse moyenne annuelle allant de 1 à 6 m/s.

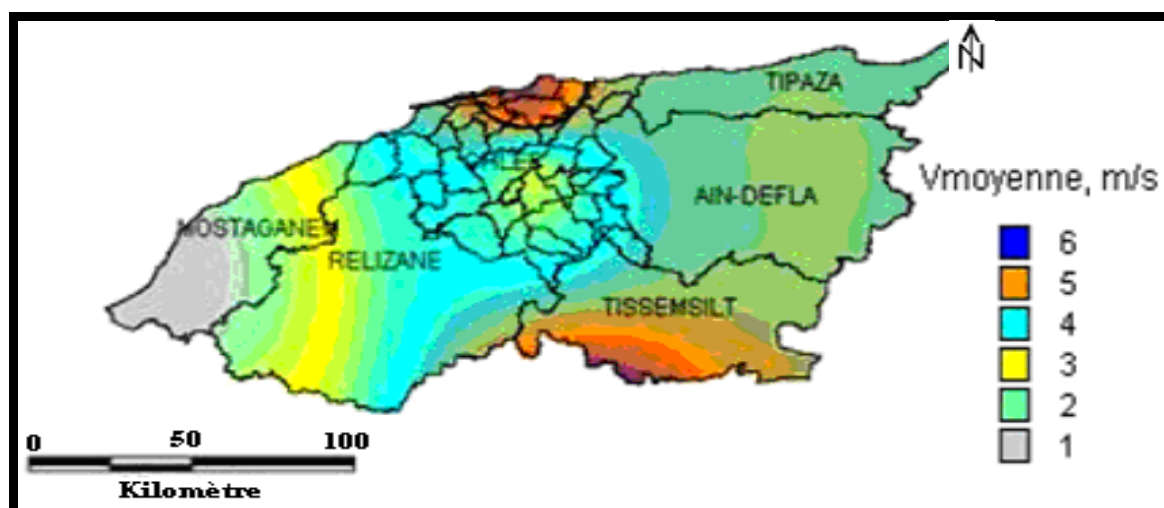


Figure 10: Atlas de la vitesse moyenne du vent de la vallée de Cheliff à 10 m du sol.

(Source : Boukli et al., 2007)

II.2.5. L'humidité

L'humidité relative de l'air est généralement plus élevée le matin pour tous les mois, elle est de l'ordre de 60 à 85 % en automne et l'hiver et entre de 35 à 60 % en printemps et l'été. Elle peut compenser en un certain degré l'absence ou la rareté des précipitations en

favorisant le développement des plantes. Le mois le plus humide est le mois de décembre et le mois le plus sec est le mois de juillet.

II.2.6. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle estimée selon la formule de Penman prend une valeur d'environ 1300 mm/an. Une ETP journalière basse en mois froid et élevée en mois chaud (fig.7) confirmant la variation de l'humidité relative journalière (fig.6).

II.2.7. Analyse climatique

En combinant principalement les températures (Moy, M et m) et la pluviométrie (soit mensuelle ou annuelle), on peut se donner des indications sur le climat de la région notamment :

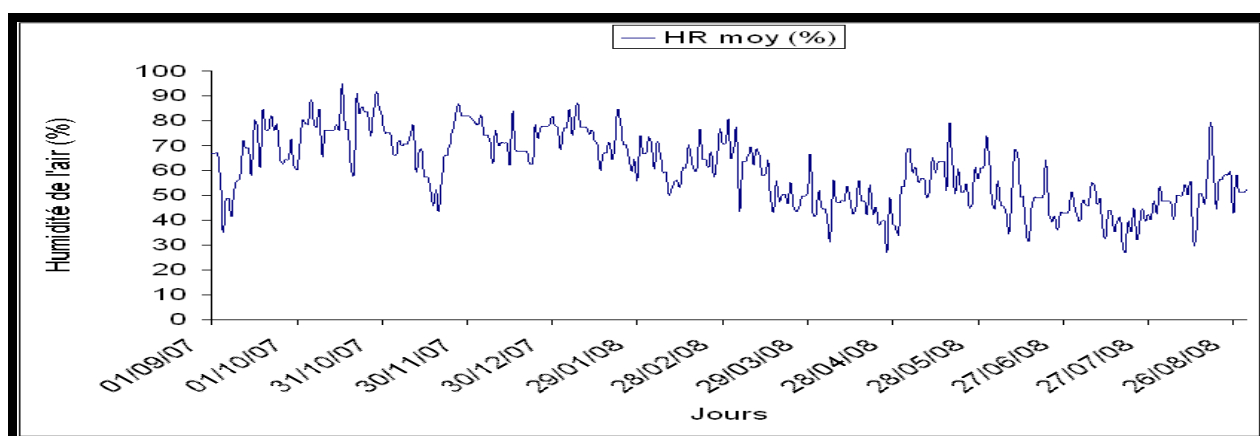


Figure 11: Variation de l'humidité relative journalière moyenne de l'air du 01/09/07 au 31/08/08. (Source : Belouazni, 2010).

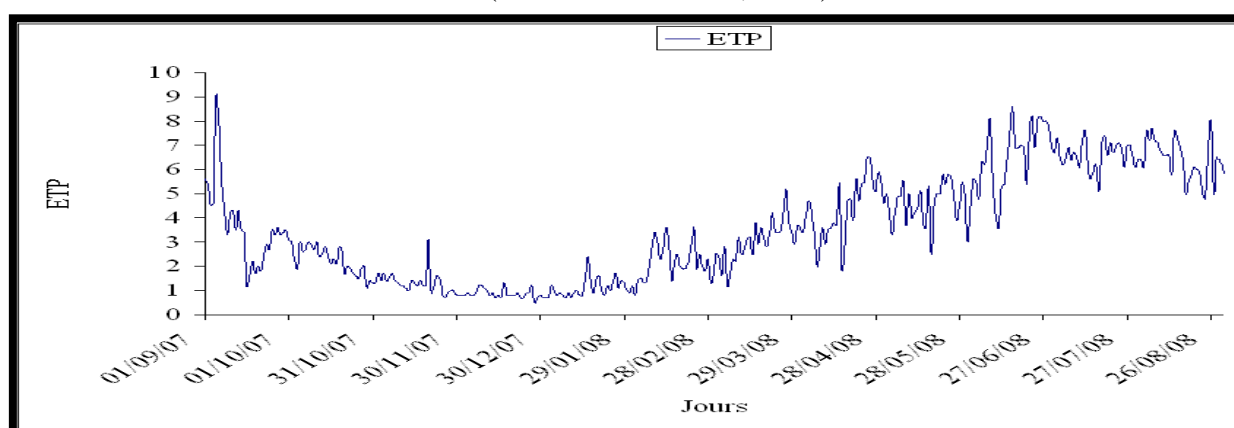


Figure 12: Variation de l'ETP journalier -Penman- du 01/09/07 au 31/08/08. (Source : Belouazni, 2010).

II.2.7.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Bagnouls et Gausson (1953) ont caractérisé un mois sec par la relation $P \leq 2T$, avec :

P : moyenne mensuelle des précipitations en mm et ;

T : moyenne mensuelle des températures en °C avec $T = (M+m)/2$.

Le cumul des mois secs constitue la saison sèche. Pour vérifier cette relation, on doit adapter une échelle qui la concrétise ($P=2T$) ; c'est la zone où la courbe de P passe en dessous de celle de T (fig.13).

Donc, une longue période de sécheresse est révélée, elle s'étale sur sept mois, allant de mars à octobre.

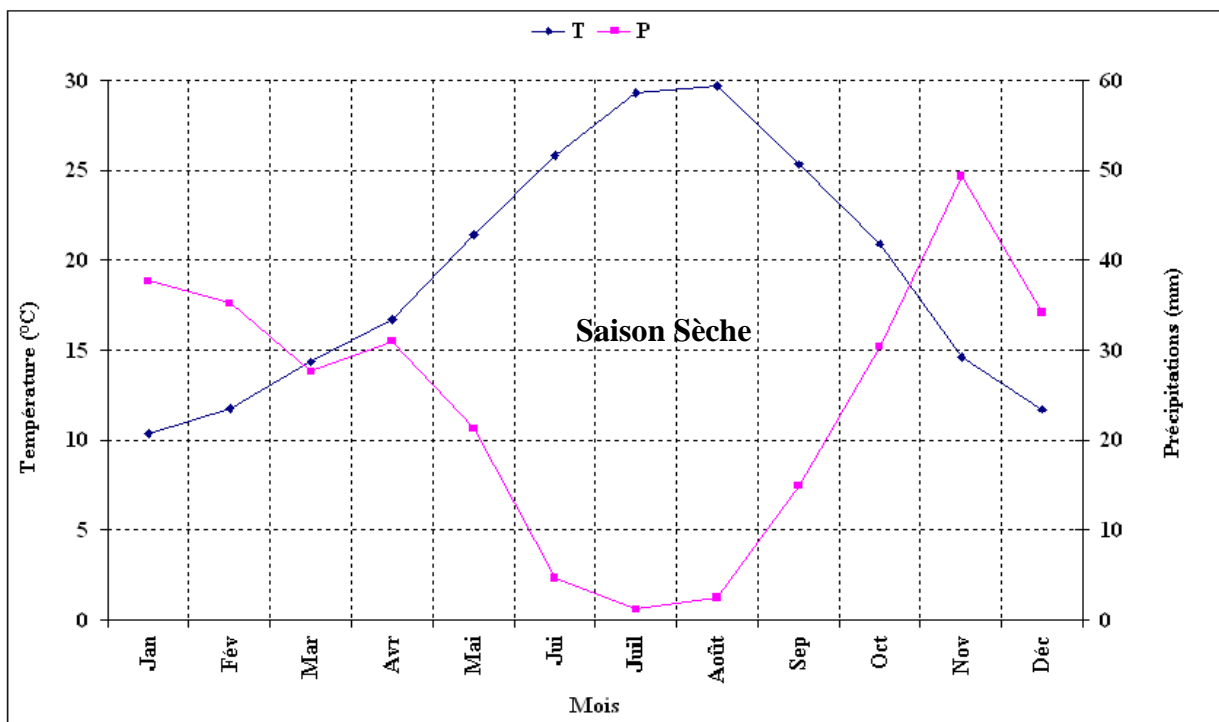


Figure 13: Diagramme ombrothermique de Gausson de la station de Relizane de la période (1985/2007).

II.2.7.2. Indice de De Martonne (1927)

$$I_a = P \text{ (mm)} / T \text{ (°C)} + 10 \dots \dots \dots (6)$$

Cet indice « I_a » baisse lorsque l'aridité croît, l'indice de l'aridité de De Martonne de la station de Relizane pour la période 1938-1968 était de 11.65, pour la période 1968-1993 était de 10.18 et de 9.88 pour la période 1985-2009, ces valeurs témoignent d'une part d'un climat aride et d'autre part la gratuité vers une aridité plus sévère.

II.2.7.3. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Emberger en 1955 a proposé une formule combinant :

- la moyenne annuelle de la précipitation P exprimée en m,
- la moyenne des maxima des températures M du mois le plus chaud exprimée en °K,
- la moyenne des minima des températures m du mois le plus froid exprimée en °K.

Il utilise la formule suivante :

$$Q_E = \frac{1000 * P}{\frac{(M+m) * (M-m)}{2}}$$

Pour le pourtour méditerranéen, on combinant les valeurs de m (°C) en abscisses et celle du Q_E en ordonnées nous permet de positionner notre station en fonction de divers étages climatique établis par l'auteur, mais il signaler une chose les limites de séparation entre les différents étages climatiques sont imprécises, ce sont que des bandes de transition mixte où des changement de végétation ont été observés (Emberger, 1955).

Le climagramme (fig.14) indique que : la station du Bas-Chélif est située en dans l'étage climatique aride à hiver doux, avec un Q_E moyen de 37.01, une température minimale moyenne autour de 5°C.

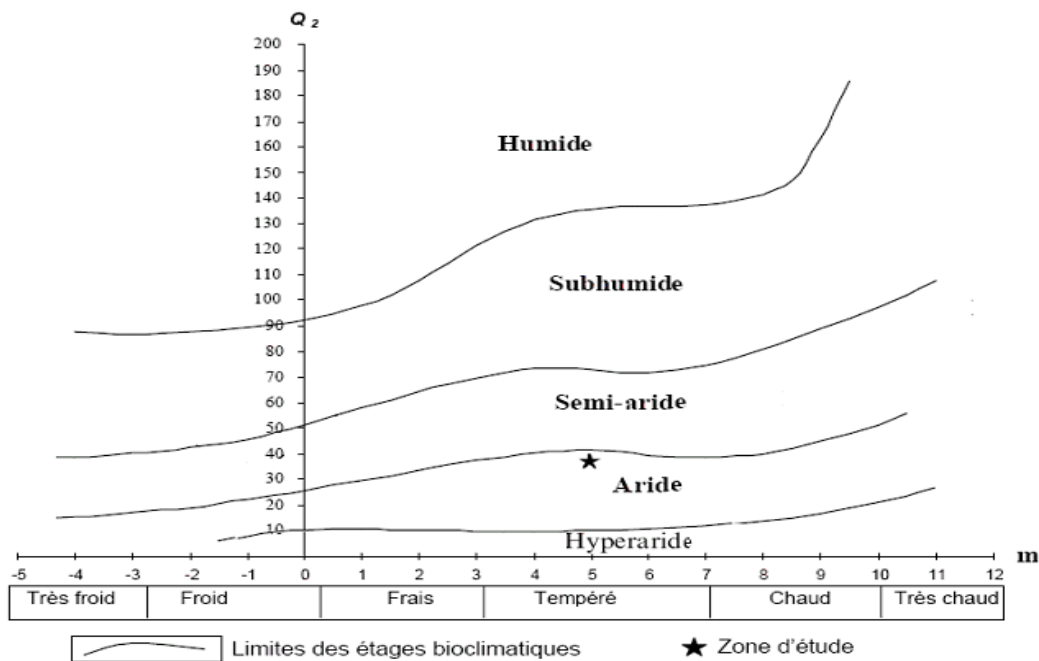


Figure 14: Position de la station de H'madena sur le climagramme d'Emberger.

II.2.8. Pédologie

On distingue selon Boulaine, 1957 :

Six classes ont été décrites : les sols salés, les sols hydromorphes, les vertisols, les sols peu évolués alluviaux et colluviaux et les sols calcimagnésiques.

Tableau 2 : Synthèse des sols de la plaine du Bas-Chélif d'après la carte pédologique de Mc Donald et BNEDER (1990).

Type de sol	Caractéristiques
Sols peu évolués	- <i>Les sols peu évolués d'apport alluvial</i> : avec des caractéristiques physicochimiques très variées. Textures peu argileuses, limoneuse ou sableuse. Localisé surtout au bords des oueds. - <i>Les sols peu évolués d'apport colluvial</i> : Ils sont caractérisés le plus souvent par des dépôts de cailloux et de graviers à la surface et en profondeur du profil. Leur texture peut être très variée. Localisés au bord de la plaine
Les Vertisols	Riches en argiles gonflantes (smectites). C'est des sols à mauvais drainage. On les retrouve sur les alluvions des terrasses Rharbiennes. Ils présentent souvent le caractère salin avec une hydromorphie en profondeur.
Les sols Calcimagnésiques	Des sols carbonatés, plus ou moins différenciés et présentent parfois des accumulations calcaires nodulaires ou continues sous forme d'encroûtement et de croûte. Ils montrent parfois des caractères vertiques.
Les sols isohumiques	Moins fréquents dans le Bas-Chélif. Ils sont de couleur marron et présentent, parfois, le caractère vertique ou des accumulations discontinues de calcaire. Localisés sur les colluvions de la partie Sud de la plaine et sur le plateau de Benziane.
Les sols hydromorphes	Des sols profonds avec un drainage imparfait dû à leur position basse. Ils forment généralement des dépressions fermées telles que les sols de la Gaa. On les rencontre un peu partout dans le Bas-Chélif.
Les sols salsodiques	Appelés halomorphes : sont des sols dont l'évolution est influencée par la présence de sels solubles et du pourcentage du sodium échangeable. Lorsque la conductivité électrique dépasse les 4 dS/m par la méthode de la pâte saturée, ils sont appelés sols salés (U.S.S.L.S, 1954).

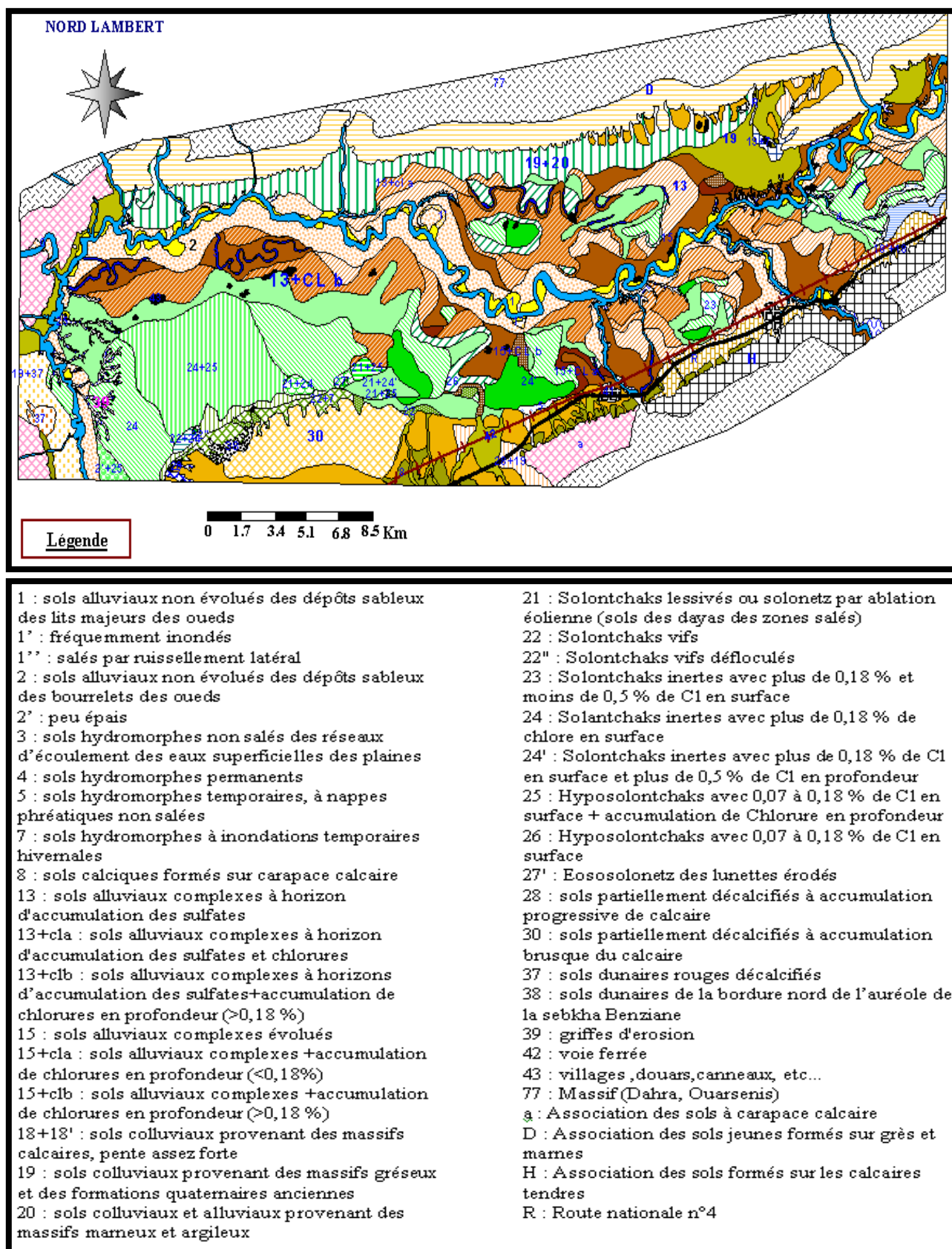


Figure 15: Carte des sols (Boulaine, 1956)

II.2.9. Géologie et géomorphologie

La plaine est relativement jeune parce qu'elle date seulement du quaternaire, c'est un synclinal comblé du rharbien (quaternaire) encadré au Nord et au sud par des collines de l'âge Miocène pliocène (tertiaire). En conséquences, ces bordures fournissent directement par érosion les alluvions de la plaine du Bas-Chélif (McDonald et BNEDER, 1990).

Vers le sud, l'oued Rhiou et l'oued Djidouia traversent les collines, comprennent de schistes et de marnes salés, ce qui justifie la haute salinité des sols alluviaux de la plaine ainsi que le niveau de la salinité des eaux de la retenue du barrage Gargar. (McDonald et BNEDER, 1990).

Au Nord, les collines de Dahra sont composées principalement par les marnes et de limons argileux qui changent vers l'ouest en sables et des conglomérats plus grossiers. Encore une fois, certains de ces lits sont salés.

Les collines de l'Est du Bas-Chélif sont plus récentes que le Dahra et le massif de l'Ouarsenis, d'âge Villafranchien et sont composées de limons calcaires intercalés de sables, extrêmement tendres, une érosion sévère a ravines profondes.

Les principales formations géomorphologie sont :

II.2.9.1. Les glacis colluvionnaires

Assez étroits de 3 % à 5 % qui se retrouvent en bordure de la plaine où les formations récentes sont dominantes. La présence des croûtes calcaires qui caractérisent les formations plus anciennes est peu fréquente. Dans le cas échéant, on les retrouve en conséquent sur les piémonts du Sud des villes tel que : Oued Rhiou et de Djidiouia. Ils sont constitués par des matériaux en provenance des calcaires du Miocène supérieur.

II.2.9.2. La plaine alluviale

Le Bas-Chélif est une plaine alluviale datant du Rharbien. Les alluvions qui la constituent sont d'une épaisseur considérable (plusieurs dizaines de mètres), les matériaux récents originaires des bassins versants du Chélif, de l'oued Rhiou et de l'oued Djidiouia sont ces constituants principaux (dominance des schistes et des marnes du Miocène et du Pliocène souvent riches en sels)

Alors la plaine ces formations récentes constituent la plaine proprement dite avec une pente très faible et des sols non évolués.

II.2.9.3. Les lits des oueds actuels

Les lits d'oueds sont encaissés dans la terrasse alluviale du Rharbien à un niveau inférieur à 10 mètres. Les bords sont très escarpés et très abrupts.

L'oued Chlef est le principal oued de la plaine, il la traverse d'Est en Ouest. Au moment des grandes crues, il déborde sur les terrasses récentes en déposant en bordure de ses berges des bourrelets alluviaux le plus souvent sableux connus sous le nom de formations actuelles et qualifiés de formations modernes par Gaucher (1947).

L'oued Rhiou et l'oued Djidiouia forment des cônes de déjections assez étendus en contact avec la plaine du Bas-Chéelif. Certains cours d'eau qui n'ont pu creuser leur lit jusqu'à l'oued Chlef, forment des cônes de déjection en pleine plaine.

II.2.9.4. La Sebkha de Benziane

C'est une dépression naturelle (cuvette elliptique de 5 km de long sur près de 3 km de large, bordée au nord de falaise d'environ 15m) cavée dans la région de Benziane au Nord de la ville de Oued El Djemaa. Boulaine (1957) avait retenu l'hypothèse selon laquelle la sebkha a été formée par déflation éolienne d'une zone où s'étaient formés des sols salés à la suite de mouvements tectoniques par la combinaison d'un creusement au centre du bassin et d'une accumulation en bordure d'un bourrelet éolien.

En hiver, elle est recouverte par une couche d'eau d'environ 30 cm d'eau en son centre, en été, il y a accumulation des sels qui apparaissent sous forme d'une épaisse croûte blanchâtre. En plus de la Sebkha de Benziane, il existe d'autres cuvette qui sont : la Daya, la dépressin du Douar Djerada, elle entourées de reliefs assez élevées que l'on appelle des lunettes (Boulaine, 1957).

II.2.9.5. La Gaa

C'est une dépression fermée, couverte par des formations récentes très argileuses, elle se trouve dans la rive droite de l'oued Mina. On y retrouve des petits cours d'eau qui constituent des artères permettant une circulation d'eau vers le centre de la dépression où les eaux stagnent sur pratiquement toute l'année provoquant dans ceci une hydromorphie et une salinisation importantes des sols (Douaoui, 2005).

II.2.9.6. La colline de partage

C'est un relief caractéristique dans cette partie des plaines du Chéelif qui domine Merdjet Sidi Abed d'une dizaine de mètres. Cette formation marque la limite entre la plaine

du Bas-Chélif et la plaine du Moyen-Chélif. A ce niveau, la plaine alluviale est très étroite et ne fait que 2 à 3 km de large. Cette colline fait partie d'une série d'autres collines qu'on retrouve dans les autres plaines du Chélif (Moyen et Haut-Chélif). Les formations géologiques de ces collines sont continentales du Pliocène supérieur, du Villafranchien et du Quaternaire moyen, dont le matériau est un mélange de limons, de sables, de cailloux et de galets (in ; Belouazni, 2010).

II.2.10. Ecologie et Phytogéographie

D'après le découpage phytogéographique de Barry et al (1974), La région du Bas-Cheliff appartient à l'empire holarctique, à la région méditerranéenne, sous région eu-méditerranéenne, domaine maghrébin méditerranéen, secteur oranais et au sous-secteur des plaines littorales O2

Selon l'étude de McDonald et BNEDER (1990), la plus grande partie de la vallée du Bas- Chélif est cultivée, et caractérisée par un système de champs ouverts avec par endroits des brise-vent de conifères (Tamarix, Casuarina ...etc.) et d'eucalyptus. Les cultures principales dans l'aire d'étude sont les céréales, les cultures maraîchères (notamment les artichauts), l'arboriculture (les oliviers et les agrumes), et les cultures fourragères. La plupart des pentes faibles sont cultivées.

La région souffre beaucoup d'une érosion du sol, surtout là où la végétation a été dénudée ; il n'y a pas de grande couverture de sol permanente et la région ne peut donc supporter une flore et une faune abondantes.

II.2.11. Ressources en eau

La plaine du Bas-Chélif comporte des potentialités importantes en eau, mais comme c'est le cas de pas mal de régions d'Algérie la plaine n'en profite pas (Douaoui, 2005).

II.2.11.1. Les ressources en eaux superficielles

Les deux principales ressources en eau sont constituées par deux retenues :

Le barrage de Gargar sur l'oued Rhiou : d'une capacité théorique de 450 Hm³, il est l'un des plus grands barrages d'Algérie ;

La retenue de la Merdjjet Sidi Abed, un réservoir hors cours d'eau d'une capacité de 50 Hm³, elle remplit en hiver essentiellement par dérivation des eaux de l'oued Chlef, ainsi elle était dévasée en 2005.

En plus, le Bas-Chélif pourrait aussi être alimenté à partir des autres ressources en eau superficielles du bassin du Chélif, telles que les eaux non conventionnelles excédentaires du Chélif.

La qualité de l'eau des cours d'eau dans le bassin de Chélif est aussi discutée, elle est en général plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5 g / l environ pour les débits les plus forts et 2 g / l pour les débits d'étiage. La figure 11 nous renseigne sur la qualité des eaux du barrage de Gargar et de Merdjet Sidi Abed pour l'année 2002

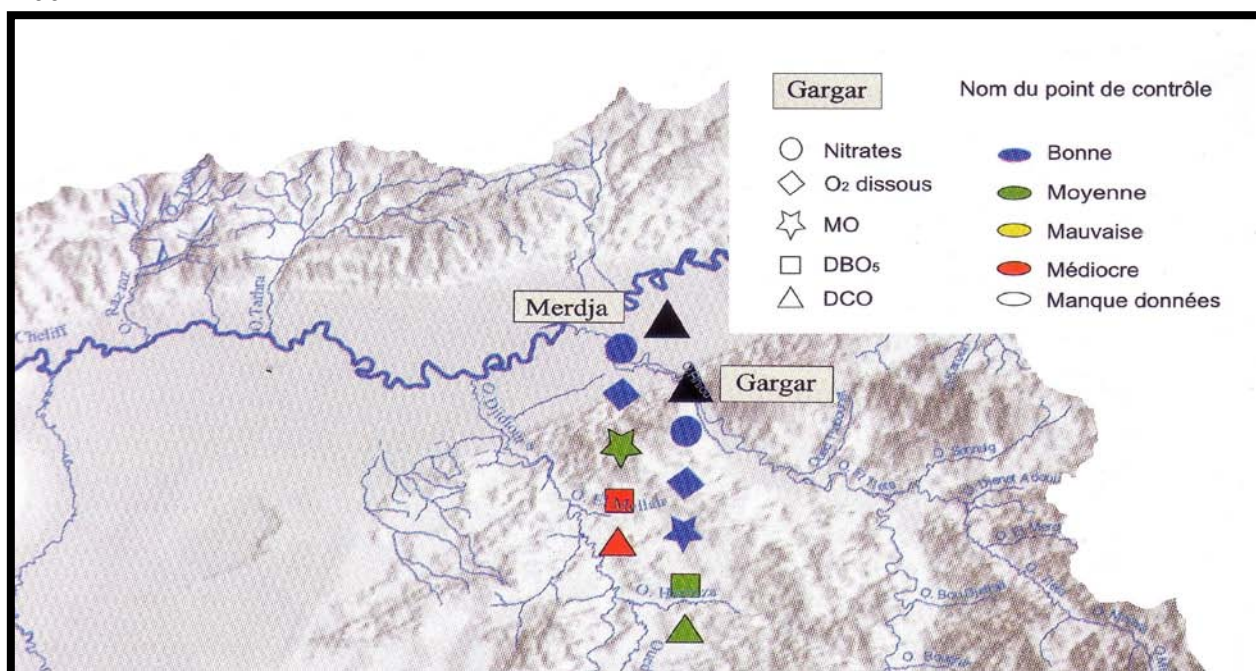


Figure 16: Qualité des eaux des barrages de Gargar et de Merdjet Sidi Abed (Source : ABH, 2002)

II.2.11.2. Les ressources en eaux souterraines

Les principaux aquifères du Bas-Chélif sont :

Le Miocène calcaire : affleure le long de la limite sud de la plaine. Les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m de profondeur.

Le Pliocène marin : c'est une suite d'argiles et de marnes avec des couches minces de grès qui affleurent au nord de la plaine. On le retrouve dans la région de Ouarizane à plus de 55 m de profondeur et dans la région de Sebket Benziane à plus de 400 m de profondeur.

Le Quaternaire-Pliocène continental : il est constitué de sédiments à base d'argile, de marnes et des lits de sable, de graviers et de conglomérats. La profondeur de ces forages est

très variable selon les régions où elle peut aller jusqu'à 300 m alors que la moyenne est de 70 m. (Douaoui, 2005).

II.2.12. Périmètres irrigués

La région du Bas-Cheliff comporte plusieurs périmètres où l'irrigation est fréquente, dont les plus importants sont : le périmètre de Oued Rhiou, le périmètre de Ouarizane, le périmètre de Djédouia, le périmètre Hmadna et le périmètre de Guerouaou (fig. 17).

L'utilisation des eaux souterraines dans l'irrigation n'a pas été sans conséquences sur la dégradation de la qualité des sols de la plaine du Bas-Chélif. Cette dégradation qui se manifeste par une augmentation de la salinisation ou une sodisation ne s'est pas faite de la même façon dans les périmètres irrigués. C'est justement le périmètre de Hmadna dont l'eau d'irrigation est la plus mauvaise qui montre les sols les plus dégradés (Douaoui et Hartani, 2007).

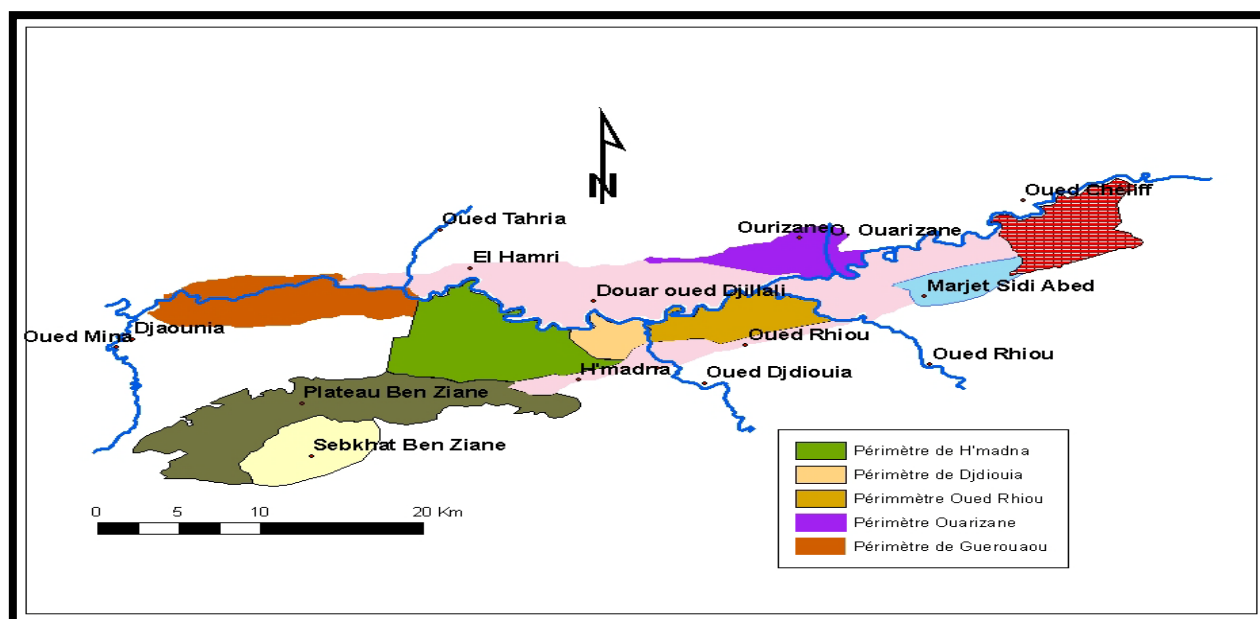


Figure 18: Principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif.

II.3. Occupation du sol

Comme toutes les plaines du Chélif, la plaine du Bas-Chélif est à vocation agricole (Amichi, 2009). De ce fait, les sols sont soit cultivés soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte. L'agriculture concerne essentiellement :

- Les vergers d'agrumes et d'oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent à la période coloniale. Ces vergers sont irrigués et se localisent le plus souvent dans les périmètres d'Oued Rhiou, Djidiouia et Ouarizane.

-Les cultures maraîchères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon ...) sont cultivés dans les périmètres irrigués et se concentrent au bord des lits d'oueds.

-Les cultures céréalières en sec, installé principalement sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane. On les retrouve également dans les périmètres irrigués. L'étude de McDonald et BNEDER, (1990), montre que ces types de cultures occupent en S.A.U. : l'orge 20 %, le blé 8,5 %.

Selon Doauoui (2005), les sols très salés sont abandonnés et souvent couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Gaa sont totalement dépourvus de végétation. (Ghérina, 2008).

La carte d'occupation du sol (fig. 18), établie par Ghérina, (2008), à partir des données recueillies sur le terrain lors de l'échantillonnage de juin-août 2006, montre une occupation de 14 % par les cultures maraîchères, 32 % par les céréales, 5 % par la jachère, 25 % par la végétation halophyte, et 7 % sont des sols labourés.

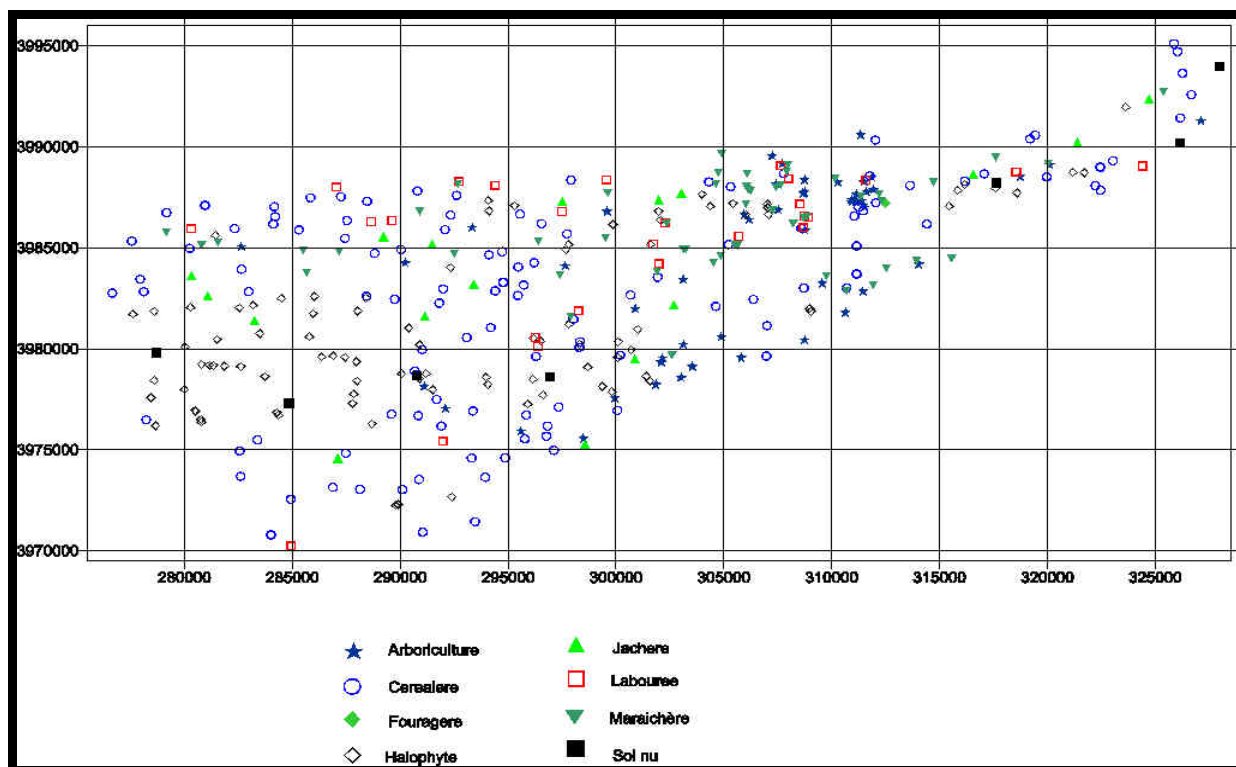


Figure 18: Carte d'occupation des sols de la plaine du Bas-Chélif (Ghérina, 2008).

II.4. La salinisation des sols du Bas – Cheliff

La salinisation des sols du Bas – Chélif est comme pour la plupart des sols du nord d'Afrique un problème d'origine primaire surtout par les formations salifères du Trias et Miocène sont le matériel originel des alluvions qui ont touché la plaine apportés de l'Ouarsenis à travers les efflorescences de l'Oued Cheliff (Douaoui et *al*, 2006).

L'installation des réseaux d'irrigation le long de la plaine a participé dans la propagation de ce phénomène donnant naissance à la salinisation secondaire qui par la remontée des sels en surface surtout pendant les grandes crues (Douaoui et *al*, 2007) a augmenté la variabilité spatiale et temporelle de salinité le long de la plaine dont une évolution importante de 35 % à partir des années cinquante à plus de 75% pendant les années quatre-vingts, cette salinisation est la cause majeur de la dégradation des sols de la plaine, agit principalement sur les propriétés physico – chimique par des sels comme : le sodium, magnésium qui favorisent les échange avec les constituants du sol par conséquent l'apparition progressive de la salinité comme propriété liée aux sols de la plaine (Douaoui, 2005).

La salinisation des sols dans le Bas-Cheliff qui s'est accélérée ces deux dernières décennies suite au recours accru à l'irrigation est incontestablement le plus grave problème qui touche cette plaine (Douaoui et *al.*, 2007).

Cette salinisation qui ne cesse de s'étendre spatialement et d'augmenter temporellement (Douaoui et *al.* 2006) provoque une détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols dont les conséquences sont d'ordres agricole et éco-environnemental (Daoud et *al.*, 1993 ; Saidi et *al.*, 2004 ; Douaoui et *al.*, 2004).

II.5. Evolution des données socio – économique dans le Bas – Cheliff

La plaine du Bas Chélif est caractérisée par la faible pluviométrie mensuelle et annuelle qui est aussi très variable, ceci réduit le contexte des pratiques d'agriculture, limite la diversification sociale (villages) et défavorise la situation économique de la région. .

Une dynamique socio économique particulièrement variable, en deux grandes périodes (Coloniale et Après indépendance), une étude menée par Amichi, 2007, a fait le point sur l'historique agraire de la région ce qui nous a permis d'évaluer la situation socio économique dans la région au cours des deux périodes, cette étude nous aide a caractériser surtout les pratiques socio-économiques de la région.

Selon Amichi 2007, les pratiques socio-économiques dans la plaine ont pris naissance même avant la période coloniale.

II.5.1. Période Coloniale

Dès l'installation des premiers colonies en 1848 dans la plaine, Le déficit en eaux de pluies implique la création des réseaux d'alimentation en eau à travers toute la plaine, ce n'est qu'au 1937 que cette réflexion a été réalisée, un périmètre irrigué est mis en valeur, ce périmètre est subdivisé en dix zones d'irrigation de basse et haute pression.

Situé de part et d'autre de l'Oued Chélif, il est considéré comme le plus ancien des périmètres en Algérie sur une superficie classée de 28.250ha. Les terres classées se trouvent surtout dans les communes d'Oued Rhiou, H'madna, Djidiouia et Ouarizane (Energoproject, 1967). L'arboriculture (surtout les vergers des agrumes) commence à s'élargir et couvre une grande partie des périmètre irrigués surtout ceux de Ouarizane et Oued Rhio. En parallèle de nouvelles cultures sont implantées comme : le riz, cotons et vigne avec le privilège de la construction des barrages que l'Algérie coloniale a commencé.

L'irrigation en eau se fait essentiellement à partir des barrages les plus proches (Barrage de Ghrib et le dérivant de Boukadir) qui dérivent de l'Oued Cheliff. En 1950 les agriculteurs s'orientent vers les céréales et les légumineuses (pois chiche, lentilles, fèves) en raison d'une pratique d'autoconsommation qu'ils ont toujours mise en œuvre. Durant cette période l'élevage était pratiqué dans les zones de piémonts où l'élevage ovin constitue pour cette période de population autochtone la principale activité, leur survie en dépend. Entre le bœuf, animal tellien, le chameau animal saharien et le mouton, animal de la steppe. Le mouton, l'élevage était pratiquement riche dans la région, mais le déplacement des familles en groupes (abondance des terres cultivable) et la disette de la sécheresse ont diminué cette richesse jusqu'à 50% en 1962.

II.5.2. Période Après Indépendance

La nationalisation des terres agricoles après l'indépendance du pays a donné naissance à des grands domaines dits Autogérés et qui ont permis l'installation d'une nouvelle forme de gestion des terres agricoles (Bessaoud, 2004).

C'est en 1971 que la réforme agraire algérienne qui s'inscrivait dans le cadre d'une stratégie d'industrialisation (Bessaoud, 2004) et qui avait comme objectif en premier lieu une répartition des terres au profit des paysans sans terre et en deuxième lieu la modification des

conditions de production toute en apportant des aménagements dans les formes d'organisation du travail et dans l'environnement agricole.

Et en 1981, les domaines agricoles publics ont subies un processus de restructuration pour devenir "domaines agricoles socialistes" (D.A.S).

C'est entre 1984 et 1988 qu'un programme d'intervention a été lancé et réalisé pour la remise à neuf des ouvrages principaux (CNAID, 1992). Un barrage de 45 Million m³ a été construit pour augmenter le volume d'eau d'irrigation du périmètre Bas Chélif.

Une jouissance perpétuelle a été attribuée aux salariés en place sur les terres du domaine de l'Etat leur accordant le statut "d'exploitants agricoles". Ces terres seront désormais gérées sous forme d'exploitations agricoles collectives (EAC) ou d'exploitations agricoles individuelles (EAI).

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes.

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la plaine du Bas-Chélif, à l'aide de la télédétection.

Dans ce cadre, l'approche méthodologique est basée sur :

- 1- Délimitation des principaux périmètres à analyser (dans la région).
- 2- l'étude de la dynamique de la végétation au cours du temps dans les différents périmètres de la région (irriguée et naturelle).
- 3- Détection de l'évolution spatiale de l'occupation des sols (zones irriguées, zones naturelles et sites urbains).
- 4- Observation des différentes anomalies de la végétation existante dans les zones naturelles ou irriguées.

3.1. Collecte des données

La collecte et l'acquisition des différentes données nécessaires pour notre étude se fait à travers les différentes institutions locales comme : INSID de la wilaya de Relizane, INRA de Hmadna, ANRH et ONID, en plus de différents travaux de recherche réalisés au cours de ces dernières décennies.

Il a été mis à notre disposition ;

- les données climatiques recueillies auprès de la station météorologique de l'INRA de H'madena qui concernent les moyennes mensuelles et annuelles de la température et précipitations de 1985 jusqu'à 2008. Ces données serviront à connaître l'effet du climat sur la dynamique de l'utilisation des sols dans la région d'étude ;
- Données pédologiques : ces données reposent sur la carte des sols de Boulaïne (1956) et Mc Donald et Bneder (1990) ainsi que les travaux de l'INSID et Douaoui et al. (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 et 2010).

3.2. Les images satellitaires

Notre étude s'est basée sur des images satellitaires multispectrales et multitudes comprenant une série de cinq scènes dont quatre sont de type SPOT et une de type ASTER (tab. 3).

Pour l'image ASTER, le traitement a été effectué sur les trois premiers canaux (B1 : bleu, B2 : rouge, B3 : PIR) pour permettre de faire la comparaison avec les images SPOT.

Tableau 3 : Caractéristique des images utilisées.

Image	Date	Canaux	Résolution
SPOT1	06/1988	03 Canaux	20 m
SPOT1	07/1992	XS1 : Vert	
SPOT2	07/2000	XS2 : rouge	
SPOT2	02/2001	XS3 : Proche IR	
ASTER	08/2005	14 Canaux	15m
		B1 : Vert	
		B2 : Rouge	
		B3 : Proche IR	30m
		(B4 – B9) : MIR	90m
		(B10 – B14) : TIR	

La combinaison des trois canaux des images SPOT et l'image aster a été faite en fausse couleurs RVB (Rouge, Vert, Bleu) pour les cinq scènes :

B3 et XS3 : Proche Infra Rouge = Couleur **Rouge**.

B2 et XS2 : Rouge = Couleur **Verte**.

B1 : Vert et **XS1** : Vert = Couleur **Bleue**.

4- Traitement des images

L'acquisition des cinq images dans leurs états initiaux implique de passer par une étape de prétraitement qui consiste à faire une correction des bruits et une calibration des pixels. Cette étape permettra d'améliorer l'aspect des images pour une meilleure analyse visuelle et une bonne interprétation numérique.

4.1. Etape de Prétraitement

Elle consiste à calibrer les cinq scènes étudiées pour éliminer les effets des capteurs au niveau du satellite sur chaque image et normaliser les pixels de l'image selon les besoins de notre étude. Les deux principales phases de cette étape sont :

- Phase de correction atmosphérique

Selon Soudani (2006), le principe de cette correction est de convertir les valeurs numériques (en niveau de gris) de la scène en valeur de luminance et par la suite extraire les effets perturbateurs atmosphériques qui donnent une mesure physique de la réflectance au niveau de la surface visée.

Plusieurs méthodes sont utilisées dans la correction atmosphérique. Pour Song et al, 2001, la méthode **DOS (Dark Object Subtraction)** est la meilleure expression des deux variables (luminance et réflectance) et aussi la plus précise par rapport aux autres méthodes de correction atmosphérique. A l'aide du logiciel **ENVI 4.5**, on a converti les valeurs numériques de nos images en valeurs de luminance pour en suite les calibrer en réflectance :

- **Luminance** : qui est la puissance électromagnétique rayonnée par une surface dans une direction donnée, est exprimé par la relation suivante :

$$L_{sat}^i = \frac{DC^i}{G^i} \dots\dots\dots(6)$$

DC : compte numérique en niveau de gris

G : Facteur de calibration absolu ($W^{-1}.m.sr.\mu m$) avec *i* : la band spectrale concernée.

* **Réflectance** : est l'aptitude d'un milieu à réfléchir vers le capteur du satellite l'énergie qu'il a reçue :

$$P^i = \frac{\pi(L_{sat}^i - L_p^i)}{T_v(T_z E_0^i \cos \theta s d^2 + E_{down})} \dots\dots\dots(7)$$

Où E_0 le rayonnement équivalent exo atmosphérique donner, pour chaque bande et pour chaque type d'instrument HRV, dans le guide d'utilisation des images SPOT.

θs est l'angle zénithal solaire au moment de l'acquisition de l'image.

d^2 est le carré de la distance Terre-Soleil en unité astronomique ($d = 1 - 0.01674 \cos(0.9856 (JD - 4))$) où JD est le jour Julien de l'acquisition de l'image.

T_v et T_z sont les transmittances de l'atmosphère dans les directions de vue et solaire, respectivement.

E_{down} est le rayonnement diffus descendant.

L_p^i est la contribution de l'atmosphère dans la luminance mesurée au niveau du capteur satellitaire (path radiance).

- Phase de correction géométrique

L'opération qui consiste à attribuer des coordonnées cartographiques aux pixels de l'image est appelée : **Géoréférencement**. L'opération qui consiste à exprimer les coordonnées d'une image dans le même référentiel d'une autre image est dite registration. Pour cette dernière opération, le référentiel peut être arbitraire. Au contraire, le Géoréférencement d'une surface terrestre fait appel à un système de coordonnées lui-même rattaché à un système de projection terrestre.

4.2- Choix des Zones étudiées

Le choix de zones test est basé sur l'analyse visuelle de l'image pour connaître les extensions spatiales et repérer les changements de végétation qui ont touché les zones retenues (périmètres irrigués et zone naturelle) ainsi que les extensions survenues dans les zones urbanisées.

Nous avons délimité les aires d'entraînements des sous- régions (fig. ???) à l'aide du logiciel ENVI 4.5 et on les a superposé sur les cinq images (SPOT1988, SPOT 1992, SPOT 2000, SPOT 2001, et ASTER 2005).

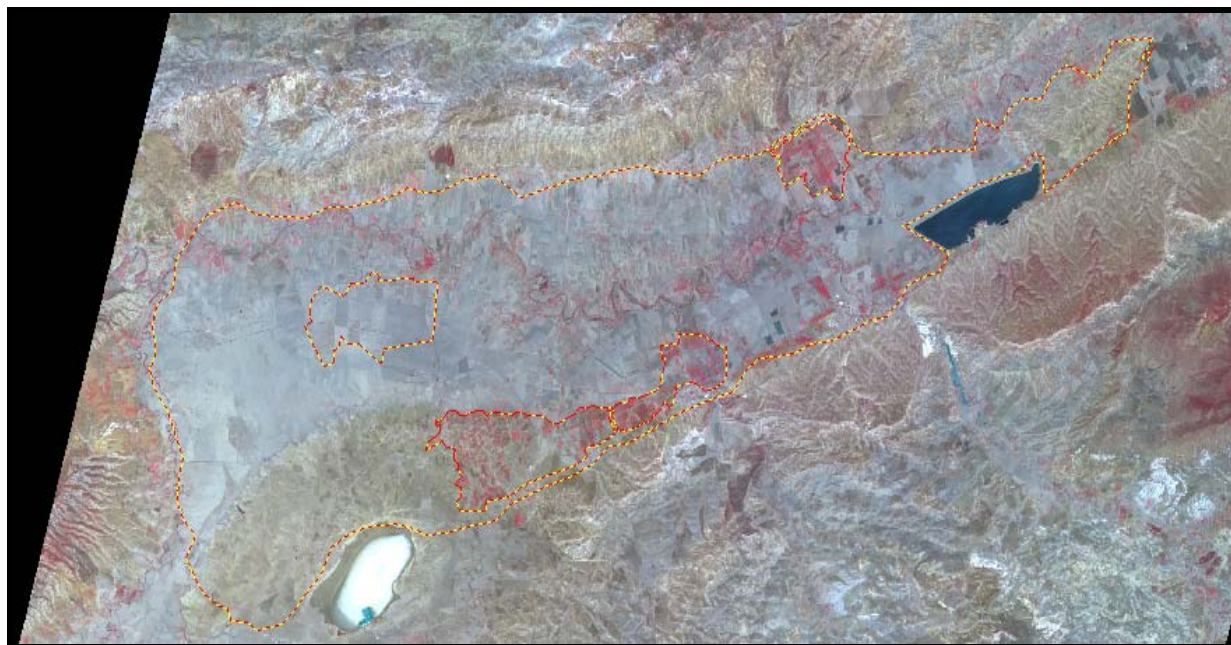


Figure 19 : Localisation des zones retenues de la plaine sur la scène SPOT 1988

5- Validation sur Terrain

Le nombre et le choix des zones étudiées a été définis pour assurer une bonne caractérisation en termes de superficies des périmètres et en terme de la végétation existante, en se basant sur l'interprétation visuelle des images satellitaires et sur le travail réalisée par Gherina et al,

(2008). Il s'agit là d'un travail d'échantillonnage stratifié et une enquête de reconnaissance de terrain qui porte sur l'état de surface, la pédologie et l'occupation du sol.

La localisation de ces zones sur terrain est effectuée par GPS, (Global Positioning System) qui permet de connaître une position sur la surface de la Terre (plus exactement d'un géoïde), avec une précision variable selon le type d'instrument et le nombre de satellites en vue. Dans notre cas, le récepteur GPS Garmin eTrex a été utilisé avec le système géodésique WGS 84 qui est le système natif

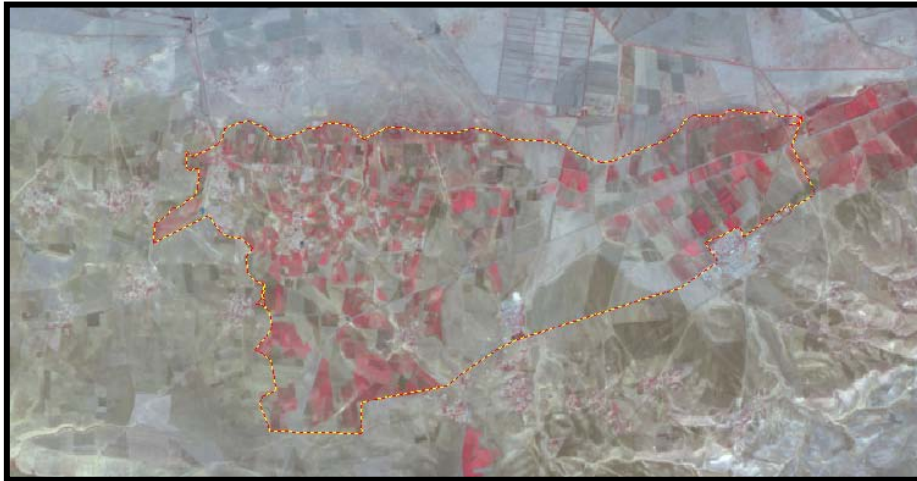
La délimitation des zones a été faite en combinant les informations prises sur terrain et l'interprétation visuelle de l'image satellitaire (figs. 20.21.22).



**Figure 20 : Zone retenue au niveau du périmètre de Ouarizane
(Image SPOT 1988).**



**Figure 21 : Zone retenue au niveau du périmètre de Djediouia.
(Image SPOT 1988).**



**Figure 22 : Zone retenue au niveau du périmètre de Hmadna.
(Image SPOT 1988).**

6. Dynamique de l'occupation du sol

Notre travail consiste à étudier l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la plaine du Bas-Chélif, en utilisant des outils de télédétection pour la connaissance et la cartographie de l'occupation du sol par une analyse en confrontant cette dynamique aux données du milieu physique (climat, végétation, pédologie, salinité...).

6.1. Détection de la dynamique de la végétation

- **Calcul de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)**

D'après Bensaid (1997), Les cartes issues de l'utilisation de NDVI correspondent étroitement aux constatations de terrain.. Depuis l'utilisation de la télédétection dans l'étude de la végétation grâce aux données acquises dans le rouge et le proche-infrarouge par les satellites, il était évident pour les chercheurs d'exploiter ces données pour déterminer la distribution spatiale de la végétation.

$$NDVI = \frac{(PIR - R)}{(PIR + R)} \dots\dots\dots(8)$$

Dans notre étude le calcul de NDVI se fait sans le besoin de faire une normalisation des images, grâce au prétraitement effectué préalablement (Correction atmosphérique), ce qui permet d'éliminer tout effet indésirable de l'atmosphère sur la végétation comme : l'effet des nuages et des aérosols, l'effet de l'anisotropie et l'effet des capteurs sur la surface étudiée. Pour chaque scène, on a pris la valeur moyenne de NDVI calculé par le logiciel ENVI 4.5 soit pour la région d'étude ou bien pour chaque sous région séparément.

6.2. Evolution des superficies des zones étudiées

Dans cette méthode on a calculé la superficie de chaque sous région étudiée dont l'objectif est d'évaluer l'évolution spatiale des périmètres irrigués (Ouarizane, Djediouia et H'madna), et les zones naturelles (Gaa) (fig. ?). Le calcul des superficies n'exclut pas les principaux centres urbains qui sont : Ouarizane, Oued Rhio, Djediouia et H'madna et étudier leur évolution spatiale au cours de la période 1988 – 2005 (fig. ?), La variabilité de l'étendue de l'eau de Merdjet Sidi Abed a fait également l'objet de calcul.

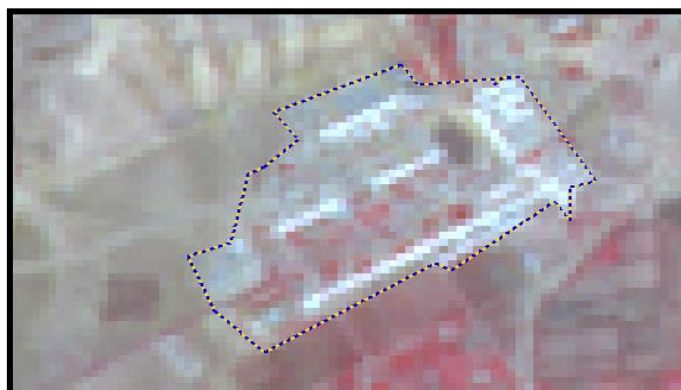


Figure 23 : Urbain d'Ouarizane.



Figure 24 : Urbain de Oued Rhio.

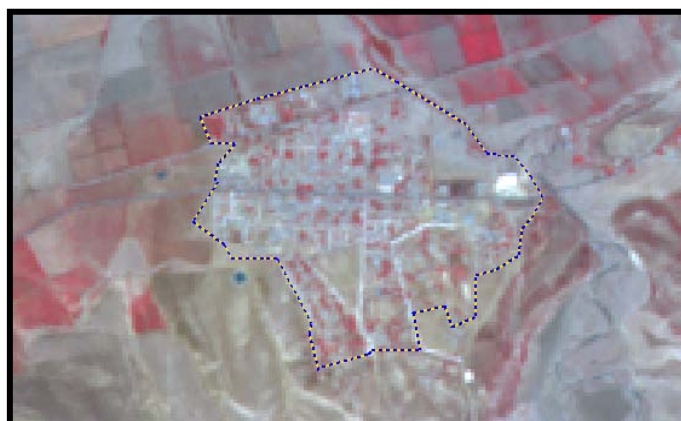


Figure 25 : Urbain de Djediouia



Figure 26 : Urbain de H'madena.

7. SPOT VEGETATION

SPOT VEGETATION est un instrument multi spectral embarqué à bord des satellites Spot 4 et Spot 5. Ses images ont une résolution constante de 1 km sur toute la largeur d'un champ de 2400 km. Les données SPOT VEGETATION qui sont disponible pour notre zone d'étude sont des NDVI décadaires calculés entre les années 1999 et 2010, ce qui nous a permis de comparer sous l'angle d'un indice de végétation le comportement des quatre sous périmètres sous différentes conditions climatiques (saisonniers et pérennes).

Ces données de NDVI nous ont permis aussi de faire des comparaisons inter-zones et intra-zones ainsi qu'une comparaison temporelle entre les années disponibles pour trouver des éléments de réponse à la dynamique d'évolution spatio-temporelle de la végétation.

Le schéma suivant synthétise l'ensemble des étapes effectuées pour le traitement et l'analyse des images satellitaires.

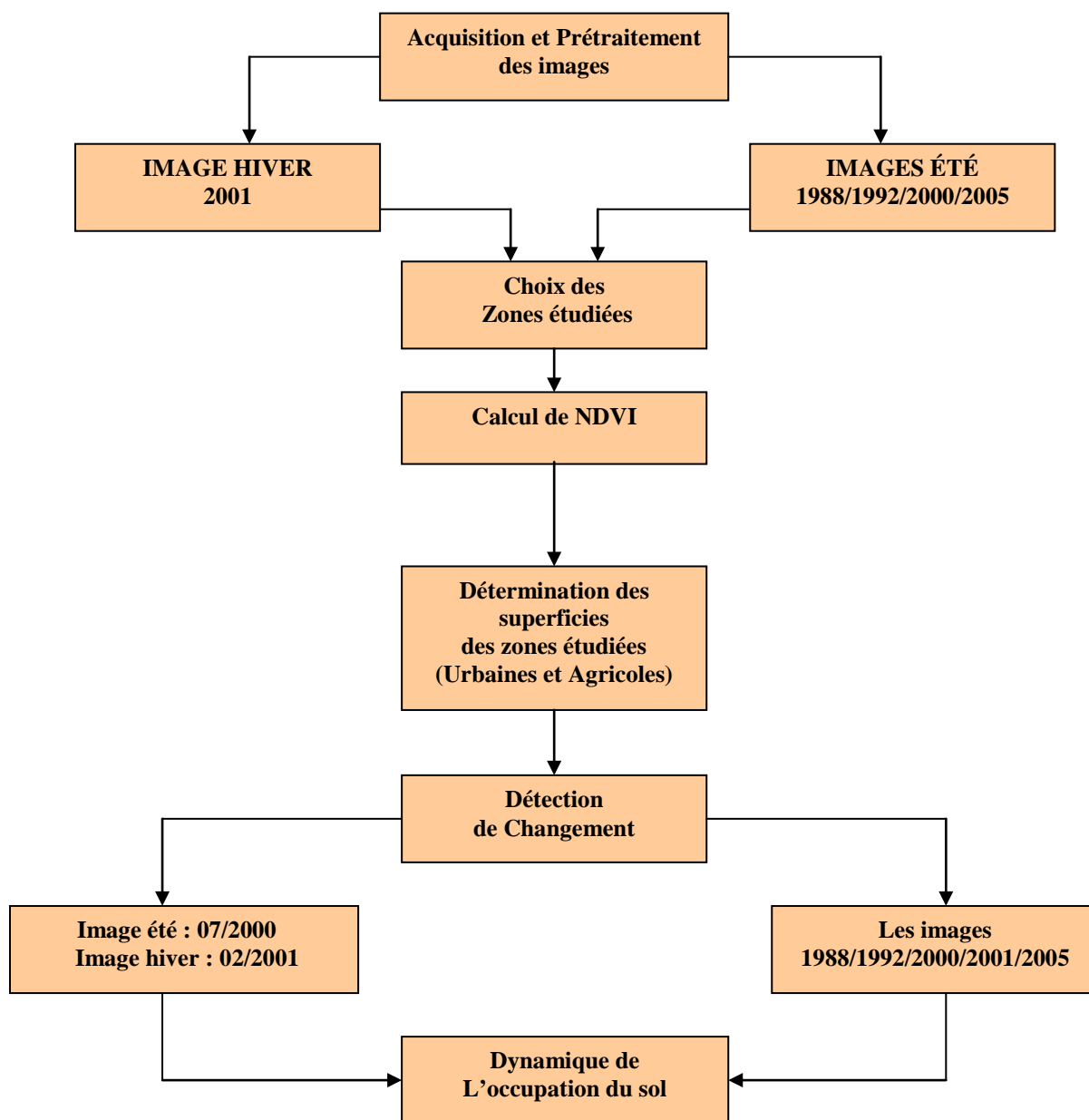


Figure 27 : Approche Méthodologique.

CHAPITRE IV

Résultats et Interprétations.

CHAPITRE IV : Résultats et Interprétations.

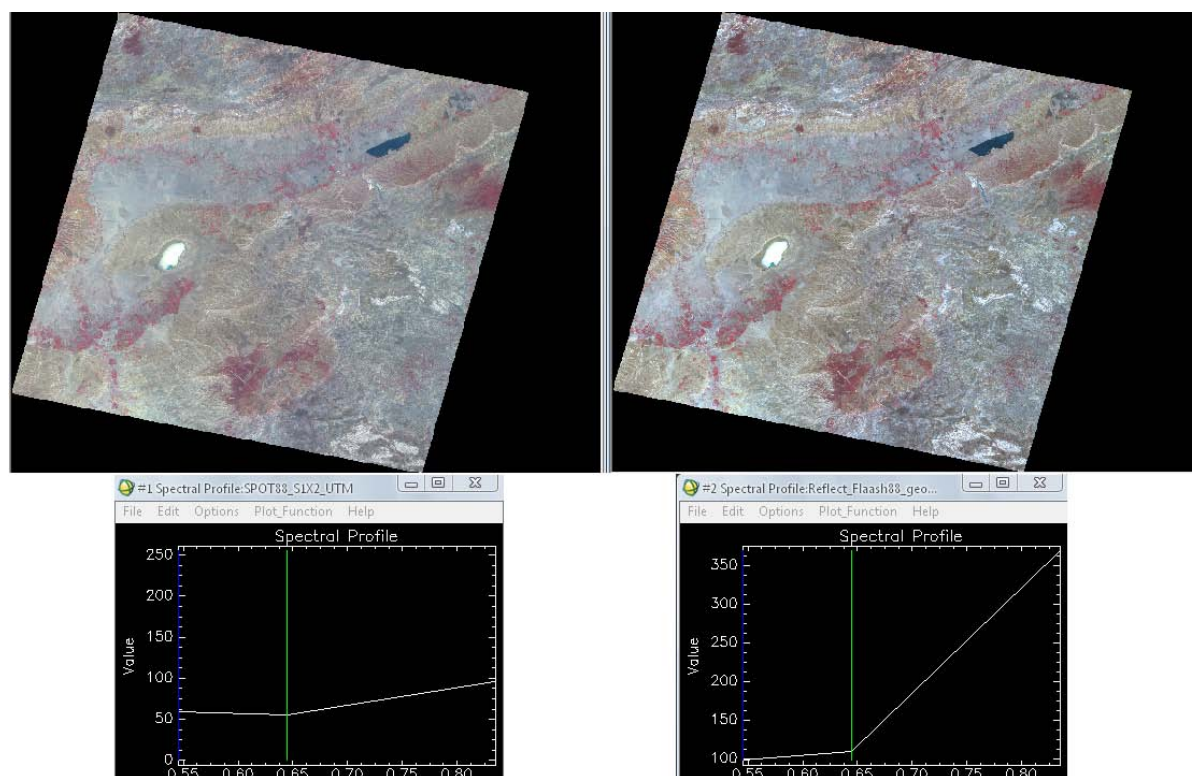
Notre étude repose sur la détection de changements de l'occupation et l'utilisation du sol dans la plaine du Bas-Chéiff à travers une série temporelle d'images satellitaires pour évaluer la dynamique spatiale de la plaine.

L'acquisition des images prises durant les saisons sèches successives (1988, 1992, 2000, 2005) est nécessaire pour étudier l'évolution de la dynamique de l'occupation du sol pendant la même période. Cette étude a été complétée par l'acquisition d'une image prise durant la saison pluvieuse de 2001 pour comparer entre la dynamique de la végétation durant les deux saisons sèches et humides.

IV.1. Correction atmosphérique

On a utilisé le modèle DOS (Dark Object Subtraction) pour corriger les effets perturbateurs atmosphériques. La figure 28, montre les différences visuelles et spectrales entre une image initiale et une image corrigée.

Du point de vue visuel, une amélioration a été faite dans la netteté de l'image facilitant ainsi l'interprétation visuelle par une meilleure distinction entre les objets de l'image. Toutefois, c'est au niveau du résultat numérique que la différence est plus palpable. A titre d'exemple, la représentation graphique du spectre issu du périmètre de Djediouia montre une discrimination plus importante dans la réponse spectrale entre les mêmes objets pour la même zone après la correction de l'image et la transformation des comptes numériques en réflectances. C'est ainsi qu'on peut voir une augmentation dans la réponse de l'infrarouge montrant une différence élevée entre cette longueur d'onde et les réponses dans le visible



Avant Correction

Après Correction.

Figure 28: Résultat de la Correction atmosphérique.

IV.2. Analyse des images satellitaires

L'interprétation visuelle des images a permis d'observer des changements dans l'occupation du sol et particulièrement de la végétation dans la région avec une dynamique importante observée au niveau des trois périmètres irrigués à savoir ceux de : Ouarizane, Djediouia et Hmadna par rapport aux autres zones de la plaine. D'un autre côté, la dépression fermée et salée connue sous le nom de la Gaa montre une dynamique de la végétation d'un autre type dont le comportement semble être différent des périmètres irrigués ou des autres zones cultivées. Le périmètre de Hmadna qui comporte des zones cultivées et des zones abandonnées est intermédiaire entre les périmètres irrigués non faiblement salés et les zones salées naturelles (fig 29).

Le traitement des images satellitaires utilisé pour la reconnaissance de l'occupation du sol nous a permis d'améliorer la qualité des pixels sur les images (correction atmosphérique), qui avec des valeurs de réflectance ont bien discriminé la variabilité spatiale des terres et surtout de la végétation dans notre région sans le besoin de passer par la classification supervisée. La réflectance des surfaces visées (zones étudiées) a bien exprimé des changements détectés à travers la période étudiée, ceci était un facteur clé pour ressortir la

dynamique de la végétation à travers le temps et extraire l'effet du climat sur cette dynamique.

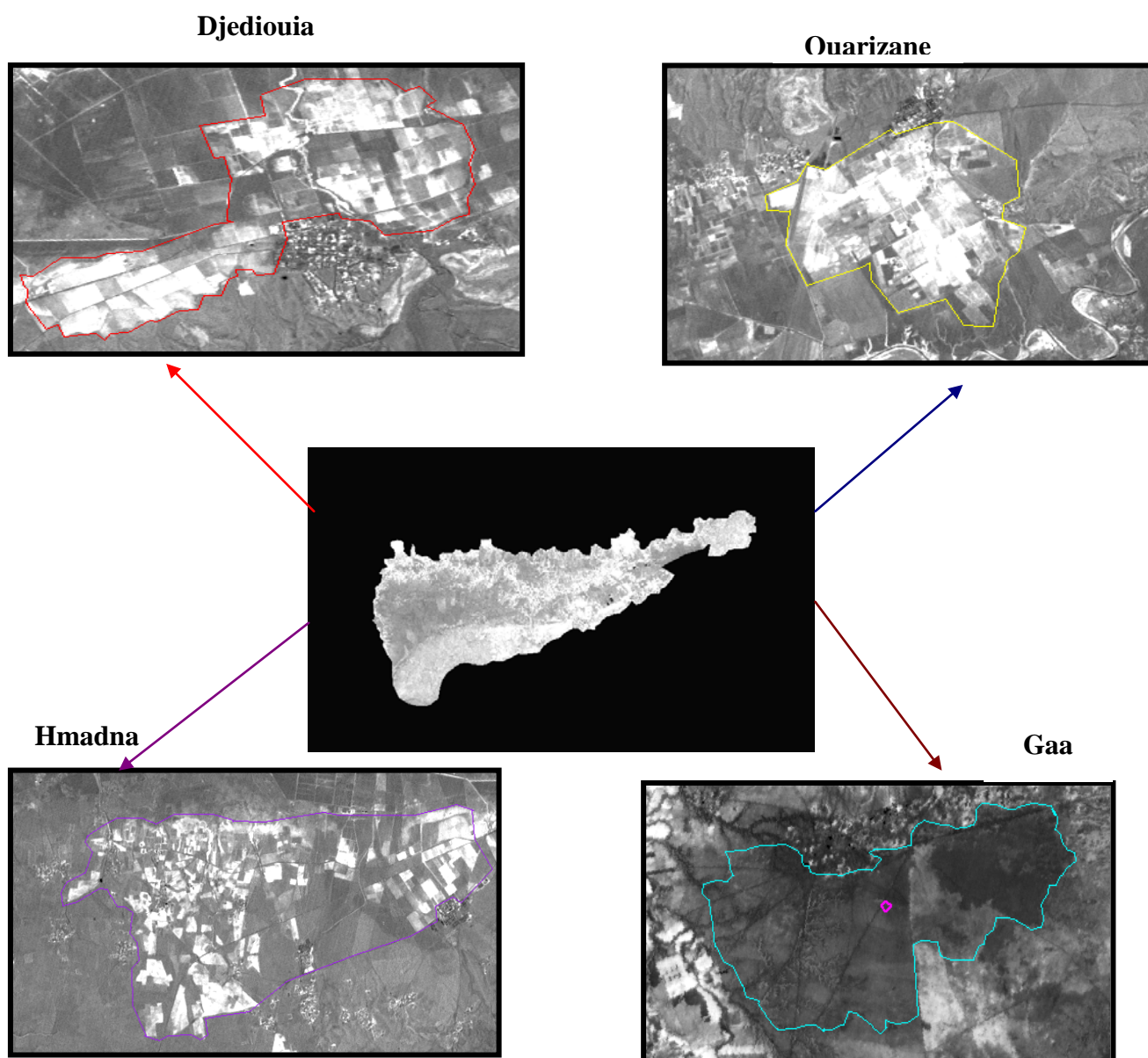


Figure 29: Cartes NDVI de la région d'étude et des zones retenues.

IV.2.1. Evaluation de la dynamique de la végétation

La figure n° 30 montre que la variabilité temporelle de NDVI possède la même allure dans la région d'étude et les zones étudiées. La valeur maximale enregistrée en 2001 correspond à la saison pluvieuse. Quant aux saisons sèches, les valeurs du NDVI restent très faibles avec une valeur minimale enregistrée durant l'année 1992 et ce pour les quatre zones ainsi que pour la valeur moyenne de toute la plaine.

La comparaison entre les différentes zones, montre que les plus fortes valeurs du NDVI correspondent aux deux périmètres de Ourizane et de Djédiouia avec une légère hausse pour Ourizane alors que la plus faible valeur est celle de la Gaa qui est, à titre de rappel, une dépression salée, Le périmètre de Hmadna occupe une position intermédiaire avec un comportement particulier au cours de l'année 2001 qui correspond à la saison pluvieuse.

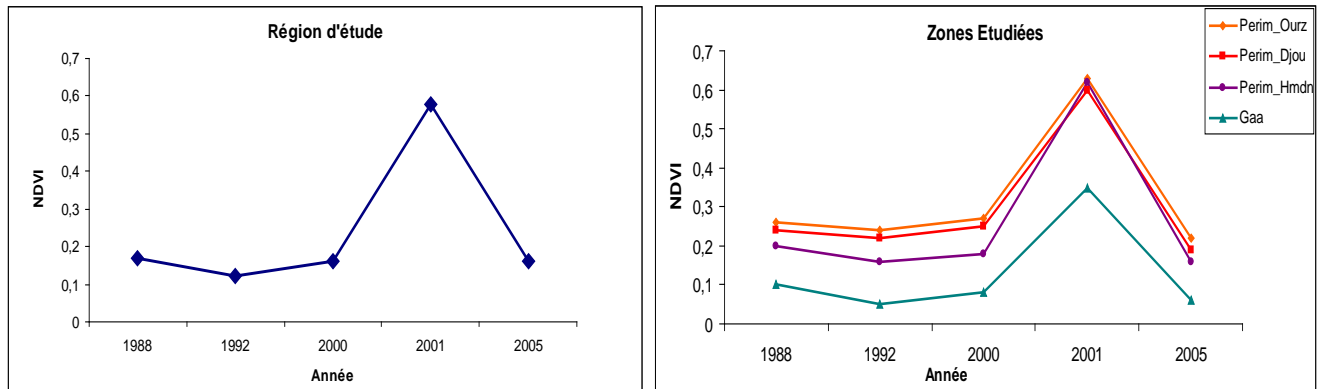


Figure 30: Evolution de la végétation dans la région d'étude et les zones entre 1988 et 2005.

La figure n° 31 qui exprime la variabilité spatiale des valeurs NDVI calculés pour les quatre zones étudiées de la région d'étude montre une nette décroissance respective de la végétation en allant de la zone de Ourizane et en passant par Djédiouia, Hmadna jusqu'à la Gaa représentant dans ceci un axe de décroissance continu de la végétation est-ouest.. Il est également intéressant de noter que ce niveau de décroissance reste le même aussi bien pour les saisons sèches que pour la saison pluvieuse de 2001. Il apparaît, par ailleurs que pour les saisons sèches, ce sont celles des années 1988 et 2000 qui montrent les valeurs du NDVI les plus élevées.

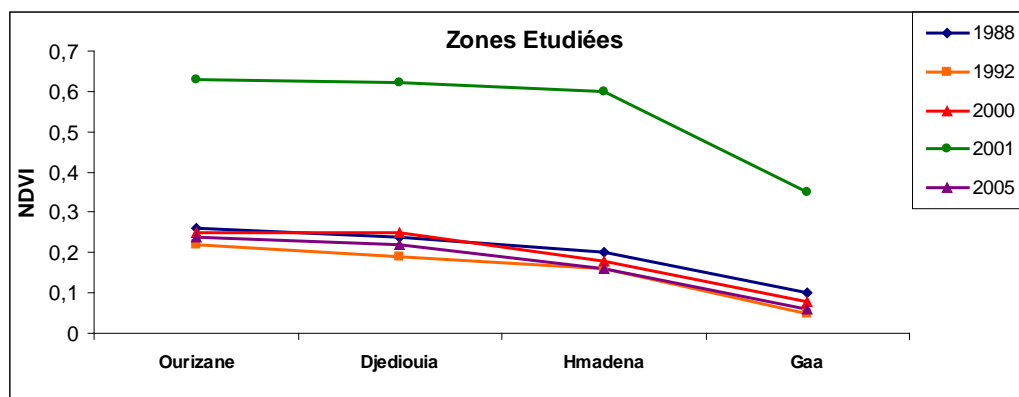


Figure 31: Variation spatiale de NDVI dans la région d'étude.

IV.2.2. Evolution des superficies des zones étudiées

La délimitation des zones testées à partir de la photo interprétation des images a fait ressortir quatre zones de changement dans notre région d'étude (voire chapitre III). A l'aide du logiciel ENVI 4.5, une carte binaire de chaque zone de changement a été établie à partir de laquelle on a calculé les superficies des zones de changement en hectare pour les terres agricoles et pour l'urbain (fig. 32).

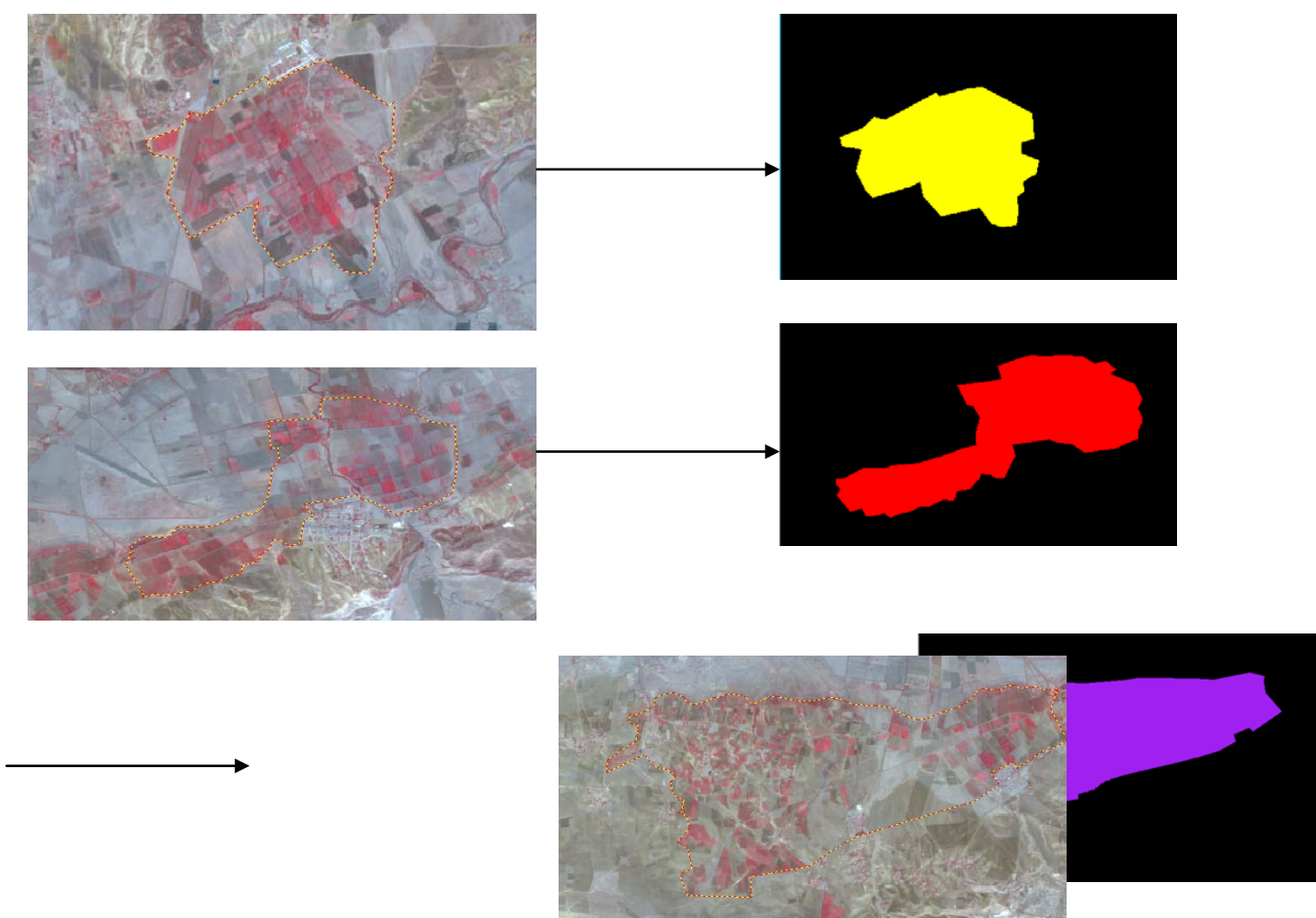


Figure 32: Cartes binaire des zones agricoles étudiées.

IV.2.2.1. Les superficies agricole

La figure n° 33 représente l'évolution temporelle des superficies des périmètres irrigués entre 1988 et 2005. Une vision globale sur cette figure montre une faible variation de superficie dans les deux périmètres de Ouarizane et Djediouia entre 1988 et 2005, l'absence d'une forte salinité dans les deux zones aboutis à une richesse agricole en termes de classes de végétation (Arboriculture, cultures annuelles et sols nues) mais leur évolution spatiale reste limité principalement par l'existence des barrières naturelles (Bordures de montagnes et

urbain) ce qui empêchent toute une extension spatiale des deux périmètres, en parallèle le périmètre irrigué de Hmadna a connu une grande variation de superficie entre 1988 et 2005 revient surtout à l'absence des barrières naturelles avec une diminution importante entre 2000 et 2005 que centre 1988 et 2005, cette diminution expliquée par l'augmentation continue de la salinité dans le périmètre (Douaoui et al, 2010) qui tende comme un facteur de dégradation dans ce périmètre qui a le même aspect socio-économique que les deux périmètres de Ouarizane et Djediouia (Amichi, 2007).

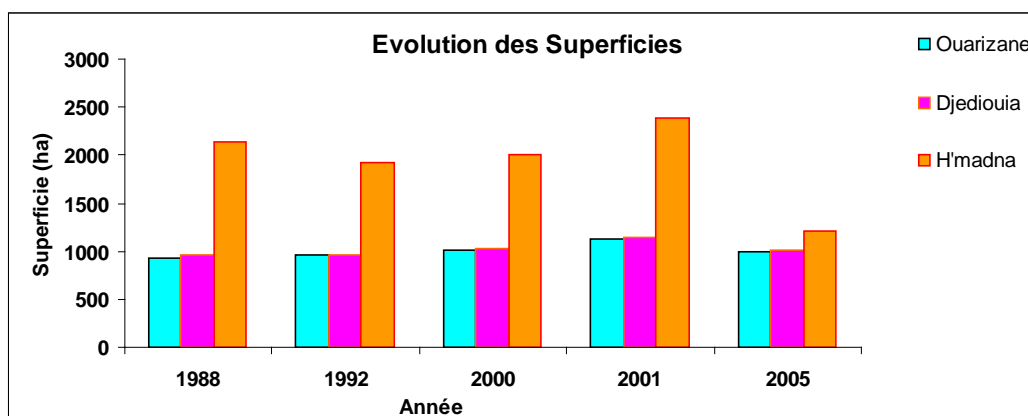


Figure 33: Evolution des superficies agricoles des zones étudiées.

Le tableau n° 04 montre le taux de variation des superficies cultivées dans la période 1988-2005 pour les trois périmètres étudiés. Le périmètre Hmadna a diminué de 40% grâce à l'évolution importante de l'accumulation des couches de sels de la surface (Douaoui et al, 2010) ce qui fragilise le potentiel agricole des sols dans le périmètre même avec le renforcement des aménagements hydraulique et les forges individuelles adoptés.

Tandis que les périmètres de Ouarizane et Djediouia ont augmenté respectivement de 7% et 6% seulement, cette augmentation est due aux exploitations agricoles qui par l'évolution de la trame foncière des avec le passage des DAS (Domaine Autogéré Socialiste) avec un plan d'assolement ont imposé la création des collectives individuelles et privées avec la libéralisation d'assolement. Mais les bordures naturelles (relief) et artificielle (urbanisation) situées au nord du périmètre de Ouarizane et au sud du périmètre de Djediouia ont inhibé l'extension de ces périmètres

Tableau 4: Evolution des superficies des zones étudiées.

Date	1988	2005	Différence (%)
Ouarizane (ha)	929	1120	7
Djediouia (ha)	961	1140	6
H'madna (ha)	2012	1215	40

Les Figures suivantes, montrent l'état de changement de chaque zone étudiée sous forme de carte binaire entre 1988 et 2005 :

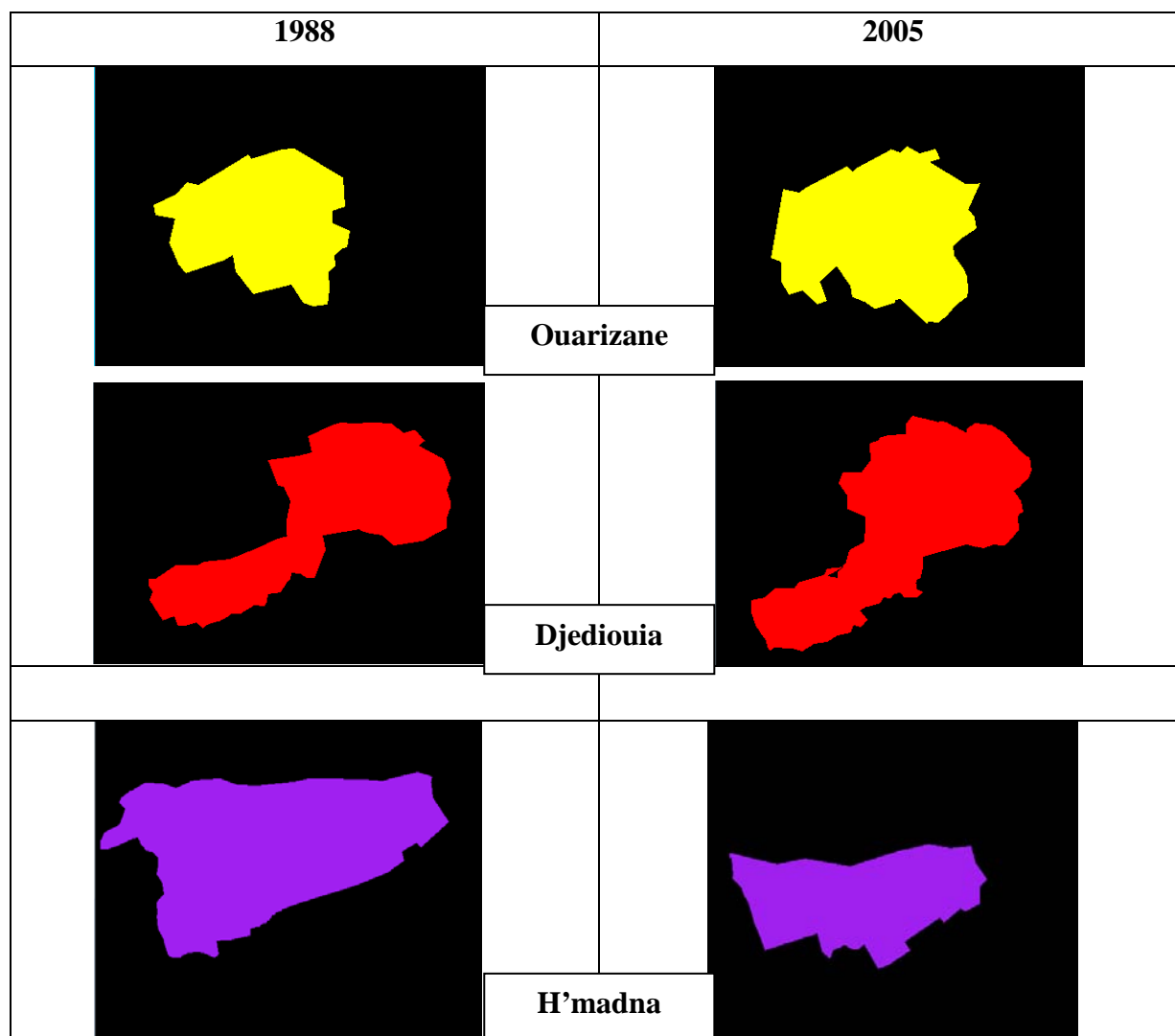


Figure 34: Etat de changement des superficies des zones étudiées 1988 – 2005.

IV.2.2.2. Les Superficies urbains

Quatre principales zones urbaines représentant les plus grands regroupements des populations de la zone d'étude ont été retenues : Ouarizane, Oued Rhio, Djediouia et Hmadna (Amichi, 2007).

Les quatre centres urbains de la région d'étude ont connu une évolution progressive plus ou moins importante entre 1988 et 2005. Alors que cette progression dans l'urbanisation reste faible pour Ouarizane et Hmadna, elle est élevée pour Oued Rhiou et Djédiouia entre 1988 et 2000 pour se stabiliser à partir de cette dernière date. Cette augmentation rapide des superficies urbaines entre 1988 et 2000 est due essentiellement à l'exode rural qu'a connu la

région suite au climat d'insécurité qui s'est installé dans la région et tout particulièrement après les massacres terroristes massifs survenus durant cette période dans la wilaya de Relizane.

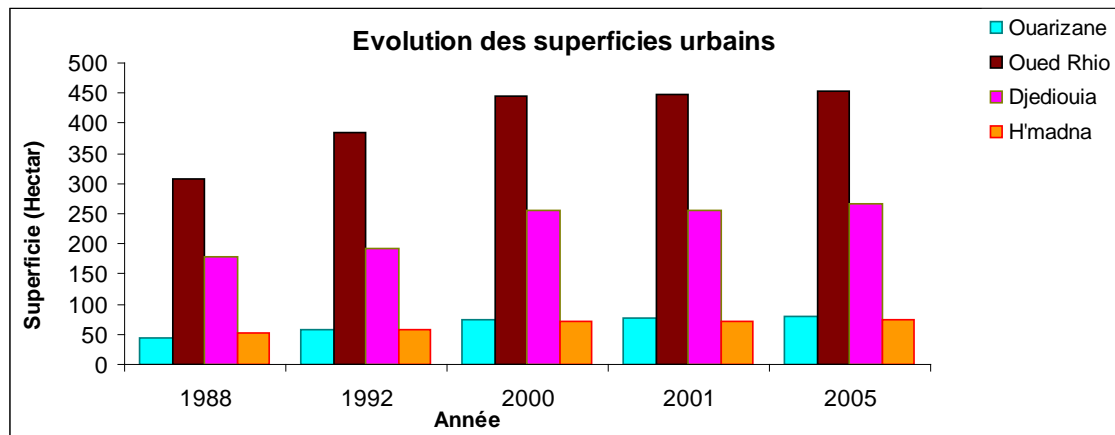


Figure 35: Evolution des régions urbaines dans la région d'étude.

IV.2.3. Comparaison saisonnière

L'acquisition d'une image en saison pluvieuse (Février, 2001) permet de faire une comparaison en terme de : Végétation, Eau et Sol avec une image de la saison sèche (Juillet, 2000) qui précède la saison pluvieuse, par la suite, extraire l'effet saisonnière sur l'occupation du sol dans notre région, dans ce cadre on a ciblé une comparaison entre la végétation naturelle et la végétation agricole (voir figures....) aussi bien les étendues d'eau libre qui est dans notre cas Merdja de Sidi Abed (figure...) et les sols hydromorphes dans les zones d'el-Gaa et Ouarizane.

IV.2.3.1. Comparaison de Végétation

On a calculé le NDVI moyen de chaque zone ainsi de la région d'étude à l'aide de ENVI 4.5.

La comparaison des valeurs moyennes du NDVI des quatre zones retenues en fonction de la période hivernale pluvieuse et la période estivale sèche montre une allure générale semblable aux courbes étudiées précédemment avec une tendance générale décroissante de la couverture végétale selon l'axe est-ouest (fig. 36). Toutefois, une particularité apparaît au niveau du périmètre de Hmadna dont la valeur du NDVI est supérieure à celle de Djédiuia malgré une salinité moyenne plus élevée dans le périmètre de Hmadna. Dans les deux périodes, le périmètre de Ouarizane est celui qui est le plus pourvu en végétation contrairement à la Gaa qui montre un couvert végétal le plus faible.

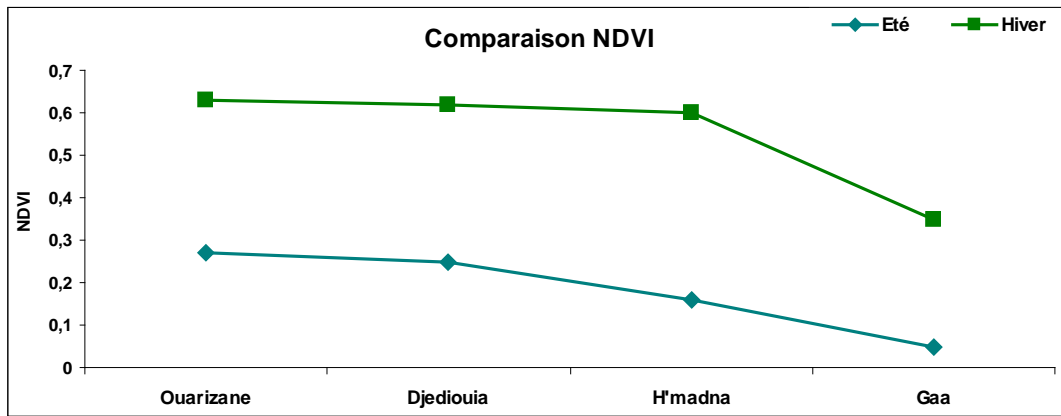


Figure 36: Variation spatiale des valeurs NDVI entre l'été 2000 et hiver 2001.

On a choisi deux parcelles test à partir des périmètres irrigués de Djediouia et H'madna, une concerne la végétation agricole s'étend sur une superficie de 918 hectare et l'autre de la végétation naturelle ou spontanée avec 910 hectare de superficie. Le calcul des NDVI pour la végétation agricole et la végétation spontanée sur toute la plaine montre que durant la saison sèche la présence végétale agricole est plus élevée (fig. 37) alors que c'est le contraire durant la saison pluvieuse où la végétation spontanée devient nettement dominante. Ceci peut être expliqué par l'irrigation qui ne concerne que les cultures, alors que toute la plaine est concernée par la pluie.

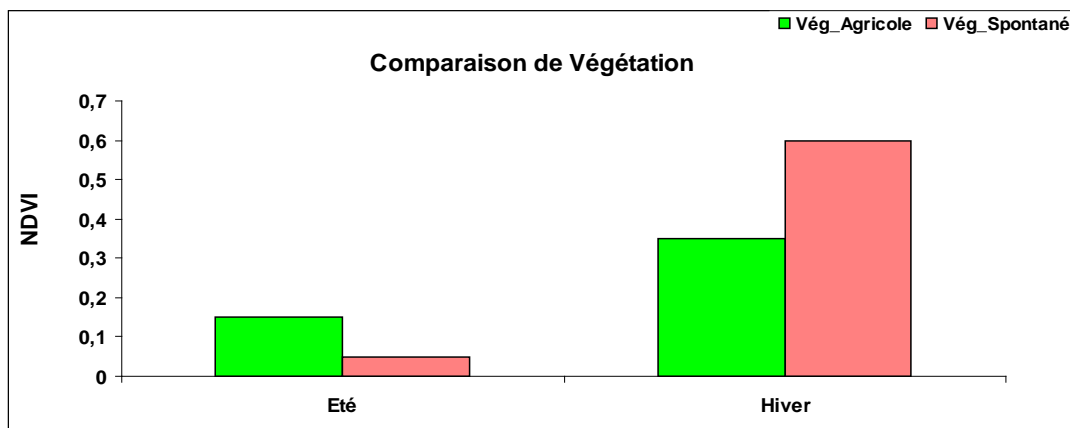


Figure 37: Comparaison saisonnière entre la végétation agricole et spontanée.

IV.2.3.2. Comparaison des sols nus

La figure 38 montre la variation de superficie des sols nus au niveau de la plaine à travers les deux saisons. Durant la saison sèche, une répartition se trouve aussi bien sur les sols salés de la Gaa et du périmètre de Hmadna ainsi que sur le plateau de Benziane et d'autres parties de la plaine qui ne sont pas touchées par le problème de la salinité. Les

superficies des sols nus dépassent les 68 % de la plaine durant la saison sèche alors que qu'elles ne couvrent que 15 % durant la saison pluvieuse (fig. 38).

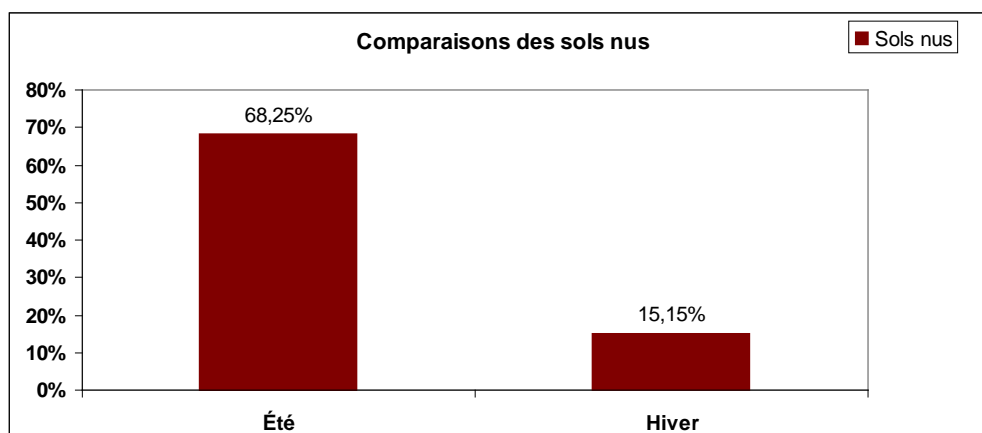


Figure 38: Comparaison saisonnière entre les sols nus.

IV.2.3.3. Comparaison des étendues d'eau libre

Il existe dans la partie et de la plaine un petit barrage d'une capacité de 50 millions de m³ connu sous le nom de Merdjet Sidi Abed. La comparaison entre les superficies de son étendue d'eau entre la période sèche et la période humide permet de connaître la variation de l'occupation du sol par l'eau entre les deux périodes.

La Merdja de sidi Abed, d'une profondeur maximale de 3 m, est caractérisée par la faible salinité de ses eaux par rapport à celle des eaux souterraines (Tillou, 2010) ; elle est utilisée pour une grande partie, avec le barrage de Gargar, à alimenter les besoins en eau potable et à l'irrigation pour ce qui reste. C'est cette utilisation de ses eaux en plus d'une évaporation très élevée qui font qu'elle voit son étendue d'eau sérieusement rétrécir vers la fin de chaque été. C'est ainsi que la différence entre la superficie de l'étendue d'eau de l'été 2000 et celle l'hivers 2001 est de 278 hectare (fig.39).

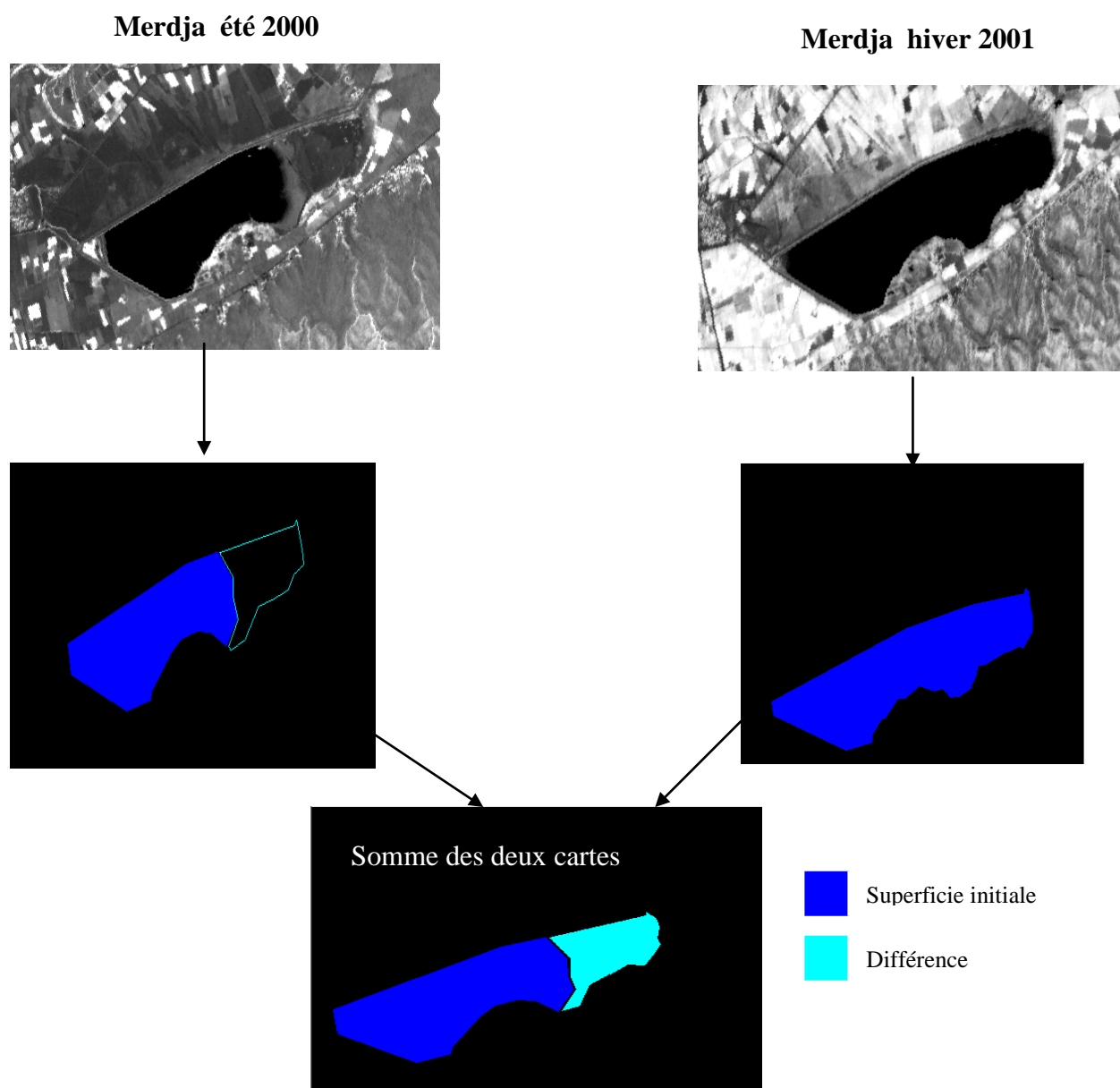


Figure 39: Cartes binaire de changement de Merdja Sidi Abed.

IV.3. Discussion

Le calcul des superficies a montré des variabilités dans l'occupation du sol qui sont marquées par une variation dans l'extension et la régression des superficies cultivées dans les trois zones cultivées. Ces variations sont sous l'influence de certains facteurs qui interviennent directement sur le comportement des états de surface. Parmi ces facteurs, la pluviométrie, la salinité et la nature du sol sont les plus déterminants (Douaoui, 2005).

IV.3.1. La Pluviométrie

La région d'étude a connu durant la dernière décennie des cycles de sécheresse s'étalant de 1987 à 1990 et de 1992 à 1995. Les précipitations moyennes annuelles en pluviométrie sont de 238 mm. Généralement, la pluie tombe sous forme d'averse de courte durée donc de forte intensité causant ainsi des inondations en quelques endroits de la plaine.

La dynamique de la végétation à travers la plaine pendant les saisons sèches étudiées reste faible (fig.40). Cette dynamique qui a connu un pic durant la saison sèche de l'année 1988 a reçu une pluviométrie de 6.3 mm entre les mois juin et août. D'un autre côté, la saison sèche de l'année 1992 qui a connu la valeur du NDVI la plus faible avait enregistré une pluviométrie nulle.

Ces Conditions climatiques défavorables pour la croissance végétale sont un facteur limitant sérieusement autant dans les zones naturelles où la végétation est pratiquement inexistante que dans les périmètres agricoles où les superficies cultivées sont très réduites.

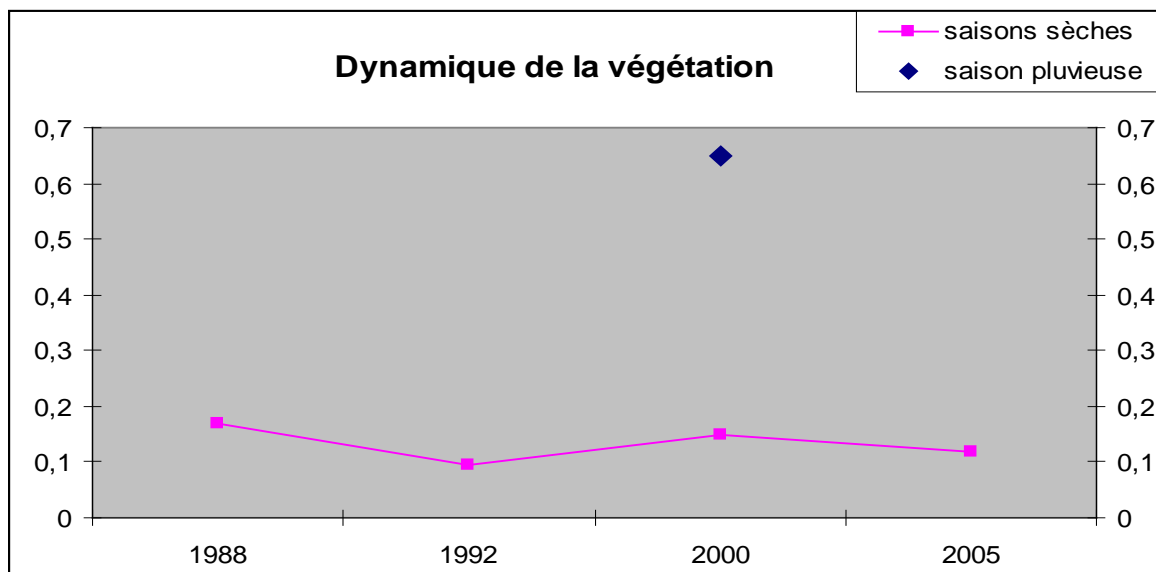


Figure 40: Dynamique de la végétation entre 1988 et 2005.

L'action très marquée de la pluviométrie sur la végétation est observée durant la saison humide qui s'étale entre les mois de novembre et février. L'année 2001 est connue comme étant une année très pluvieuse comme en témoignent les inondations provoquées au cours de cette année un peu partout dans le pays. Le mois de janvier à lui seul a enregistré 80 mm dans la zone d'étude ce qui n'a pas épargné la plaine du Bas-Chéiff qui a été touchée par les inondations à l'instar des autres régions du Pays.

L'image acquise durant le mois de février montre une couverture végétale très dense au si bien dans les zones naturelles que les zones agricoles. Cette végétation qui se trouve même dans les zones salées à très salées dépasse les 75 % de la superficie totale de la plaine.

IV.3.2. La Salinité

La présence d'efflorescences salines est l'une des caractéristiques des états de surface salins, de couleur claire à l'état sec. On les retrouve surtout dans les dépressions salées et les sols irrigués avec des eaux chargées en sels (Douaoui et *al.*, 2007). La présence des sels peut être décelée par la télédétection directement en cas des croûtes de sels ou d'efflorescences salines à la surface des sols ou indirectement par le biais des états de surface (Mougenot, 1993 ; Khan et *al.*, 2001 ; Douaoui, 2005).

La salinité dans la plaine du Bas-Chélif est le premier facteur de la dégradation des états de surface (Mokhtari, 2009). Cette dégradation qui agit en premier lieu sur la couverture végétale rend difficile la croissance des plantes dans les endroits salés ou fortement salins. La zone de la Gaa qui est une dépression naturelle fortement saline avec une CE qui dépasse les 8 dS/m en moyenne reste généralement dépourvue de toute une couverture verte (Douaoui et *al.*, 2006).

La carte de la salinité établie par Douaoui et *al.*, 2010 a montré un gradient salin au sein de la plaine qui reste faible dans le périmètre de Ouarizane , Oued Rhio et Djediouia ce qui rend possible l'existence d'un couvert végétal avec une CE qui n'atteint pas 1.3 dS/m, alors qu'elle dépasse 4 dS/m dans le périmètre de Hmadna, ce qui peut expliquer le faible couvert végétal dans ce périmètre.

Les travaux de Mokhtari, 2009 et Douaoui, 2010 ont montré que cette faible corrélation entre le NDVI (indice de végétation) et la CE calculée induit un faible couvert végétal dans les sols salins sauf pour les espèces halophyte qui prennent l'avantage avec des taux moyens, alors que les zones de forte salinité ne possèdent que des sols nus. On peut dire que la salinité est un facteur majeur de la diminution de la dynamique végétale dans la région et qui reste un facteur limitant par excellence de la croissance des plantes.

IV.3.3. L'hydromorphie

Un sol hydromorphe est un sol qui montre des marques physiques lors d'une saturation excessive en eau temporaire ou permanente (Martin, 2005) ; ces marques peuvent être des tâches de rouilles (oxyde de fer), des tâche grises ou vertes (sol anoxique) ainsi que des points noirs par les précipitations Ferro-manganiques. Dans le cas de la plaine du Bas-

Chélif où la topographie plane coïncide souvent avec des sols à texture fine, il n'est pas rare de trouver des sols qui s'étendent sur des grandes superficies présentant le caractère hydromorphe temporaire avec des taches grisâtres et/ou verdâtres durant la période pluvieuse qui se transforment en taches de rouilles durant la période sèche (Boulaine, 1956 ; Douaoui, 2005). Ce type d'hydromorphie dont la durée est très variable d'une zone à l'autre affecte directement le développement de la végétation et s'accroît à chaque fois que l'année est pluvieuse. Il se trouve que l'année 2001 qui était particulièrement pluvieuse a causé l'inondation de plusieurs parties de la plaine telles que la Gaa (fig. 41), ce qui a eu des effets négatifs sur la couverture végétale dont certaines zones ont été totalement dépourvues de végétation comme on peut le voir sur l'image satellitaire du février 2001 (fig. 41).

La figure 41 montre l'action négative de l'hydromorphie sur le développement de la végétation dans la plaine : la première est située dans une zone très saline inondée (Gaa) et une seconde dans une zone non saline inondée dans le périmètre de Ouarizane.

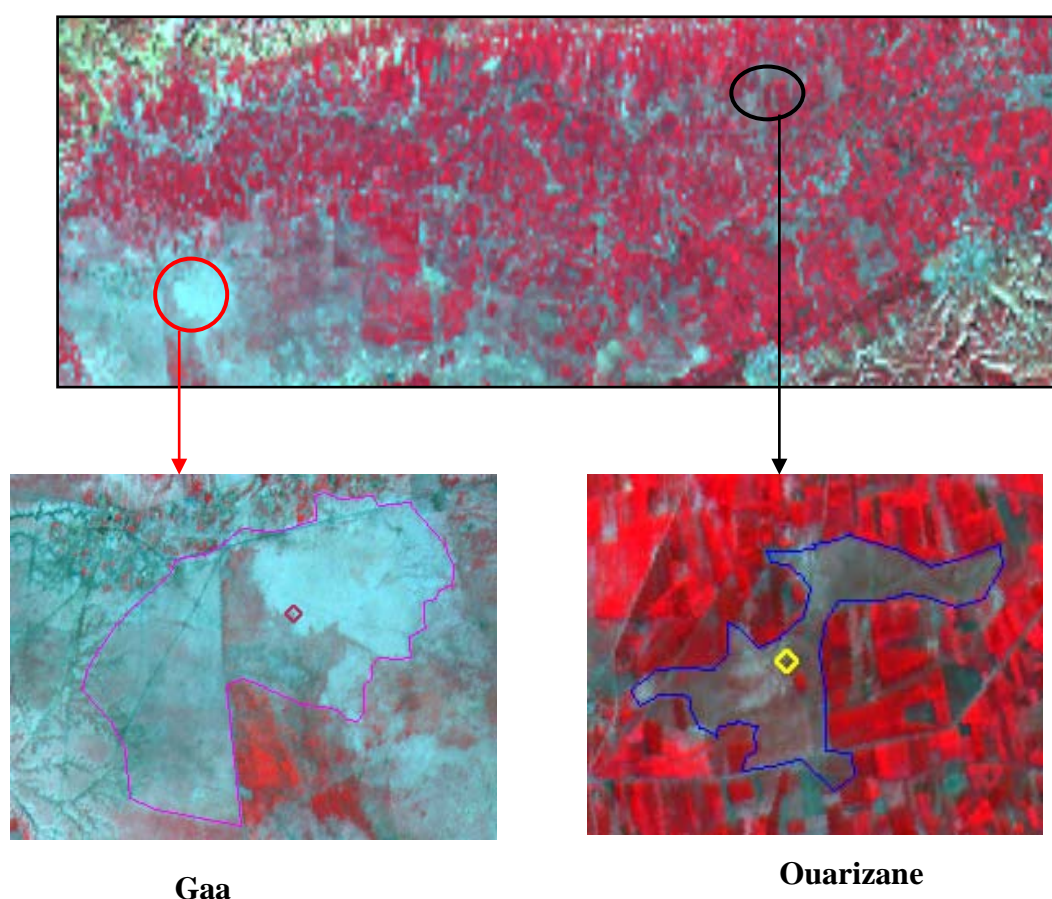


Figure 41: Localisation des sols hydromorphes étudiés dans notre région.

IV.4. Anomalies de la végétation

Nous appelons une anomalie de la végétation tout pixel qui montre un couvert végétal faible ou nul avec une faible variabilité au cours des saisons et des années. Un pareil comportement explique que la surface concernée à l'échelle d'un ou de plusieurs pixels est toujours faiblement couverte par de la végétation même en présence de l'eau. Ces anomalies doivent être d'une part, repérées au cours de deux saisons successives sèche et pluvieuses pour éliminer la cause de la non disponibilité de l'eau et d'autre part, au cours de plusieurs années successives pour montrer que cette absence de végétation n'est pas spécifique à une année particulière. De cette façon, il peut être retenu qu'au niveau des surfaces présentant ces anomalies, il existe un ou plusieurs facteurs limitant le développement normal de la végétation même en présence d'eau. Dans la région d'étude, il est connu que les principaux facteurs pouvant être à l'origine de ces anomalies sont la salinité et l'hydromorphie (Boulaine, 1957 ; Douaoui, 2005).

La détection saisonnière des anomalies saisonnières de la végétation a été faite par la superposition des cartes des NDVI issues des images prises en juillet 2000 et février 2001. Cette dernière année qui avait connu une saison particulièrement pluvieuse répond bien aux conditions de la comparaison. Les images prises en 1988, 1992, 2000, 2005 ont servi à la détection pérenne des anomalies de la végétation.

La détermination du facteur limitant est faite en plus de nos fréquentes sorties sur terrain à l'aide des cartes pédologiques de la plaine du Bas-Chéiff (Boulaine, 1957 ; Mc Donald et Bneder, 1990).

L'hydromorphie qui apparaît durant la saison pluvieuse est très fréquente dans la plaine à cause de la topographie plane avec la présence de nombreuses dépressions comme celles qui se trouvent dans la Gaa, Hmadna. La salinité, quant à elle, couvre plus de 60% de la surface totale de la plaine (Douaoui et Lépinard, 2010).

Comme on l'a déjà vu, les superficies couvertes par la végétation entre la saison sèche et la saison humide sont très différentes. Alors que durant la période estivale il n'y a que les parcelles irriguées et les cours d'eau qui gardent une certaine humidité montrent la présence de la végétation verte, cette dernière couvre la presque totalité des états de surface qu'ils se trouvent sur des zones cultivée ou des zones naturelles durant la période pluvieuse. Toutefois, certaines zones restent dénudées de toute végétation aussi bien durant la période sèche que la période pluvieuse.

L'absence de cette végétation sur toute une année qui exprime ce que nous avons appelé « anomalie de végétation » est montrée sur les deux périmètres de Djédiouia et Ouarizane (fig. 42) par des petits cercles entourant ces types de surface.

La superposition de la carte de Boulaine (1957) et celle établie par Mc Donald et Bneder (1990) sur nos cartes des NDVI saisonniers montre que les endroits d'anomalie des deux périmètres (Ouarizane et Djediouia) reviennent principalement à l'existence de l'hydromorphie, en absence d'une salinité très élevée dans ces périmètres, qui par son effet inhibiteur empêche le développement normal de la végétation y compris durant la période humide. Les anomalies repérées dans la Gaa couvrent de vastes superficies ; dans ce cas, en plus de l'hydromorphie, la salinité qui atteint des niveaux excessifs dans cette zone constitue également un facteur limitant tout développement de la végétation. La faible présence de l'hydromorphie dans la plaine de Hmadna et l'existence d'une salinité élevée à très élevée dans le périmètre de Hmadna indique que le facteur limitant de la végétation est essentiellement à la salinisation parfois excessive dans ce périmètre dont l'origine est due à la pratique des irrigations (Douaoui, 2005).

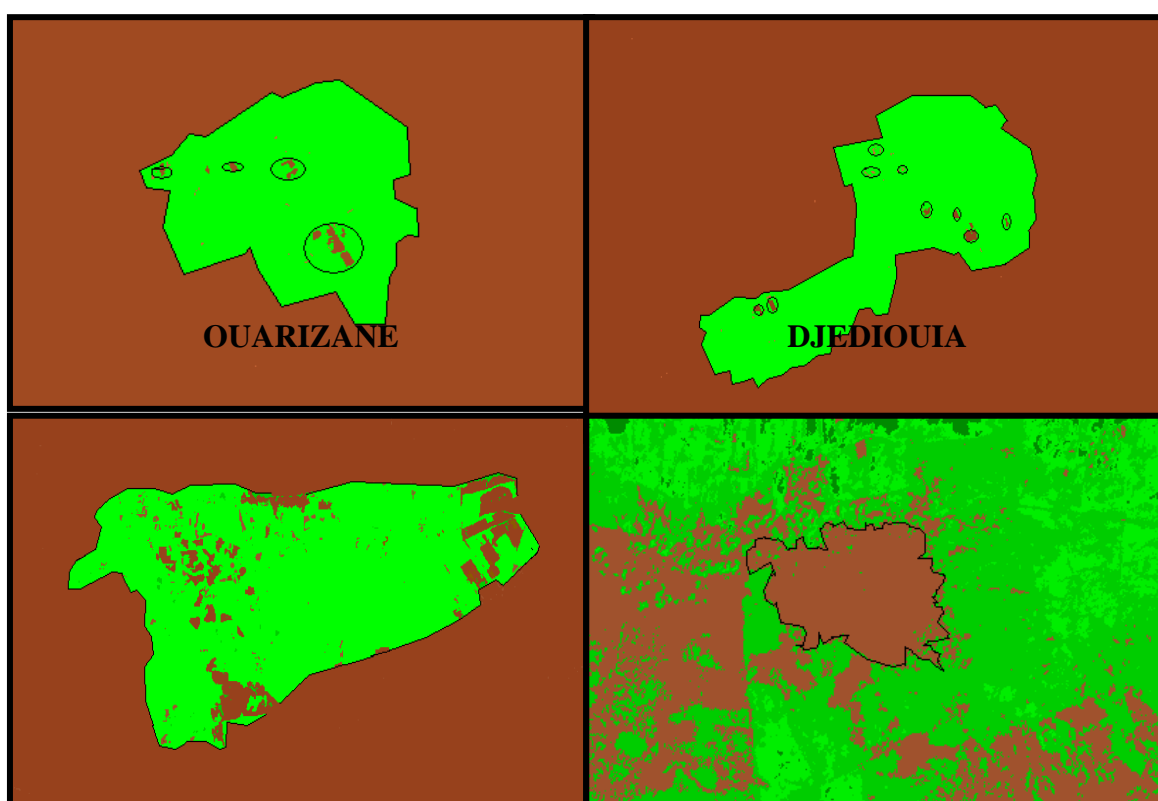


Figure 42: Anomalies saisonnières de la végétation.

Une grande partie des superficies présentant des anomalies de végétation entre la période sèche de 2000 et la période pluvieuse de 2001 a été également repérée durant les années 1988, 1992 et 2005 (fig. 43). Ce constat nous amène à dire que les facteurs limitant le développement de la végétation naturelle ou agricole ne se limitent pas à une seule période qui pouvait être due à une année climatique particulière mais se trouvent dans la plaine de façon pérenne.

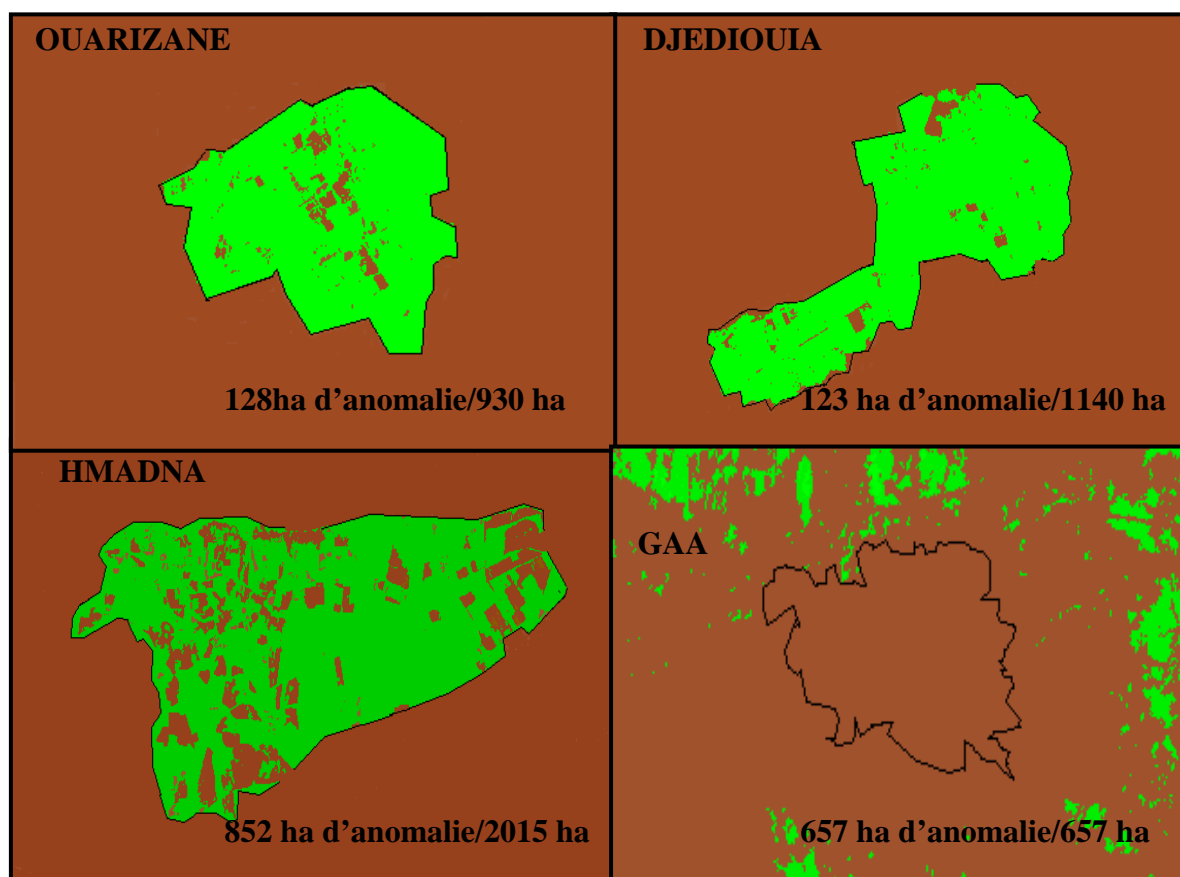


Figure 43: Anomalies pérennes de la végétation.

Les deux principaux processus de cette dégradation sont la salinisation des sols et leur hydromorphie dont les effets négatifs sur le développement de la végétations peuvent agir conjointement comme c'est la cas de la Gaa ou séparément comme c'est le cas de Hmadna (salinité) et le cas des périmètres irrigués (hydromorphie). Il apparaît donc que l'existence des anomalies de la végétation dans la plaine du Bas-Chélif est liée directement aux problèmes de dégradation des sols qui sont présents de façon pérenne plutôt qu'aux conditions climatiques comme on pouvait le croire à priori et dont l'action se limite aux saisons sèches uniquement.

Cette explication est confortée par l'étude de l'évolution de la végétation de la plaine sur longue période et de façon continue comme on peut le vérifier par le suivi décadaire des images prises par Spot Végétation.

IV.5. SPOT Végétation décadaire

Nous avons essayé de suivre l'évolution de la végétation dans les zones retenues à l'aide des données NDVI décadaires calculés à partir des images issues de SPOT végétation entre 1999 et 2010. Ce suivi complète celui qui a été effectué par Mokhtari (2009) dont les données étaient comprises entre 1999 et 2005 (fig. 44).

Il apparaît clairement l'existence d'une périodicité dans la densité de la couverture végétale qui se répète avec la même allure selon les saisons, les années et les zones. Ce constat confirme donc l'existence de facteurs limitant pérennes qui sont dus aux problèmes de dégradation des sols (salinité, hydromorphie) et du facteur climatique limitant mais saisonnier qui est du au manque de la pluviométrie durant les périodes estivales.

La périodicité dans l'évolution spatio-temporelle du couvert végétale n'empêche pas cependant l'existence de particularités entre les années des différentes zones. C'est ainsi qu'on peut voir, du point de vue temporel, que l'année 2006 (fig. 44) montre une couverture végétale la plus élevée entre toutes les années étudiées au point où les valeurs du NDVI de la Gaa sont très proches de celles des périmètres irrigués qui sont beaucoup moins salés. D'un autre côté, il apparaît que les années 2002, 2003 et 2007 sont celles qui montrent un couvert végétal le plus faible..Du point de vue spatial, c'est le périmètre de Ouarizane qui est le plus pourvu en végétation alors que la Gaa montre un faible couvert végétal et ce quelque soit la saison.

La valeur maximale du NDVI enregistrée pour l'année 2006 correspond à une année très pluvieuse (353 mm) alors les plus faibles valeurs enregistrées telle que celle de l'année 2003 correspond à une année particulièrement sèche (222 mm). Par ailleurs, la variabilité saisonnière de la pluviométrie qui est très liée aux saisons hivernales et estivales montre à quel point la pluviométrie agit directement sur le couvert végétal dans la plaine. Cette action de la pluviométrie sur la végétation est tellement importante qu'elle a pu inhiber l'effet de la salinité incontesté dans la plaine sur la végétation comme le montre la période hivernale de l'année 2006 où les valeurs du NDVI de la Gaa connue par sa salinité élevée sont équivalentes à celles des NDVI retrouvés pour les autres zones.

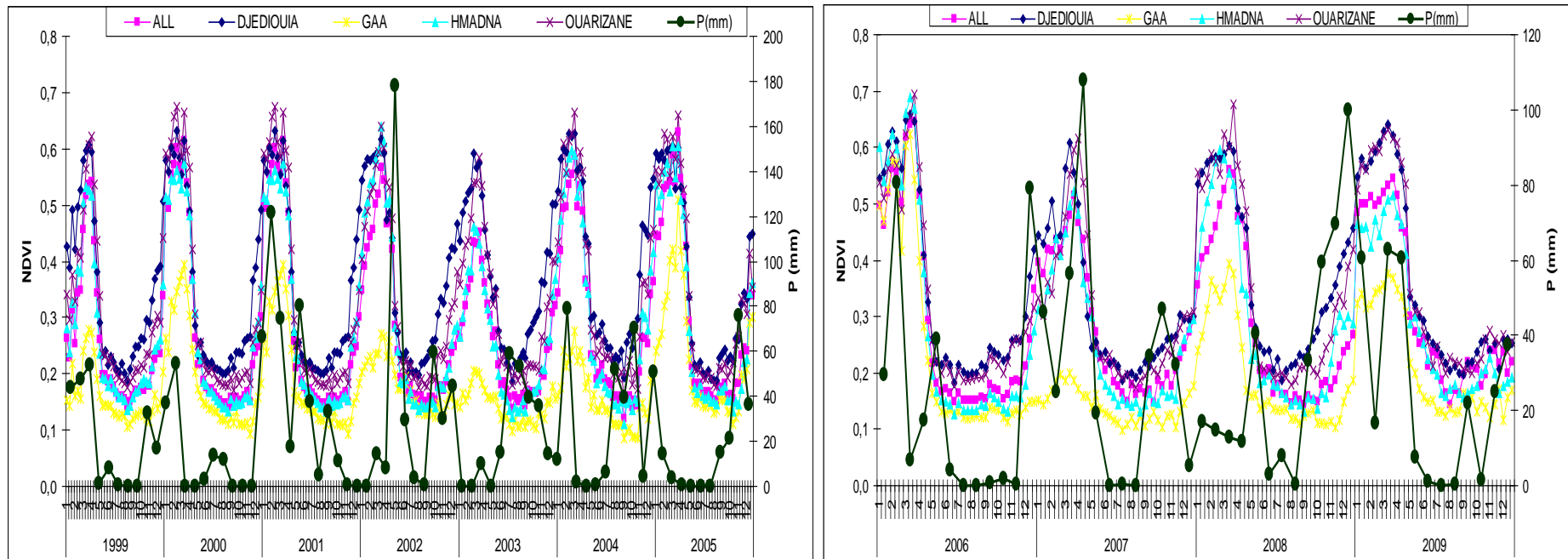


Figure 44: Evolution de NDVI dans la plaine et les zones étudiées en fonction des précipitations mensuelles Entre 1999 et 2009.

Excepté pour cette année et à un degré moindre l'année 2005 et uniquement durant ces deux saisons pluvieuses, la salinité des sols reste un facteur limitant par excellence dans la plaine du Bas-Chéliff par la dépendance très marquée de végétation à cette salinité sur toutes les autres années et pour toutes les zones. L'hydromorphie dont l'action a été montrée par les anomalies de la végétation peut également expliquer les très faibles valeurs du NDVI qui sont parfois nulles témoignant d'un couvert végétal faible ou inexistant dans la Gaa.

Pendant l'hiver, à partir du mois de Février, le NDVI atteint des pics qui varient selon la quantité de pluie reçue pour chaque année étudiée, cette quantité reste plus ou moins importante d'une année à une autre (fig.44), ce qui favorise l'activité chlorophyllienne avec une accumulation des réserves en eau du sol dont le végétal aura besoin pendant les périodes de stress hydrique qui commencent à se manifester à partir du mois d'avril. En effet, durant la saison printanière, les pluies sont très variables d'une année à l'autre ; certains mois du printemps sont très arrosés comme le montrent les années 2002, 2004, 2007 et 2009 alors que d'autres mois de la même période enregistrent une faible pluviométrie qui reste bien en deçà de ce qu'il faut pour la croissance du végétal dont le besoin maximum en eau coïncide justement avec cette période. Les années dont la moyenne des mois de mars, avril et mai montrent les plus faibles intensités de pluie sont : 1999, 2000, 2001, 2005 et 2008 (fig.44).

IV.6. Carte d'occupation du sol

La figure n° 45 représente l'occupation du sol dans la plaine du Bas-Chéliff ; l'utilisation des sols dans la région est à vocation agricole (Amichi, 2009). De ce fait, les sols sont soit cultivés soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte ou sont totalement dépourvus de végétation (Sols nus). Les zones cultivées par le maraîchage et l'arboriculture sont pour une partie soumises à des aménagements hydrauliques (réseaux d'irrigation avec quelques fois un système de drainage). Les cultures en sec concernent les céréales avec essentiellement du blé dur et de l'orge qui supporte mieux la salinité. La jachère se trouve aussi bien dans les zones irriguées que celles qui ne le sont pas mais se concentrent le plus au niveau des zones salées où on peut rencontrer des jachères de longue durée (sols cultivés occasionnellement).

Tableau 5 : Superficies par types d'occupation du sol dans la plaine du Bas- Cheliff. (Eté 2005).

Type d'occupation	Superficie (Hectare)
<i>Sols nus</i>	25155
<i>Cultures Céréalières</i>	14200
<i>Les Halophytes</i>	10300
<i>Jachère</i>	5210
<i>Arboricultures</i>	2090
<i>Maraîchage</i>	1480
<i>Cultures Fourragères</i>	605
<i>Urbain</i>	960

Sur les 60000 ha de la plaine, les sols nus dominent avec plus de 25000 ha ; cette dominance est observé pendant la période estivale plus que l'hiver (fig. 45). Pour les superficies céréalières qui se trouvent principalement sur le plateau de Benziane où la jachère occupe une part importante, les superficies avoisinent les 14000 ha..les halophytes prennent aussi l'avantage avec plus de 10000 ha concentrés surtout dans la Gaa et quelques parcelles dans les périmètres irrigués. Les sols irrigués se répartissent entre l'arboriculture avec une superficie de 2090 ha, les cultures maraichères avec une superficie de 1480 ha et les cultures fourragères qui sont faiblement représentées dans la plaine avec 605 ha. L'urbanisation qui reste faible pour le moment au vu de la superficie totale occupe néanmoins les sols qui étaient parmi les plus fertiles dans la région.

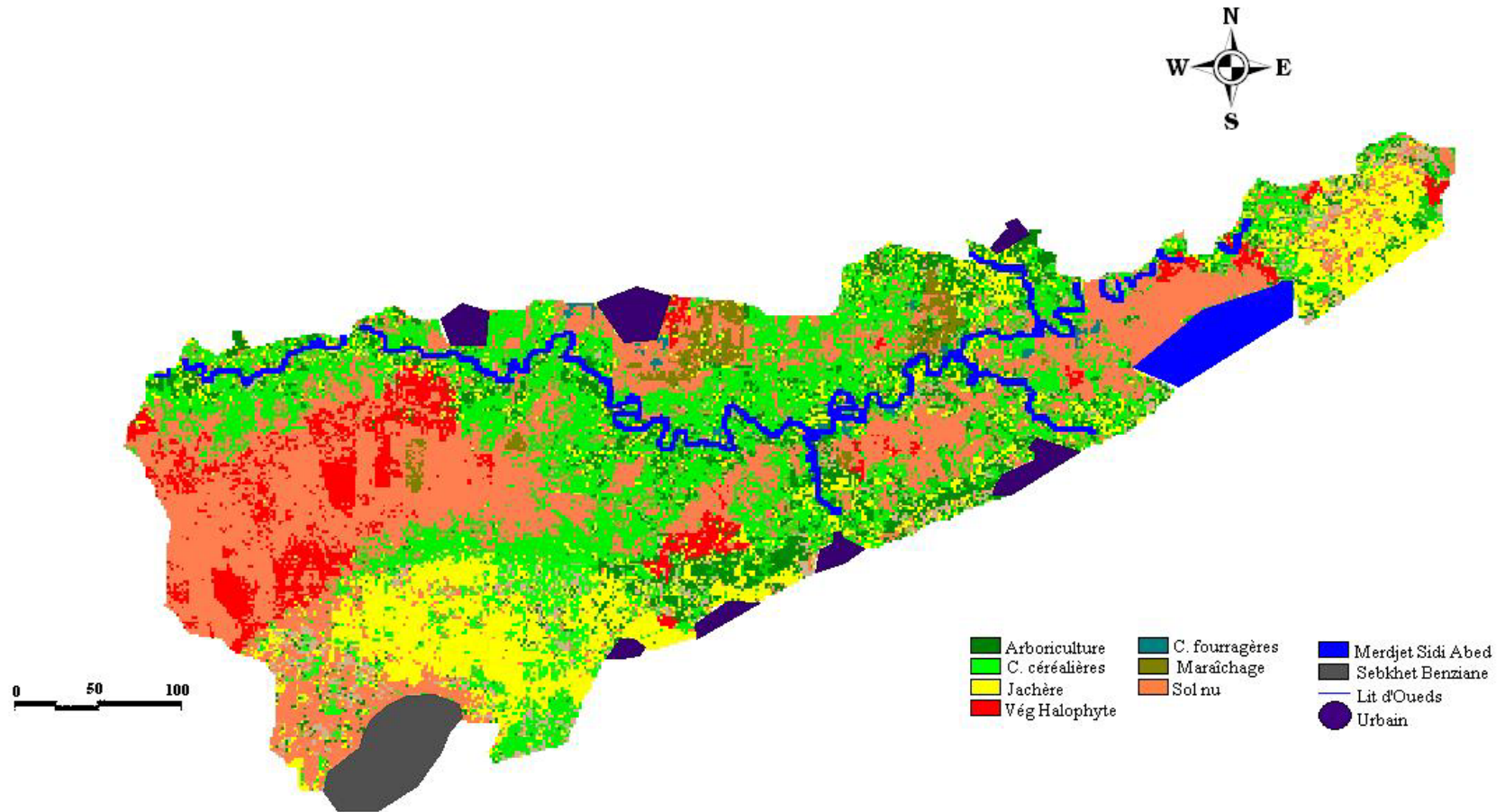


Figure 45 : Carte d'occupation du sol de la plaine du Bas-Chéliff établie de l'image satellitaire (Aout, 2005).

CONCLUSION.

Conclusion

A travers ce travail, on a étudié l'évolution de la dynamique spatiale de l'occupation du sol à l'aide de la télédétection pour d'une part, évaluer son apport dans la connaissances des états de surface et des changements survenus dans l'occupation du sol au cours du temps et d'une autre part, analyser et interpréter ces états et ces changements dans la plaine du Bas-Chélif.

Pour répondre à cette problématique, on a traité une série d'images Spot et Aster datées de 1988 jusqu'à 2005 sur lesquelles quatre zones références ont été délimitées : Ouarizane, Djediouia, Hmadna et Gaa. Les trois principaux types d'occupation des sols étudiés le couvert végétal, les sites urbains et l'eau libre à la surface.

Les résultats obtenus ont montré une dynamique importante de la végétation dont une dominance remarquable de la végétation agricole pendant les saisons sèches à travers les périmètres irrigués, revient surtout à la stratégie de l'irrigation adoptée au niveau de la plaine, cette irrigation alimente les besoins en eaux des superficies agricoles durant les périodes de puneries d'eau. La dominance nette de la végétation spontanée marqué par une forte propagation de : *Salsola vermiculata*, *Sueda fructuosa* et *piganum harmala* pendant la saison pluvieuse étudiée (saison d'inondations) est causée par l'excès en eau de pluie avec une croissance importante. La dynamique végétale au niveau de la plaine dépend donc des conditions climatiques surtout les précipitations qui agissent directement sur la couverture végétale au niveau de la région.

Les superficies agricoles ont connu des extensions spatiales proportionnellement faible par rapport aux superficies urbaines dû principalement aux bordures naturelles qui l'entoure du faite que la dynamique socio – économique dans région pendant les dernières décennies reste ralentie même avec les aménagements adoptés dans le cadre du développement durable.

La détection des anomalies de végétation dans les zones de références indique que la diminution du couvert végétal est liée surtout à la salinité ; celle-ci est le facteur majeur influençant la végétation observée surtout dans le périmètre de Hmadna alors que l'hydromorphie s'ajoute à la salinité comme un deuxième facteur de dégradation surtout dans les périmètres de Ouarizane, Djediouia et la zone naturelle de la Gaa.

Notre étude montre l'utilité de la télédétection dans la détection des changements de l'occupation du sol par une analyse numérique des trois principaux compartiments du milieu :

Conclusion.

Sol, Eau, Végétation basée sur les données des images satellitaires combinées à des données obtenues sur le milieu physique comme : le climat, type de sol et la réalité socio-économique.

Comme perspectives, il serait intéressant d'utiliser la télédétection à très haute résolution (moins d'un mètre) pour une connaissance plus approfondie de l'occupation du sol allant jusqu'à la détermination des espèces naturelles et agricoles.

Références Bibliographique

- ABH-CZ., 2002.** Bulletin de la qualité des eaux souterraines des nappes du Chélif Zahrez. Ministère des ressources en eau, 19P.
- ABH-CZ., 2006.** Bulletin de la qualité des eaux souterraines des nappes du Chélif Zahrez. Ministère des ressources en eau, 25P.
- ALAIN H., BOUCHER J.C., ROUX C., 1989.** Le traitement des images de télédétection : aperçus et perspectives. Éd. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext.
- AMICHI H., 2007.** Diagnostic agraire dans la région du Bas-Chélif: Commune d'Ouarizane, Algérie. Master Mondialisation et Dynamiques Rurales Comparées, AgroParisTech, 62p et Annexes.
- AMICHI H., 2008.** L'évolution des systèmes agraires dans le Bas Cheliff : de la décollectivatisation aux nouveaux arrangements. 4ème colloque « économie d'eau en systèmes irrigués au Maghreb ». www.Sirma-eau.net/. Paris, p.97 – 110.
- AMOKRANE, A., 2010.** Analyse de la variabilité spatiale de la salinité des couches de surface des sols de la plaine du Bas Cheliff, apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse de Magister, F.S.B – U.S.T.H.B, 85p.
- AZERZAQ M., ASSAFI M., FAHSI A., 1997.** Utilisation des images HRV de SPOT pour la détection du changement périurbain à Casablanca (Maroc). Éd. AUPELF-UREF. p. 275-282.
- BAGNOULS F. & GAUSSEN H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc.Hist. Nat.Toulouse., 88, 193-239.
- BARET F., GUYOT G., MAJOR D. J., 1989.** Crop biomass evaluation using radiometric measurements, Photogrammetria (PRS) 43, 241 – 256.
- BAUDRY J., BUREL F., 1999.** Ecologie des paysages (Concepts, méthodes et Application), Tec & Doc édition, 360 p.
- BAUDRY J., JOUIN A., 2003.** De la haie aux bocages ; Organisation, dynamique et gestion, INRA Paris édition, 396 p.
- BELOUAZNI A., 2010.** Bilan hydrosalin à l'échelle de la parcelle et d'une zone homogène drainée dans le Bas-Chélif. Thèse de Magister, Université de Chlef, 145 p.
- BENKRID E., 2008.** Etude de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la plaine du Bas Chélif (Algérie). Thèse de Master, Université de Montpellier 2, 54 p.
- BESSAOUD O., CHASSANY J.-P., ABDEL HAKIM T., NAWAR M., 2000.** Démographie, économie et rapports sociaux : les grandes transformations, p. 5-36.

- BESSAOU D O., (2004). HIPPOLYTE LECQ (1856-1922) :** apôtre d'une agrologie nord-africaine. Connaissance du Maghreb. In : Gobe Eric (dir.). L'ingénieur moderne au Maghreb (XIXe-XXe siècles). Paris (FRA) : Maisonneuve et Larose, 2004. - p. 173-192.
- BONN F., (1996)** Précis de télédétection. Vol. 2 : Applications thématiques. Presses de l'Université du Québec et l'AUPELF, Sainte-Foy et Montréal, 633 p.
- BONN F., et G ROCHON., (1992).** Précis de télédétection – Vol 1. Principes et méthodes, Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, 485 p.
- BOULAIN J., 1956.** Carte des sols des plaines du Cheliff au 1/50.000e, feuilles 1 à 5. Inspection générale de l'Agriculture du Gouvernement Général de l'Algérie.
- BOULAIN J., 1957.** Etude des sols des plaines du Cheliff. Thèse d'état de l'Université d'Alger, 582 p.
- BROSSIER R., LUMMAUX J-C., (1979).** "Cours de télédétection" Ecole Nationale des Sciences Géographiques.
- CALOZ, R. ET COLLET, C. (2001).** Précis de télédétection. Vol. 3 : Traitement numérique d'image de télédétection. Presses de l'Université du Québec et l'Agence universitaire de la Francophonie, Sainte-Foy et Montréal, 386 p.
- CCT, 2008.** Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T). Le site consulter le 15/08/2010 (version française), adresse électronique <http://www.ess.nrcan.gc.ca>.
- CERTU, 2005.** Les bases de données géographiques sur l'occupation du sol : Descriptif de 06 bases de données, Centre d'étude sur les réseaux, les transports et urbanisation, Lyon – France ; adresse électronique : <http://www.certu.fr>.
- CHERY, J.P., 2005.** Occupation et Information géographique, article de presse publié le : 21/06/2005 sur le site : <http://www.teledetection.fr/occupation-du-sol.html>.
- CLEVERS J. P G. W., 1989.** The application of a weighted infrared vegetation index for estimating leaf area index by correcting soil moisture. Remote Sensing Environ, 29, 25-37.
- CNAID, (1992).** L'Irrigation en Algérie. Comité National Algérien de l'Irrigation et du Drainage.
- DOUAOUI A., GASCUEL-ODOUX C., WALTER CH., 2004 :** Infiltrabilité et érodibilité de sols salinisés de la plaine du Bas Chéiff (Algérie). Mesures au laboratoire sous simulation de pluie. EGS, Vol. 11, N°4, 379-39.

- DOUAOUI A., 2005.** Variabilité Spatiale de la salinité et sa relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chéliff .Apport de la géostatistique et de La télédétection, Thèse Doctorat d'état, INA d'Alger, 2005, 234p.
- DOUAOUI A., NICOLAS H., WALTER CH., 2006.** Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *GEODERMA*,134(2006) 217– 230.
- DOUAOUI A., HARTANI T. LAKEHAL M., 2006.** Deuxième atelier régional scientifique et technique sur les systèmes irrigués dans les pays maghrébins. IAV Hassan II et l'ENA de Meknes. Marrakech, Maroc, SIRMA 29-31 mai 2006.
- DOUAOUI A., HARTANI T.,2007** - Troisième atelier régional scientifique et technique sur les systèmes irrigués dans les pays maghrébins. Nabeul, Tunisie, SIRMA 04-08 juin 2007.
- DOUAOUI A., LEPINARD P., 2010.** - Télédétection et salinité des sols, *Géomatique Expert*, 76 – 2010.
- DOUETTE, M., 2001.** Etude de la caractérisation des paysages à l'échelle régionale. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, 117 p. ENESAD – 2001.
- EL ASSAOUI N., HAKDAOUI M., RHINANE H., 2009.** Etude de la dynamique de l'occupation des sols de la région de Berrechid (Maroc) à l'aide des données de télédétection et du SIG, Colloque international de la géomatique, Tunisie 16 – 20 décembre, 2009.
- ENERGOPROJECT, (1967).** Etude de l'irrigation des grands périmètres irrigués Algériens. Périmètre du Bas Chelif. Etude bibliographique. Document interne (non publié).
- ESCADAFAL R., 1989.** Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et par télédétection. (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération). Thèse de Doctorat, l'Université de Paris VI, France, Editions de l'ORSTOM. 293 p.
- ESCADAFAL R., BELGHITH A., BEN MOUSSA H., 1994.** Indices spectraux pour la télédétection de la dégradation des milieux naturels en Tunisie aride. Actes du sixième symposium international, Mesures physiques et signatures spectrales en télédétection. 17-21 janvier, Val d'Isère (France), 253 - 259.
- FAO. 1998.** FRA 2000: termes et définitions. Document de travail no.1. Programme d'évaluation des ressources forestières 2000 (Forest Resources Assessment, 2000). Département des forêts, Rome.20p. [Document internet disponible sur le site : <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp>.

- GAUCHER G., 1947.** Méthodes actuelles d'étude des terrains salés en Afrique du Nord.
- GHERINA S-A., 2008.** Impact de l'utilisation des eaux souterraines dans l'irrigation sur la dégradation des sols de la plaine du Bas Cheliff « apport de la télédétection ».Thèse de magistère, CUKM, Khemis Miliana, 119 P.
- GIRARD M.-C., & GIRARD, C.-M., 1989.** Télédétection appliquée, zones tempérées intertropicales. (2 ed.), Paris, Masson, 260 p.
- GIRARD M.C. & GIRARD C.M., 1999.** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p + CD-ROM.Conférence de Pédologie Méditerranéenne, AFES, Paris.
- HUETE, A.R., 1988.** A soil-adjusted vegetation index (SAVI), Remote Sens. Environ., 25:295-309.
- IGN, 2008.** Applications de la télédétection dans l'étude de l'environnement. Institut Géographique Nationale de France, site consulté le : 14/10/2010. <http://www.ign.fr>.
- INRAA., 2009.** Institut Nationale de Recherches Agronomiques Algérienne, Hmadana, Relizaine.
- KHAN N. M., RASTOSKUEV V. V., SHALINA E., SATO Y., 2001.** Mapping salt-affected soil using remote sensing indicators. A simple approach with the use of Gis Idrissi. 22nd Asian Conference on Remote Sensing; 5-9 November, Singapore.
- KING CH., 1977.-** Examen des possibilités des hyperfréquences en pédologie. 1ère coll. Pédologie. Télédétection. ORSTOM. Rome. Pp 43-54.
- MBALA E M G., 2009.** Etude de la dynamique spatio-temporelle d'occupation des terres de la commune de madjoari (Burkina –Faso). Master en Ingénierie d'eau, 68p. Institut des sciences de l'eau et Environnement (Burkina – Faso).
- MC DONALD ET BNEDER., 1990.** (Bureau National d'Etude pour le Développement Rural), Etude de l'avant projet détaillé des extentions de Guerouaou et de Sebkhath Benziane et du réaménagement du Bas Chélif.
- MOKHTARI, D., 2009.** Apport de la télédétection dans l'évaluation de la dégradation des états de surface en milieu salin (Le Bas-Chélif). Thèse de Magister, 122p, L'U.S.T.H.B d'Alger, Janvier, 2009.
- OZENDA P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Ed : Edoin, Paris, p431.
- PROVENCHER, L ET DUBOIS, J.-M.M., (2003A).** Historique de la photo-interprétation et de ses applications au Québec depuis 1919. 71e Congrès de l'ACFAS, Rimouski, 19-23 mai 2003, texte de 25 p.

- RICHARDSON, A.J., & WIEGAND, C.I., 1977.** Distinguishing Vegetation from soil background information: Photogrammetrie Engineering & Remote Sensing, 43: 1542 – 1553.
- ROBIN, M., 2002.** La télédétection : des satellites aux systèmes géographique, 57 : 2 – 7p.
- SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie, typo-litho. Alger.
- SOUDANI, K., 2005.** Cours rédiger de télédétection. Introduction générale à la télédétection. ECOII Version 1.2 – Séries -Version PDF. ., Univ. Paris Sud XI. 26 p.
- SOUDANI, K., 2006.** Corrections atmosphériques, géométriques et classification des images de télédétection sous ENVI. Travaux Dirigés en télédétection, Version PDF. Univ Paris Sud XI 18p.
- TILLOU, S., 2010.** Influence de la qualité géochimique des eaux souterraines sur la dégradation des sols irrigués de la plaine du Bas-Chéiff. Incidences sur la durabilité environnementale. Thèse de Magister, F.S.B – U.S.T.H.B, 78p.
- TONON, M, 2008.** Cours d'initiation à la télédétection optique, 78p. Université de liège, Belgique.
- U.S.S.L.S. (UNATED STATE SALINITY LABORATORY STAFF),, 1954.** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, US Department of Agriculture, Handbook n°60, U. S. Gov. Print. Office, Washington D.C, 159p.
- YACONO, X. 1954.** Colonisation des plaines du Chéiff (de Lavigerie au confluent de la Mina), Tome 1, Imprimerie Imbert, Alger.

www.georezo.net

www.googleearth.com

www.spotimage.com

www.usgs.gov.us

Abstract

The plain of Lower Cheliff knows a very active space-time dynamics of land cover and land use. We used Remote-Sensing to detect and study these changes during the three last decades.

The digital analysis of the satellite imagery corresponding to the years 1988,1992,2000,2001 and 2005 showed the importance of the seasonal effect on the extension and the density of the vegetable cover which is under the narrow dependence of pluviometry. Other factors also intervene on this vegetation such as; the salinity and the hydromorphy which can constitute according to the zones and the seasons factors that limit the natural or agricultural development of the plant.

The extension of the urban areas did not save the arable lands which are often most fertile and the least salted. This evolution was very fast between the years 1988 and 2000 following the massive rural migration of the population which has occurred during this period.

Key words

ملخص

يعرف سهل الشلف الأدنى ديناميكية سطحية نشطة متغيرة عبر الزمن في مجال استعمال واستخدام الأراضي. قمنا باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد لكشف ودراسة هذه التغيرات على مدى العقود الثلاث الماضية.

التحليل الرقمي لصور الأقمار الصناعية للسنوات 1988، 1992، و 2000، 2001 و 2005 أظهر أهمية التأثير الموسمي على مدى وكثافة الغطاء النباتي الذي يعتمد بنسبة كبيرة على هطول الأمطار في المنطقة. كما أن الملوحة وتشبع التربة بالمياه والتي عبر مختلف المناطق و المواسم تعتبر من العوامل التي تحد من التطور الطبيعي والزراعي للنباتات.

لم يستثنى التوسع في المناطق الحضرية الأراضي الزراعية التي غالبا ما تكون خصبة و ضعيفة الملوحة. حيث سجلنا تطورا سريعا جدا بين عامي 1988 و 2000 عائد خصيصا الى الهجرة الكبيرة لسكان الريف خلال هذه الفترة.

مفاتيح: الشلف الأدنى، استعمال الأراضي، الاستشعار عن بعد..