



UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN TIARET
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



THESE DE DOCTORAT *ES SCIENCES*

Présentée par :

M. AZZAOUÏ Mohamed Essalah

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie

Dynamique de végétation du couvert forestier dans la région de Tiaret

Soutenue le : 21/12/2017

Devant l'honorable jury composé de :

<i>Président de jury :</i>	M. DELLAL A	Professeur, Univ.Tiaret
<i>Directeur de thèse :</i>	M. MAATOUG M	Professeur, Univ.Tiaret
<i>Examineurs :</i>	M. HELAL B	Professeur, Univ.Tiaret
	M. BEGHALIA M	Professeur, C.U. Tissemsilet
	Mme AYAD N	Professeur, U.D.L/SBA
	Mme AYACHE A	MCA, U.D.L/SBA
<i>Invité d'honneur :</i>	M BERRAYAH M	MCB, Univ.Tiaret

Année universitaire : 2017-2018

Remerciements

Au terme de cette étude, je remercie avant tout **Dieu le Tout Puissant**, de m'avoir donné la foi et le courage et de m'avoir guidé pour l'accomplissement de ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement mon directeur de thèse, le professeur MAATOUG M'hamed qui, en m'accordant sa confiance, m'a permis de réaliser cette étude. Je le remercie pour son soutien scientifique, son suivi, ses conseils, ses directions tout au long de ce projet. Je le remercie aussi pour ses encouragements, sa patience. Tout cela m'a donné la motivation et l'énergie pour aboutir à travailler fort.

Je remercie en second lieu les responsables de la faculté de Géographie et d'Aménagement ; Université de Strasbourg de m'avoir permis de réaliser ce travail au sein du laboratoire d'Image, Ville et Environnement. Je souhaite aussi faire preuve de gratitude envers les professeurs SERRADJ Aziz et Pierrick BORNEMANN et toutes les personnes qui ont collaboré de près ou de loin à l'aboutissement de cette thèse, à travers la durée de la réalisation du stage au sien de leur établissement.

Je remercie vivement Monsieur DELLEL Abdelkader. Professeur à l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury et à qui je dois une reconnaissance toute particulière.

Mes sincères remerciements s'adressent à Monsieur HELLAL Benchabane, Professeur à l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, Monsieur BEGHALIA Mohamed, Professeur au Centre Universitaire de Tissemsilt, à Madame AYAD Nadera, Professeur à l'Université Djilali Liabes de Sidi Belabbes, à Madame AYACHE Abbassia, Maître de Conférences (A) à l'Université Djilali Liabes de Sidi Belabbes, qui me font l'honneur d'assister au jury de soutenance de ma thèse ; Sans hésitation, ils m'ont montré leur intérêt pour ma thématique de recherche et leur disponibilité à faire partie du jury.

Je tiens à remercier Monsieur BERRAYAH Mohamed, MCB à l'Université de Tiaret qui a suivi de près ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance et mon profond respect pour ses précieux conseils, son aide et sa disponibilité.

A cette occasion, mon témoignage de reconnaissance va à :

Monsieur MAAMAR Benchohra, MCB au Centre Universitaire de Tissemsilt pour son suivi en silence et sa compréhension. Grâce à sa rigueur et son support.

Monsieur ZAIDI Hachemi, MAB à l'Ecole Supérieure Agronomique de Mostaganem pour ses précieux conseils, son aide surtout dans le domaine de la télédétection.

Je voudrais remercier ici les personnes qui, par leurs conseils et leurs discussions ont contribué à l'aboutissement de ce travail : M. AIT HAMMOU M., M. DAHMANI W., KHELFA A, SALIM B.

Merci à tout le personnel de l'Université de Tiaret et la conservation des forêts de la Wilaya de Tiaret pour leur support en données.

A mes très chers Parents, pour leur sacrifice, leur amour sans limite, leur patience et leurs encouragements, je vous dis mille merci.

A mes chères Sœurs qui m'ont toujours apporté leur soutien.

Enfin, j'exprime mes vifs remerciements et ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de cette thèse, car la réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans eux, grâce à l'aide de certaines personnes par leurs conseils, leurs critiques et leurs soutiens.

Résumé :

Le massif forestier de Sdamas sur lequel porte notre contribution est localisé en Algérie occidentale, il fait partie intégrante des monts de Tiaret.

L'objectif principal de ce travail, vise la quantification de la diversité floristique des groupements végétaux existants en se basant sur la méthode phytoécologique, cartographique et une analyse numérique (AFC). L'étude bioclimatique confirme montre que notre région appartient à l'étage semi-aride à hiver frais.

En effet, les résultats obtenus à travers l'étude floristique montrent que la région de Sdamas est peuplée par 27 espèces, dont les fréquemment rencontrées sont : *Tetraclinis articulata* 15 %, *Quercus coccifera* 13 %, *Pinus halepensis* 11 %, *Pistacia lentiscus* 9 %, *Phylleria angustifolia* 8%. Son spectre biologique dominant est les chamaephytes (44 %). L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a permis de traiter conjointement les variables floristiques et écologiques. Ce traitement global, a permis de vérifier qu'il existe bien un cortège floristique original.

Sur le plan dynamique, l'étude vise à analyser l'occupation du sol de la région de Sdamas sur un intervalle de 43 années regroupées en 9 classes thématiques qui sont : Surfaces minérales (Urbanisme), Zone humide, peuplement de Thuya, peuplement mixte, maquis, nappes Alfatières, sols nus et jachères, ainsi que les matorrals de Pin.

La dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol nécessite un suivi régulier du couvert végétal à partir de l'imagerie de télédétection spatiale. C'est pour cette raison que nous nous sommes appuyés sur des données de terrain pour effectuer l'analyse diachronique avec cinq scènes bien définies 1972, 1985, 1998, 2003 et 2015, à partir des images satellitaires Landsat (MSS, TM et ETM+). L'analyse de ces cartes, permet de constater les différents changements qui se passent au niveau du sol. Nous avons constaté que notre espace végétal naturel a subi une dégradation, perturbation et régression à cause des différentes activités humaines, à savoir : le surpâturage, les incendies et l'urbanisation...etc.

Mots clés : Dynamique, phytoécologie, cartographie, télédétection, AFC, Sdamas, Tiaret.

Abstract:

The forest of Sdamas to which our contribution relates is located in West Algeria, it is an integral part of the mounts of Tiaret.

The main objective of this work is to quantify the plant diversity of existing plant groups based on the Phytoecological study, cartographic method and numerical analysis (AFC). The bioclimatic study revealed a drier bioclimatic environment shows that our region belongs to the semi-arid stage with cool winter.

Indeed, the results obtained through a floristic study show that the Sdamas region is populated by 21 species, the frequently encountered are: *Tetraclinis articulata* 15 %, *Quercus coccifera* 13 %, *Pinus halepensis* 11 %, *Pistacia lentiscus* 9 %, *Phylleria angustifolia* 8%. Its biological spectrum is dominated by chamaephytes (44 %). The factorial analysis of the correspondences allowed us to treat the floristic and ecological variables jointly. This overall treatment allowed us to have a view on certain aspects and training in the study area, and to verify that there is indeed an original floristic cortège.

For further analysis of dynamics, the aim is to analyze the land occupation of the Sdamas region over a 43-year interval grouped into 9 thematic classes: Mineral Surfaces (Urban Planning), Wetland, Thuja stand, mixed stand, maquis, grounds of Alfa, bare soils and fallow, Matorrals of Pine.

The spatial and temporal dynamics of land use require regular monitoring of vegetation cover from remote sensing imagery. It is for this reason that we relied on field data to perform the diachronic analysis with five well-defined scenes 1972, 1985, 1998, 2003 and 2015, using Landsat satellite images (MSS, TM and ETM +). The analysis of these maps allows us to observe the different changes that take place at ground level. We have found that our natural plant space has been degraded, disturbed and regressed due to various human activities, including: overgrazing, fires, urbanization, etc.

Keywords: Dynamics, Phytoecology, Cartography, remote sensing, AFC, Sdamas, Tiaret.

ملخص :

إن مرتفعات صدمة التي ترتبط بها موضوع دراستنا تقع في غرب الجزائر، وهي جزء لا يتجزأ من جبال تيارت.

والهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحديد الكمية التنوع النباتي للمجموعات النباتية القائمة على أساس التحليل النباتي ورسم الخرائط و تحليل العددي (AFC). وكشفت الدراسة البيومناخية عن وجود بيئة مناخية أكثر جفافا تظهر أن منطقتنا تنتمي إلى المرحلة شبه القاحلة مع فصل الشتاء البارد.

في الواقع النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الدراسة النباتية تبين أن منطقة صدمة هي 27 نوعا.

تمكنا من خلال النتائج المحصل عليها تمييز الأنواع الشائعة و هم :

Tetraclinis articulata 15 % , *Quercus coccifera* 13 % , *Pinus halepensis* 11 % ,
Pistacia lentiscus 9 % , *Phylleria angustifolia* 8% .

وبهيمن على الطيف البيولوجي les Chamaephytes (44%). كما مكننا التحليل العددي (AFC) بدراسة شاملة للمعطيات ، واثاح لنا فرصة التعرف على المتغيرات النباتية والإيكولوجية. وقد سمحت هذه العملية لأن يكون لدينا نظرة عامة على بعض الجوانب للتركيبية النباتية في منطقة الدراسة، والتحقق من أن هناك بالفعل مجموعات نباتية مميزة في منطقة الدراسة.

هذه الدراسة ، تهدف أيضا إلى تحليل الغطاء النباتي لمنطقة صدمة على مدى 43 عاما الفاصل الزمني مجمعة إلى 9 فئات المواضيعية وهي: السطوح المعدنية (الحضرية) والأراضي الرطبة، ومواطن نبات العرعار ، مواطن مختلطة، الغابات المتدهورة ، أراضي فلاحية وأخرى جرداء ، أراضي بها نبات الحلفاء ، أرض يحيط بها الماء ، أيضا، مواطن الصنوبر.

و لملاحظة التغيرات المكانية والزمنية لتحرك الغطاء النباتي يجب أن يكون رصد منتظما للغطاء النباتي من صور الاستشعار عن بعد.

ولهذا السبب اعتمدنا على بيانات ميدانية لإجراء التحليل الرقمي لتغيرات الزمنية مع خمسة مشاهد محددة جيدا 1972 ، 1985 ، 1998 ، 2003 و 2015 ، وذلك باستخدام صور القمر الصناعي (Landsat TM et MSS +ETM). ويسمح لنا تحليل هذه الخرائط بمراعاة التغيرات المختلفة التي تحدث على مستوى منطقة الدراسة. وقد وجدنا بعد تعميق المعلومات أن مساحة الغطاء النباتي قد تدهورت وتراجعت بسبب الأنشطة البشرية المختلفة، بما في ذلك: الرعي الجائر والحرائق وكذا التوسع العمراني ، وما إلى ذلك.

كلمات المفتاحية: الدراسة التغيرات - علم البيئة النباتية - علم الخرائط - الاستشعار عن بعد- التحليل العددي (AFC) - صدمة - تيارت.

Liste des figures

Figure 01 : Carte de situation de la zone d'étude.....	06
Figure 02 : Carte des expositions de la zone d'étude.....	07
Figure 03 : Carte des pentes de la zone d'étude.....	08
Figure 04 : Carte du réseau hydrographique.....	09
Figure 05 : Carte de distribution spatiale des précipitations dans la région de Tiaret.	15
Figure 06 : Variation des précipitations mensuelles de la région de Tiaret ; ancienne période (1970-1991) et nouvelle période (1992-2015).....	16
Figure 07 : Le régime pluviométrique saisonnier.....	17
Figure 08 : Variation des moyennes mensuelles de température de la station de Tiaret (1986-2015).....	19
Figure 09 : Rose des vents (station de Tiaret).....	20
Figure 10 : Moyennes mensuelles d'humidité relative, station de Tiaret (1986-2015)	21
Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station de Tiaret (1986-2015).....	23
Figure 12 : Position de la wilaya de Tiaret sur le climagramme d'Emberger.....	26
Figure 13 : Influence de l'expansion démographique sur l'écosystème naturel.....	30
Figure 14 : Représentation schématique des unités d'échantillonnage.....	40
Figure 15 : Pourcentages des familles de la zone d'étude.....	48
Figure 16 : Classification des types biologiques de Raunkiaer.....	50
Figure 17 : Pourcentage des types biologiques de la zone d'étude.....	52
Figure 18 : Pourcentage des types morphologiques de la zone d'étude.....	53
Figure 19 : Plan factoriel des expositions en fonction des espèces dans la station de Frenda.....	58
Figure 20 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Station 1)...	59
Figure 21 : Plan factoriel des expositions en fonction des espèces dans la station de Mechraa Sfa.....	61
Figure 22 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Station 2)...	62
Figure 23 : Plan factoriel des expositions en fonction des espèces dans la station de Sidi Bakhti.....	64
Figure 24 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Station 3)...	65
Figure 25 : Plan factoriel des stations en fonction du taux de recouvrement des espèces dans la zone d'étude Sdamas.....	67
Figure 26 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Sdamas)...	68
Figure 27 : Processus de la télédétection.....	76

Figure 28 : Spectre visible	79
Figure 29 : Rayonnement infrarouge.....	80
Figure 30 : Principe de classification des images.....	84
Figure 31 : Principe de classification supervisée.....	85
Figure 32 : Les étapes de classification supervisée.....	87
Figure 33 : Images de composition colorée TM et multi-datées de la zone d'étude	89
Figure 34 : MNT de la zone d'étude (3D).....	90
Figure 35 : Indice de différence de végétation normalisé (NDVI) couvrant la zone d'étude (Mai 1988).....	93
Figure 36 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Novembre 1972).....	99
Figure 37 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mars 1985).	100
Figure 38 : Indice végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mars 1998).....	100
Figure 39 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mars 2003).	101
Figure 40 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mai 2015)..	101
Figure 41 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 1972).....	106
Figure 42 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 1972).....	107
Figure 43 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 1985).....	108
Figure 44 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 1985).....	109
Figure 45 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 1998).....	110
Figure 46 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 1998).....	111
Figure 47 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 2003).....	112
Figure 48 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 2003).....	113
Figure 49 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 2015).....	114
Figure 50 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 2015).....	117
Figure 51 : Représentation diachronique de l'occupation du sol (1972 et 2015).....	118
Figure 52 : Carte des changements d'occupation du sol entre 1972 et 2015).....	121

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les classes de pentes.....	07
Tableau 02 : Régime pluviométrique saisonnier ancienne période (1970-1991) et nouvelle période (192-2015).....	17
Tableau 03 : Quotient pluviométrique et étage bioclimatique.....	24
Tableau 04 : Situation bioclimatique des stations d'étude.....	25
Tableau 05 : Valeurs de l'indice d'aridité de Demartonne et bioclimat correspondant	27
Tableau 06 : Evolution de la population dans la région de Sdamas.....	28
Tableau 07 : Évolution de l'effectif du cheptel au niveau de la zone d'étude.....	29
Tableau 08 : Moyenne des délits enregistrés dans la forêt de Tiaret	31
Tableau 09 : bilan des incendies de forêts enregistrées dans la wilaya de Tiaret.....	32
Tableau 10 : Valeurs de références propres à l'utilisation de la mire de Parde pour différentes superficies des placettes circulaires.....	39
Tableau 11 : Répartition des familles par station.....	49
Tableau 12 : Pourcentage des types biologiques.....	51
Tableau 13 : Pourcentage des types morphologiques.....	53
Tableau 14 : Inventaire floristique de la zone d'étude.....	54
Tableau 15 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des trois axes de l'AFC 1...	59
Tableau 16 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des trois axes de l'AFC 2...	62
Tableau 17 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des trois axes de l'AFC 3...	65
Tableau 18 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des deux axes de l'AFC 4..	67
Tableau 19 : Caractéristiques des images satellitaires Landsat.....	88
Tableau 20 : Comparaison statistique des changements de l'occupation du sol (1972- 2015).....	118
Tableau 21 : Changements d'occupation du sol de la zone d'étude entre 1972 et 2015 (en %)......	122

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....1

PREMIERE PARTIE

Caractérisation de la zone d'étude, Sdamas

CHAPITRE I

Etude du milieu physique

1. Cadre géographique de la région de Tiaret	4
2. Le patrimoine forestier de la wilaya de Tiaret	4
2.1. Les principales forêts	4
3. Présentation de la region d'étude.....	5
3.1. Situation géographique de la zone d'étude	5
3.2. Situation administrative.....	5
4. Relief.....	6
5. Pentes	7
6. Hydrographie	8
7. Lithologie.....	10
7.1. Le quaternaire.....	10
7.2. Le secondaire.....	10
7.3. Le jurassique	11
8. Caractères pédologiques	11
8.1. Classe des sols minéraux bruts.....	11
8.2. Classe des sols peu évolués.....	12
8.3. Classe des sols sesquioxides de fer	12
8.4. Classe des sols calcimagnésiques.....	12
9. La végétation.....	12

CHAPITRE II

Approche bioclimatique

1. Introduction.....	14
2. Les facteurs climatiques.....	14

2.1. Précipitation	15
2.2. Synthèse des données pluviométriques	16
2.3. Régime saisonnier	16
2.4. Température	18
2.5. Autres facteurs.....	19
a. Vent	19
b. Sirocco.....	20
c. Humidité relative	21
d. Gelée et neige	21
3. Synthèse climatique	22
3.1. Courbe ombrothermique de Bagnols et Gaussen	22
3.2. Quotient pluviométrique et le climagramme d'Emberger.....	23
3.3. Indice d'aridité de Demartonne.....	26
4. Conclusion	27

CHAPITRE III

Enquête socio-économique

1. Introduction.....	28
2. Population	28
3. Elevage.....	29
4. Pression anthropozoogène	29
5. Causes de dégradation.....	30
6. Infrastructure Forestière.....	33
7. Conclusion	33

DEUXIEME PARTIE

Etude phytoécologique

CHAPITRE I

Description des groupements des végétaux

1. Introduction.....	35
2. Echantillonnage et choix des stations	35
2.1. Echantillonnage	35
2.2. Choix des Stations.....	37
3. Surface des placettes	38
4. Les principales méthodes de récolte des données.....	40
4.1. Méthode physionomique	40
4.2. Méthode dynamique	41
4.3. Méthode phytoécologique	41
4.3.1. Méthode de relevés.....	42

4.3.2. Méthode d'analyse de données floristiques	42
4.4. Méthode phytosociologique	44
4.4.1. Les caractères analytiques	44

CHAPITRE II

Analyse floristique

1. Introduction.....	47
2. Analyse des résultats.....	47
2.1. Composition floristique par famille	48
2.2. Type biologique.....	49
2.3. Type morphologique	53
2.4. Composition floristique de la zone d'étude.....	55
3. Conclusion	55

CHAPITRE III

Relation : groupements des végétaux- facteurs du milieu

1. Introduction.....	56
2.Méthodologie	56
2.1. Codage.....	57
3. Résultats et interprétation	57
3.1. Cartes factorielles « espèces végétales ».....	57
3.1.1. AFC N°1 : expositions – espèces – station 1	58
3.1.2. AFC N°2 : expositions – espèces – station 2	61
3.1.3. AFC N°3 : expositions – espèces – station 3	64
AFC N°2 : stations - taux de recouvrement des espèces.....	67
4. Discussion générale	70
5. Conclusion.....	74

TROISIEME PARTIE

Cartographie des groupements forestiers

CHAPITRE I

Données et méthodes de traitement et analyse spatiale

1. Introduction.....	75
2. Utilisation de la télédétection spatiale dans la cartographie des groupements forestiers.....	75
2.1. Télédétection	75
2.2. Principe de télédétection	75

2.3. Objectif de la télédétection.....	76
3. Les principaux satellites d'observation de la terre.....	77
3.1. Les images Landsat	77
4. La signature spectrale	78
4.1. Le spectre électromagnétique.....	78
4.2. La réflectance	81
5. Indice de différence de végétation normalisé (NDVI).....	82
6. La classification des données.	83
6.1. La classification non supervisée.....	84
6.2. La classification supervisée.....	84
7. Diversité des conceptions cartographiques.....	86
8. Approche méthodologique.....	88
8.1. Matériel et méthode utilisée	88
8.1.1. Génération d'un modèle numérique de terrain (MNT)	90
8.2. Les logicielles utilisées.....	90
8.2.1. Logiciel ENVI.....	90
8.2.2. Logiciel ArcGis	91
8.3. Les traitements d'images.....	92
8.3.1. Correction géométrique.....	92
8.3.2. Traitement par l'indice de différence de végétation normalisé (NDVI).....	92
8.3.3. Cartes d'occupation des sols	93
9. Rôle de la télédétection dans le suivi de la végétation.....	94
10. Avantages et limites de l'outil télédétection.....	95
11. Conclusion	96

CHAPITRE II

Etude diachronique et dynamique de la végétation

1. Introduction.....	97
2. Etude diachronique de la végétation	97
3. Méthodologie	98
4. Occupation du sol par exploitation des scènes satellitaires	99
4.1. Analyse et interprétation de l'indice de différence normalisé de végétation	99
4.2. Les unités d'occupation du sol entre 1972 et 2015.....	104
4.3. Les cartes d'occupation des sols	105
a. Carte d'occupation du sol (1972)	105
b. Carte d'occupation du sol (1985)	108
c. Carte d'occupation du sol (1998)	110
d. Carte d'occupation du sol (2003)	112
e. Carte d'occupation du sol (2015)	114
4.4. Comparaison et interprétation statistique.....	118

5. Carte des changements spatio-temporels	120
6. Discussion générale	123
7. Conclusion	128
Conclusion générale et perspectives.....	129

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

GENERALE

L'Algérie de part sa position géographique présente une grande diversité de biotope occupée par une importante richesse floristique. Ses écosystèmes forestiers se caractérisent par une richesse floristique remarquable, certains représentent des paysages d'intérêt mondial (Benabadji et *al.*, 2007).

Au plan de la diversité biologique, la flore des hautes montagnes d'Algérie, au même titre que celle des hautes montagnes d'Afrique du Nord, dans sa quasi-totalité, est une flore méditerranéenne (Quezel, 1957). Des formes de dégradation caractérisent également la végétation des montagnes du Nord de l'Algérie. Les garrigues montagnardes à xérophytes, constituent un des paysages végétaux parmi les plus répandus.

L'étude de la flore méditerranéenne permet de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence ses modifications naturelles ou provoquées (Blandin, 1986).

La végétation est le résultat de l'intégration des facteurs biotiques (floristiques) et abiotiques (climatiques, géologiques, géographiques) (Loisel, 1978).

La superficie forestière actuelle en Algérie est estimée à 4,1 millions d'hectares selon la DGF (2009). Les massifs forestiers sont constitués par 7 espèces majeures : Pin d'Alep, Chêne liège, Chêne zeen et Afares, Cèdre, Pin maritime, Eucalyptus et Chêne vert qui représentent 33% de la superficie forestière globale (MATET, 2009).

Les formations résineuses (*Pinus halepensis*, *Tetraclinis articulata*, *Juniperus oxycedrus*) constituent presque la majorité des écosystèmes forestiers et pré forestiers, ils sont aussi associés aux *Quercus ilex* et *Olea europea*. Ces essences sont d'une grande importance du point de vue économique et écologique, notamment à travers leur rôle de protection contre le processus de désertification et d'érosion.

Par ailleurs ces formations forestières subissent un surpâturage lié au surnombre du troupeau ovin, bovin et caprin, s'ajoutent à cela les incendies affichés durant ces dernières décennies (Benabadji et *al.*, 2007).

Le massif forestier de Sdamas sur lequel porte cette contribution est localisé en Algérie occidentale. Il fait partie intégrante des monts de la forêt de Tiaret qui représentent que 150 000 ha, soit un taux de 7 % de la surface totale de la wilaya de Tiaret (CFT, 2015). Ces monts ont subi des transformations très importantes qui sont essentiellement d'ordre écologique, climatique (sécheresse) ou anthropique par des pratiques agricoles irrégulières, le pâturage ou les incendies volontaires.

Nombreux sont ceux qui se sont intéressés à la végétation méditerranéenne, phytosociologues, phytogéographes et forestiers citons : Quezel *et al.* (1994) ; Bouazza (1995) ; Le Houérou (1995) ; Benabadji *et al* (2007) ; Sari (2012) ; Merioua (2014).

D'autre part, le développement des techniques de suivi des milieux forestiers nécessite beaucoup d'intérêt en télédétection. L'étude des changements du couvert végétal en général, fait partie des domaines en constante évolution concernant les techniques d'exploitation des données spatiales (Ayache, 2012).

A l'heure actuelle, on ne peut pas gérer de façon raisonnée et durable une forêt sans connaître parfaitement ses conditions de croissance (Terras, 2011). C'est précisément l'objet des études de la dynamique des stations forestières qui appréhendent ces facteurs. A partir de l'analyse de la chronologie de la végétation d'un massif forestier ou d'une région naturelle, on aboutit à l'établissement d'un outil pratique de diagnostic dont nous avons besoin pour l'application à la gestion et de constituer le fondement de l'aménagement des stations étudiées.

L'objectif de cette recherche est de mettre en évidence les changements spatiaux de la végétation forestière au niveau du massif forestier de Tiaret à travers deux principaux aspects :

Le premier est de comprendre l'architecture et la structure des différents groupements de la végétation par la méthode d'analyse floristique ainsi que le taux de recouvrement des espèces par unité de surface.

Le deuxième aspect est la comparaison diachronique des cartes de végétation par des anciennes séquences satellitaires de la région d'étude et de l'état actuel de la végétation, par l'utilisation des données de télédétection. Elles permettront ainsi d'établir un diagnostic complet de la dynamique du couvert végétal dans le massif forestier durant une période d'observation donnée.

L'analyse statistique effectuée est l'analyse factorielle des correspondances, elle a permis une étude globale des données et de traiter conjointement les variables floristiques et écologiques et par conséquent donner une vue d'ensemble sur certains aspects et formations de la zone étudiée.

Cette étude repose sur un ensemble de protocoles plus ou moins détaillés en fonction des objectifs du suivi de la dynamique des peuplements végétaux. Le plus simple consiste à la réalisation d'inventaires floristiques, éventuellement associés à des placettes

phytoécologiques sur les stations choisies en fonction de l'homogénéité de la végétation, la nature du substrat et le relief, en portant une attention particulière aux différentes informations sur la situation, la pente, l'altitude...etc. Ces formations végétales forestières seront cartographiées sur une période bien déterminée de 43 ans à partir d'images satellitaires (Landsat 1972, 1985, 1998 et 2015) pour voir l'évolution du couvert végétal dans l'espace et dans le temps. Les unités de végétation feront ensuite l'objet d'une évaluation plus fine par la superposition des deux cartes d'occupation du sol pour estimer la différence de superficies des différentes formations végétales dans le temps.

Pour concrétiser ces différents objectifs, nous avons articulé notre travail autour de trois parties fondamentales.

La première partie identifie le périmètre d'étude à travers des informations sur le milieu physique, synthèse bioclimatique, le type du couvert végétal existant ainsi qu'une étude socio-économique.

La seconde partie est axée sur l'étude de la végétation notamment les aspects floristiques des groupements des végétaux, elle est structurée autour de trois chapitres :

- Le *Chapitre I* illustre la méthodologie de description des communautés végétales.
- Le *Chapitre II* présente une analyse phytoécologique des groupements végétaux existants.
- Le *Chapitre III* précise les techniques et outils des analyses statistiques utilisées.

La troisième partie fait l'objet d'une étude cartographique des groupements végétaux. Elle renferme deux chapitres :

- Le *Chapitre I* présente la démarche méthodologique suivie pour le traitement et l'analyse spatiale des données utilisées pour élaborer les cartes d'occupation du sol et l'analyse diachronique.
- Le *chapitre II* expose les résultats obtenus de l'étude diachronique et la dynamique de la végétation.

En dernier lieu, une conclusion générale et des perspectives ont été dégagées.

PREMIERE PARTIE

Caractérisation de la zone d'étude

Chapitre I

Etude du milieu physique

1. Cadre géographique de la région de Tiaret

La wilaya de Tiaret est située à l'ouest du pays. Elle se présente comme une zone de contact entre le Tell au nord et les hautes plaines au sud. Son territoire est constitué de zones montagneuses au nord, et les hautes plaines au centre et au sud. La variation des reliefs et le caractère hétérogène de l'espace, induit une variété de paysages et d'espaces naturels.

Elle couvre une partie de l'atlas Tellien au Nord, et les hauts plateaux au centre et au sud. Elle est délimitée au nord par les wilayas de Relizane et de Tissemsilt, à l'ouest par les Wilayas de Mascara et de Saïda, à l'est par la wilaya de Djelfa, au sud et au sud-est par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh.

2. Le patrimoine forestier de la wilaya de Tiaret

Sur les deux millions d'hectares que compte la wilaya, 48 % de la surface représente la surface agricole totale (SAT), soit environ 969 375 ha, dont 70 % représentent la surface agricole utile (SAU). La steppe occupe plus de la moitié du territoire de la wilaya avec 1.100.000 ha caractérisées par la prédominance la pratique de l'élevage extensif et transhumant. L'espace forestier quant à lui, ne représente que 150 000 ha soit, un taux de boisement de l'ordre de 7 % (CFT, 2015).

2.1. Les principales forêts

Nous distinguerons 3 types de forêts , selon CFT (2015) :

- *Les forêts domaniales* représentées par des Sdamas Chergui 44 000 ha, Sdamas Gherbi 37 441 ha, Nador 42 000 ha, Rechaïga 7 834 ha, Tagdemt 4 989 ha, Béni affene 4 018 ha, Tiaret 508 ha, Ouled Boughaddou 643 ha et Torriche 526 ha.
- *Les forêts communales* représentées par celles de Tiaret 279 ha et Guertoufa 53 ha.
- *Les forêts sectionales* représentées par celles de Azzouania avec 127 ha.

D'après la conservation des forêts de Tiaret (2015), le patrimoine forestier comprend les essences suivantes : Pin d'Alep 62 934 ha, Chêne vert 77 51 ha, Thuya 1 430 ha, Cyprès 4 79 ha, Eucalyptus 260 ha et Chêne liège avec 200 ha.

Les massifs des Sdamas font partie des Monts de Tiaret et couvrent 82 000 ha. Ils sont répartis en deux lots :

Les Sdamas Chergui (44 000 ha) et Sdamas Gharbi (37 000 ha). Il s'agit d'anciennes forêts domaniales décrites par Boudy (1955). Ce sont des peuplements à base de Chêne vert (30%), associés au Thuya au Nord. L'aspect le plus fréquent est celui du taillis avec quelques bouquets de Pin d'Alep et une forte proportion de Chêne kermès (30% environ).

Ce massif avait été parcouru par le feu entre 1919 et 1922 où 7 700 ha avaient été détruits. Dans l'ensemble, la végétation paraissait satisfaisante (Ait hammou, 2015).

3. Présentation de la région d'étude

3.1. Situation géographique de la zone d'étude

La forêt des Sdamas, se trouve dans l'Ouest du pays, elle chevauche sur les territoires des Wilayas de Tiaret et Mascara. Elle s'étend sur une superficie de 82 000 hectares. Elle est parsemée par une multitude d'enclaves à des fins agricoles. La vallée la plus importante est celle d'Oued Louhou d'une superficie de 1 500 ha.

La zone de Sdamas sur laquelle porte notre étude fait partie intégrante de l'Atlas tellien (monts de Tiaret), ces dernières se situent au Nord-Ouest de la wilaya, limités au Sud à l'Est par la route nationale N 14 qui lie les communes de Mellakou, Tiaret et Dahmouni. Au Nord par la commune de Guertoufa et à l'Ouest par la route W11.

3.2. Situation administrative

La zone d'étude se trouve dans sa totalité dans la Wilaya de Tiaret (puisque qu'elle chevauche sur les territoires des Wilayas de Tiaret et Mascara). Le massif forestier de Sdamas est rattaché administrativement aux communes suivantes : Frenda, Medroussa, Sidi-Bakhti, Djillali Ben Amer, Mechraa Sfa, Louhou et Takhmart (Figure 01).

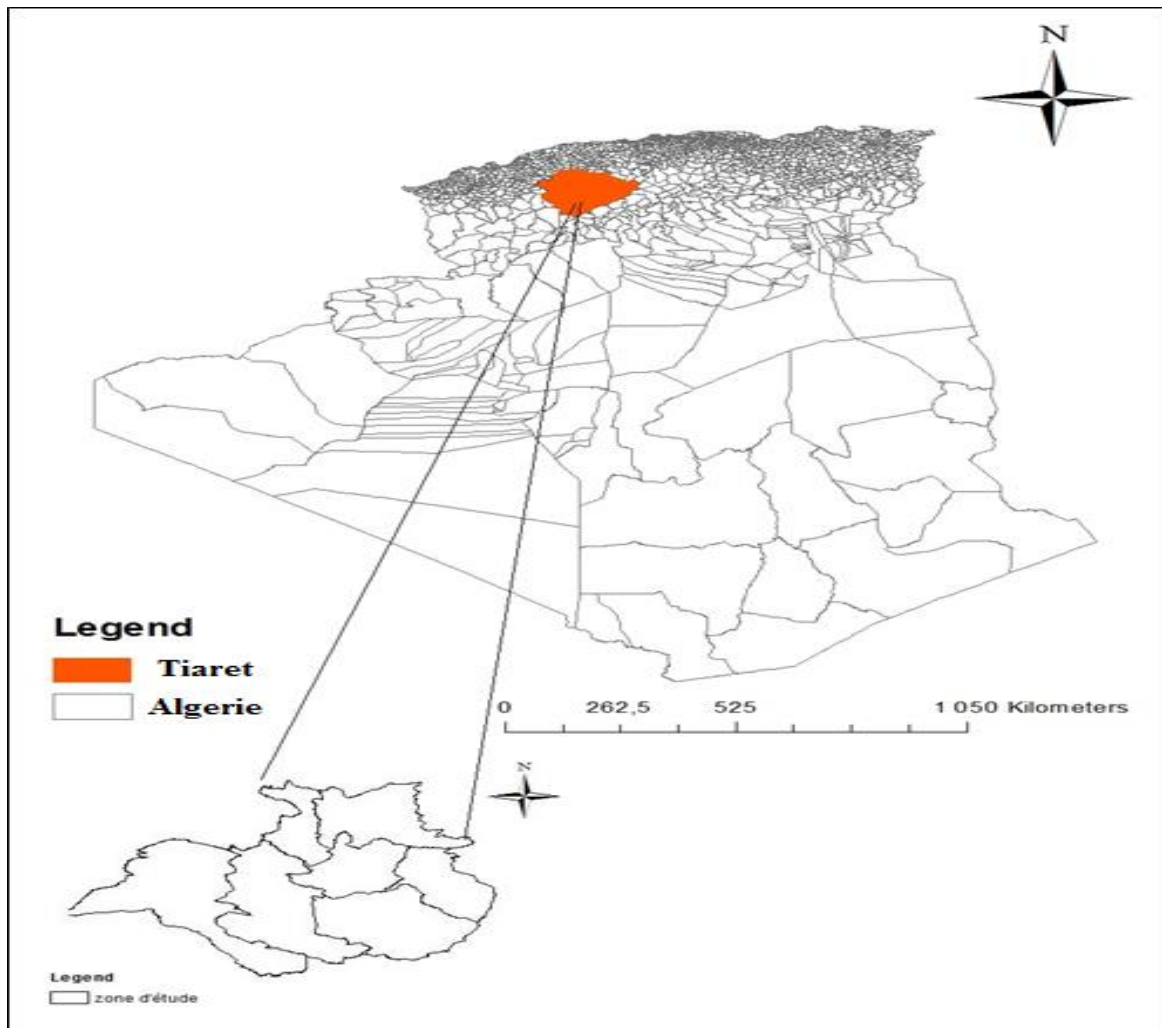


Figure 01 : Carte de situation de la zone d'étude

4. Relief

Le massif montagneux des monts de Sdamas constitue le dernier contrefort de l'atlas tellien. Il culmine à 1 244 m d'altitude au niveau du djebel Ledjdar situé au Sud-est de la forêt.

Ce massif montagneux dont les altitudes varient entre 800 m et 1 250 m est lacéré par un réseau hydrographique bien encaissé de direction Nord-Sud. Les altitudes diminuent progressivement en allant du Sud Est vers le Nord-Ouest (PAWT, 2009).

D'une manière générale on a un relief peu accidenté dans la partie Est et vallonné dans le centre et le Sud. Les versants sont convexo-concave, avec parfois une longue concavité basale (figure 02).

La partie Ouest et Nord-ouest est très accidentées et présente des versants à pentes fortes, et des abrupts qui dépassent parfois les dix mètres (10 m) de hauteur due essentiellement à la géologie gros bancs de calcaires et de dolomies (PAWT, 2009).

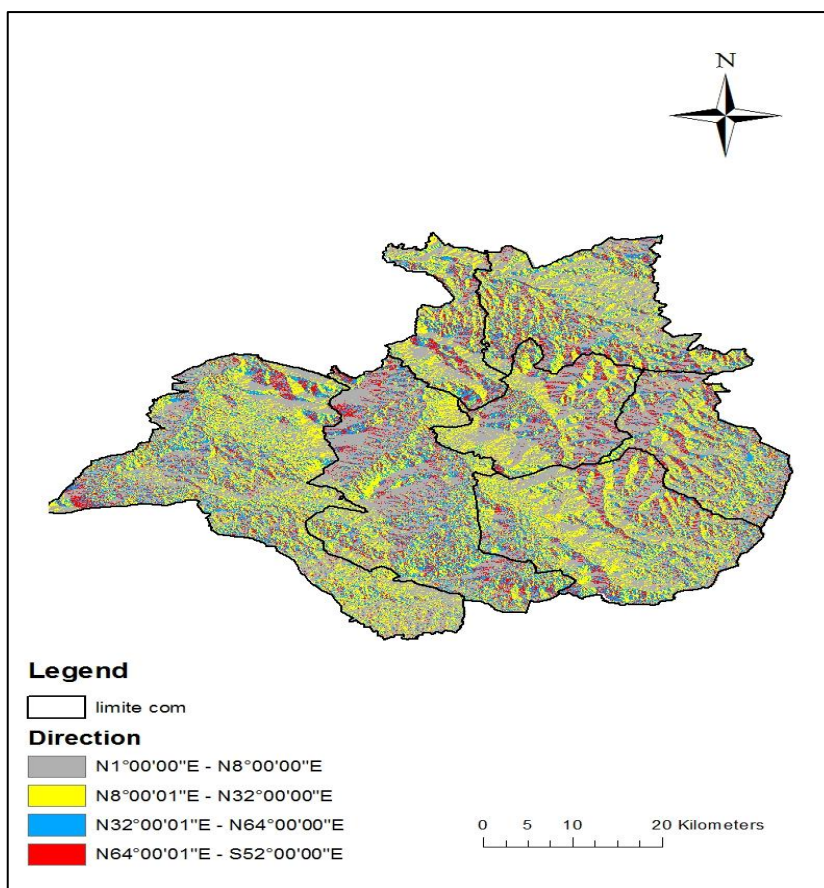


Figure 02 : Carte des expositions de la zone d'étude

5. Pentes

Les pentes faibles, inférieure à 5 % ne couvrent que 10,4 % de la surface totale de la zone d'étude. Une proportion de 17,5 % de la superficie totale est la part de la classe des 5 à 10 %. La classe des pentes de 10 à 20 % couvre 27,5 % soit environ un quart de la superficie totale. Tandis que la classe de 20 à 30 couvre 28,7 % de la superficie totale. Les pentes fortes supérieures à 30% représentent 16.2 % de la superficie totale.

Le tableau 01 et figure 03 regroupent les surfaces de chaque classe exprimée en pourcentage.

Tableau 01 : Les classes de pentes

Pentes	0-5	5-10	10-20	20-30	+ 30
Taux (%)	10,4	17,5	27,5	28,7	16,2

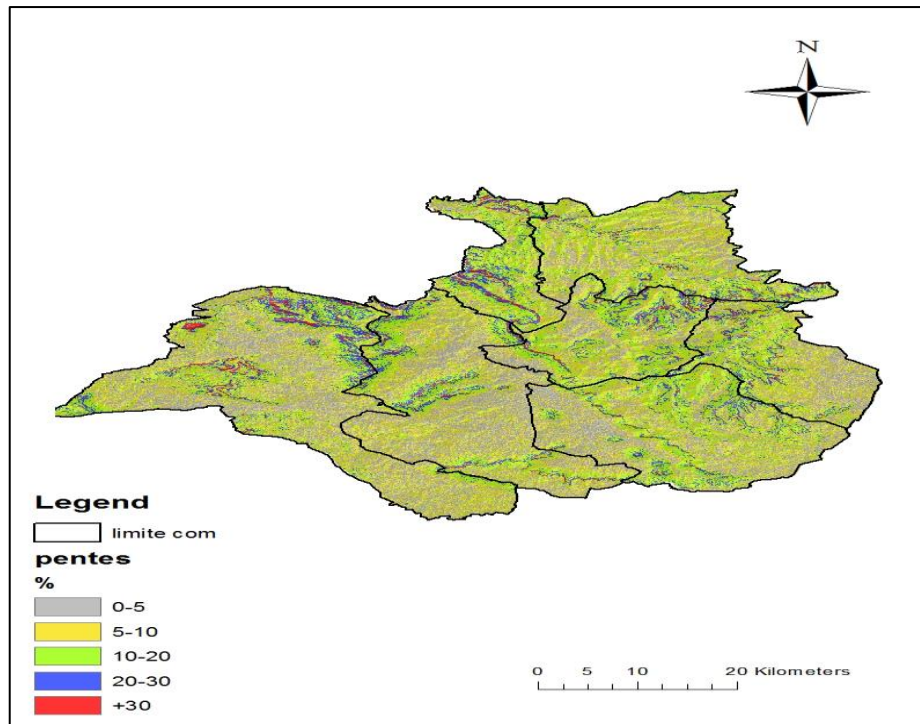


Figure 03 : Carte des pentes de la zone d'étude

La classe I (0-5 %) : représente les pentes nulles à faibles (plaines et zones d'épandages)

La classe II (5-10 %) : représente les pentes faibles assez modérées (plaines et bas piémonts)

La classe III (10-20 %) : représente les pentes assez fortes (collines et piémonts de montagnes)

La classe IV (>20 %) : représente les fortes pentes (djebels, sommets de montagnes et zones accidentées).

6. Hydrographie

La Forêt des Sdamas est drainée par un réseau hydrographique dense, bien hiérarchisé et très encaissé. Cet ensemble d'Oueds collectent les eaux de pluies et des sources et les acheminent plus en aval vers Oued Mina. Oued Louhou et Oued Medroussa sont les deux principaux Oueds qui traversent la forêt du Sud vers le Nord. Ils sont à écoulement permanent et présentent trois niveaux d'écoulement, le chenal d'étiage, le lit apparent et le lit majeur qui n'est inondé que durant les crues exceptionnelles. Ils présentent aussi des vallées en forme de U, comme dans tout le bassin méditerranéen,

l'écoulement dans nos Oueds se réduit à un mince filet d'eau qui coule le long du chenal d'étiage, durant la saison sèche (GTZ, 1990).

L'Oued Louhou qui en premier lieu, coule du Sud vers le Nord, change de direction et se dirige vers le Nord- Est, avant de se jeter dans l'Oued Mina en amont du barrage de Bakhadda. L'Oued Medroussa qui coule du Sud au Nord dans la partie Sud, change de Nom et de direction, dans la partie Nord, devient l'Oued Yassel et se dirige vers le Nord-Ouest pour aller se jeter lui aussi dans l'Oued Mina, mais en aval du barrage de Bakhadda (figure 04).

Ces deux principaux Oueds ont une multitude d'affluents (Oueds secondaires et chaâbats) qui viennent grossir leurs débits pendant la saison pluvieuse. Dans la partie Ouest de la forêt un nombre important d'Oueds secondaires et de chaâbats, coulent du Sud-Est vers le Sud-Ouest perpendiculairement à l'Oued Taht dans lequel ils se jettent dans la partie Nord dans le grand Oued mina. Il existe d'autres Oueds, peu importants (Oued Messarhid, Oued Cherchar, Oued Safsaf, Oued Belhadri qui prennent naissance dans les djebels Cheurfa, Rekhma, Ghezala et se jettent directement dans le barrage de Bakhdda (GTZ, 1990).

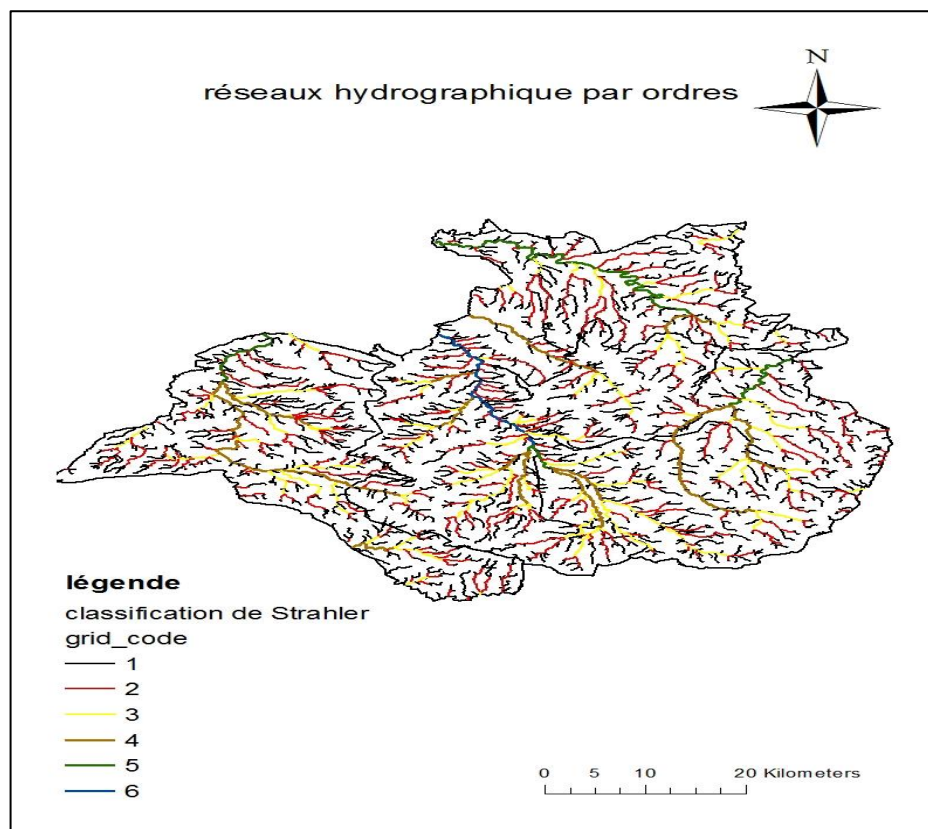


Figure 04 : Carte du réseau hydrographique de la zone d'étude

7. Lithologie

La lithologie est la nature des roches formant un objet, ensemble, ou couche géologique. On évoque ainsi la lithologie d'un échantillon de roche, aussi bien que celle d'une formation géologique ou de tout un massif montagneux.

La forêt des Sdamas est dominée par des terrains datant du quaternaire et du secondaire (BNEDER, 2008).

7.1. Le quaternaire

On retrouve le quaternaire sous différentes formes et donc des matériaux différents, on a :

- **Les terrains alluviaux** : Ils bordent les lits des principaux Oueds. Ils sont constitués essentiellement de galets arrondis, de sables, de limons et d'argiles. On a des terrasses anciennes et des terrasses récentes.
- **Les couvertures de versants** : constituées de galets anguleux pris dans une matrice constituée d'éléments fins, essentiellement des limons et des argiles.
- **Les croûtes calcaires** : On les retrouve d'une manière générale dans la partie aval des versants, là où la pente est faible, constituées d'éléments fins carbonatés (calcaires pulvérulent), au-dessus desquels on trouve la croûte proprement dite. Dans certains endroits cette croûte est recouverte par une dalle (feuillets calcaires continus très durs)
- **Les éboulis** : ce sont des éléments grossiers, blocs et galets anguleux, mélangés à des éléments fins. On les trouve à la base des abrupts et sur des versants à pente moyenne surplombés par des corniches ou des crêtes.

7.2. Le secondaire

Le crétacé et le jurassique présentent les principaux faciès du secondaire.

4.4.2.1 Le crétacé : On le retrouve dans la partie Est et présente plusieurs faciès :

- **Le crétacé supérieur** : On retrouve les roches suivantes : Des dolomies, des marnes dolomitisées, des grès calcaires marins dolomitisés, et des calcaires dolomitiques.

- **Le crétacé inférieur** : On le retrouve à Bekhbekh au Nord de Djebel Cheurfa dans la partie Nord de notre terrain d'étude. Il est représenté par des marnes claires, verdâtres et des pierres limoneuses.

7.3. Le jurassique

Il se trouve dans la partie Ouest de la zone d'étude (jurassique supérieure) il présente trois faciès :

- Calcaires et dolomies avec des intercalations de marnes et en partie de conglomérats et du calcaire sableux Ce faciès est dominant. Ils recouvrent une large bande, allant de Frenda à Ain Ferrah (Djebel Rezane, Djebel Errabah, Djebel Bou Taleb, djebel Aroudj Eddik et Djebel Enoual. Dans la partie Nord, cette bande s'élargie et donne une grande surface qui s'étale sur les Djebels Akerour, Djebel Tafrent et Djebel El Missoum, jusqu'à la route qui relie Sidi Bakhti à Mechra Sfa.
- Calcaires et dolomies alternant en général avec les marnes claires et par endroits avec du calcaire sableux : Cette bande moins large, est parallèle avec la première bande.
- Marnes claires, grises et verdâtres, alternant avec de faibles blancs de calcaire et de dolomie. Elles se situent dans le nord-ouest de Djebel Boutaleb. Ces marnes occupent la large vallée de l'Oued Taht. (BNEF ; 1990).

8. Caractères pédologiques

Suivant les différentes études menées dans la région d'étude : (BNEDER, 2008 ; Kadik, 1987, B.N.E.F, 1990 et G.T.Z.1990) les types de sols sont données suivant la classification françaises (C.P.C.S, 1967). Les différents types de sols rencontrés dans la forêt des Sdamas se présentent comme suit :

8.1. Classe des sols minéraux bruts

Ces sols sont liés à la géomorphologie du terrain et aux pentes fortes. La classe des sols minéraux bruts correspond aux crêtes rocheuses et aux affleurements rocheux. Ces sols formés sur dolomies et gré calcaire, sont peu profonds (inférieurs à 20 cm). La couleur est due aux matériaux d'origine. La présence des éléments grossiers (graviers, cailloux et blocs) est due à une érosion forte dans les versants avec des pentes allant jusqu'à 50 %. Ce sont les lithosols.

8.2. Classe des sols peu évolués

On rencontre deux groupes de sols peu évolués non climatiques :

- **Sols lithiques d'érosion** : L'horizon de surface est peu développé par apport aux minéraux bruts. Ceci est dû soit à une variation lithologique, soit à un adoucissement de la pente qui permet l'approfondissement du sol. La faible profondeur constitue la seule contrainte.
- **Sols modaux d'apport colluvial** : Ces sols d'une minéralisation plus poussée, avec un pH alcalin et 'une texture généralement argilo limoneuse. Ils sont très localisés dans la forêt étudiée.

8.3. Classe des sols sesquioxydes de fer

Les sols rouges méditerranéens se développent sur des roches à bon drainage dans les régions à saison humide. Ces derniers sont rencontrés dans la série I où l'effet de la compensation hydrique joue le rôle le plus important. Ils ont une valeur forestière certaine par leurs propriétés physiques (porosité, structure de surface...).

8.4. Classe des sols calcimagnésiques

D'une manière générale on peut distinguer deux groupes de sols :

- **Les Rendzines** : ce sont des sols carbonatés, de profil type A/C d'épaisseur d'environ 20cm avec un PH alcalin de couleur brun rougeâtre et de texture généralement limoneuse. Les peuplements calcicoles de Pin d'Alep sont bien réussis dans ces sols malgré les contraintes de la profondeur.
- **Les Sols bruns calcaire Modal** : Ces sols sur marne ont un horizon développé par apport aux rendzines. Le profil types A (B) C. Ils occupent les replats et les pentes faible ; pourvu de matière organique qui diminue en profondeur. Ces sols sont très riches en calcaire vu le substratum carbonaté dans tous les horizons.

9. La végétation

D'après Boudy (1955), Les monts Sdamas sont composés de futaie de Pin représente 30% et 10% de Chêne kermès se régénérant bien. Des feux ont également parcourus ces massifs entre 1920 et 1931 (2000 ha). Le reste du massif est composé de taillis de Chêne vert en assez bon état et peu exploité, et 20 % de Thuya ceinturent le

massif et les beaux peuplements de 80 à 100 ans d'âge sont exploités. Des exploitations de Chêne kermès existaient également.

Cette forêt a connu une dégradation assez prononcée. Près de 50 % de la surface totale est à l'état de maquis. Le Chêne vert occupe le 13200 ha.

Aujourd'hui l'ensemble des Sdamas est en voie de dégradation et plus de la moitié des espaces forestiers sont des garrigues claires. De larges bandes de pare-feu ont été déforestées et un nombre croissant d'enclaves forestières sont soumises aux labours céréaliers. On note aussi un fort dynamisme vers l'irrigué dans la vallée de l'oued Médroussa et le long de l'Oued Tahat au sud des Sdamas (Ait hammou, 2015).

Chapitre II

Approche bioclimatique

1. Introduction

Parmi les facteurs qui influent sur la variabilité du milieu, on cite le climat. Il est défini comme étant l'interaction de l'ensemble des facteurs (température, pluviométrie, vent etc.). Ces derniers influent considérablement sur la répartition des essences forestière d'une part, et sur leur production d'autre part.

A ce sujet Emberger (1939) précise que les données écologiques, et en particulier bioclimatiques, influencent considérablement sur l'individualisation de la végétation.

En effet, le climat joue un rôle essentiel dans les déterminismes de la répartition des plantes. Emberger (1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne. Ses recherches l'on conduit à une méthode originale de caractérisation que l'on appelle « le bioclimat ».

D'après Seltzer (1946) et Thinthoin (1948), le climat de l'Algérie relève du régime méditerranéen, avec deux saisons bien tranchées, une très sèche, l'autre relativement humide. Ce climat tend vers une aridité de plus en plus accentuée. Il se concrétise non seulement par le régime pluviométrique mais aussi par les fortes températures estivales traînant une intense évaporation.

L'étude climatique pose beaucoup de problèmes d'ordre pratique notamment dans le choix des stations représentatives : disponibilités des données climatiques, périodes d'observation et la représentativité des données.

2. Les facteurs climatiques

Le facteur climatique est toujours important dans n'importe quelle étude (agriculture, paysage, utilisation des sols etc.).

Les paramètres climatiques permettent de définir des climats régionaux, locaux et des microclimats. Ces paramètres sont décisifs pour la survie et le développement de certains taxons. La croissance des végétaux dépend de deux facteurs essentiels ;

- L'intensité et la durée du froid (dormance hivernale) ;
- La durée de sécheresse estivale.

2.1. Précipitations

Djeballi (1978) définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. En effet, elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal d'une part et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

Du point de vue géographique, les précipitations varient selon la région étudiée soit au Nord ou au Sud, à l'Est ou à l'Ouest, ou qu'elle soit haute ou basse. On parle de trois gradients définissant les variations de la pluviosité l'altitude, la longitude, et la latitude (Chaabane, 1993).

Selon Seltzer (1946), la hauteur de la pluie augmente avec l'altitude. Il détermine pour chaque région de l'Algérie l'accroissement moyen de pluie avec l'altitude.

L'analyse de la carte de distribution spatiale des précipitations permet de caractériser les observations suivantes : Le régime pluvial était assez élevé dans la station de Tiaret durant cette période, car la région de Tiaret bénéficiait de 600 mm par an sur les régions du nord, et entre 300 et 500 mm de précipitations sur les régions sud de la ville, de plus, les niveaux de précipitations annuelles suivent bien les niveaux des reliefs.

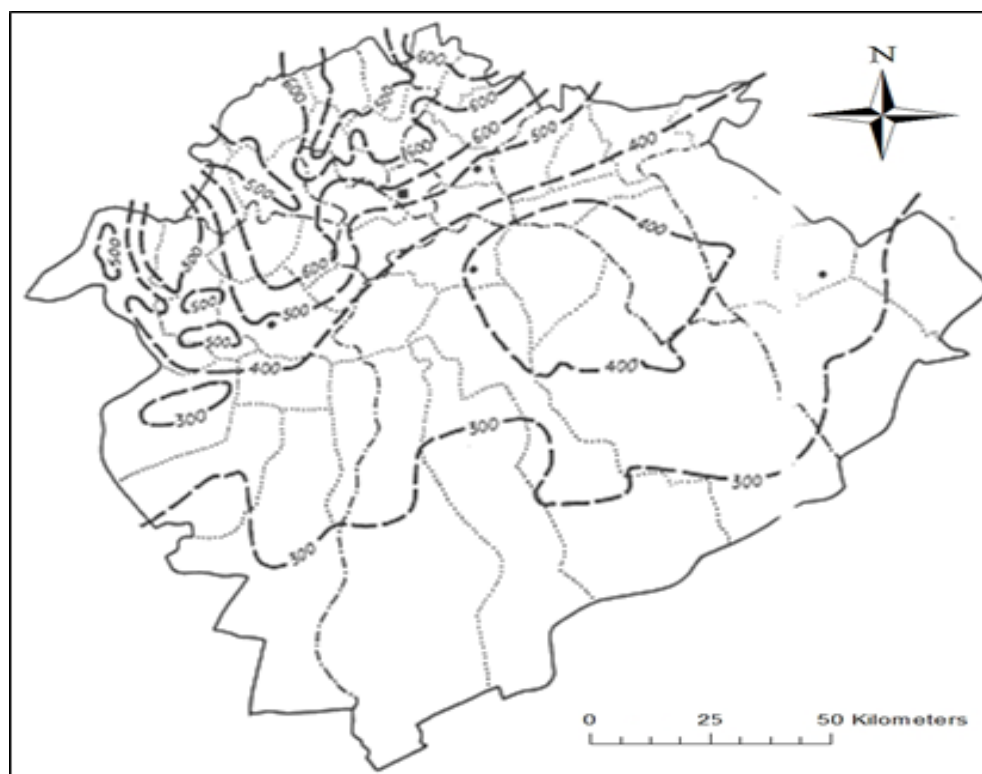


Figure 05 : Carte de distribution spatiale des précipitations dans la région de Tiaret (Duvignaud, 1992)

2.2. Synthèse des données pluviométriques

L'examen du régime des précipitations annuelles des stations d'études, nous conduit à une comparaison chronologique de deux périodes ancienne et nouvelle.

Nous pouvons remarquer une faible abondance des précipitations durant l'ancienne période (1970-1991), selon les données de la station météorologique de Tiaret et celles de Agence Nationale des Ressources Hydriques (INRH Tiaret).

La quantité des pluies reçue est de 377,5 mm pour l'ancienne période, alors que pour la nouvelle période, nous remarquons une faible diminution de la moyenne des précipitations, celle-ci est de 361,3 mm.

Nous constatons que le mois le plus pluvieux est celui de Mars pour l'ancienne période (1970-1991) et le mois de Janvier pour la nouvelle période (1992-2015). La saison la moins arrosée s'étale de Juin à Août pour les deux périodes.

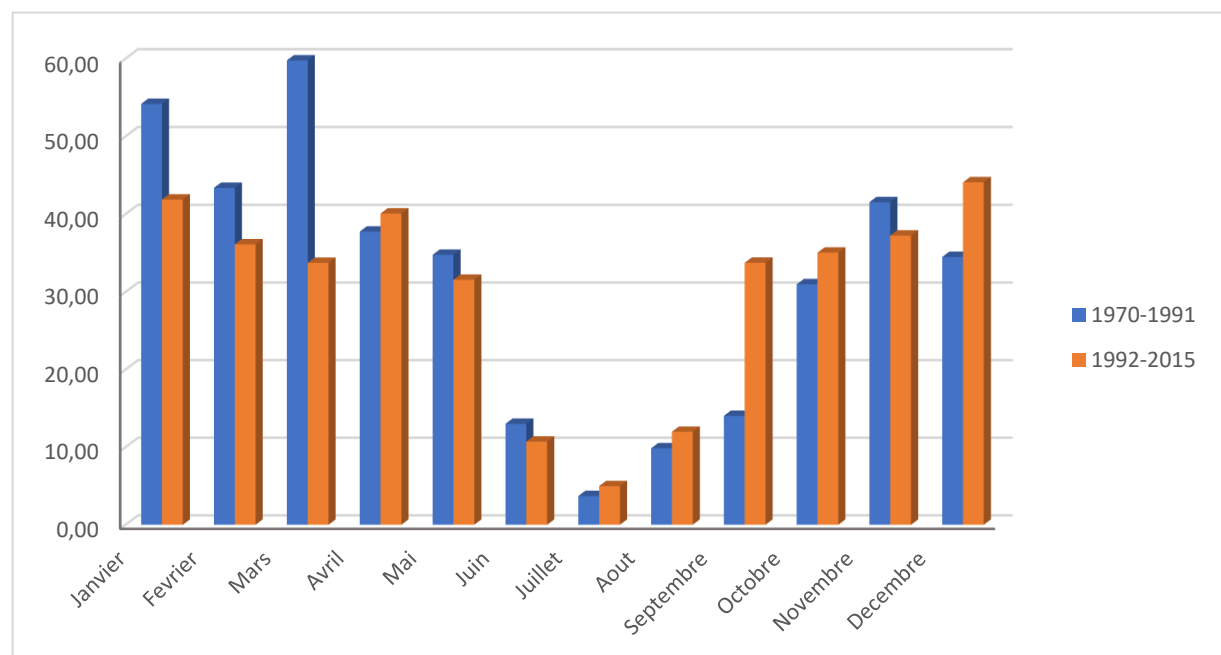


Figure 06 : Variation des précipitations mensuelles de la région de Tiaret ; ancienne période (1970-1991) et nouvelle période (1992-2015).

2.3. Régime saisonnier

C'est Musset (1934) in Chaabane, (1993), qui est le premier à définir cette notion. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante, en désignant chaque saison par l'initiale P.H.E et A désignant respectivement le Printemps, l'Hiver, l'Eté, et l'Automne.

$$C_{rs} = \frac{P_s \times 4}{P_a}$$

P_s : Précipitations saisonnières

P_a : Précipitations annuelles

C_{rs} : Coefficient relatif saisonnier de **Musset**

Tableau 02 : Régime pluviométrique saisonnier ancienne période (1970-1991) et nouvelle période (192-2015)

Saison station	Hiver		Printemps		Été		Automne		Pluviosité annuelle	Régime pluviale
	P(mm)	Crs	P(mm)	Crs	P(mm)	Crs	P(mm)	Crs		
Tiaret (1970-1991)	132,3	1,4	132,1	1,4	26,6	0,3	86,6	0,9	377,5	HPAE
Tiaret (1992-2015)	122,1	1,4	105,4	1,2	27,7	0,3	106,1	1,2	361,3	HAPE

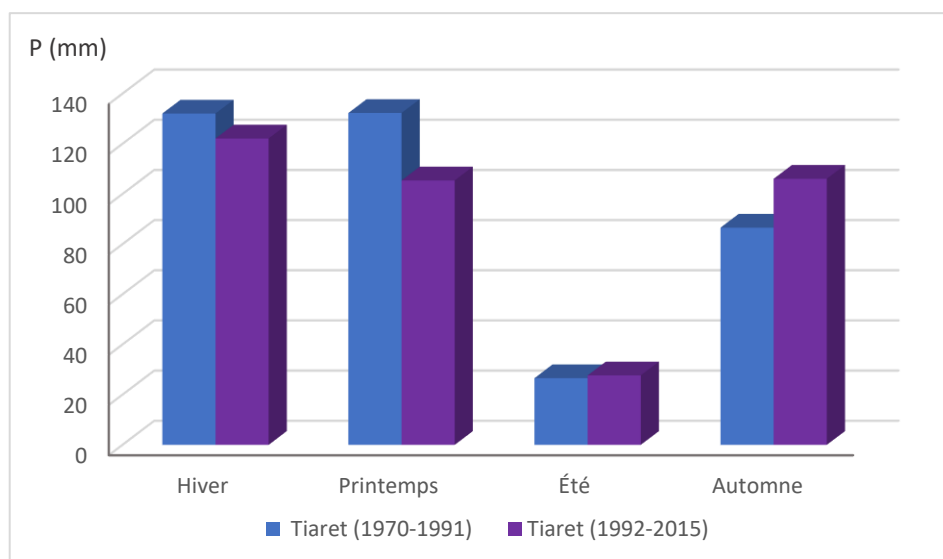


Figure 07 : Le régime pluviométrique saisonnier

Les peuplements forestiers en Oranais sont caractérisés par des précipitations minima en été et en printemps ; de type HAPE dans le littoral est de type HPAE dan le tell (Kadik.1987).

Dans la région de Tiaret, il existe deux régimes saisonniers essentiels qui varient en fonctions du temps (ancienne et nouvelle période) : **HAPE** et **HPAE**.

Le premier (HAPE) est caractérisé par une abondance pluviale en Hiver. Il est suivi par la saison Automne et printemps et une sécheresse relative à la saison estivale pour la nouvelle période.

Pour l'ancienne période nous constatons que le régime saisonnier à cette époque est de type HPAE caractérisé par une pluviosité abondante durant les deux saisons qui se succèdent Hiver et Printemps, suivi par la saison d'Automne et enfin l'Eté qui est considéré comme la saison la plus sèche avec une pluviosité très faible.

2.4. Température

Tout comme l'eau, la lumière et l'oxygène, la température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les formations végétales. C'est un facteur exerçant une action écologique importante sur les êtres vivants.

Ce facteur est très intéressant pour notre étude, ces changements peuvent avoir une influence sur le déclenchement de feux de forêt, c'est en période estivale qu'on enregistre le plus d'incendies.

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance de trois variables au minimum :

- Les températures moyennes mensuelles ;
- Les températures maximales ;
- Les températures minimales ;

Les moyennes mensuelles des températures la période (1986-2015) confirment que Janvier est le mois le plus froid. Elles varient entre 5 et 12°C durant les mois de Novembre jusqu'à la fin Avril.

Pour les températures moyennes les plus élevées, elles sont enregistrées au mois d'Août, augmentent jusqu'à 25°C vers la fin Juin, pour atteindre plus de 26°C entre Juillet et Aout.

Les moyennes mensuelles de la station de Tiaret soulignent l'existence de deux saisons bien distinctes (figure 08).

- Une saison froide qui s'échelonne sur six mois allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'avril, enregistrant les moyennes mensuelles les plus basses.

- La saison chaude qui s'étale sur six mois allant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre et pendant lesquelles les moyennes mensuelles dépassant les 16°C.

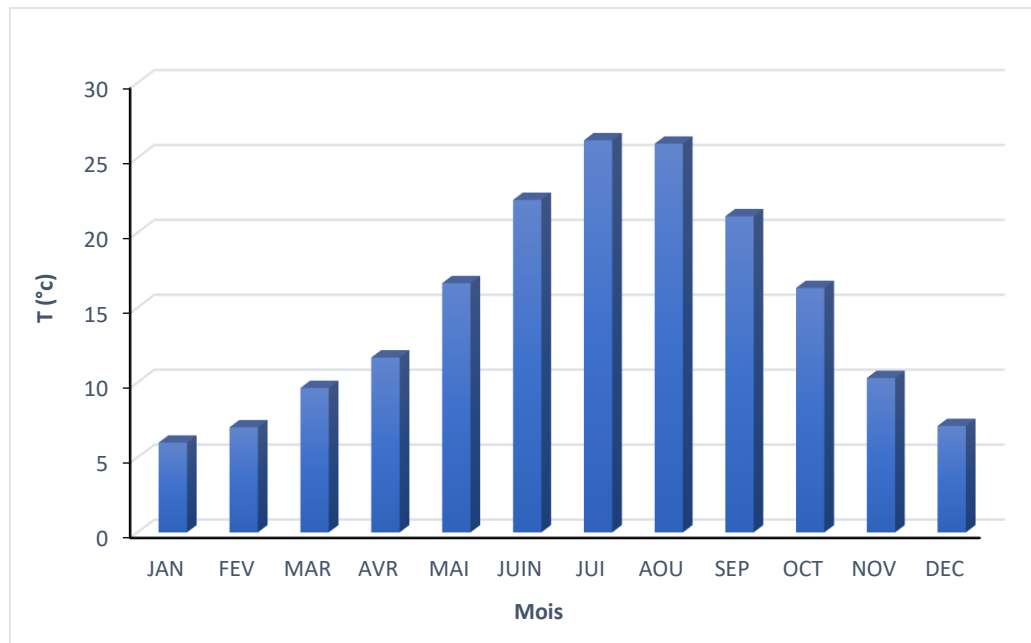


Figure 08 : Variation des moyennes mensuelles de température de la station de Tiaret (1986-2015)

2.5. Autres facteurs

a. Le vent

Le vent est l'un des facteurs les plus caractéristiques du climat. La connaissance de sa force et de sa direction s'avère aussi nécessaire du fait qu'il accélère l'évaporation.

Il possède un régime de déplacement variable en fonction de l'altitude. La pression atmosphérique et les saisons. C'est un facteur climatique qui entraîne aussi des variations de températures et d'humidité et exerce une action mécanique et physiologique sur les arbres forestiers.

Les vents dominants pour la région de Tiaret sont ceux d'une direction Nord-Ouest et Ouest, sont généralement frais, dont la vitesse moyenne atteint les 26,3 m/s. Les vents d'une direction Sud-Est sont les moins fréquents atteignent une vitesse de 13,2 à 14,9 m/s.

b. Sirocco

C'est un vent très chaud et très sec soufflant du Sud au Nord souvent associé à des particules des sables et de terres et, fréquemment durant la période estivale. C'est durant cette période sèche, qu'il cause plus de dégâts aux sols déjà déshydratés par l'effet de la chaleur estivale. Les mois pendant lesquels il se manifeste, sont très variables durant l'année. On enregistre 14 jours /an. Il faut remarquer que le sirocco commence à souffler en moyenne de 0,9 à 1,9 jours dès le début de mois d'avril, au moment où la végétation est en pleine croissance, ce qui cause des dommages aux jeunes plantes.

Le sirocco peut souffler à n'importe quel moment de l'année sauf aux mois de Janvier et de Décembre. Les maximums sont observés aux mois de Juillet avec 3.6 jours en moyenne et 2.8 jours au mois D'Août.

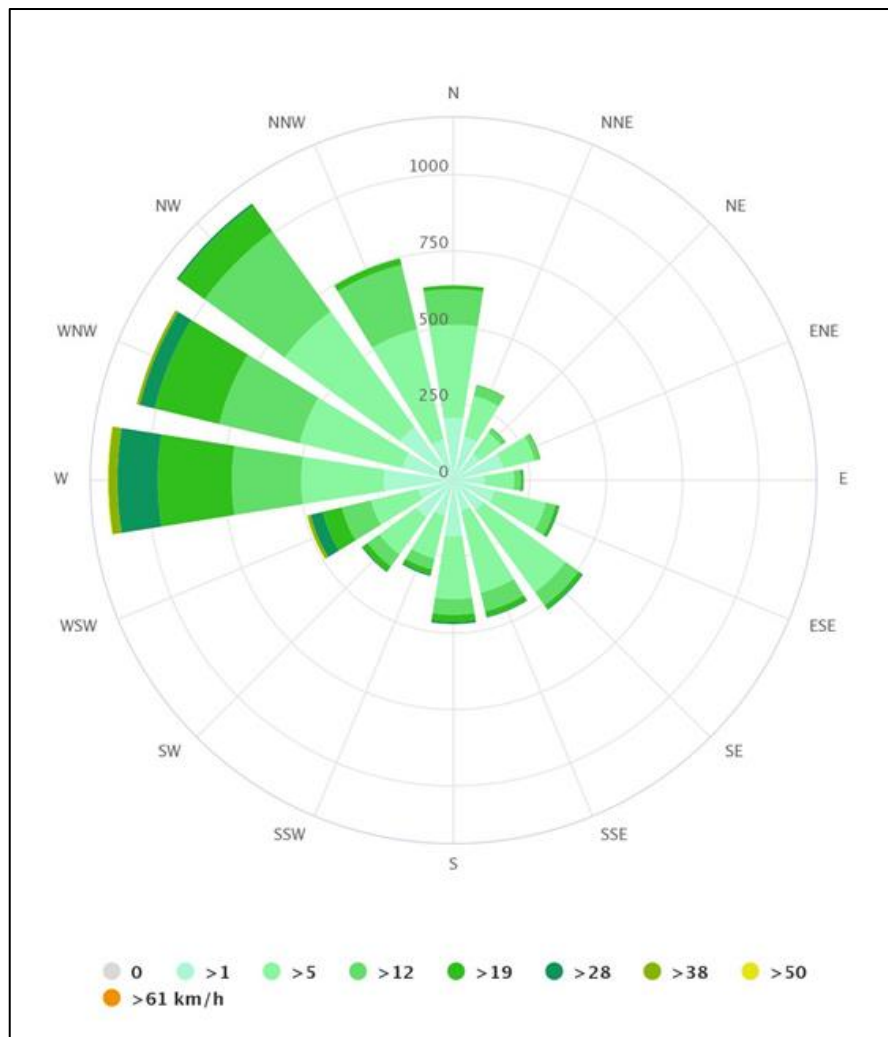


Figure 09 : Rose des vents (station de Tiaret).

c. Humidité relative

L'humidité de l'air est définie comme le taux de saturation de l'atmosphère. Précisément, c'est la proportion de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère par rapport à la quantité de vapeur d'eau nécessaire pour provoquer la saturation. L'humidité relative de l'air s'exprime en pourcentage (%).

L'humidité relative moyenne de la station de Tiaret (figure 10) est de 60%. Elle atteint son minimum durant la fin du mois de Juillet et Août avec une moyenne qui est inférieure à 40%. Le maximum est dans le mois de Décembre, Janvier avec une moyenne supérieure à 75%.

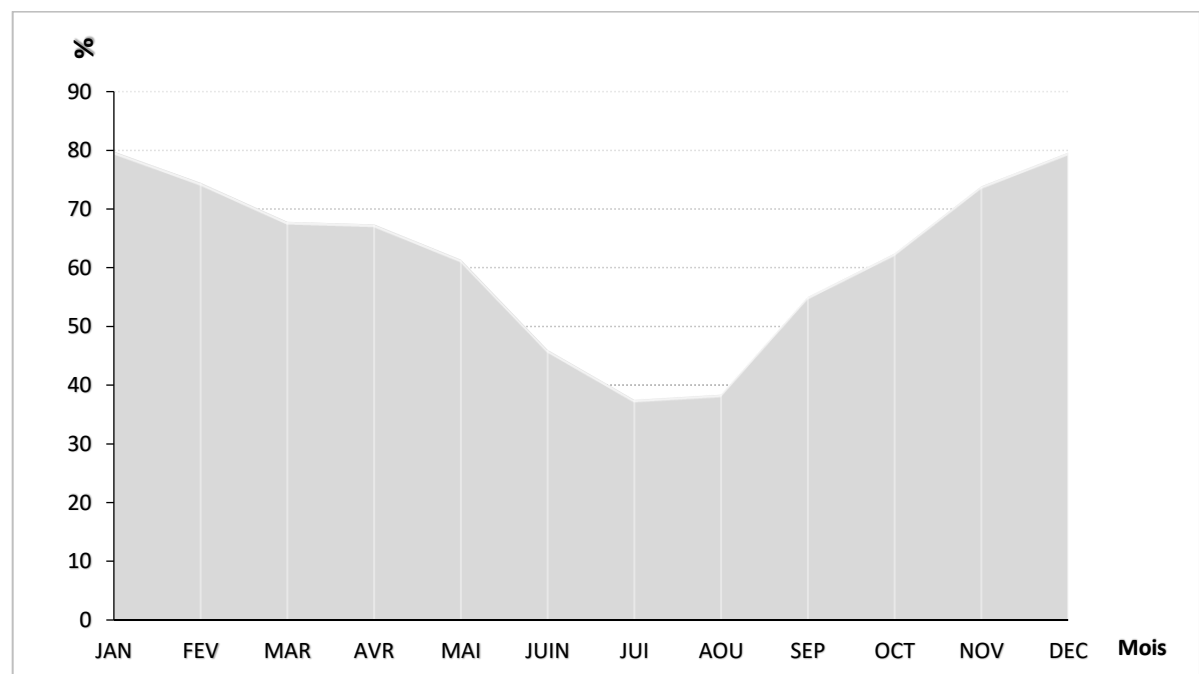


Figure 10 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative (station de Tiaret, 1986-2015).

d. Gelée et neige

L'abaissement de la température au-dessus de 0 °C provoque la formation des gelées. Ce sont des refroidissements nocturnes se formant en temps clair et calme en présence des températures basses.

Il s'avère particulièrement dangereux pour les jeunes pousses. La gelée survient en Hiver et au Printemps et croît avec la continentalité. La gelée est enregistrée 34 jours par an, durant toute la saison froide avec un maximum au mois de janvier (supérieure à

10 jours). La période de mars et avril reste la plus influente avec une moyenne de 05 jours par mois, elle coïncide avec la reprise de la végétation.

Le nombre de jours où il a neigé augmente avec l'altitude, aussi on note que la neige ne dure que très peu de temps.

3. Synthèse climatique

De nombreux auteurs ont synthétisé les données climatiques en recherchant une classification des types de climats par des indices et formules basées essentiellement sur la température et la pluviosité qui sont les deux facteurs limitant pour définir et classer les bioclimats.

D'après Ozenda (1982), « c'est un diagramme qui permet d'avoir une idée sur les périodes sèches et humides d'une telle région ». Un mois est sec lorsque sa pluviométrie totale en mm est égale ou inférieure au double de la température moyenne en °C.

En outre, ce mode de représentation introduit par Gaussen (1954) consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et les températures. On convient d'appeler période sèches telles pendant lesquelles la courbe de pluviométrie se trouve en dessous de la courbe de température.

Gaussen et Bagnols (1953), considèrent que la saison sèche représente pour de nombreux pays la période critique de végétation et par conséquent le facteur écologique principal d'après la loi des facteurs limitant (Ozenda, 1982).

3.1. Courbe ombrothermique de Bagnols et Gaussen

De nombreux travaux (Demartonne, 1929 ; Giacobe, 1961) ont proposé, diverses formules pour caractériser la saison sèche qui joue un rôle capital dans la distribution de la végétation, notamment par sa durée et son intensité. Selon Bagnouls et Gaussen (1953), un mois est dit biologiquement sec si, (le total mensuel des précipitations exprimées en degrés Celsius), cette formule ($P \leq 2T$) permet de construire des « diagrammes ombrothermiques » traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

Le diagramme ombrothermique proposé par Bagnouls et Gaussen (1953) nous permet de dégager la période sèche, en considérant qu'un mois est sec, lorsque le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la température mensuelle.

A ce sujet, Dreux (1980) montre que le climat est sec quand la courbe des températures est au-dessus de celle des précipitations, et humide dans le cas contraire.

L'analyse du diagramme ombrothermique (figure 11), permet de visualiser deux périodes : une période dite sèche et une autre dite pluvieuse. La figure ci-dessous indique que la période sèche s'étale sur six mois, au début du mois de Mai jusqu'à la fin du mois d'Octobre. Ainsi donc, la saison sèche dure six mois, ce qui marque une nette accentuation de la sécheresse.

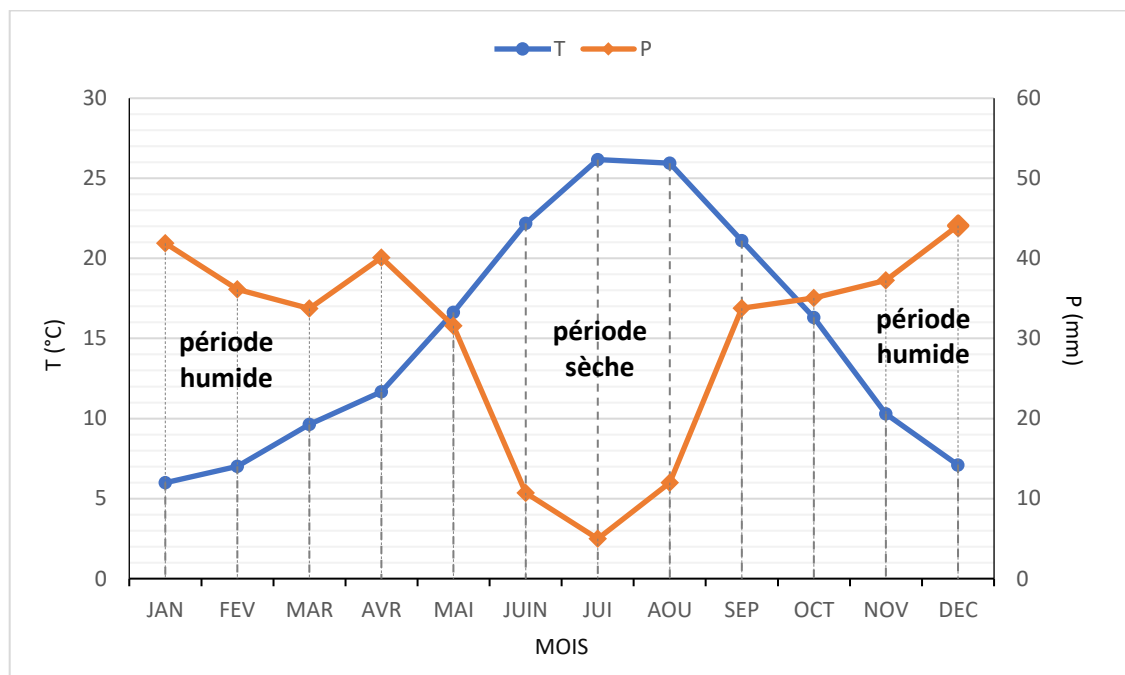


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station de Tiaret (1986-2015)

3.2. Quotient pluviométrique et le climagramme d'Emberger

Selon Dajoz (2006), le système d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens.

Selon (Quezel et Medail, 2003), cet indice se base sur les critères liés aux précipitations annuelles moyennes (P en mm), à la moyenne des minimas du mois le plus froid de l'année (m) et la moyenne des maximas du mois le plus chaud (M).

Emberger (1930 et 1955) a établi un quotient pluviométrique le « Q_2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord. Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

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

Où :

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm

M : Maxima du mois le plus chaud en ° K

m : minima du mois le plus froid en ° K

Stewart (1969), a simplifié ce quotient pluviométrique comme suit :

$$Q_2 = 3.43 P / M - m$$

Avec : P (mm) : précipitation moyenne maximale

M (°C) : température moyenne maximale du mois le plus chaud ;

M (°C) : température moyenne minimale du mois le plus froid.

Les calculs effectués sur la base de cette formule, nous donnent les résultats présentés dans le tableau 04. Nous présentons aussi les niveaux bioclimatiques des stations étudiés en fonction de leur Q_2 .

Sur la base du tableau suivant établi par Emberger, nous pouvons situer l'étage bioclimatique de notre zone d'étude.

Tableau 03 : Quotient pluviométrique et étage bioclimatique (Demartonne, 1926)

Etage bioclimatique	Valeur de (Q_2)	Pluviosité annuelle moyenne (mm)	Durée de la saison sèche
Etage humide	> 95 à 145	900 – 1300	< 3mois
Etage sub- humide	55 à 125	600 – 900	3 à 4 mois
Etage semi – aride	25 à 95	300 – 600	4 mois environ
Etage aride	15 à 40	100 – 300	< 5mois
Etage saharien	< 20	100 et irrégulière	Indéterminé parfois = 12 mois

Les calculs pour la station de Tiaret pour les deux périodes ancienne période (1970-1991) et la nouvelle période, donnent un Q_2 diminue de 42,76 à 39,56. Cette diminution a fait que la station de Tiaret se classe actuellement dans le semi-aride inferieur à hiver frais. (Tableau 04).

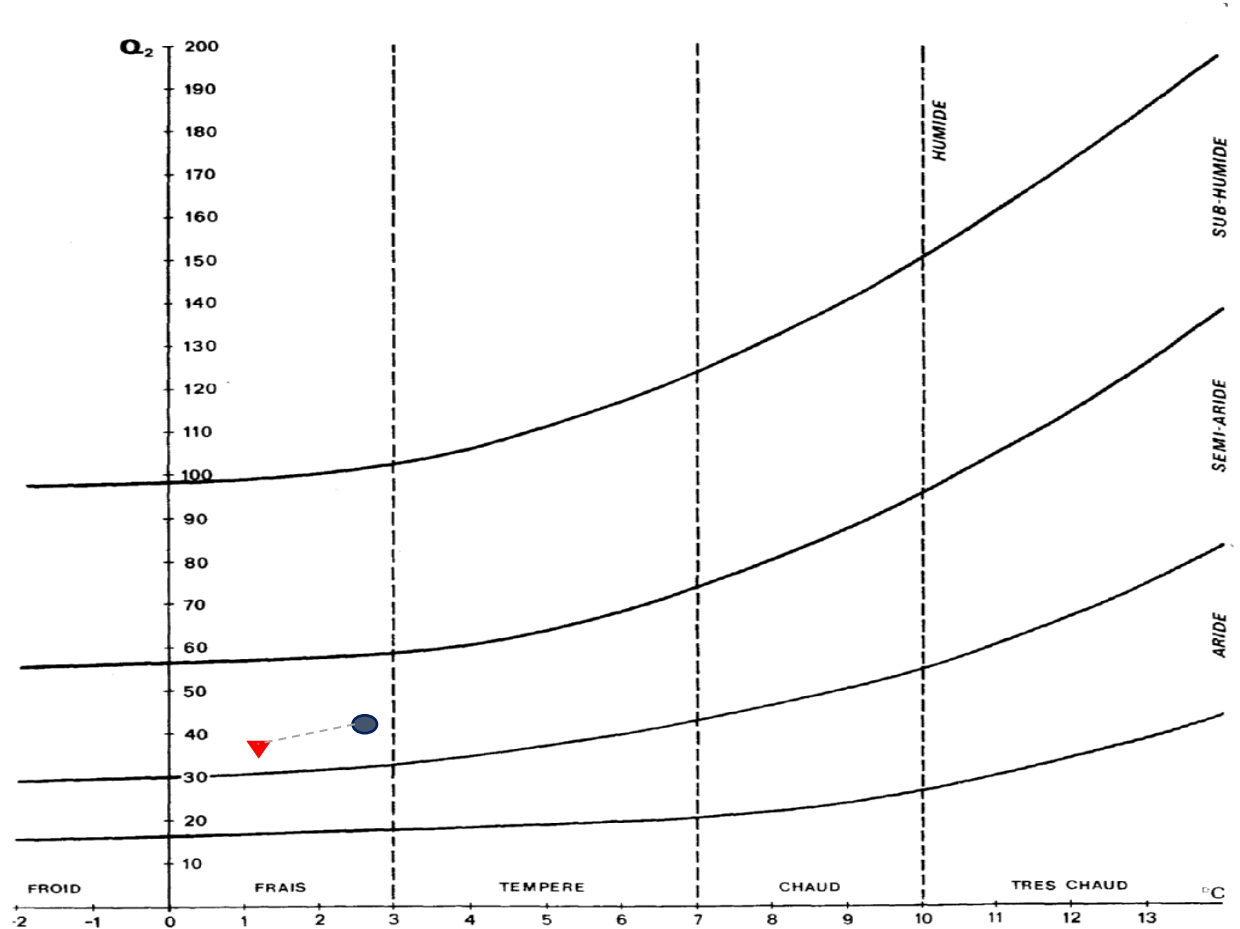
Tableau 04 : situation bioclimatique des stations d'étude

Station	Périodes	m (°c)	M (°c)	Q ₂	Niveau. Bioclimatique	Variable Thermique
Tiaret	1970-1991	2,81	33,09	42,76	Semi-aride	Fraiche
	1992-2015	1,27	34	39,56	Semi-aride	Fraiche

Le tell présente des zones à bioclimat variant du semi-aride moyen au subhumide supérieur (Kadik, 1987). À partir de la figure 12, le calcul de (Q₂) nous a permis de situer notre zone d'étude dans l'étage semi – aride frais pendant les deux périodes

Quezel (2000) a montré que le bioclimat semi-aride constitue essentiellement au thermo méditerranéen, le domaine des conifères, près forêts et forêt près steppiques à conifères essentiellement : *Tetraclinis articulata*, *Juniperus ssp*, et *Pinus halepensis*.

Malgré le caractère de plasticité de nos principales essences forestière : (*Tetraclinis articulata* et *Pinus halepensis*), Le climat dans la période actuelle joue un facteur limitant dans le déficit de régénération et le bon développement des essences. La période de sécheresse augmente la fréquence des incendies dans les peuplements résineux.



● Ancienne période : 1970-1991

▼ Nouvelle période : 1992-2015

Figure 12 : Position de la wilaya de Tiaret sur le climagramme d'Emberger

3.3. Indice d'aridité de Demartonne

Selon Demartonne (1926), note que l'indice d'aridité annuel est donné par la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec : I : indice d'aridité annuel ;

P : précipitation moyenne annuelle en (mm) ;

T : température moyenne annuelle en (°C).

Demartonne (1929) a essayé de définir l'aridité du climat par un indice qui associe les précipitations moyennes annuelles aux températures moyennes annuelles. Cet indice est d'autant plus faible que le climat est plus aride.

Cet indice permet d'étudier les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner les stations météorologiques dans un climat précis.

Pour notre station, cet indice est égal à **10,71**. Cela place notre station dans le bioclimat semi-aride conformément aux résultats cités ci-dessous. Le tableau 05. Montre l'interprétation des valeurs de l'indice de Demartonne.

Tableau 05 : Valeurs de l'indice d'aridité de Demartonne et bioclimat correspondant (Demartonne,1929)

Valeur de l'indice	Type de bioclimat	Valeur de l'indice	Type de bioclimat
0-5	Hyperaride	20-30	Subhumide
5-10	Aride	30-55	Humide
10-20	Semi-aride	>55	Hyperhumide

4. Conclusion

L'étude bioclimatique de la région révèle que le régime méditerranéen est caractérisé par deux saisons bien distinctes : une période pluvieuse de six mois, débutant de Novembre jusqu'au mois d'Avril et une période sèche qui s'étale sur le reste de l'année (Mai jusqu'au mois d'Octobre).

La classification des ambiances bioclimatiques en fonction de la température moyenne annuelle et de la température moyenne des minima "m" montre que notre région appartient à l'étage semi-aride à hiver frais.

D'une manière générale, l'étude climatique nous a permis de dégager les aspects suivants :

- ❖ Influence très marquée du relief sur le climat local.
- ❖ La présence d'un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais qui influe sur le bon développement des essences forestières.
- ❖ Contrastes saisonniers et déficit hydrique estival typique du climat méditerranéen.
- ❖ Saison végétative très restreinte.

Chapitre III

Enquête socio-économique

1. Introduction

La détérioration du capital biologique végétal au niveau de notre zone d'étude, pose bien évidemment le problème de la part de responsabilité qui peuvent y jouer respectivement les facteurs d'origine anthropique, dont bien évidemment le rôle est prépondérant, mais éventuellement aussi, les modifications actuelles du climat, comme cela est souvent évoqué déjà depuis plusieurs décennies, par le biais des changements globaux.

La pression constante, voire croissante sur les structures végétales en place, conduit principalement à une perturbation souvent irréversible des écosystèmes en passant par les différentes étapes de la dégradation (Quezel, 2000).

L'étude socio-économique permet de comprendre le rapport l'impact du facteur humain sur le milieu forestier.

2. Population

Parmi les contraintes qui influent négativement sur le bon équilibre de la forêt des Sdamas est qu'elle est fortement enclavée. Ce critère est pris en considération dans la gestion durable des forêts.

La population dans la région de Sdamas a manifestement connu une évolution assez importante durant la période 1998-2015. Cet accroissement s'exprime par la conjoncture particulière du pays durant les années 90. Qui a fortement influencé l'évolution et les répartitions des populations locales.

Au niveau de la zone d'étude la population rurale a connu un accroissement conséquent à partir de l'année 1998 en passant d'un total de 89 300 habitants en 1998 à un total de 143 900 habitants en 2003 pour atteindre ensuite 157 300 habitants en 2015, (ONS, 2015).

Tableau 06 : Evolution de la population dans la région de Sdamas

Années	1998	2003	2015
Populations	89 300	143 900	157 300

Source : Office National des Statistiques (2015)

3. Elevage

L'élevage procure des ressources importantes et régulières très recherchées, pendant les moments difficiles de l'année pour compenser le revenu. La pratique de l'élevage se fait essentiellement sur trois espèces domestiques : les bovins, les ovins et les caprins.

Tableau 07 : Évolution de l'effectif du cheptel au niveau de la zone d'étude

Années	2003	2015
Cheptel (nombre de têtes)	288 700	806 000

Source : Direction des Services Agricoles (2015).

A travers les données du tableau ci-dessus nous pouvons constater un accroissement spectaculaire des effectifs d'élevage au niveau de la zone d'étude. Ceci pourrait être expliqué par la sédentarisation de la population locale, dont la principale activité est l'agropastoralisme.

La sédentarisation caractérise aujourd'hui un accroissement de la pression anthropique, créant un déséquilibre entre l'offre et la demande fourragère d'où une mutation dans les pratiques agricoles en passant du pastoralisme vers l'agriculture.

4. Pression anthropozoogène

Toute la couverture végétale sans exception est soumise à une pression due aux activités humaines constantes. Cette dernière doit être considérée comme un facteur écologique indissociable de l'évolution des formations végétales.

Les perturbations anthropiques sont pour une très large part responsable de l'état actuel des structures de végétation de notre zone d'étude.

Les facteurs anthropiques jouent un rôle majeur dans l'organisation des structures de végétation. En effet, un accroissement extrêmement rapide des populations, surtout rurales, a déterminé une transformation radicale de l'utilisation du milieu par l'homme et ses troupeaux Quezel (2000).

Bouazza et *al.* (2001), signale que les actions néfastes de l'homme se traduisent le plus souvent par la régression de certains taxons voire même leur disparition.

Quezel (1981), précise que la détérioration des écosystèmes naturels, pour tout le pourtour de la méditerranée est liée à l'homme et à l'expansion démographique.

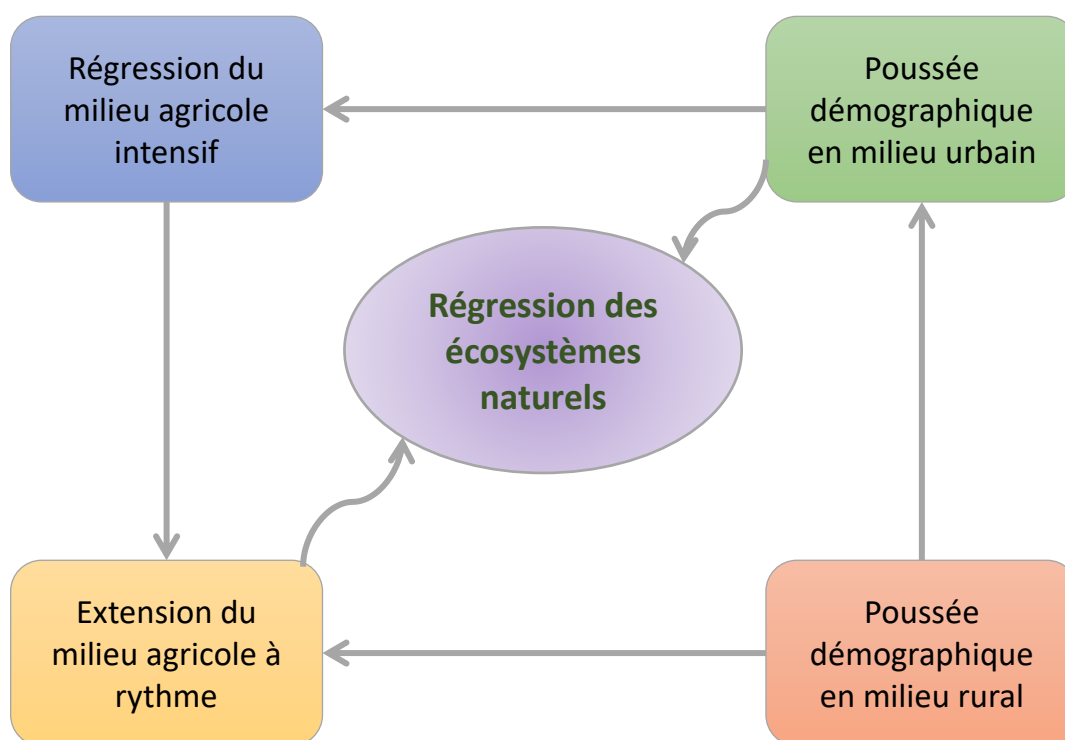


Figure 13 : Influence de l'expansion démographique sur l'écosystème naturel.
(Selon Chaabane, 1993)

D'après le schéma ci-dessus, on constate que la pression anthropozoogène est dû en grande partie à l'homme et ses actions néfastes sur le milieu naturel.

Il montre aussi la régression du milieu naturel formé par les besoins intenses de l'homme.

5. Causes de dégradation

La dégradation de la végétation est un problème qui préoccupe plusieurs chercheurs.

➤ Pâturage et surpâturage

Le surpâturage est une action qui consiste à prélever sur une végétation donnée une quantité de fourrage supérieure à la production annuelle.

Le phénomène de surpâturage est particulièrement spectaculaire autour des centres de sédentarisation et des points d'eau Le Houerou (1980).

Bouazza (1990), souligne que les animaux choisissent les espèces et par conséquent, imposent à la biomasse consommable offerte une action sélective importante.

Il s'agit là de l'aspect de l'appétence des espèces qui représentent des degrés de préférence qu'accorde le bétail aux différentes espèces.

➤ **Coupe de bois et défrichement**

La coupe est considérée comme facteur de dégradation, avec des prélèvements de plus en plus importants qui touche toutes les catégories de bois dans leurs diamètres. Les défrichements sont d'abord la réponse d'une population à des besoins vitaux, trop sollicitée, la forêt régresse et les crises érosives s'installent, comme les paysages méditerranéens en porte témoignage depuis l'antiquité (Vernet, 1997).

La vocation de la région d'étude est agrosylvopastorale. La forêt peut offrir à la population locale : le bois de chauffage, produits fourragers, matériaux de construction, plantes médicinales etc. Toute action non réglementée est considérée comme influences négatives sur la forêt. Elle est au-dessus des capacités et les potentialités de cette forêt.

Tableau 08 : Moyenne des délits enregistrés dans la forêt de Tiaret (CFT, 2013)

Nature des délits	Nombre des délits	Pourcentage (%)
Pacage	122	53
Défrichement	12	5
Coupe et transport de bois	31	13.50
Extraction de pierres	24	10.6
Extraction de sable et Tuff	5	02.20
Labour illicite	34	14.80
Autres délits	2	0.90
Total	230	100

Source : Conservation des forêts (2013)

Les délits enregistrés influent négativement sur l'état de la forêt et rendent difficile l'application des programmes d'aménagement forestier et le retour vers l'état d'équilibre.

L'insertion de de la population locale dans les projets d'aménagement forestier afin de contribuer à la diminution du taux de chômage et le changement a une relation positive entre le riverain et la forêt. Le pacage represente plus de la moitié des influences constatés. Il influe négativement sur la régénération naturelle tels que les défrichement, les coupes de bois et les extraction qui contribuent à la diminution continue de la surface forestière.

➤ Incendies

Le feu est l'ennemie la plus redoutable de la forêt, qu'il soit naturel ou causé par l'homme, par négligence ou volonté. Un incendie même limité peut provoquer des dommages considérables et une destruction définitive peut en résulter.

En méditerranée, les incendies de forêts représentent un fléau majeur et sont le résultat de l'interaction de facteurs physiques, biologiques et humains. Ceci a fait l'objet de plusieurs écrits, selon Delabraz (1985), Le Houerou (1980), Tatoni et Barbero (1990), le feu constitue une perturbation majeure à laquelle sont soumis les écosystèmes méditerranéens.

Les incendies trouvent en méditerranée un terrain favorable, par sa topographie, ces essences, sa richesse floristique estivale et par ces vents qui sont parfois violents constituant ainsi un facteur favorisant la propagation des feux.

Les modifications du climat et les changements des modes d'usage des terres, représentent des facteurs clés dans l'évolution actuelle des régimes d'incendies en région méditerranéenne Quezel et Médail (2003).

Tableau 09 : bilan des incendies de forêts enregistrées dans la wilaya de Tiaret
(CFT, 2013)

Années	Forêt (Ha)	Maquis (Ha)	Autre (Ha)	Total (Ha)	Nombre de foyers
2000	20,5	37	0	57,5	12
2001	33,5	196	0	229,5	11
2002	0	32,5	0	32,5	3
2003	22	121,5	0	143,5	12
2004	64	219	127	410	11
2005	2	5	0	7	4
2006	21,9	26,5	21,5	69,9	10
2007	6,5	16,25	20,75	43,5	11
2008	0	0	4	4	3
2009	13,5	14	3	30,5	7
2010	27,75	117	1458	1602,75	16
2011	/	/	/	/	/
2012	0	2	2	4	4
Total	211,65	786,25	1635,75	2633,65	104

Source : Conservation des forêts (2013)

Les incendies de forêts dans la wilaya de Tiaret sont un véritable fléau, des dizaines d'hectares de forêts sont détruits en moyenne 16,28 has enregistrés chaque année, 60,48 has de maquis et de 125,82 has de broussailles et Alfa.

Le Tableau 07 relève un nombre de renseignements concernant le nombre de feux et les surfaces endommagées par année. La superficie totale parcourue par le feu durant la période (2000-2012), a été estimée à 2 633,65 hectares avec le nombre de 104 foyers. Le broussaille et Alfa demeurent la formation végétale la plus touchée, avec 1 635,75 hectares touchés, se plaçant ainsi en première position avec 1,06 % du total. En second position, viennent les maquis avec 786,25 hectares représentant 0,51 %, suivis par la forêt avec 211,65 hectares représentant environ 0,13 %.

6. Infrastructures Forestières

- **Réseau de pistes :** Il est de l'ordre de 382 Km., soit une densité de 0.83 Km pour 100 ha. Cette densité demeure très insuffisante. De plus, leur état nécessite de nombreux travaux d'aménagement.

- **Tranchés pare-feu (TPF) :** Le réseau des TPF est d'une surface de 657 ha, soit une densité moyenne de 1.5 Km pour 100 ha. Elle est inférieure aux normes algériennes admises qui sont de l'ordre de 2.5 Km pour 100 ha. 90% des TPF nécessitent un aménagement. Plusieurs TPF ne répondent pas aux normes techniques admises tel qu'ils seraient parallèles à la direction des vents dominants.

- **Postes vigies et maisons forestières :** La forêt des Sdamas englobe quatre maisons forestières et cinq postes de vigie utilisés dans le cadre du réseau (DFCI), mais il existe quelques points noirs qu'il faut les éliminer. L'utilisation de MNT dans la simulation pour trouver les points idéaux pour installer un réseau de détection des incendies.

7. Conclusion

L'évolution et la conservation des forêts méditerranéennes dépendent étroitement des phénomènes liés à l'écologie des perturbations pour lesquels l'homme a joué et joue encore un rôle primordial pendant ces dernières décennies.

L'impact de l'homme sur les milieux s'intensifie de plus en plus. Ceci a conduit à la rupture parfois irréversible des équilibres écologiques. Les causes sont évidentes : surpâturage, mise en culture, éradication des ligneux et fréquence des incendies.

L'équilibre est donc rompu entre l'arbre, le sol, le climat et les activités de l'homme jadis, les besoins limités des populations avaient longtemps préservé l'écosystème, mais l'être humain en se multipliant s'est montré plus exigeant.

Une infrastructure insuffisante nécessitant un aménagement, rend la gestion de la forêt de Sdamas difficile. Elle est fortement enclavée exposée aux influences humaines.

D'une manière générale les conditions du milieu sont défavorables pour le bon développement des peuplements forestiers. On peut les résumer de la manière suivante :

- Période sèche étalée ;
- Dominance des matorrals ;
- Plusieurs causes de dégradation de la forêt ;
- Dominance des strates herbacées ;

DEUXIEME PARTIE

Etude phytoécologique

Chapitre I

Description des groupements végétaux

1. Introduction

La compréhension de l'organisation et de la dynamique de la biodiversité demeure un problème complexe et un enjeu majeur pour les écologues et les biogéographes. La richesse et la composition spécifique des écosystèmes méditerranéens résulte de la combinaison de processus paléogéographique, climatique, et écologique mais aussi d'une empreinte humaine et omniprésente qui a façonné les paysages et leurs diversités.

La végétation permet de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence ses modifications naturelles ou provoquées Blandin (1986).

La végétation est le résultat de l'intégration des facteurs floristiques, climatiques, géologiques, géographiques (Loisel, 1978).

Nous nous intéressons donc à l'étude de la végétation qui demeure l'expression la mieux combinée et la plus significative des facteurs climatiques et édaphiques.

Rappelons que cette flore se développe sous un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par une pluie concentrée sur la saison froide, une sécheresse estivale qui persiste sur plusieurs mois. Le substrat est généralement hétérogène. Le plus souvent ce sont les sols marneux ou calcaires qui occupent la région.

Les caractéristiques floristiques et écologiques de la végétation et l'étude des aspects dynamiques des groupements sur le terrain, se fait essentiellement à l'aide de la méthode des relevées phytocéologiques Braun-Blanquet (1951).

De nombreux travaux et études phytocéologiques ont été effectués au Maghreb et particulièrement en Algérie Occidentale, notamment : Barry et Faurel (1968) ; Barry *et al.* (1974) ; Djebaili (1978) ; Aidoud *et al.* (1980) ; Alcaraz (1989) ; Quezel *et al.* (1994) ; Bouazza (1995) ; Benabadji (1995) ; Le Houérou (1995) ; Quezel (2000) ; Hasnaoui (1998) ; Benabadji et Bouazza (2002) ; Benabadji *et al.* (2004) ; Hellal *et al.* (2004) ; Aboura (2006) ; Seladji (2006) ; Merzouk (2010) ; Meziane (2010) ; Aboura (2011) ; Guezlaoui (2011) ; Sari (2012) ; Regagba (2012) ; Merioua (2014).

2. Echantillonnage et choix des stations

2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage par définition est l'ensemble des opérations qui ont pour objet de relever dans une population des individus devant constituer l'échantillon.

Selon Dagnelie (1970), ou encore Guinochet (1973), l'échantillonnage reste l'opération qui prélève un certain nombre d'éléments que l'on peut observer ou traiter.

D'après Chicov (1991), afin de diminuer la variabilité du paramètre à estimer dans la population, et de réduire la grandeur de l'erreur d'échantillonnage dans le cas des forêts, il est souvent intéressant de diviser la population (forêt à inventorier) en sous unités plus homogènes appelées strates, ou peuplement homogène, indépendamment les uns des autres. Les placettes de sondage (stations dans notre cas) sont installées aléatoirement dans chaque strate. C'est pourquoi la méthode porte le nom « aléatoire stratifié ».

Selon Parde et Bouchon (1988), l'avantage de l'échantillonnage stratifié tient compte au mieux de la variabilité des peuplements. Aussi le même échantillonnage a été utilisé par Frontier (1983) dans l'inventaire de la végétation, réalisé par la méthode de Braun Blanquet (1951).

Une strate représente l'ensemble homogène de peuplement, c'est-à-dire des peuplements dont la variance est faible pour les éléments physiologiques qu'on se propose d'y distinguer, et qui peuvent être en corrélation avec les grandeurs à connaître telles que le volume, l'accroissement...etc. (M.E.R.Q, 1989).

L'échantillonnage des communautés végétales doit comprendre deux phases :

- La première est constituée par l'analyse des échantillons eux-mêmes pour vérifier s'ils répondent aux critères d'homogénéité et de représentativité.
- La deuxième correspond à la comparaison des échantillons pour tirer des conclusions valables sur les communautés (Gounot, 1969 *in* Beldjazia, 2009).

Cet auteur a proposé 04 types d'échantillonnage :

a - Echantillonnage systématique : Il consiste à disposer des échantillons selon un mode répétitif pouvant être représenté par un réseau de mailles régulières, de bandes ou de transects, de segments consécutifs, de grilles de points ou de points quadra alignés. Selon (Gounot, 1969) c'est une méthode d'échantillonnage dont les relevés se font systématiquement à intervalle régulier, mais avec le risque de sur-échantillonnage ou bien sous échantillonner certaines stations.

b - Echantillonnage au hasard (aléatoire) : consiste à tirer au hasard des diverses localisations des échantillons à étudier.

c - Echantillonnage stratifié : C'est une méthode qui consiste à subdiviser une communauté hétérogène en unités homogènes appelées strates. L'échantillonnage stratifié permet d'obtenir des stations susceptibles de traduire le maximum de situations écologiques tout en étant représentatives du plus grand nombre de cas.

d - Echantillonnage subjectif : C'est la forme la plus simple et la plus intuitive d'échantillonnage (Gounot, 1969), qui consiste à choisir les échantillons qui paraissent les plus représentatifs et suffisamment homogènes (Long, 1974). Selon ce même auteur, l'échantillonnage subjectif constitue un point de départ pour les recherches phytoécologiques ; il permet, en effet, de juger de la validité du choix de la variable retenue pour conduire l'échantillonnage stratifié. Le choix du type d'échantillonnage se base sur la réalité du terrain, sur les données bibliographiques et sur la nature des documents (photographies aériennes ou images satellites) (Ali Tatar, 2010). La méthode d'échantillonnage qui satisfait notre objectif (diagnostic phytoécologique) la plus efficace, s'avère être celle d'échantillonnage systématique.

Plusieurs enquêtes ont été programmées sur le terrain, dans le but de mieux connaître les formations végétales existantes et pour identifier les principales zones homogènes dans la région. A l'intérieur de chaque zone, nous avons choisi une station qui représente des conditions écologiques moyennes, dans laquelle nous pouvons effectuer des relevés floristiques, comprenant les différentes informations sur les caractéristiques du milieu notamment la localisation du site, l'exposition, la pente, la présence des effets de l'érosion, le taux de recouvrement, etc.

2.2. Choix des stations

Pour avoir un bon aperçu de la diversité floristique et l'hétérogénéité des formations végétales présentes, de nombreux relevés phytoécologiques ont été effectués sur des surfaces relativement homogènes dans la zone d'étude.

Pour lever toute ambiguïté, il s'avère nécessaire de définir le terme « Station » tel qu'on l'a utilisé dans ce travail. « La station est la surface dans laquelle on a effectué le relevé phytoécologique », elle représente une surface où les conditions écologiques sont homogènes et où la végétation est uniforme (Guinochet, 1973).

Ainsi le choix des stations tient compte de la physionomie de la végétation (densité du couvert, composition floristique) et des conditions écologiques (texture de sol, position topographique, microclimat, exposition des versants etc.) (Beldjazia, 2009).

Trois stations ont été définies. Elles sont représentées par le sol, le climat, la composition floristique et la topographie.

Chaque station doit être étudiée minutieusement afin d'obtenir un maximum d'informations et d'établir une description rationnelle du fonctionnement des écosystèmes que renferme la région étudiée. Les strates définies sont : la strate arborée, la strate arbustive, et la strate herbacée.

La formation végétale de la zone d'étude a subi une dégradation d'où l'observation d'un rangement d'une formation forestière à une formation pré-forestière puis à matorral.

Dans les stations étudiées la dégradation de la couverture végétale favorise l'installation des matorrals et des pelouses.

Ces groupements végétaux peuvent être des références, des points de repères, et dans une certaine mesure, peuvent donner un aperçu sur les conditions locales.

3. Surface des placettes

Selon Guinochet (1973), Il est important que la surface des relevés soit suffisante pour comprendre la quasi-totalité des espèces présentes sur la surface considérée, de végétation floristiquement homogène.

Les placettes installées en chaque station dans la zone d'étude sont retenues comme étant des unités d'échantillonnage temporaires à surface restreinte (quelques ares). Ces placettes temporaires font l'objet d'usage en vue de la recherche de relations en dehors de la variable temps (Lecomte et Rondeux, 2002 ; Rondeux et *al.*, 2002 ; Thibaut et *al.*, 2002).

La forme de placette la plus recommandée dans la littérature est celle de la forme circulaire à surface définie. Elle facilite la délimitation de la placette, règle le problème des arbres limités et ne présente pas de directions privilégiées (Palm, 1977 ; Rondeux, 1999).

Nous avons donc pu choisir trois stations représentatives dans la zone d'étude. Ces stations ne représentent pas forcément le même cortège floristique.

A l'intérieur de ces stations, le choix des placettes se fait selon l'objectif de notre étude, dans lesquelles on a effectué des relevés phytoécologiques orienté en fonction des quatre expositions.

En effet, au niveau de chaque exposition, quatre unités circulaires avec un centre fixe et des superficies de 5ares y sont installées (Figure 14). Au total, 16 placettes ont fait l'objet d'installation dans chaque station.

Chacune des placettes est délimitée par le biais de la mire de Parde et du viseur dioptrique du dendromètre Blum-Leiss (Parde et Bouchon, 1988). Pour les placettes installées sur terrain en pente, la distance entre les deux voyants de la mire de Parde fera l'objet de correction comme le montre le tableau 10.

Tableau 10 : Valeurs de références propres à l'utilisation de la mire de Parde pour différentes superficies des placettes circulaires (Rondeux, 1999)

Angle de terrain en degrés avec l'horizontale	Distance entre les deux voyants (en cm) pour les superficies des placettes		
	2 ares	5 ares	10 ares
0°	23,9	37,8	53,5
5°	24	38	53,7
10°	24,3	38,4	54,3
15°	24,8	39,2	55,4
20°	25,4	40,2	56,9
25°	26,3	41,7	58,9
30°	27,5	43,5	61,5
35°	28,9	45,7	64,7
40°	30,7	48,5	68,7



Figure 14 : Représentation schématique des unités d'échantillonnage

4. Les principales méthodes de récolte des données

La description, la détermination, et le classement des communautés végétales (groupements) nécessitent le choix de la définition d'une méthode de caractérisation, les principales méthodes d'étude de la végétation sont les suivantes :

- Méthode physionomique ;
- Méthode dynamique ;
- Méthode phytoécologique ;
- Méthode phytosociologique.

4.1. Méthode physionomique

Elle repose sur la physionomie (aspect particulier) de la végétation et permet de définir chaque formation par les caractères structuraux suivants :

- La stratification de la végétation (c'est une analyse verticale de la végétation) ;

- La phénologie (succession dans le temps des phases de développement floraison - végétation).

4.2. Méthode dynamique

Les écosystèmes ne constituent pas des ensembles statiques, aux caractères définitivement acquis, mais au contraire ils font l'objet d'une évolution continue, et un perpétuel changement particulièrement descriptible au niveau des groupements végétaux.

La végétation passe par des stades successifs qui font partie d'une série. Chaque stade se définit par la plante ou les plantes les plus caractéristiques, donc il est simple de distinguer les différents cas de séries évolutives :

4.2.1. Série évolutive progressive

Dans ce cas, il s'agit d'une série progressive (sous l'action du climat), d'une manière générale, en démarrant d'un sol nu, la végétation évolue vers un stade climatique (climax). Cependant, cette évolution s'effectue parallèlement entre phytocénoses, zoocénoses et les communautés de micro-organismes divers (Bactériocénoses, mycocénoses) et les éléments du milieu. Les sols évoluent parallèlement à la végétation au cours de la succession.

4.2.2. Série évolutive régressive

A ce niveau on s'éloigne du climax. Cette succession régressive aboutit à un groupement simple souvent analogue à un stade pionnier. En effet, cette évolution résulte en général d'un bouleversement brutal ou progressif du sol et de la végétation (sous l'action de l'homme).

4.2.3. Série cyclique

La succession prend un caractère cyclique dans le cas d'un écosystème stable, ou suite à des modifications stationnaires des conditions. Cas de l'apparition d'une clairière de forêt qui est peuplée en premier lieu par des graminées et espèces héliophiles, puis développent un sous-bois et reconstituent la forêt.

4.3. Méthode phytoécologique

C'est l'établissement des profils écologiques et la recherche des groupes écologiques de la structure des végétaux (Long, 1974).

4.3.1. Méthode de relevés

La méthode d'analyse floristique reste un facteur prépondérant pour pouvoir mieux déterminer la situation actuelle d'une région donnée.

L'emplacement du relevé est choisi subjectivement de manière à ce qu'il soit homogène, pour qu'il représente la communauté végétale.

Les données floristiques se résument à une liste exhaustive de toutes les espèces présentes dans la surface du relevé. Cette liste change d'une station à une autre et d'une année à l'autre dans une même station.

Les taxons non reconnus sur terrain sont identifiés (genre-espèce) au laboratoire d'Agro Biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi Arides de l'université de Tiaret en utilisant la flore de Quezel et Santa (1962-1963).

Les relevées ont été réalisées en fin d'hiver et au printemps, saison considérée comme optimale. Chacun de ces relevés comprend des caractères écologiques d'ordre stationnel, recensés ou mesurés sur terrain. Le relevé comporte trois catégories d'informations :

- *Géographiques* : date, localité, coordonnées (éventuellement par GPS), altitude, pente, Exposition ;
- *Environnementales* : lithologie, humidité, sol, pH, microclimat ;
- *Spécifiques, ou floristiques* : liste des espèces végétales, éventuellement en fonction de la stratification des individus, avec des indications quantitatives d'abondance, de recouvrement, de biomasse ou, simplement qualitatives, de présence, de fréquence et de sociabilité (Nashimba, 2005).

4.3.2. Méthode d'analyse de données floristiques

a. Composition floristique

Pour la composition floristique, une liste des espèces inventoriées dans les trois stations a été dressée. Dans chaque station, il a été évalué et analysé le nombre de familles, de genres et d'espèces.

Pour toutes les espèces, le nom vernaculaire, les types morphologiques, les types biologiques ont été pris en compte dans l'analyse globale.

b. Richesse spécifique

C'est l'une des mesures les plus communes de la biodiversité. Elle indique le nombre d'espèces recensées par unité de surface (Monod, 1957 ; Margalef, 1958 ; Walker, 1992 et 1995).

Une richesse spécifique peut s'exprimer en richesse totale ou en richesse moyenne :

* La richesse totale correspond au nombre total d'espèces présentes dans un biotope ou une station donnée.

* La richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans les échantillons d'un peuplement étudié (Daurbay, 2007).

c. La fréquence relative

Selon Curtis et McIntosh (1950), la fréquence d'une espèce est égale au nombre d'apparition de cette espèce sur la surface d'inventaire. La fréquence relative d'une espèce est égale au quotient de la fréquence par la somme des fréquences de toutes les espèces et multipliée par 100 (Daurbay, 2007).

$\text{Fréquence relative d'une espèce} = \frac{\text{fréquence d'une espèce}}{\sum \text{des fréquences de toutes les espèces}} \times 100$
--

d. La diversité des taxons

La diversité des taxons est évaluée en fonction du nombre d'individus au sein d'une espèce ou d'une famille dans une communauté, appelée aussi hétérogénéité spécifique. Elle est un caractère unique du niveau de l'organisation biologique d'une communauté. Ainsi, la communauté diversifiée correspond à un grand nombre d'espèces ou de familles (Daurbay, 2007).

Elle permet de mettre en évidence l'importance relative des grandes familles caractérisant la végétation étudiée. Elle s'exprime par la formule ci-après :

$\text{Indice de diversité relative} = \frac{\text{Nombre d'espèces au sein d'une famille}}{\text{Nombre total d'espèces dans l'échantillonnage}} \times 100$

4.4. Méthode phytosociologique

Les méthodes d'analyse et de classification des phytocénoses vasculaires constituent le fondement de ce que l'on appelle la sociologie végétale ou phytosociologie.

Selon Ozenda (1982), le mot phytosociologie ou sociologie végétale désigne théoriquement l'ensemble de la science des groupements végétaux.

Ces méthodes ont été précisées par le suisse Braun Blanquet en 1951 et par ses disciples de Montpellier (Emberger), d'où le nom d'école Zuricho-Montpellieraine que l'on donne souvent à ceux qui étudient les associations végétales. Selon ses principes la phytosociologie est fondée sur l'analyse de la composition floristique. Elle repose donc sur le relevé exhaustif des espèces végétales vivant sur une surface choisie (quelques mètres carrés).

Nous avons utilisé cette méthode phytosociologique ou sigmatiste de Braun-Blanquet (1951) pour cerner la problématique et atteindre les objectifs de l'étude.

En outre, cette méthode est basée sur la composition floristique, la description du milieu et la détermination des coefficients et corrélations. Elle permet une classification et une cartographie de la végétation (Benrebiha, 1984).

4.4.1. Les caractères analytiques

a. Coefficient d'abondance-dominance

L'abondance exprime le nombre approximatif des individus de chaque espèce, et la dominance apprécie la surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce. Ces deux caractères sont liés entre eux.

Il est préférable de présenter les résultats obtenus selon la méthode d'abondance-dominance d'après l'échelle de Braun-Blanquet qui s'apprécie de la manière suivante :

- r** : très peu abondant, recouvrement très faible. Individus isolés ;
- +** : Espèces présente, nombre d'individus et degrés de recouvrement très faible ;
- 1** : Espèces peu abondantes avec un degré de recouvrement faible, moins de 5 %.
- 2** : Espèces abondantes couvrant environ 25 % de la surface de relevé ;

3 : Espèces couvrant entre 25 % et 50 % de la surface du relevé.

4 : Espèces couvrant entre 50 % et 75 % de la surface du relevé ;

5 : Espèces couvrant plus de 75 % de la surface du relevé.

b. Coefficient de sociabilité

Ce coefficient tient compte du mode d'organisation et de regroupement ou non des individus au sein de la communauté. Il dépend beaucoup plus du mode de propagation propre de l'espèce que les conditions du milieu. Cette sociabilité se traduit par un coefficient défini dans une échelle à cinq (05) chiffres proposés par Braun Blanquet. Cette échelle donne une idée sur la disposition des individus de l'espèce considérée par un relevé de végétation.

Cependant deux espèces qui possèdent un coefficient d'abondance - dominance identique n'ont pas forcément le même coefficient de sociabilité.

Braun-Blanquet (1951) propose l'échelle suivante :

1 : Individus isolés ;

2 : Individus en groupes (touffe) ;

3 : Groupes, taches ou coussinets ;

4 : Colonies ou tapis important ;

5 : Nappe continue ou peuplement dense presque pur.

c. Indice de fréquence

Ce caractère est utilisé dans l'analyse statistique de la végétation. Il s'exprime en pourcentage (%). La fréquence d'une espèce s'exprime par le nombre de n fois qu'elle est présente sur un nombre total de N relevés. La formule est la suivante :

$$F(\%) = 100 \times \frac{n}{N}$$

n : Le nombre de relevés où l'espèce existe.

N : Le nombre total de relevés effectués.

F : fréquence exprimée en pourcentage.

Durietz (1920), a proposé 5 classes :

- **Classe 1** : espèces très rares ; $0 < F < 20 \%$.

- **Classe 2** : espèces rares ; $20 < F < 40 \%$.
- **Classe 3** : espèces fréquentes ; $40 < F < 60 \%$.
- **Classe 4** : espèces abondantes ; $60 < F < 80\%$.
- **Classe 5** : espèces très constantes ; $80 < F < 100 \%$.

d. Indice de présence

C'est un indice à caractère synthétique ; la présence indique le nombre de relevés où l'espèce « x » est présente, il s'exprime par la formule ci-après :

$$P(\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

n : le nombre de relevés où l'espèce « x » existe.

N : le nombre total de relevés effectués.

P : l'indice de présence.

On peut l'apprécier suivant une échelle de I à V de la manière suivante :

I : Espèces présentes dans 21% des relevés.

II : Espèces présentes dans 21 à 41% des relevés.

III : Espèces présentes dans 41 à 61% des relevés.

IV : Espèces présentes dans 61 à 81% des relevés.

V : Espèces présentes dans 81 à 100% des relevés.

Chapitre II

Analyse floristique

1. Introduction

La végétation joue un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème dont elle constitue une expression du potentiel biologique. Cependant, le couvert végétal naturel y est soumis à un double stress édaphoclimatique d'une part et anthropozoogène d'autre part (Bouchetata T et Bouchetata A, 2005).

Des études établies sur la végétation au niveau de la forêt Algérienne témoignent que son patrimoine végétal qui fait partie de la forêt méditerranéenne est très riche et très diversifié.

En Algérie, le capital forestier, comme celui des autres zones méditerranéennes, a connu depuis des décennies une continuelle régression, dû à une action conjuguée de l'homme et du climat.

L'analyse de la richesse floristique des différents groupements et leurs caractères biologiques et morphologiques permet de mettre en évidence leurs originalités floristiques, leurs états de conservation et leurs valeurs patrimoine Dahmani (1997).

La structure du peuplement végétal d'un territoire dépend à la fois de l'histoire des flores et de l'action actuelle du milieu, qui favorise certaines espèces, les répartit dans l'espace suivant leurs exigences biologiques ou, au contraire les élimine. Le peuplement d'une région peut être envisagé sous deux points de vue différents : soit sous l'angle de ses groupements floristiques, ou celui de la structure, de la physionomie et du dynamisme de ces derniers Schnell (1971).

Nous présentons dans cette étude une analyse phytoécologique des groupements végétaux, qui reste un élément important à diagnostiquer. En effet l'étude phytoécologique est une étude très précise permettant d'obtenir des informations riches et variées sur le biotope. Ainsi, l'obtention des groupes écologiques et la recherche d'espèces indicatrices sur le terrain permet d'avoir une meilleure connaissance des facteurs écologiques prépondérants dans un milieu donné.

2. Analyse des résultats

Le résultat auquel nous souhaitons arriver dépend fortement du choix du type d'échantillonnage Godron (1971) et Frontier (1983).

Pour notre étude et pour bien appréhender notre problématique, nous avons pu caractériser 3 stations représentatives de la zone d'étude. Le but principal est de faire une sélection des espèces inventoriées surtout de la strate arbustive, pour en sortir une liste des espèces dites caractéristiques de chaque groupement.

2.1. Composition floristique par famille

Les inventaires floristiques qui ont été effectués dans la région de Sdamas ont permis d'identifier 15 familles et 27 espèces.

Nous observons dans la figure 15 l'ensemble des espèces inventoriées. A première vue, on constate une prédominance des familles des Lamiacées, les Fabacées et les Oléacées qui dominent la flore, avec un taux de 11%. Les Cupressacées, Anacardiées, les Poacées, les Cistacées, les Fabacées et les Liliacées représentent chacune 7 %. Le reste des familles est composé des Pinacées, des Globulariacées, des Apiacées, des Arécacées et des Thymelaeacées représente un taux de 3 % pour chacune.

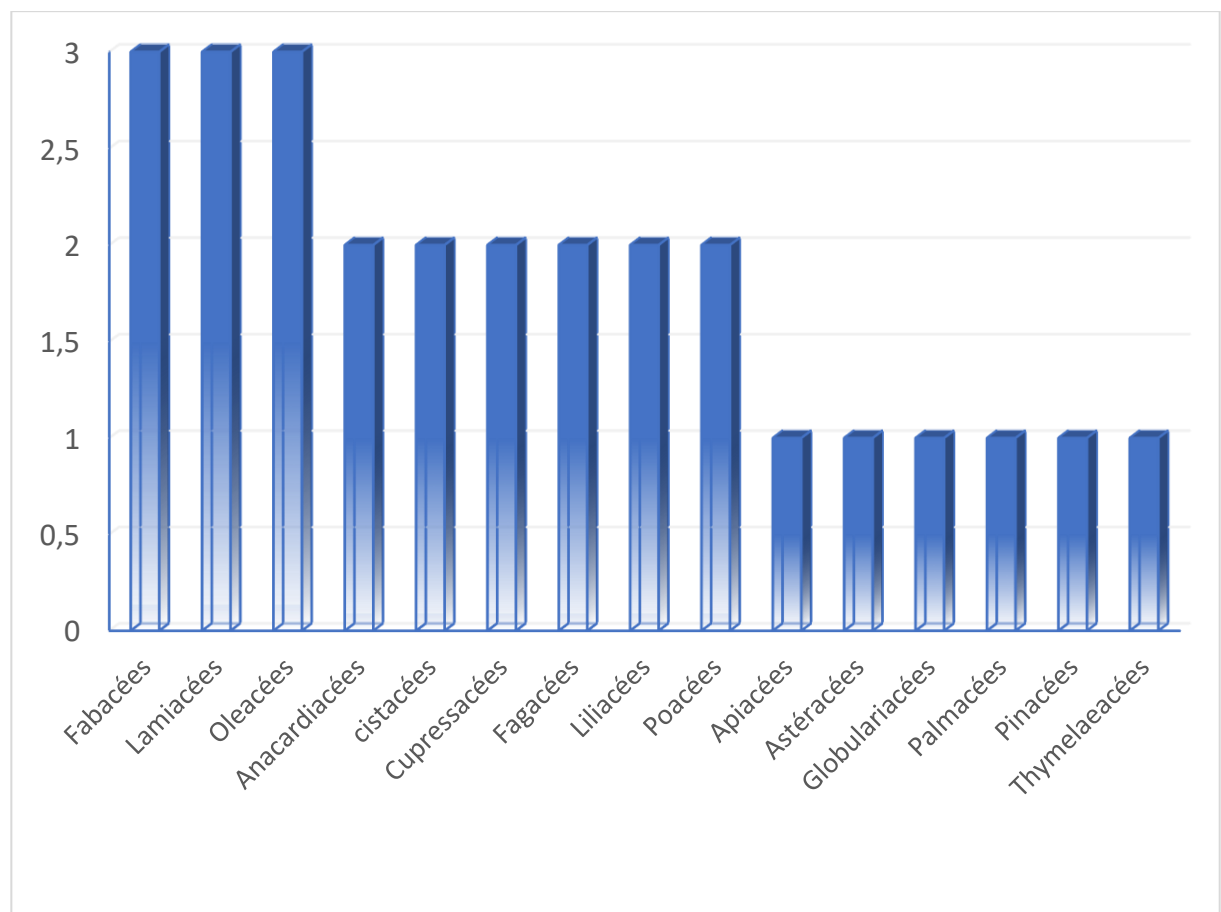


Figure 15 : Pourcentages des familles de la zone d'étude

Tableau 11 : Répartition des familles par station

Familles	Station 1 (<i>Frenda</i>)	Station 2 (<i>Mechraa Sfa</i>)	Station 3 (<i>Sidi Bakhti</i>)
Anacardiacees	14,08%	9,94%	8,34%
Apiacees	/	1,06%	3,12%
Asteracees	3,71%	/	/
Cistacees	7,08%	7,81%	3,58%
Cupressacees	2,91%	10,33 %	9,28%
Fabacees	0,62%	1,19%	1,70%
Fagacees	15,23%	2,19%	14,27%
Globulariacees	4,69%	8,41%	11,33%
Lamiacees	13,55%	24,06%	11,02%
Liliacees	0,97%	0,19%	0,42%
Oléacees	3,53%	14,59%	18,32%
Arécacees	1,17%	0,13%	1,01%
Pinacees	17,00%	14,33%	10,30%
Poacees	15,02%	5,16%	7,31%
Thymelaeacees	0,44%	0,61%	/
Nombre total	14	14	13

2.2. Type biologique

Les « formes biologiques » d'après Delpech *et al.* (1985) constituent un élément de référence intervenant dans la définition des formations végétales. Depuis le premier système de classification purement descriptif, basé sur l'observation de la capacité d'une plante à fleurir et fructifier une ou plusieurs années successives. La plupart des auteurs ont tenté d'intégrer les variables écologiques dans les systèmes de classification proposés Grisebach (1872) ; Warming (1908) ; Ozenda (1977).

Raunkiaer (1934) a établi une classification des végétaux en type biologique suivant les formes d'adaptation avec les conditions du milieu naturel, essentiellement fondée sur le mode de protection de leurs bourgeons face au froid et à l'enneigement.

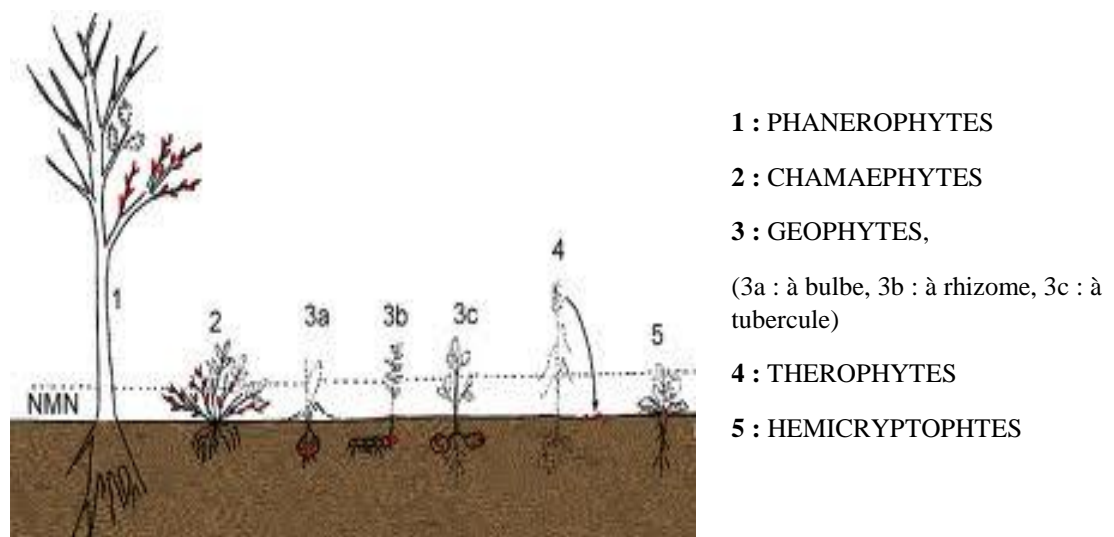


Figure 16 : Classification des types biologiques de Raunkiaer (1934)

1. **Phanérophytes**, les feuilles tombent ou non et les zones les plus sensibles (méristèmes) sont protégées par des structures temporaires de résistance : les bourgeons. Arbres ou des arbustes dont les bourgeons se trouvent en hiver très au-dessus de la couche de neige (cela valait pour la Scandinavie), c'est-à-dire à plus de 25 à 40 cm au-dessus du sol et qui assurent la protection de leurs bourgeons contre le froid en les entourant dans des enveloppes.
2. **Chaméphytes** (Chamaephytes), les feuilles tombent ou non, les bourgeons les plus bas bénéficient de la protection de la neige (NMN : niveau moyen de la neige). Arbustes de moins de 50 cm de hauteur et censés se retrouver, en hiver, sous la couche de neige protectrice... Les bourgeons des Chaméphytes sont aussi protégés par des enveloppes (sans doute pour les années où il ne neige pas ou s'ils sont bretons !).
3. **Cryptophytes** (géophytes), ces plantes passent la période froide protégées par le sol, la partie aérienne meurt. 3a : c. à bulbe. 3b : c. à rhizome. 3c : c. à tubercule. Les bourgeons sont souterrains (plantes dont les tiges souterraines sont des rhizomes, des tubercules ou des bulbes).
4. **Thérophytes**, (plantes annuelles) ces plantes passent l'hiver à l'état de graine, l'ensemble de la plante meurt. Plantes annuelles qui survivent à l'hiver sous forme de graines. Aucune précision n'est apportée, par exemple, sur la dépense énergétique que consent une plante à la production de graines, certaines en fabriquant des centaines, voire des milliers, d'autres quelques-unes seulement.
5. **Hémicryptophytes**, stratégie mixte qui combine celle des géophytes et des Chaméphytes. Les bourgeons, au ras du sol, sont enfouis dans des rosettes de feuilles (pissenlits, plantains, iris, etc.).

Tableau 12 : Pourcentage des types biologiques

Type biologique	Nombre d'espèces	Taux
Chaméphytes (Ch)	12	44 %
Géophytes (Ge)	3	11 %
Hémicryptophyte (He)	1	4 %
Phanérophytes (Ph)	10	37 %
Thérophytes (Th)	1	4 %

Comme les types biologiques sont conditionnés par les facteurs du milieu, c'est la dominance de l'un ou de l'autre qui permet de donner le nom de la formation végétale. Celle-ci qui est donc l'expression physiologique, reflète les conditions du milieu.

La zone d'étude se caractérise par une biodiversité importante en matière de flore forestière. Sur les espèces recensées, nous remarquons que la grande partie est constituée notamment des Chamaephytes, qui représentent les 44 % de toute la végétation existante. Cette représentation non négligeable s'explique par leur bonne adaptation aux conditions du milieu. Selon Le-Houerou (1980) le surpâturage ovin et bovin entraîne le développement des Chamaephytes.

Les Phanérophytes sont particulièrement abondantes (37 %) dans notre zone d'étude, ce qui témoigne l'existence d'une formation forestière et/ou pré-forestière. Ce type biologique est représenté par : *Tetraclinis articulata*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera* et *Pinus halepensis*.

La proportion des Chamaephytes augmente en fonction de l'état de dégradation des milieux préforestiers car ce type biologique s'adapte mieux à la sécheresse estivale et à la lumière comparativement aux Phanérophytes (Benbadji et al, 2007).

Les Hémicryptophytes sont très faibles et sont représentées par une proportion de 4%. Barbero et al. (1990) signalent la présence des Hémicryptophytes dans les pays du Maghreb en raison de la présence de matière organique et de l'humidité.

Floret et al. (1992) signalent que plus un écosystème est influencé par l'homme (surpâturage, culture), plus les Thérophytes y prennent de l'importance.

Dans notre cas, pour chaque type de formation, la proportion des Thérophytes reste assez réduite, expliquée par l'objectif de cette étude qui est le recensement de la flore forestière surtout la strate arbustive.

Enfin, les Géophytes sont représentées avec 11 % dans la zone d'étude.

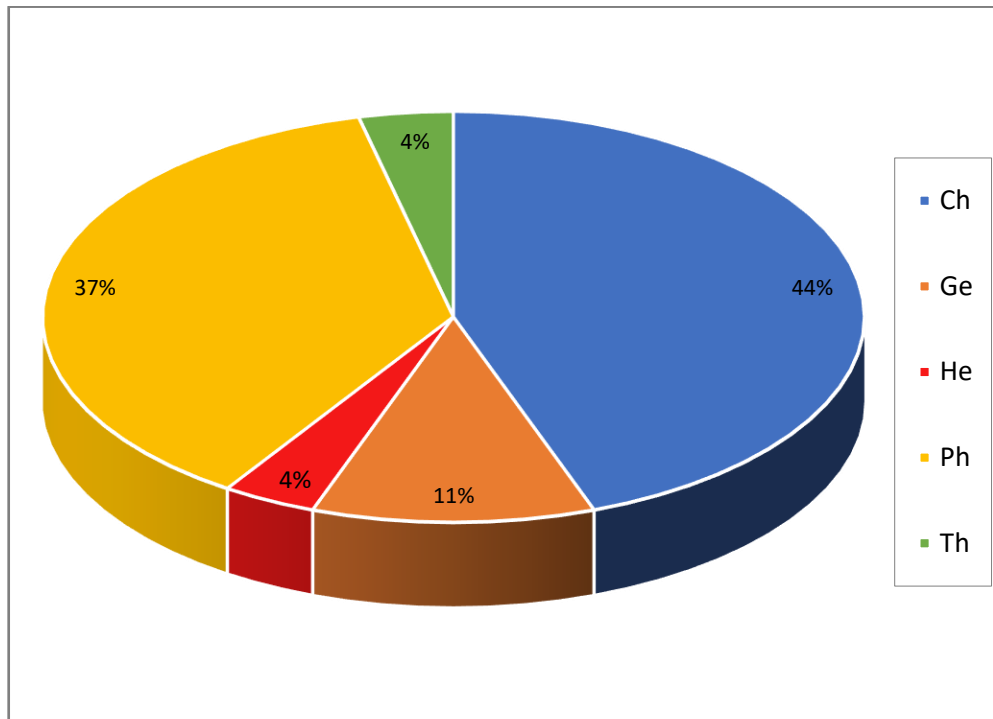


Figure 17 : Pourcentage des types biologiques de la zone d'étude

Dans ce contexte, Barbero et *al.* (1990) signalent que les perturbations causées par l'homme et ses troupeaux sont nombreuses et correspondent à deux situations de plus en plus sévères allant de la matorralisation jusqu'à la désertification en passant par la steppisation.

2.3. Type morphologique

La forme des plantes est l'un des critères de base de la classification des espèces en type morphologique. La phytomasse est composée par des espèces pérennes, ligneuses ou herbacées et des espèces annuelles.

Tableau 13 : Pourcentage des types morphologiques

Types morphologiques	Nombre d'espèces	Taux
LV	20	74 %
HA	4	15 %
HV	3	11 %

Légende : **LV** : ligneux vivaces, **HA** : herbacées annuelles, **HV** : herbacées vivaces

De point de vue morphologique, les formations végétales de la zone d'étude sont marquées par l'hétérogénéité entre les ligneux et les herbacées, et entre les vivaces et les annuelles.

Le type morphologique des ligneux vivaces sont les plus dominants avec un pourcentage de 74 %, les herbacées annuelles sont en deuxième position avec 15 %, et enfin les herbacées vivaces avec 11 %.

L'instabilité structurale du sol et les rigueurs climatiques favorisent l'installation et le développement des espèces ligneuses vivaces car elles résistent à différentes variations climatiques et édaphiques.

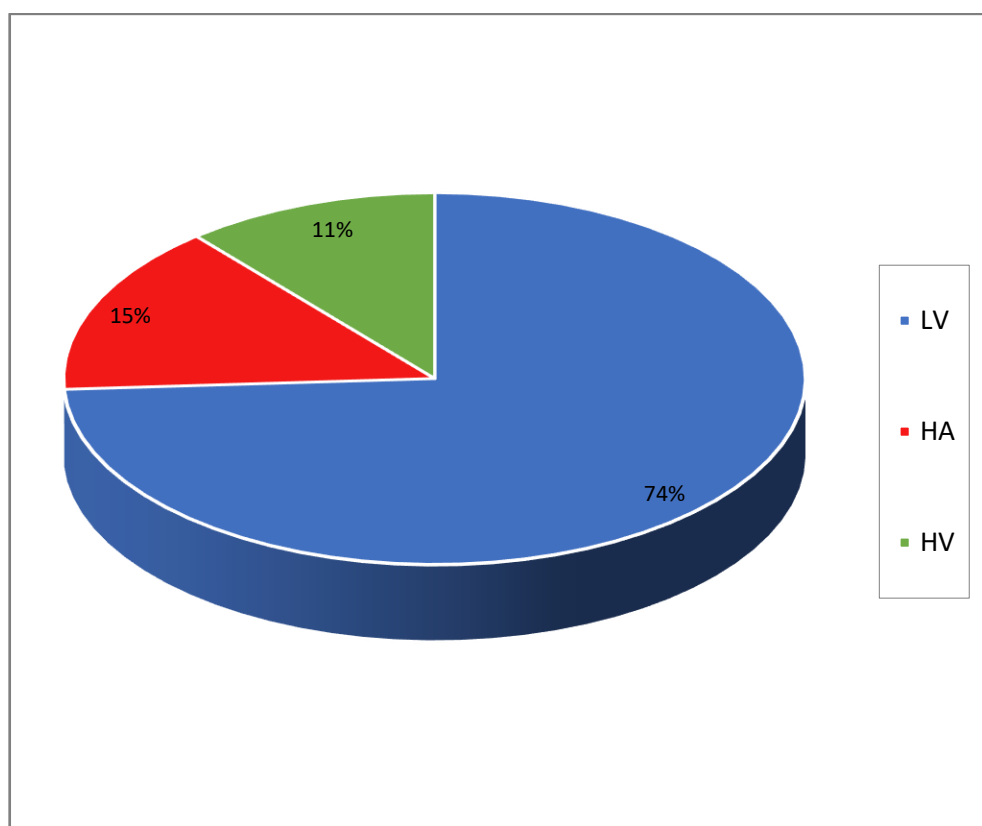
**Figure 18** : Pourcentage des types morphologiques de la zone d'étude

Tableau 14 : Inventaire floristique de la zone d'étude

TAXON	FAMILLE	TM	TB
<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressacées	LV	Ph
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiacees	LV	Ph
<i>Globularia alypum</i>	Globulariacees	LV	Ch
<i>Phylleria latifolia</i>	Oléacées	LV	Ph
<i>Rosmarinustournefortii</i>	Lamiacées	LV	Ch
<i>Quercus coccifera</i>	Fagacées	LV	Ph
<i>Cistus salviifolius</i>	Cistacées	LV	Ch
<i>Ferula communis</i>	Apiacées	HA	He
<i>Olea europaea var. oleaster</i>	Oléacées	LV	Ph
<i>Stipa tenacissima</i>	Poacées	LV	Ge
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistacées	LV	Ch
<i>Trifolium rubens</i>	Fabacées	HA	Th
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>	Poacées	LV	Ch
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Cupressacées	LV	Ph
<i>Asparagus acutifolius</i>	Liliacées	HA	Ch
<i>Calicotome spinosa</i>	Fabacées	LV	Ch
<i>Chamaerops humilis</i>	Arécacées	HV	Ch
<i>Thymelea hirsuta</i>	Thymelaeacées	HA	Ch
<i>Thymus ciliatus</i> ssp. <i>Munbyanus</i>	Lamiacées	HV	Ch
<i>Teucrium polium</i>	Lamiacées	LV	Ch
<i>Urginea maritima</i>	Liliacées	HV	Ge
<i>Pinus halepensis</i>	Pinacées	LV	Ph
<i>Pistacia atlantica</i>	Anacardiacees	LV	Ph
<i>Atractylis humilis</i> L.	Astéracées	LV	Ge
<i>Genista scorpius</i>	Fabacées	LV	Ch
<i>Quercus ilex</i>	Fagacées	LV	Ph
<i>Phylleria angustifolia</i>	Oléacées	LV	Ph

La légende :

TM : type morphologique	LV : ligneux vivaces
	HA : herbacées annuelles
	HV : herbacées vivaces
TB : type biologique	Ph : Phanérophytes
	Ch : Chamaephytes
	Th : Thérophytes
	Ge : géophytes
	He : Hémicryptophytes

2.4. Composition floristique de la zone d'étude

De point de vue végétation, nous avons pu décrire une liste d'espèces caractéristiques de l'Algérie Occidentale. Parmi eux nous avons 5 espèces fréquentes : *Tetraclinis articulata* 15 %, *Quercus coccifera* 13 %, *Pinus halepensis* 11 %, *Pistacia lentiscus* 9 %, *Phylleria latifolia* 8 %.

Les autres espèces ne dépassent pas 6 % : *Globularia alypum* et *Rosmarinus tournefortii* 6 %, *Cistus salviifolius* et *Stipa tenacissima* 5%, *Ampelodesmos mauritanicus* et *Quercus ilex* 4 %, *Juniperus oxycedrus* 3 %.

Le reste des espèces sont représentées par des faibles pourcentages : *Calycotome spinosa*, *Phylleria angustifolia*, *Phylleria angustifolia* et *Olea europaea* 2 %.

Le *Chamaerops humilis*, *Thymus ciliatus ssp. Munbyanus*, *Thymelea hirsuta*, *Teucrium polium* et *Atractylis humilis* etc. sont de l'ordre de 1 %.

3. Conclusion

L'analyse floristique de la zone d'étude nous a permis de faire ressortir les résultats suivants :

Le couvert végétal est formé surtout par les espèces appartenant aux familles des Lamiacées, les Fabacées et les Oléacées, les Cupressacées, Anacardiacees, les Poacées, les Cistacées, les Fabacées et les Liliacées et d'autres familles moins riches en espèces ne représentent qu'un taux de 3 % telles que Pinacées, des Globulariacées, des Apiacée...etc.

Le type biologique est représenté par des formations assez dégradées marquées par une dominance des Chamaephytes, viennent en deuxième position les Phanérophytes, les géophytes enfin les Thérophytes et les Hémicryptophytes.

Les principales espèces qui imposent une dominance dans la composition floristique grâce à leur pouvoir de résistance aux diverses agressions se résument au *Tetraclinis articulata*, *Pinus halepensis* et *Quercus coccifera* pour les espèces forestières et *Pistacia lentiscus* et *Phillyrea ssp* pour les espèces pré-forestières.

Chapitre III

Relation : groupements des végétaux- facteurs du milieu

1. Introduction

Le traitement statistique est un outil qui peut nous aider à déterminer quelques facteurs écologiques qui régissent la composition floristique de ces peuplements végétaux, caractérisés par une grande diversité floristique au niveau de notre zone d'étude.

Compte tenu des données disponibles, l'analyse statistique pouvant répondre à nos traitements est l'analyse factorielle des correspondances. Apparue il y a plus d'une vingtaine d'années, cette technique est maintenant largement utilisée en écologie. Son principe offre de nombreuses possibilités qui se sont continuellement développées avec le progrès de l'informatique. Bonin et Taton (1990).

Ce type d'analyse qui a montré sa pertinence en phytoécologie permet d'étudier les relations éventuelles qui s'établissent entre des variables discontinues et non quantitatives (Cornier, 2002).

L'analyse des correspondances a été spécialement étudiée pour le traitement des données de numération car la mesure de distance utilisée (entre prélèvements ou entre espèces) est basée sur les probabilités de présence. On compare, non pas les densités de population des différentes espèces, mais les profils de ces espèces à travers l'ensemble des échantillons.

L'analyse factorielle des correspondances offre également d'autres grandes possibilités. En effet elle permet de traiter conjointement les variables floristiques et les variables écologiques. Djebaili (1984).

L'analyse factorielle des correspondances est utilisée depuis longtemps en phytosociologie et en phytoécologie Guinochet (1952), Charles et Chevassut (1957), Dagnelie (1960), Cordier (1965), Benzecri (1973), Celles (1975), Briane et *al.* (1977), Bonin et Roux (1978), Bastin et *al.* (1980), Legendre (1984), Djebaili (1984), Dahmani (1984), Chessel et Bournaud (1987), et Loisel et *al.* (1990).

Afin de répondre aux attentes concernant la distribution des espèces végétales en fonction des différents facteurs écologiques et anthropiques, nous développeront successivement : la méthodologie, les résultats et interprétation avec les cartes factorielles des espèces végétales.

2. Méthodologie

Pour rechercher l'homogénéité de la végétation et identifier les éventuels groupements végétaux, l'approche par l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été utilisée à l'aide

du logiciel « XLSTAT 2017 ».

Afin de réaliser cette analyse, nous avons classé les données récoltées par la méthode stigmatise Braun Blanquet (1951).

Les relevés phytoécologiques de la zone d'étude, ont été disposés sur un tableau avec le nombre des espèces en « ligne » et soit les expositions ou les stations en « colonnes ».

L'exécution des relevés est accompagnée du relèvement des caractères stationnels : fréquence, taux de recouvrement.

Les relevés réalisés ont été traités par une analyse factorielle des correspondances (A.F.C) qui permet de rechercher les affinités qui existent entre les espèces et/ou les relevés.

2.1. Codage

Pour le traitement des données par logiciel, nous avons transcrit celle-ci en matrice codée. Chaque espèce inventoriée dans notre zone d'étude a été codée selon un code de deux lettres ou trois lettres. Il correspond au nom scientifique de chaque espèce établie par nous-mêmes. Le code ainsi établi est utilisé pour la liste des taxons de toute la zone d'étude retenue dans l'échantillonnage.

Exemple :

Taxons	Code
• <i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Ta</i>
• <i>Chamaerops humilis</i>	<i>CyH</i>
• <i>Pinus halepensis</i>	<i>PA</i>
• <i>Stipa tenacissima</i>	<i>St</i>

3. Résultats et interprétations

3.1. Cartes factorielles « espèces végétales »

L'analyse factorielle des correspondances a permis la mise en évidence de gradients écologiques pertinents intervenants dans la structuration de la végétation au niveau de chaque zone d'étude, dont trois modalités du milieu (expositions, Stations, espèces) ont été prises en compte.

Pour chaque analyse, les pourcentages d'inertie expliqués par chacun des axes, ont été pris en considération, dont les écarts relatifs nous ont permis de connaître le nombre des axes susceptibles d'être interprétés (Maatoug, 2003).

3.1.1 AFC N°1 : expositions – espèces – station 1

Une Analyse factorielle de correspondance a été réalisée afin de dévoiler les groupements végétaux possibles ainsi que leurs interactions avec les expositions (Figure 19).

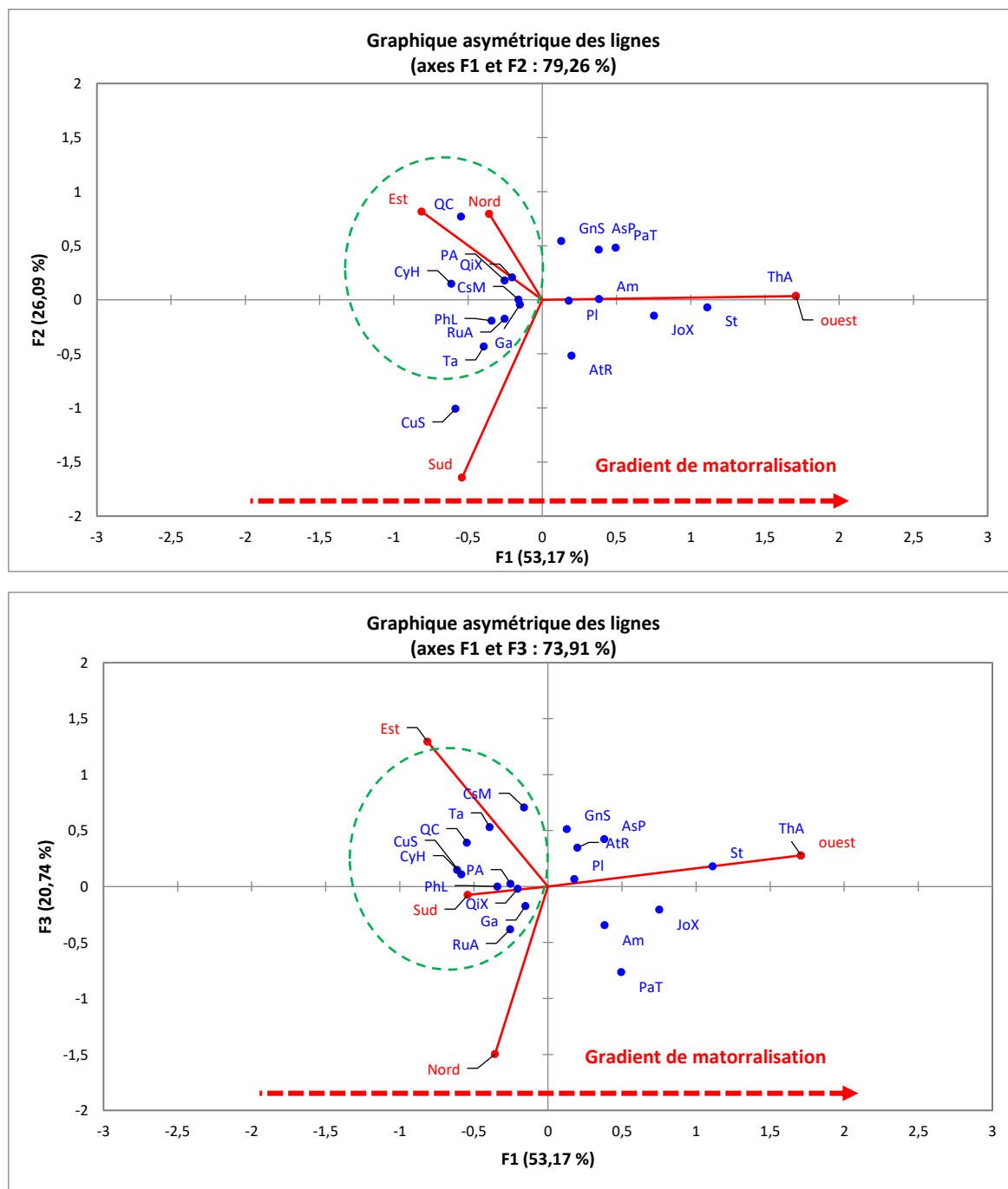
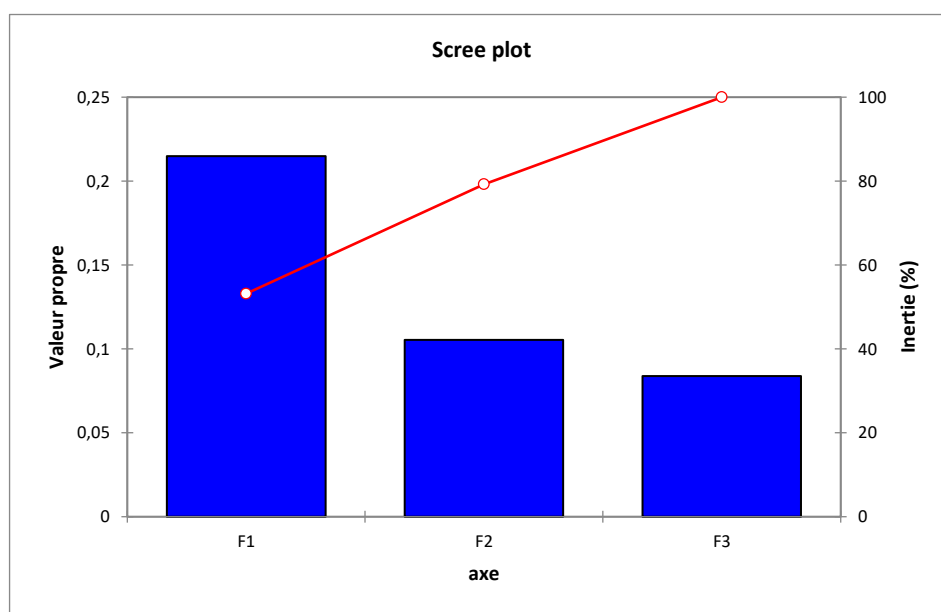


Figure 19 : Plan factoriel des expositions en fonction des espèces dans la station de Frenda.

L'examen du graphe de la station de Frenda cité en dessous : permet selon les trois axes factoriels de déduire deux groupes relativement hétérogènes, suivant le tableau 15.

Tableau 15 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des trois axes de l'AFC 1

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,22	0,11	0,08
Inertie (%)	53,17	26,09	20,74
% cumulé	53,17	79,26	100

**Figure 20** : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Station 1)

L'analyse du tableau ci-dessus montre que le taux d'inertie de l'axe 1 est élevé que le taux d'inertie de l'axe 2 et 3 ce qui montre que la projection se fait principalement sur le premier axe.

Interprétation de la projection F1 et F2

Selon la projection F1- F2, l'axe F1 représente 53,17 d'inertie, nous remarquons que sur le côté positif vers l'extrémité de l'axe s'individualise une orientation Ouest et s'identifie un groupe d'espèces relevant du domaine près-forestier : *Thymus ciliatus ssp. Munbyanus* (ThA), *Stipa tenacissima* (St) et *Juniperus oxycedrus* (JoX). Au fur et à mesure que l'on progresse dans l'axe on trouve : *Ampelodesmos mauritanicus* (Am), *Pistacia atlantica* (PaT), *Asparagus acutifolius* (AsP), *Pistacia lentiscus* (Pl), *Genista scorpius* (GnS) et *Atractylis humilis* (AtR), ceci montre la forte contribution d'un regroupement de ces espèces relevant du domaine matorral dégradé dans cette station.

Par ailleurs sur le côté négatif, nous remarquons au niveau de cet axe (F1) un gradient dynamique de végétation progressive du côté positif vers le côté négatif, l'axe correspond

vraisemblablement à un gradient décroissant d'une évolution végétale.

Interprétation de la projection F1 et F3

Selon cette projection, le côté négatif de l'axe F1 résume le maximum d'informations. Il regroupe les expositions Nord, Est et Sud avec un groupe d'espèces dont on relève la forte contribution de *Pinus halapensis* (PA), *Quercus ilex* (QiX), *Globularia alypum* (Ga), *Quercus coccifera* (QC), *Rosmarinus tournefortii* (RuA), *Tetraclinis articulata* (Ta), *Chamaeops humilis* (CyH), *Cistus monspeliensis* (CsM), *Phylleria latifolia* (PhL) et *Cistus salviifolius* (CuS). Ce groupe englobe les espèces caractéristiques des formations matorrals thermophiles.

La présence de certaines espèces basses accompagnatrices du Pin (*Pinus halepensis*), telles que *Rosmarinus tournefortii* (RuA), *Cistus salviifolius* (CuS) indiquent toujours l'instabilité du milieu (matorral de Pin d'Alep en stade de dégradation).

Cette formation végétale tend vers un matorral arboré dont l'évolution est régressive. L'importance de la strate buissonnante est un signe de dégradation remarquable atteignant souvent le stade irréversible.

3.1. 2. AFC N°2 : expositions – espèces – station 2

Semblablement à la première station une autre AFC a été faite, cette dernière est illustrée dans la figure (21).

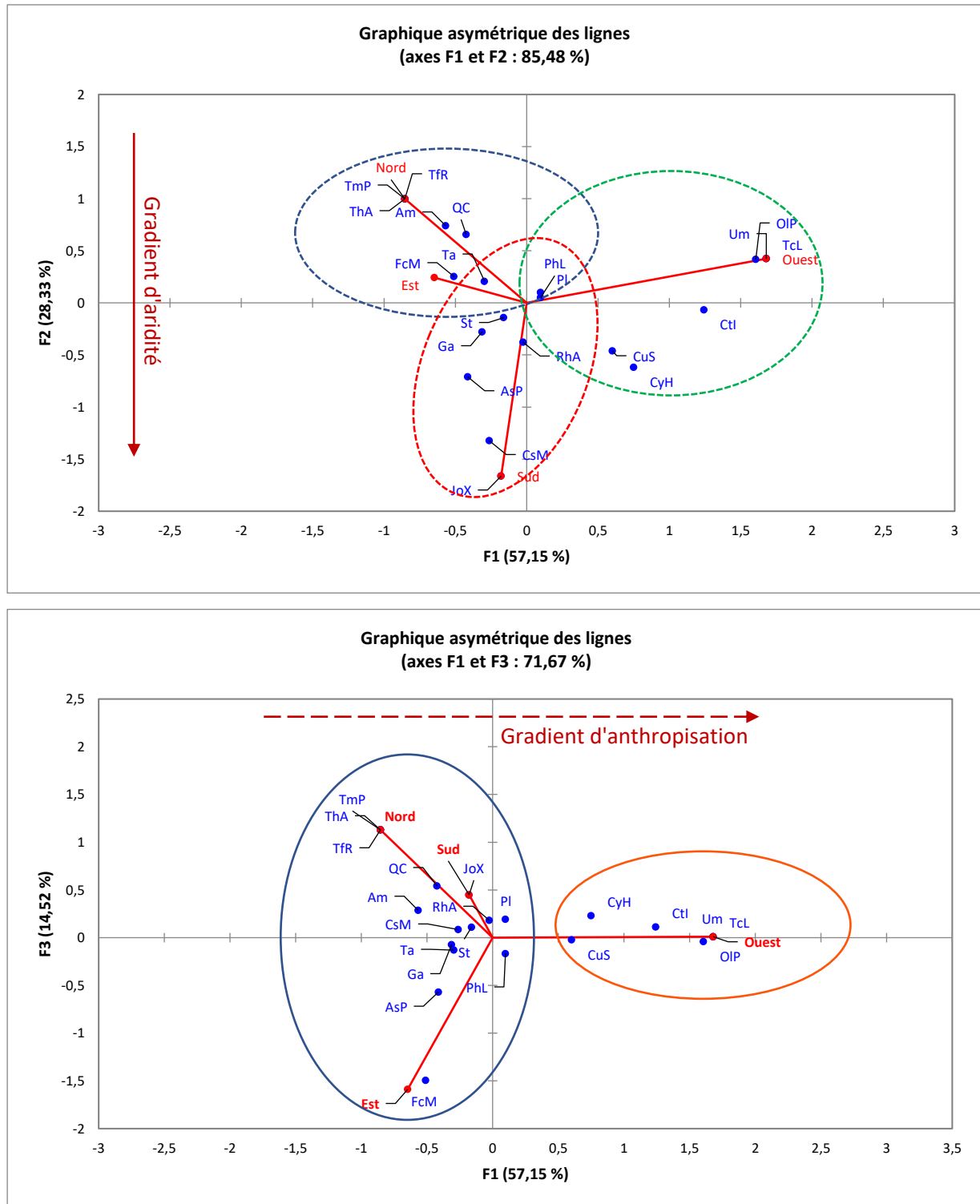


Figure 21 : Plan factoriel des expositions en fonction des espèces dans la station de Mechraa Sfa.

D'après l'examen du graphe précédent station de Mechraa Sfa, les trois axes factoriels, permettent de déduire trois groupes relativement homogènes.

Tableau 16 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des trois axes de l'AFC 2

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,26	0,13	0,07
Inertie (%)	57,15	28,33	14,52
% cumulé	57,15	85,48	100

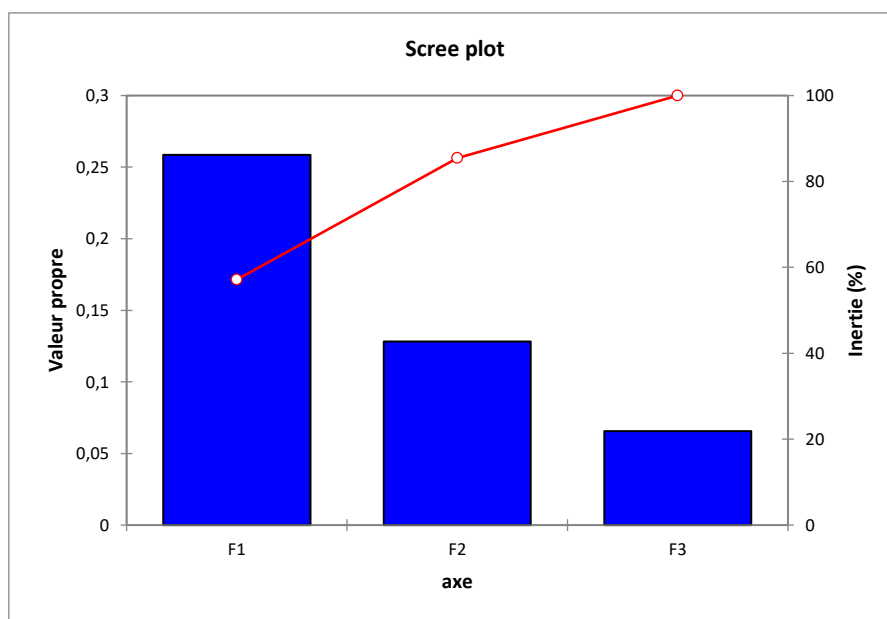


Figure 22 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Station 2)

L'analyse du tableau ci-dessus montre que le taux d'inertie de l'axe F1 est élevé que le taux d'inertie des axes F2 et F3, ce qui montre que la projection se fait principalement sur le premier axe.

Les taux d'inertie importants, reflètent une fraction importante de la réalité, ce qui nous mène à déduire à partir des variables traitées qu'il existe une relation d'interdépendance entre l'orientation du relief et la végétation.

Interprétation de la projection F1 et F2

Sur la carte factorielle (Figure 21), on peut étudier la position des espèces sur les deux côtés de l'axe F1, du côté positif le plus extrême montre un regroupement des relevés d'espèces relevant du domaine matorral dégradé. Ce groupe est constitué de l'exposition Ouest

avec cinq espèces : *Cistus salviifolius* (CuS), *Chamaeops humilis* (CyH), *Calycotome spinosa* (Ctl), *Olea europaea* var. *oleaster* (OiP) et *Teucrium polium* (TcL).

Quezel *et al.* (1992), précise que l'installation des espèces : *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa* et *Chamaerops humilis*, leur présence renseigne déjà sur la manifestation d'une certaine dégradation, qui par ailleurs, est encore révélée par la présence d'espèces telles que : *Urginea maritima*, *Asphodelus aestivus*, *Ferula communis*.

Le développement de ces espèces, généralement épineuses dans ce milieu, indique sa dégradation par les agents anthropozoïques. Ainsi qu'une forme d'adaptation à la sécheresse, marquée par un sous-bois abondant. Le premier groupe renferme les expositions Nord, Est et Sud avec les espèces suivantes : *Quercus coccifera* (QC) et *Ampelodesmos mauritanicus* (Am), *Trifolium rubens* (TfR), *Rosmarinus tournefortii* (RuA), *Thymus ciliatus* ssp. *Munbyanus* (ThA), *Thymelea hirsuta* (TmP) avec l'exposition Nord.

Le groupe suivant renferme des espèces relevant du domaine près-forestier, mais aussi des espèces xérothermophiles qui s'adaptent à l'aridité et à la sécheresse : *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus* (Pl), *Globularia alypum* (Ga), *Phillyrea Latifolia* (PhL), *Stipa tenassicima* (St), *Ferula communis* (FcM), *Urginea maritima* (Um), *Juniperus oxycedrus* (JoX), *Cistus monspeliensis* (CsM) et *Asparagus acutifolius* (AsP) et les expositions Est et Sud.

Au centre du plan factoriel, nous avons la formation d'un bull composé d'un ensemble des espèces qui sont rencontrées dans toutes les expositions, essentiellement le *Tetraclinis articulata* (Ta), *Pistacia lentiscus* (Pl), *Phillyrea latifolia* (PhL), *Stipa tenassicima* (St), *Rosmarinus tournefortii* (RuA).

Notons que la carte factorielle (Axe F1- F2) est presque identique à la carte factorielle (Axe F1- F3), donc l'interprétation se fait essentiellement sur la projection (F1-F2) interprétée précédemment.

On remarque dans l'axe F1 un gradient dynamique de végétation régressive du côté négatif vers le côté positif, marquant ainsi un gradient de sécheresse (aridité) et d'anthropisation.

3.1.3. AFC N°3 : expositions – espèces – station 3

L'analyse factorielle des correspondances de la troisième station de Sidi Bakhti (figure 23) permet de mettre en évidence les relations entre les différents groupements végétaux avec les expositions (Nord, Sud, Est et Ouest).

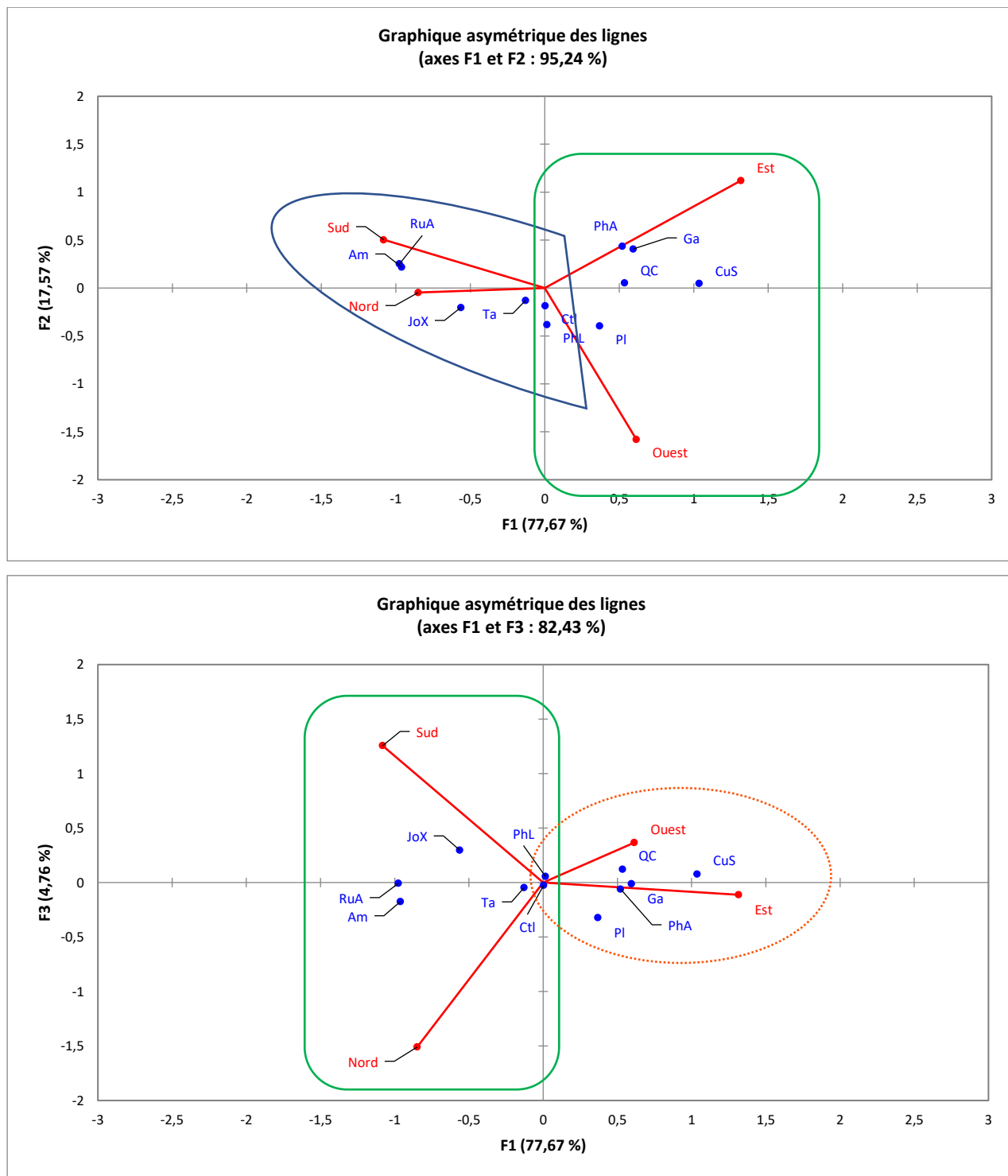


Figure 23 : Plan factoriel des expositions en fonction des espèces dans la station de Sidi Bakhti.

L'examen du graphe station de Sid Bakhti : les trois axes factoriels permettent de déduire deux groupes relativement hétérogènes.

Tableau 17 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des trois axes de l'AFC 3

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,35	0,08	0,02
Inertie (%)	77,67	17,57	4,76
% cumulé	77,67	95,24	100

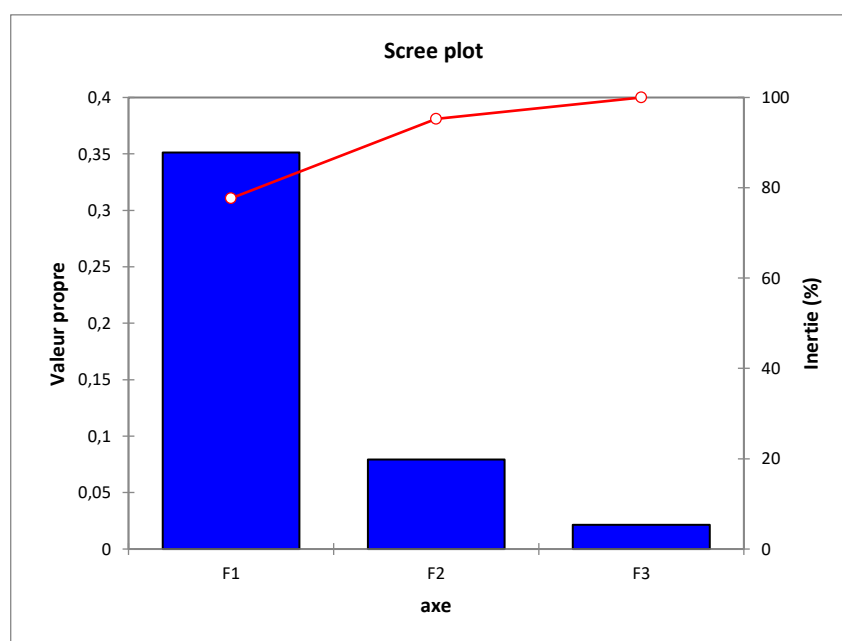


Figure 24 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Station 3)

L'analyse du tableau ci-dessus montre que le taux d'inertie de l'axe 1 est élevé que le taux d'inertie de l'axe 2 et 3 avec 77,76 %, ce qui montre que la projection se fait principalement sur le premier axe.

Notons que la carte factorielle (Axe F1- F2) est presque identique à la carte factorielle (Axe F1- F3), donc l'interprétation se fait essentiellement sur la projection (F1-F2).

L'analyse des plans factoriels des expositions en fonction des espèces dans la station de Sidi Bakhti illustrée dans la figure 23, permet de définir, un groupe d'espèces avec deux expositions (Est et Ouest) du côté positif de l'axe F1. Il renferme *Globularia alypum* (Ga), *Cistus salviifolius* (CuS), *Phillyrea angustifolia* (PhA), et *Quercus coccifera* (QC) avec l'exposition Est, et *Pistacia lentiscus* (Pl), *Calicotome spinosa* (Ctl) et *Phylleria latifolia* (PhL) avec l'exposition Ouest.

La présence des espèces à cycle de vie court indique la thermophilie du groupe. Par ailleurs sur le côté négatif, nous remarquons au niveau de cet axe (F1) un ensemble d'espèces avec les expositions Nord et Sud. L'exposition Sud contient un nombre très élevé en *Rosmarinus tournefortii* (RuA) avec un taux de recouvrement de 24 % et *Ampelodesmos mauritanicus* (Am) avec 14 % de recouvrement. L'espèce *Rosmarinus tournefortii* a un très bon pouvoir de conquérir les terrains dénudés.

Alors que l'Exposition Nord renferme un taux de recouvrement aussi élevé en *Rosmarinus tournefortii* (RuA) et *Ampelodesmos mauritanicus* (Am) avec un taux de recouvrement de 21% et 15 % respectivement. Bien que *Stipa tenassicima*, et *Ampelodesmos mauritanicus* puissent se trouver ensemble, le plus souvent ces deux poacées qui ont la même physionomie, opposent deux versants. Versant à *Ampelodesmos mauritanicus* plus humide (Nord) que celui de *Stipa tenassicima* (Sud). Cette exposition (Nord) contient d'autres espèces avec un pourcentage de recouvrement important par rapport aux autres expositions telles que : *Tetraclinis articulata* (Ta), *Juniperus oxycedrus* (JoX), *Calicotome spinosa* (Ctl) et *Phylleria latifolia* (PhL).

3.1.4. AFC N°4 : Stations – Taux de recouvrement des espèces

La représentation graphique de l'A.F.C ci-dessous (figure 25) permet de construire des nuages de points représentant le taux de recouvrement des espèces en fonction des relevés (stations) et réciproquement.

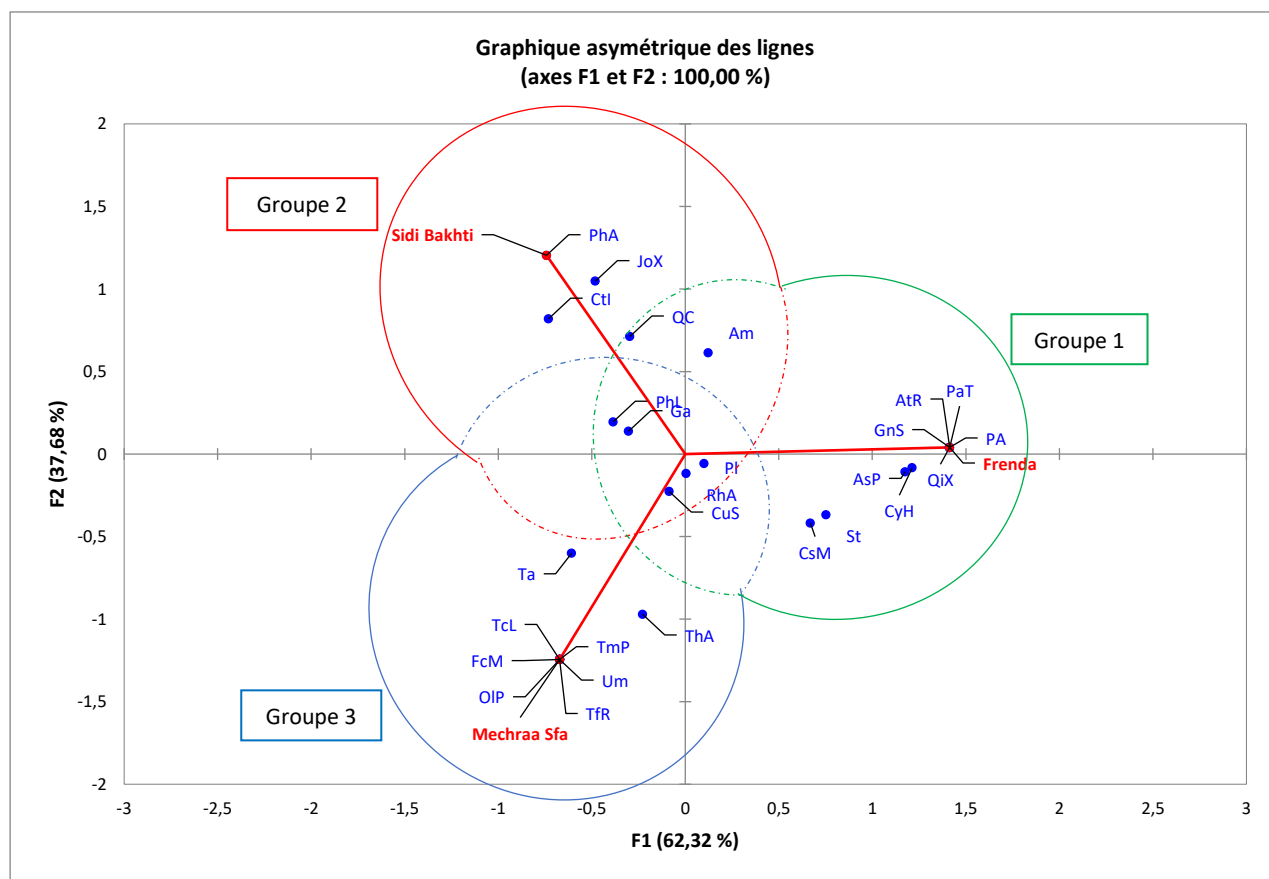


Figure 25 : Plan factoriel des stations en fonction du taux de recouvrement des espèces dans la zone d'étude Sdamas.

L'examen du graphe précédent : les deux axes factoriels permettent de déduire trois groupes relativement hétérogènes.

Tableau 18 : Valeurs propres et pourcentages d'inerties des deux axes de l'AFC 4

	F1	F2
Valeur propre	0,405	0,245
Inertie (%)	62,32	37,68
% cumulé	62,32	100

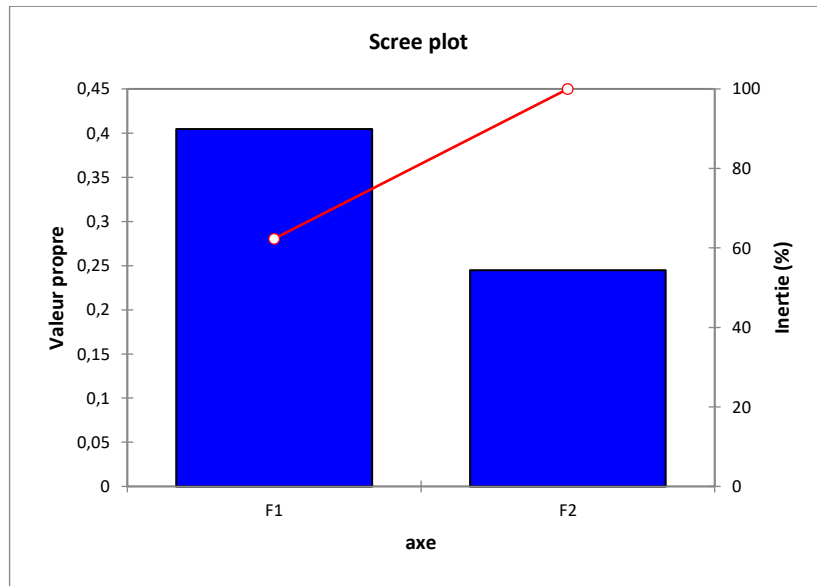


Figure 26 : Histogramme des valeurs propres et pourcentages d'inertie (Sdamas)

L'analyse AFC : stations en fonction du taux de recouvrement des espèces montre que le taux d'inertie de l'axe 1 est élevé par rapport au taux d'inertie de l'axe 2 (62,32 % et 37,68 %, respectivement). Ceci montre que la projection se fait principalement sur le premier axe (tableau 18).

L'analyse des plans factoriels a permis l'identification de trois types de groupes de relevés grâce aux axes factoriels 1, 2 (figure 25).

Interprétation de l'axe F1

Le côté positif est constitué d'un seul groupe, renferme la station de Frenda avec les espèces suivantes : *Pinus halepensis* (PA) *Pistacia atlantica* (PaT), *Genista scorpius* (GnS) et *Atractylis humilis* (AtR), *Quercus ilex* (QiX), *Asparagus acutifolius* (AsP), *Chamaeops humilis* (CyH), *Stipa tenacissima* (St) et *Cistus monspeliensis* (CsM). Au fur et à mesure que l'on progresse dans l'axe on trouve : *Pistacia lentiscus* (Pl), *Globularia alypum* (Ga), *Rosmarinus tournefortii* (RuA), *Phylleria latifolia* (PhL), *Ampelodesmos mauritanicus* (Am) et *Cistus salviifolius* (CuS).

La présence des cistes indiquerait que ces milieux ont été incendiés et indiquerait des stades fortement dégradés.

La présence des espèces à cycle de vie court, indique la thermophilie du groupe qui est bien souligné par *Stipa tenacissima* et témoigne la dégradation du milieu.

Nous remarquons au niveau de ce groupe que nous sommes passé en effet des espèces phanérophytiques (*Pinus halepensis* (PA), *Pistacia atlantica* (PaT), *Quercus ilex* (QiX)...), aux espèces chamaephytiques (*Genista scorpius* (GnS), *Asparagus acutifolius* (AsP), *Chamaeops humilis* (CyH), *Stipa tenacissima* (St)...). Ce qui correspond vraisemblablement à un gradient décroissant d'une évolution végétale.

Du côté négatif, à l'extrémité de l'axe s'individualisent deux groupes, le premier groupe est constitué de la station Mechraa Sfa avec : *Tetraclinis articulata* (Ta), *Olea europaea* var. *oleaster* (OiP) et *Teucrium polium* (TcL), *Urginea maritima* (Um), *Ferula communis* (FcM), *Thymus ciliatus* ssp. *Munbyanus* (ThA), *Thymelea hirsuta* (TmP), *Trifolium rubens* (TfR). Vers le centre de l'axe s'individualise les espèces suivantes : *Pistacia lentiscus* (Pl), *Globularia alypum* (Ga), *Rosmarinus tournefortii* (RuA), *Phylleria latifolia* (PhL), *Ampelodesmos mauritanicus* (Am) et *Cistus salviifolius* (CuS), *Cistus monspeliensis* (CsM), *Stipa tenacissima* (St).

Ces espèces précitées relevant du domaine près-forestier, mais aussi des espèces xérothermophiles qui s'adaptent à l'aridité et à la sécheresse, *Tetraclinis articulata*, *Calycotome spinosa*, *Rosmarinus tournefortii* etc.

C'est un milieu fortement anthropisé, et la présence des cistes indiquerait que ce milieu a été incendié et dénoterait des stades fortement dégradés.

Le deuxième groupe renferme la station de Sidi Bakhti et un ensemble d'espèces caractéristiques de cette station qui sont : *Phillyrea angustifolia* (PhA), *Quercus coccifera* (QC), *Calicotome spinosa* (Ctl), *Ampelodesmos mauritanicus* (Am) et *Juniperus oxycedrus* (JoX). Au fur et à mesure qu'on s'approche du cœur du plan factoriel, nous rencontrerons le groupe d'espèces suivant : *Tetraclinis articulata* (Ta), *Pistacia lentiscus* (Pl), *Globularia alypum* (Ga), *Rosmarinus tournefortii* (RuA), *Phylleria latifolia* (PhL), *Ampelodesmos mauritanicus* (Am) et *Cistus salviifolius* (CuS).

Nous remarquons un processus de matorralisation allant de l'extrémité de l'axe F1, suite à un grand nombre de la végétation basse (buissonnante) qui s'installe dans la station de Sidi Bakhti.

4. Discussion générale

La description phytoécologique de la zone d'étude, massif forestier du Sdamas, synthétisée dans les graphes ci-dessus, confirme que les relevés montrent la diversité floristique en zone semi-aride et souligne l'importance de la présence et du recouvrement des principales espèces de la strate arbustive et buissonnante.

D'après la figure 25, nous remarquons que la zone d'étude renferme des espèces pré-forestières avec des caractéristiques des matorrals de Pin et de Chêne.

Il s'agit d'une formation pré-forestière de *Quercus coccifera*, *Olea europea*, *Juniperus oxycedrus*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa* et *Phillyrea angustifolia*. (Miara *et al.*, 2012).

La forte présence des Chamaephytes comme *Thymus ciliatus* ssp. *Munbyanus* et *Trifolium* (*T. stellatum*, *T. angustifolium*, *T. campestre*, *T. rubens*) indique l'ouverture du milieu induite par la forte charge de pâturage.

L'action anthropique semble être traduite par la présence d'*Urginea maritima*, et *Atractylis humilis* L., ou bien, l'intensité du pâturage est soulignée par l'abondance des géophytes comme : *Urginea maritima* et *Stipa tenacissima*. (Miara *et al.*, 2012).

Puisque la présence du *Thymus ciliatus* subsp. *Munbyanus* et *Atractylis humilis* dans notre zone d'étude avec des faibles pourcentages environ 1% pour les deux espèces, ce qui indique qu'il existe un effet de pâturage et non pas le pâturage extensif ou bien le surpâturage.

La végétation actuelle résulte de l'interaction de facteurs très diversifiés, relevant notamment de la topographie, la géologie, la climatologie. Sous cette action permanente, les forêts ont tendance à se transformer en matorral clairsemés et détruits à leur tour. Ils cèdent leur place aux espèces épineuses et ou toxiques.

Cette végétation constitue par la suite un milieu favorable aux incendies très souvent volontaires. (Benbadji *et al.*, 2007).

Les rigueurs climatiques et l'instabilité structurale du sol favorisent le développement des espèces à cycle de vie court. Barbero *et al.* (2001) montrent que cet appauvrissement du tapis végétal se traduit par la disparition progressive des Phanérophytes et l'extension des Chamaephytes.

Nous retrouvons les espèces comme *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa* et *Asparagus acutifolius* qui caractérisent un stade de dégradation. Ce sont des espèces thermophiles et héliophiles (Rebbas *et al.*, 2011). Le passage du feu est indiqué par

Ampelodesmos mauritanicus (Debazac, 1959 ; Aime, 1976). Cela confère à cet axe une dimension dynamique.

Pour la station de Frenda, nous remarquons que les espèces inventoriées sont caractéristiques des matorrals de Pin, telles que ; *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Globularia alypum*, *Phylleria latifolia*, *Tetraclinis articulata*, *Rosmarinus tournefortii*, *Chamaeops humilis*, et *Cistus salviifolius*...etc.

Il s'agit d'une formation pré-forestière où le *Pinus halepensis* est l'espèce dominante, accompagnée par *Quercus coccifera*, *Olea europea*, *Juniperus oxycedrus*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa* et *Phillyrea angustifolia*. (Miara et al., 2012).

Le *Rosmarinus tournefortii* a un très bon pouvoir de conquérir les terrains dénudés. Elle est très commune dans l'aire du Thuya vu sa fidélité qui est très élevée à cette espèce comme le témoigne également Alcaraz (1982).

La forte présence de *Chamaeops humilis* informe sur une certaine ouverture du milieu et de la nature du substrat dont il survit dans les terrains accidentés avec l'affleurement de la roche.

D'après Rebbas et al. (2011), des espèces comme *Asparagus acutifolius*, *Chamaerops humilis* etc. sont des espèces de rochers, forêts et broussailles.

Malgré l'importance de l'espèce *Phylleria latifolia* qui est l'une des espèces arbustes préforestiers des arbustes préforestiers. Elle est liée au Pin qui est pratiquement le seul élément arborescent.

Cependant, malgré la densité en général importante du thuya, il n'arrive pas à couvrir entièrement le sol si bien que la structure physionomique dominante de l'association est celle de matorral arboré plus ou moins dense en fonction de l'importance des arbustes préforestiers comme : *Globularia alypum*, *Phylleria latifolia* et *Pistacia lentiscus* (Fennane, 1988).

La présence des cistes indique que ces milieux ont été incendiés et indique des stades fortement dégradés.

D'après les constations des auteurs, nous pouvons dire que la forêt de Sdamas été dégradée suite aux incendies répétés.

Pour la station de Mechraa sfa, nous remarquons qu'il existe trois groupes considérés comme homogènes.

Le groupe renferme les espèces suivantes (*Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Globularia alypum*, *Phillyrea angustifolia*, *Stipa tenassicima*, *Ferula communis*, *Urginea maritima*, *Juniperus oxycedrus*, *Cistus monspeliensis* et *Asparagus acutifolius* etc.).

Comme le *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Globularia alypum* et *Phillyrea angustifolia* sont rencontrées dans les quatre versants, elles représentent un cortège constant.

Il s'agit d'une formation préforestière où le *Tetraclinis articulata* est l'espèce dominante, accompagnée par *Olea europea*, *Juniperus oxycedrus*, *Pistacia lentiscus*, *Globularia alypum* et *Phillyrea angustifolia*. Il se localise dans la partie sud-est du massif entre 700 et 850 m d'altitude, à des expositions sud et sud-est ainsi que sur des pentes faibles. (Miara et al., 2012).

Pour ce qui est de l'essence *Tetraclinis* proprement dite, on peut distinguer que grâce à sa plasticité et à sa résistance écologique, elle peut coloniser des milieux sylvatiques, préforestiers et présteppiques. Elle joue alors un rôle important dans la structure végétale de ces milieux là où elle est présente. (Fennane, 1988).

Concernant *Stipa tenassicima*, elle se trouve beaucoup plus dans le versant Sud, car les conditions climatiques sont favorables qu'au niveau des autres versants.

Pour l'*Asparagus acutifolius* et le *Juniperus oxycedrus* représentent un taux assez faible mais elles sont des espèces caractéristiques du versant Sud et Est.

La *callitriche* est une association éminemment thermophile et xérophile. Elle se développe dans des conditions climatiques et édaphiques analogiques à celle du *Pinus halepensis*. Elle est toutefois beaucoup moins résistante au froid surtout humide, ce qui l'élimine le plus souvent des montagnes de l'intérieure. Il lui faut des expositions chaudes (Boudy, 1950).

Bien que *Stipa tenassicima*, et *Ampelodesmos mauritanicus* puissent se trouver ensemble, le plus souvent ces deux Poacées qui ont la même physionomie, opposent deux versants. Versant à *Ampelodesmos mauritanicus* plus humide (Nord) que celui de *Stipa tenassicima* (Sud). Cette opposition qui semble discriminer les groupes d'espèces le long de cet axe.

Étant donnée la prédominance de *Ampelodesmos mauritanicus* qui indique un milieu fréquemment incendié (Debazac, 1959).

Le facteur climatique joue un rôle prépondérant dans l'écologie du Thuya. Sa distribution est liée aux climats méditerranéens semi-arides (Benabid, 1979). Les résultats relatifs à la synthèse climatique de notre zone d'étude signifient que ce dernier est sous l'influence d'un climat semi-aride à hivers frais. Ceci est en accord avec plusieurs travaux en ce terme.

Tetraclinis articulata est peu exigeant au point de vue pluviométrie ; 250 mm d'eau lui suffit avec un optimum est de 350 à 400. C'est également l'une des essences caractéristiques de l'étage bioclimatique semi-aride, avec le pin d'Alep et le genévrier (Quezel, 1980).

Le tapis végétal de la région de Sdamas est dominé par des espèces parfaitement adaptées aux milieux secs et calcaires ; il s'agit de *Stipa tenacissima*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Cistus ssp*, *Rosmarinus tournefortii* et *Globularia alypum*.

L'ambiance xérique et chaude de l'ensemble est marquée par *Chamaerops humilis* et *Thymus ciliatus ssp. Munbyanus* ou même les espèces : *Teucrium polium* et *Fumana thymifolia*, qui sont des reliques forestières xérophytes (Ainad-Tabet, 1988).

D'après Maatoug (2003), les espèces caractéristiques de la Tetraclinaie sont essentiellement : *Lavandula multifida*, *Cistus vilossus*, *Teucrium polium*, *Ebenus pinnata*, *Osyris lanceolata*.

Floret et *al.* (1982) signale que plus un écosystème est influencé par l'homme (surpâturage, culture), plus les Thérophytes y prennent de l'importance.

En bioclimat semi-aride et aride, la transformation des forêts potentielles déjà matorralisées se traduit par la modification des matorrals originaux où s'installent de nouveaux occupants arbustifs mieux adaptés à l'accentuation des contraintes liées aux actions anthropiques et à l'érosion des sols (Quezel, 2000).

Ainsi se développent divers types de matorrals en fonction des espèces dominantes :

Matorrals à feuilles cotonneuses (*Cistus ssp*, *Rosmarinus ssp*), matorrals épineux (*Ulex ssp*, *Genista ssp*, *Calycotome ssp*).

Le passage du feu est indiqué par *Ampelodesmos mauritanicus* (Debazac, 1959 ; Aimé, 1991) ; cela confère à cet axe une dimension dynamique.

Nous pouvons dire qu'il existe une dynamique régressive à la station de Mechraa Sfa par la présence de *Ampelodesmos* qui indique un incendie.

Concernant le *Trifolium rubens* et *Thymus ciliatus ssp. Munbyanus* sont des espèces caractéristiques de l'exposition Nord.

5. Conclusion

L'analyse factorielle des correspondances, réalisée sur les espèces inventoriées dans la région de Sdamas, permet de constater que chacun des trois axes factoriels pouvait exprimer, en plus des facteurs écologiques un gradient dynamique variant suivant l'axe considéré sur le milieu.

Les facteurs agissants sont le bioclimat, la nature du substrat et l'action humaine. Ils expliquent la grande part de l'information apportée par les différents axes. En effet, le bioclimat, à travers la sécheresse atmosphérique, constitue le facteur principal de la diversité des formations des monts de Sdamas. Pour sa part, l'action humaine (surpâturage, incendies et déboisement) contribue à renforcer l'assèchement des milieux. Enfin la nature du substrat agit dans le même sens que les deux facteurs précédents et accentue davantage cette pression phylogénétique.

Ce traitement global, nous a permis d'avoir une vue d'ensemble sur certains aspects et formations au niveau de l'espace étudié, et de vérifier qu'il existe bien un cortège floristique original.

La position de *Tetraclinis articulata* et *Pinus halepensis* est un peu particulière au niveau des différents plans factoriels. Leur position spatiale, nous explique en quelque sorte, que ces espèces résineuses subissent une régression dans certaines stations, surtout le *Tetraclinis articulata*, à cause d'une action anthropozoïque due aux incendies, d'une agressivité climatique et édaphique, défavorables au développement régulier de cette espèce.

En effet, ces conditions conduisent ces peuplements à des formations buissonnantes (matorral) à bases d'espèces plus résistantes, colonisant le milieu. Parmi ces espèces nous citons le *Chamaerops humilis*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Urginea maritima*, *Ferula communis*, *Calycotome spinosa*, *Asparagus acutifolius*...etc, justifiant aussi la dégradation du milieu naturel. Devant cette situation critique, la protection et la valorisation sont le moyen ultime pour redynamiser la structure de ces peuplements, qui sont menacés.

TROISIEME PARTIE

Cartographie des groupements forestiers

Chapitre I

Données et méthodes de traitement et analyse spatiale

1. Introduction

L'objectif de cette étude est l'identification de l'évolution spatiotemporelle de la végétation forestière, cas du massif de Sdamas dans la région de Tiaret. Il s'agit de connaître la chronologie de la dynamique des divers faciès de végétation existants, mais au-delà, permettre la compréhension des facteurs et mécanismes intervenant lors de cette évolution.

Pour ce faire, le traitement de l'image satellitaire (Landsat) a été utilisé, il est associé à un travail de terrain (inventaire floristique). L'application des données phytoécologiques à la représentation du tapis végétal constitue un élément important de la description et de l'étude de l'organisation des communautés végétales propres à une aire géographique déterminée.

Les unités de végétation une fois identifiées et déterminées avec leurs caractéristiques tant physiques que floristiques doivent être mises à la disposition des utilisateurs dont la technicité ne leur permet pas toujours l'exploitation des textes et des tableaux. Pour pallier à cette carence et pour plus de commodité, la représentation cartographique s'impose et constitue un outil de travail irremplaçable dans ce domaine (Ramade, 2003).

2. Utilisation de la télédétection spatiale dans la cartographie des groupements forestiers

2.2. Télédétection

La télédétection est définie comme « l'ensemble des technique mises en œuvre à partir d'avions, de ballons ou de satellites qui ont pour but d'étudier soit la surface de la terre ou d'autres planètes, soit l'atmosphère en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffractées par les différents corps observés » (Scanvic ,1983 *in* Khaldi, 2006).

2.2. Principe de télédétection

La télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes que nous élaborons ci-après. Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non-imageurs.

- Source d'énergie ou d'illumination (A) : À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

- Rayonnement et atmosphère (B) : Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

-Interaction avec la cible (C) : Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du

Rayonnement et des propriétés de la surface.

- **Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) :** Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

- **Transmission, réception et traitement (E) :** L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

- **Interprétation et analyse (F) :** Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

- **Application (G) :** La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible (Kluser ,2000).

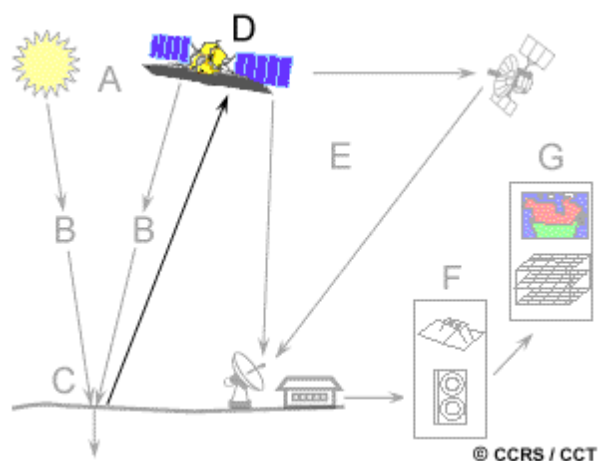


Figure 27 : Processus de la télédétection d'après (Kluser ,2000)

2.3. Objectif de la télédétection

La télédétection permet la production d'image ou de photographie qui, par l'interprétation des informations acquises, aboutit à des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles de notre planète :

- Surveillance de l'environnement ;
- Agriculture ;
- Cartographie ;
- Aménagement.

Les satellites, grâce à la vision nouvelle des paysages ruraux, ont fait prendre conscience des possibilités immenses offertes par la télédétection dans la connaissance de l'agriculture et l'étude des paysages. On dispose là d'un nouvel outil de prospection qui peut être envisagé en termes de complémentaire ou de substitution à une enquête classique au même titre que les

photographies aériennes. Actuellement l'imagerie satellite est devenue accessible par une grande souplesse dans son utilisation et son coût acceptable comparé aux techniques cartographiques traditionnelles (Sendra, 1997).

3. Les principaux satellites d'observation de la terre

D'après (Girard, 2000), on distingue les satellites géostationnaires placés sur une orbite équatoriale à 35800 km sont généralement des satellites météorologiques. Les satellites de télédétection à défilement ont une orbite quasi-circulaire polaire à une altitude située entre 700 et 900 km. Ces satellites ont une orbite héliosynchrone, c'est-à-dire que le satellite survole une latitude donnée à une heure locale sensiblement constante d'une révolution à autre. Ceci permet de bénéficier d'un éclairage solaire assez peu variable. Le satellite américain Landsat, le satellite multinational ASTER, le satellite français SPOT et le satellite algérien Alsat-1 appartiennent à cette catégorie.

L'étude menée a pour objet d'analyse d'images satellitaires pouvant permettre l'atteinte des objectifs assignés, dans ce sens, nous avons utilisé un jeu d'images Landsat MSS, TM et ETM+ à diverses dates.

3.1. Les images Landsat

Le programme Earth Ressources Technological Satellite (ERTS) utilisant les satellites ERTS-1 dont le nom a été transformé en Landsat (Land Satellite) est dû à la NASA (Girard, 2000).

Le premier satellite Landsat- 1 fut lancé en 1972 et suivi de 5 autres (Landsat 2 à 6). Les trois premiers constituent la première génération, équipée de deux systèmes d'acquisition : le RBV (Return Beam Vidicom) et le MSS (Multi Spectral Scanner). En 1982, le satellite Landsat-4 est le premier de la seconde génération , en apportant quelques modifications majeures sur le scanneur et en remplaçant les caméras RBV par un nouveau capteur de résolution spatiale plus élevée 30m contre 80m, le Thematic Mapper « TM » , possédant sept bandes spectrales plus fines, du bleu à l'infrarouge thermique.

En 1999, le satellite Landsat-7 a été lancé avec un nouveau capteur « ETM + » Enhanced Thematic Mapper Plus, L'instrument d'ETM + comporte huit bandes spectrales capables de fournir des informations à haute résolution. Il détecte le rayonnement spectral filtré dans le visible, proche infrarouge, et infrarouge thermique. Les tailles des "Pixel" sont de 15 mètres dans la bande panchromatique ; 30 mètres dans les bandes de visible et l'infrarouge moyen et proche, et 60 mètres dans la bande infrarouge thermique.

Les satellites 1 à 5 n'ayant pas d'enregistreur embarqué, les données sont envoyées en temps réel aux stations de réception, quand il ne peut y avoir de liaison directe, les informations sont envoyées par des relais en utilisant des satellites de communication TDRS (Tracking and Data Relay Systems). Pour Landsat 7, il y a une possibilité d'enregistrement à bord.

4. La signature spectrale

Les capteurs utilisés en télédétection sont des radiomètres imageurs. En effet, ils mesurent des rayonnements et organisent ces mesures sous forme d'images. Ces images sont utilisées pour obtenir des informations sur les objets qu'elles représentent (c'est-à-dire sur les éléments du paysage). Or, le seul lien qui relie l'image à l'objet est le rayonnement émis ou réfléchi par cet objet et reçu par le radiomètre. La télédétection s'appuie donc avant tout sur une bonne connaissance des rayonnements électromagnétique et de leur comportement au contact de la Terre et à travers l'atmosphère Sendra, (1997). La signature spectrale est une grandeur physique qui permet de caractériser l'objet observé, et que l'on peut déduire à partir des images. Une signature peut être obtenue à partir de modèles théoriques (simulations) ou par des mesures réelles, soit en laboratoire soit dans des images acquises sur des sites parfaitement connus. La signature est une grandeur qui dépend d'une part des caractéristiques de l'onde incidente et d'autre part des caractéristiques de l'objet observé. Par exemple, la réflectance dépend de la nature du matériau mais aussi de la longueur d'onde. Les propriétés optiques des paysages sont assez bien caractérisées par la signature spectrale. La signature spectrale est le pouvoir de réflexion (réflectance) ou d'émission (émissivité) des objets en fonction de la longueur d'onde (DAO, 2004).

4.1. Le spectre électromagnétique

Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les Rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique. Les plus petites longueurs d'onde utilisées pour la télédétection se situent dans l'ultraviolet. Ce rayonnement se situe au-delà du violet de la partie du spectre visible. Certains matériaux de la surface terrestre, surtout des roches et minéraux, entrent en fluorescence ou émettent de la lumière visible quand ils sont illuminés par un rayonnement ultraviolet (Terras, 2011).

La lumière que nos yeux (nos tout premiers "capteurs de télédétection") peuvent déceler se trouve dans ce qui s'appelle le "spectre visible". Il est important de constater que le spectre visible représente une bien petite partie de l'ensemble du spectre. Une grande partie du

rayonnement électromagnétique qui nous entoure est invisible à l'œil nu, mais il peut cependant être capté par d'autres dispositifs de télédétection. Les longueurs d'onde visibles s'étendent de 0,4 à 0,7 μm . La couleur qui possède la plus grande longueur d'onde est le rouge, alors que le violet a la plus courte. Les longueurs d'onde du spectre visible que nous percevons comme des couleurs communes sont énumérées ci-dessous. Il est important de noter que c'est la seule portion du spectre que nous pouvons associer à la notion de couleur.

- **Violet** : 0.4 - 0.446 μm
- **Bleu** : 0.446 - 0.500 μm
- **Vert** : 0.500 - 0.578 μm
- **Jaune** : 0.578 - 0.592 μm
- **Orange** : 0.592 - 0.620 μm
- **Rouge** : 0.620 - 0.7 μm

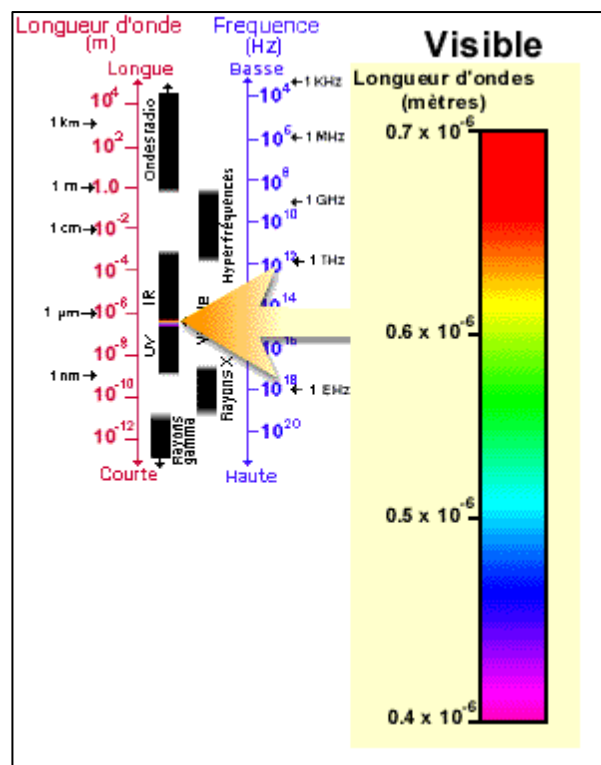


Figure 28 : Spectre visible (Girard, 2000).

Le bleu, le vert et le rouge sont les couleurs (ou les longueurs d'onde) primaires du spectre visible. Une couleur primaire ne peut être créée par deux autres couleurs, mais toutes les autres couleurs peuvent être créées en combinant les couleurs primaires. Même si nous voyons la lumière du Soleil comme ayant une couleur uniforme ou homogène, en réalité, elle est composée d'une variété de longueurs d'onde dans les parties de l'ultraviolet, du visible, et de l'infrarouge du spectre. La portion visible de ce rayonnement se décompose en ses couleurs

composantes lorsqu'elle traverse un prisme. Le prisme réfracte la lumière de façon différente en fonction de la longueur d'onde.

Examinons maintenant la partie de l'infrarouge (IR) du spectre. L'infrarouge s'étend approximativement de 0,7 à 100 μm , ce qui est un intervalle environ 100 fois plus large que le spectre visible. L'infrarouge se divise en deux catégories :

IR réfléchi et **IR émis** ou **thermique**, le rayonnement dans la région de l'infrarouge réfléchi est utilisé en télédétection de la même façon que le rayonnement visible. L'infrarouge réfléchi s'étend approximativement de 0,7 à 3 μm . L'infrarouge thermique est très différent du spectre visible et de l'infrarouge réfléchi. Cette énergie est essentiellement le rayonnement qui est émis sous forme de chaleur par la surface de la Terre et s'étend approximativement de 3 à 100 μm .

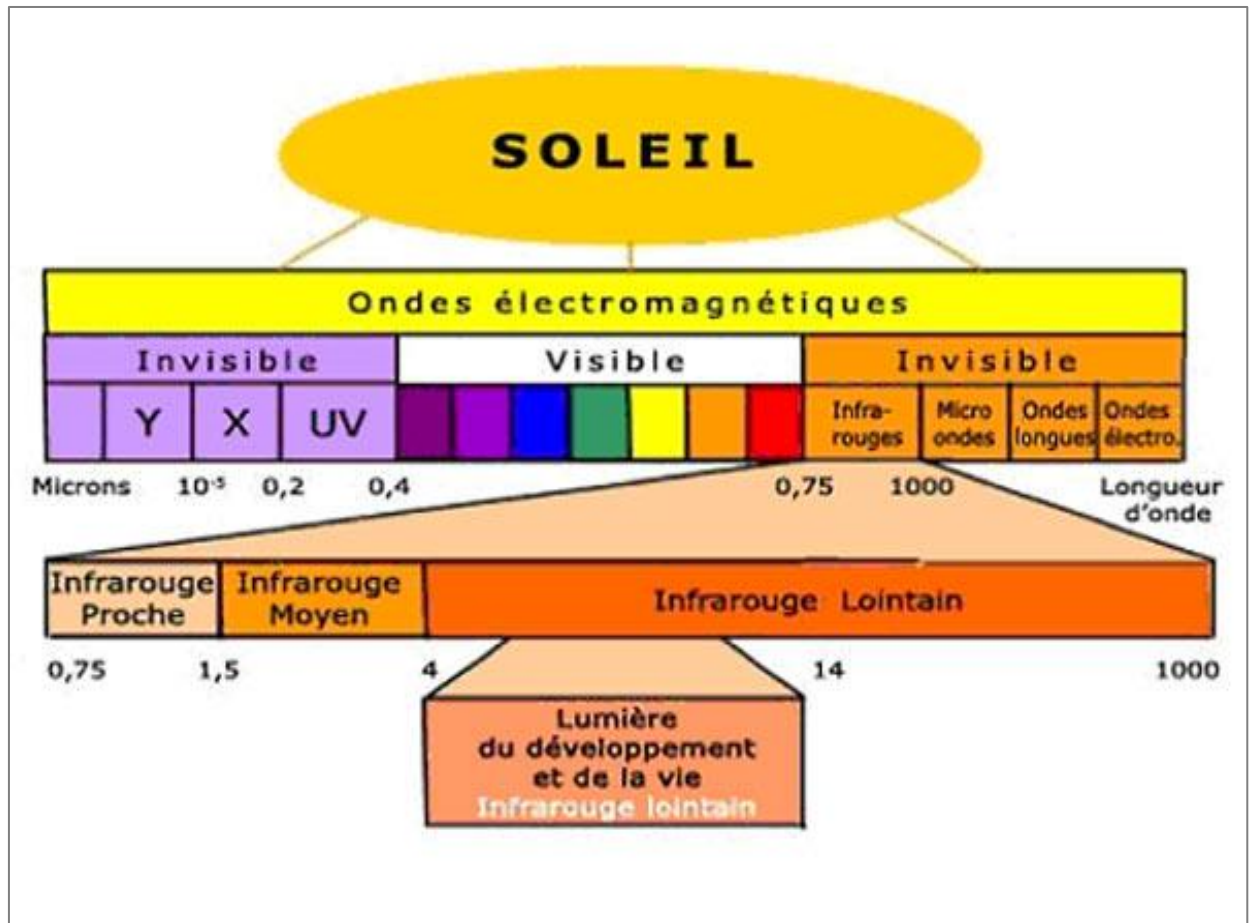


Figure 29 : le rayonnement infrarouge (Girard, 2000).

4.2. La réflectance

Le facteur de réflectance spectrale est égal au rapport du flux énergétique réfléchi par un élément de surface dans un cône dont le sommet se trouve sur l'élément de surface, au flux énergétique qui serait réfléchi dans un même angle solide par réflecteur diffusant parfait (surface blanche lambertienne) recevant le même éclairement (Girard, 2000).

4.2.1. La signature spectrale de la végétation

La réflectance d'un couvert végétal ne dépend pas seulement des propriétés d'absorption et de diffusion des feuilles mais aussi de son architecture. Celle-ci varie selon la forme, la dimension, la distribution dans l'espace et la quantité des surfaces végétales du couvert. La distribution spatiale de la végétation sur le sol dépend du type de végétation, de la disposition des plantes (écartement et orientation des rangs), et de leur stade de croissance. Au fur et à mesure que la végétation se développe, les effets des sols s'estompent (Cayrol, 2000). D'après Girard (2000) Les végétaux chlorophylliens se caractérisent par des comportements particuliers dans les grands domaines spectraux. Dans le visible (0.4 -0.7 μ m), le rayonnement est en majeure partie absorbé par les pigments foliaires (chlorophylle, carotène, xanthophylle, anthocyanes) pour la photosynthèse (utilisation de l'énergie radiative pour la synthèse de matière organique). Aussi la réflectance est d'autant plus faible que la photosynthèse est importante. Les principaux pigments sont les chlorophylles a et b avec deux bandes d'absorption dans le bleu et le rouge (Huete, 1988). Dans le proche infrarouge, en fonction de la structure des tissus ainsi que de la structure générale de la canopée et de l'importance de la biomasse chlorophyllienne, la réflectance est plus ou moins forte. Dans ce domaine spectral, la végétation chlorophyllienne a toujours des valeurs de réflectance plus fortes que les autres objets (sols, eau, minéraux). Dans l'infrarouge moyen réflectif, en fonction de la teneur en eau des tissus végétaux, la réflectance sera plus ou moins forte. Plus la teneur en eau est grande, plus la réflectance est faible.

Certains facteurs influençant sur le changement de la réflectance spectrale de la végétation, tel que la structure de la feuille (structure interne, surface de la feuille, contenu en eau, chlorophylle) la disparition des pigments chlorophylliens conduit à des réflectances plus fortes dans le visible (Terras, 2011).

L'abondance de certains pigments dans les inflorescences modifie le comportement spectral dans le visible (Girard, 2000). Au niveau de la plante et du couvert végétal, on a une réponse spectrale « composite », car la signature du sol est mixée avec celle de la plante et vient

donc compliquer l'interprétation de la signature de l'ensemble. La signature des troncs et des tiges diffère de celle des feuilles, car leurs surfaces varient au cours de l'année pour les plantes annuelles ou les arbres à feuille caduques. C'est pour cela que la notion de biomasse ou indice de végétation a été introduite en télédétection.

4.2.2. La signature spectrale de sol

Le sol un milieu complexe constitué d'éléments minéraux et organiques (humus, végétaux, etc.), d'éléments liquides (l'eau) et de gaz (air, vapeur d'eau) qui tous ont une influence sur la réflectance du sol. Les bandes d'absorption dues à l'eau (1,4 et 1,9) sont présentes. Lorsque l'humidité du sol croît, on observe une diminution de la réflectance sur l'ensemble des longueurs d'onde. Ce phénomène provient du fait que dans un sol sec, l'espace entre les particules est occupé par de l'air. La réflectance est alors liée à l'indice de réfraction des interfaces air-particules. Lorsque le sol est humide, une partie des microcavités est occupée par l'eau : l'indice de réfraction eau-particule étant plus faible que l'indice air-particule, la réflectance est alors plus faible (Huete, 1988).

D'après DAO (2004), les trois facteurs les plus importants pour la réflectance de sols sont la structure (teneur en sable, argile, limon) ; la texture (sol lisse, rugueux...) et l'humidité (teneur en eau).

4.2.3. La signature spectrale de l'eau

En revanche, l'eau a des propriétés optiques très différentes, l'énergie reçue est alors soit transmise, soit absorbée. Moins de 5% du rayonnement reçu est dans ce cas réfléchi dans le visible, et encore moins dans le P.I.R. l'eau a un coefficient d'absorption différent selon les longueurs d'onde : il est plus faible pour la radiation bleus et vertes qui pénètrent donc plus profond (Martin, 2000).

5. Indice de différence de végétation normalisé (NDVI)

C'est une approche empirique pour identifier et suivre l'évolution temporelle des couverts végétaux, ainsi que pour évaluer certains paramètres du couvert comme la biomasse aérienne chlorophyllienne. Les indices de végétation sont calculés soit à partir de mesures de réflectance sur le terrain, soit de données numériques fournies par des données satellitaires. L'utilisation de l'indice de végétation permet de représenter la densité du couvert végétal (Laporte et *al.*, 1998). La gamme de longueur d'onde utilisée dans le calcul de l'indice de végétation est le rouge (R) et le proche infrarouge (PIR) parce que la réponse spectrale de couvert végétal dans ce domaine spectral est plus forte. Plusieurs indices de végétation ont été

développés afin de caractériser la réponse spectrale de la végétation et diminuer l'effet des facteurs perturbateurs tel que le sol, la structure de la végétation et l'angle solaire. L'indice de végétation « Normalized Difference Vegetation Index » (NDVI), est déterminé à partir des réflectances planétaires dans les canaux rouges (autour de 0,45 μm) et proche infrarouge (autour de 0,65 μm) (Rouse et *al.*, 1974).

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

Où : NDVI est la valeur d'un pixel de l'image résultante, PIR est la valeur numérique du même dans la bande de proche infrarouge, R est la valeur numérique du même pixel dans la bande du rouge. Les valeurs se situent sur une échelle de -1 à 1 ou la valeur de pixels augmente avec la présence de végétation.

6. La classification des données

L'objectif général des classifications est de traduire des informations spectrales (radiométriques) en classes thématiques (d'occupation du sol, par exemple). La segmentation de l'image en classes thématiques est aussi appelée zonage. Les stratégies de zonage sont multiples :

- Approches par pixel (analyse multi-spectrale, segmentation d'indice) ;
- Approche par zone (détection de contour, texture) ;
- Approche par objet (analyse morphologique, détection de formes).

Deux types de méthodes de classification sont employés pour analyser les changements de milieu, la classification non supervisée et la classification supervisée.

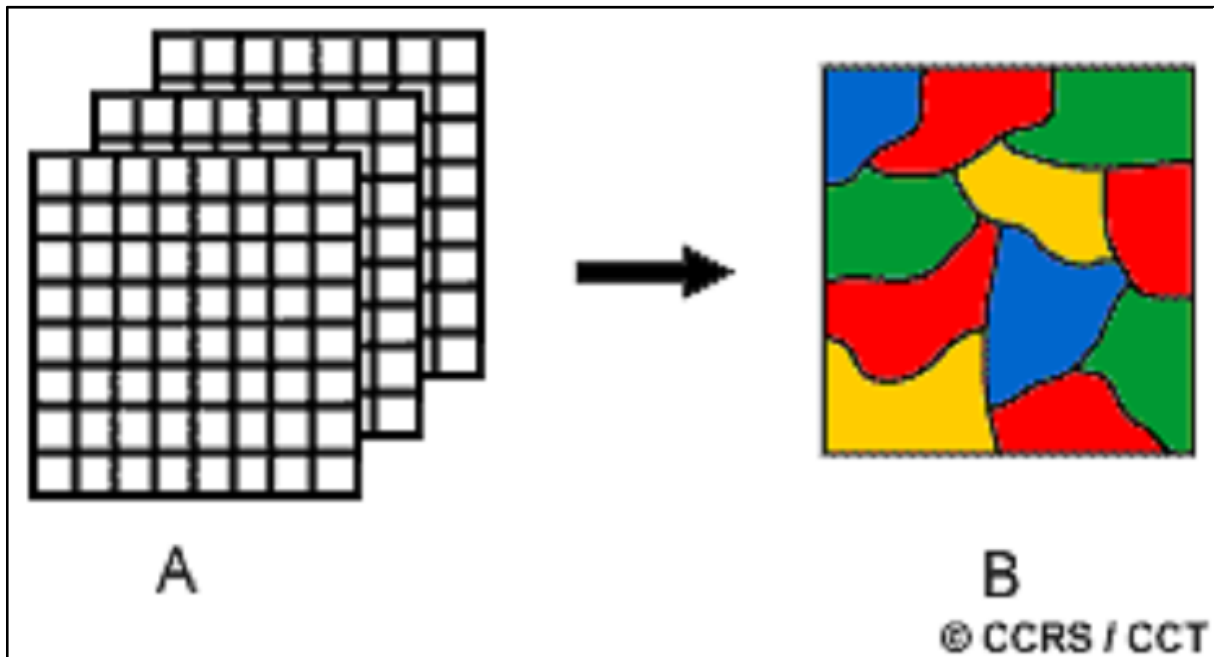


Figure 30 : Principe de classification des images (Serradj, 2011).

6.1. La classification non supervisée

Elle est effectuée sans prise en compte de données de terrain. Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique des données radiométriques en un nombre de classes définies. Il existe des algorithmes de classification, composés de plusieurs itérations, permettant de créer des regroupements de pixels ayant des signatures spectrales similaires. L'utilisateur procède ensuite à la reconnaissance des classes créées par l'algorithme en affectant un nom et une couleur à chaque classe. Un des algorithmes de classification non supervisée est appelé « agrégation autour des centre mobiles ou méthode ISODATA ».

6.2. La classification supervisée

Le principe de la classification supervisée est de regrouper les pixels à des classes thématiques, basées sur une connaissance préalable de la zone à étudier. Les classes sont définies sur la base de zones d'apprentissage, qui sont des échantillons représentatifs des classes (figure 31). Cette méthode de classification comporte les étapes suivantes :

- Définition de la légende** : choix des classes souhaitées suivant la problématique de recherche.

- Sélection d'échantillons représentatifs** : pour chaque type d'occupation du sol, on identifie sur l'image des zones représentatives appelées échantillons. si possible, deux jeux d'échantillons sont définis des zones d'apprentissage, qui permettront de décrire les classes en termes de valeurs et des zones de test, qui serviront à la vérification de la classification.

-Description des classes : les classes sont décrites en termes de paramètres statistiques (valeur moyenne, minimum, maximum, variance, etc.) calculés à partir des zones.

Choix d'un algorithme de classification : il faut ensuite choisir l'algorithme de classification et les règles de décisions appropriées. Les classifications sont basées sur des critères de distance ou de probabilité (maximum de vraisemblance, distance minimum, etc.). A ce stade, il importe d'évaluer le contenu et la séparabilité des classes de manière visuelle, sur une représentation graphique des signatures spectrales (courbes de signatures, histogrammes, diagrammes à deux dimensions, etc.)

-Lancement de la classification : à ce stade, tous les pixels de l'image sont classés selon l'algorithme de classification choisi.

-Evaluation de la classification : le résultat de la classification est évalué en le comparant à des informations de référence qui peuvent être fournies par des zones test sélectionnées sur l'image, d'autre cartes ou images et des relevés de terrain. L'interprétation des données multi-spectrales s'effectue le plus souvent par une méthode statistique de classement par maximum de vraisemblance, méthode généralement considérée comme la plus heureuse. Il est cependant difficile en pratique de dépasser une proportion de 65 % de pixels bien classés (Kluser, 2000).

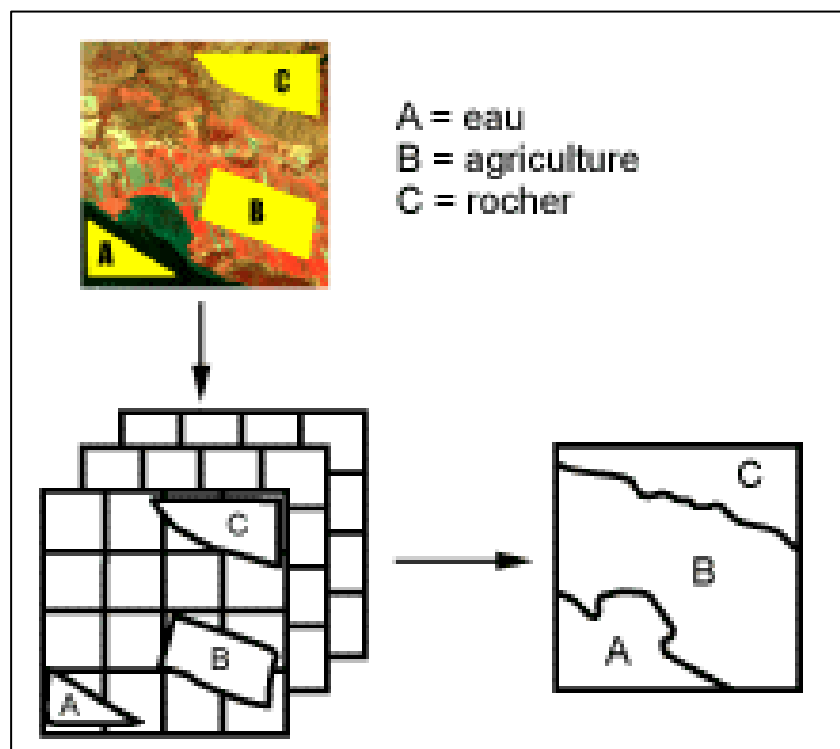


Figure 31 : Principe de classification supervisée (Serradj, 2011).

7. Diversité des conceptions cartographiques

Il est extrêmement difficile, encore aujourd'hui, de donner une définition unique de ce qu'est une carte de la végétation. Chaque pays, chaque organisation internationale ont leurs propres méthodes et systèmes de classification, en fonction de leurs objectifs, de la taille de la région cartographiée ou des moyens mis en œuvre.

En simplifiant, on peut subdiviser les cartes de la végétation en deux grandes classes : celles qui tiennent compte des paramètres du milieu et du dynamisme des peuplements et celles dans lesquelles la physionomie et la flore de ces mêmes peuplements sont presque exclusivement prises en compte. On conçoit ainsi des cartes avant tout floristiques et des cartes essentiellement dynamiques et écologiques. Il est clair que les données sur la flore, sur la physionomie de la végétation et sur l'utilisation de ces ressources par l'homme conduisent à la production des cartes relativement statiques, dites « cartes d'utilisation du sol ». De telles cartes ne sont en fait qu'une représentation spatiale d'inventaires. L'emploi de telles cartes est limité, car elles n'informent que sur l'état de la végétation selon un petit nombre de critères (floristique, physionomiques) et à une date donnée (Gaussen, 1955). Il paraît plus intéressant de se demander ce qui conditionne cet état et comment il pourrait évoluer. Il s'agit donc d'analyser la végétation en termes dynamiques. On doit prendre en compte les paramètres physiques et biotiques du milieu et les types de végétation correspondants, plus ou moins perturbés et donc à différents stades de leur évolution, progressive ou régressive. On établit ainsi des cartes écologiques de la végétation, auxquelles Gaussen associe la notion de « séries de végétation ».

De manière classique les cartes de la végétation étaient réalisées à l'aide de la couverture aérienne de la région étudiée. La photo aérienne permettait d'extrapoler des connaissances et des relevés de terrain sur des surfaces limitées. La télédétection spatiale a fourni un nouveau moyen d'observer la surface terrestre et des méthodes de cartographie de la végétation ont été développées autour de cet outil. Elles sont très similaires dans leur démarche aux méthodes classiques, mais l'imagerie satellitaire a introduit des procédures nouvelles liées notamment à la taille du champ de vision et à la nature numérique des données.

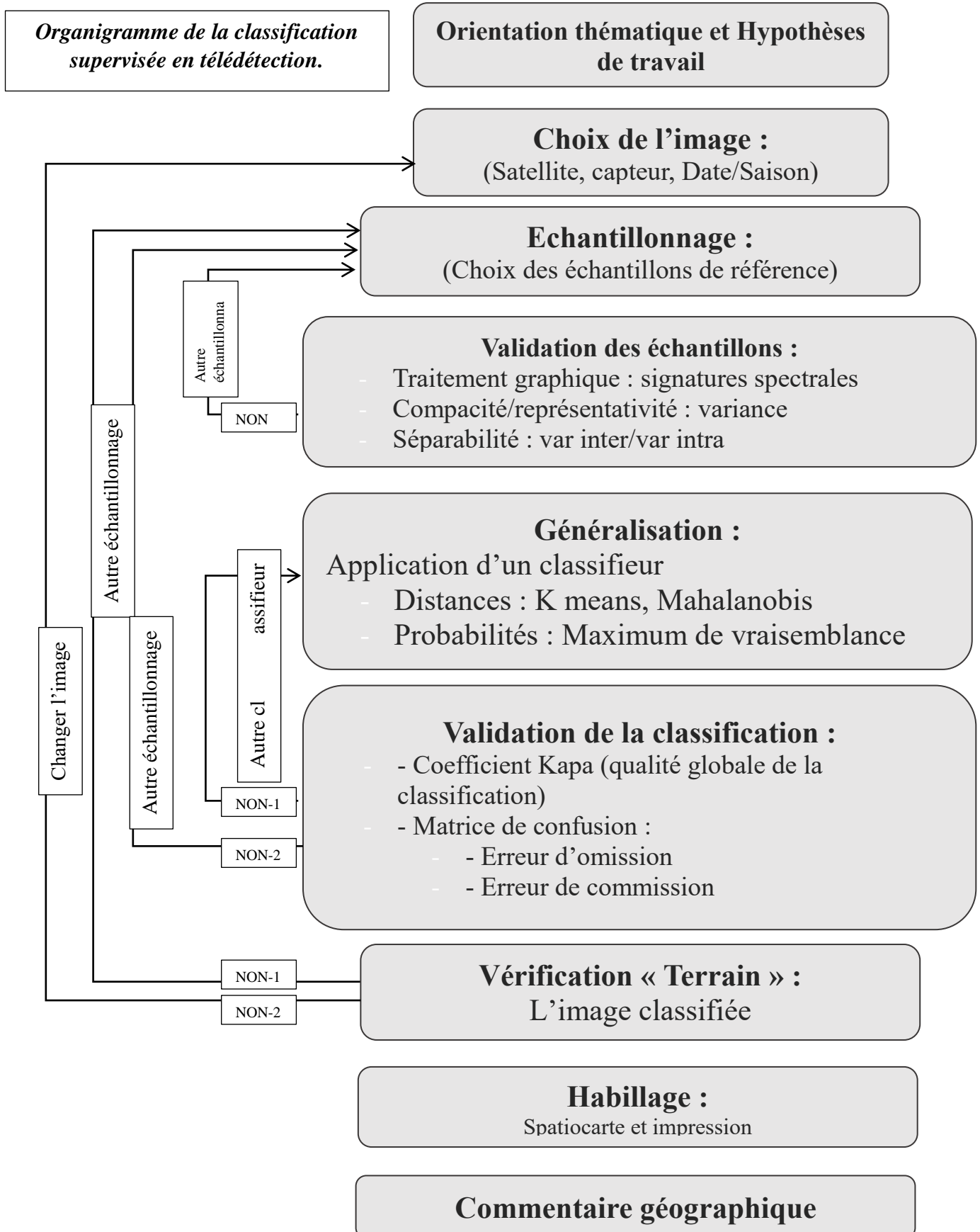


Figure 32 : Les étapes de classification supervisée (Serradj, 2015)

8. Approche méthodologique

8.1. Matériel et méthode utilisée

Les données utilisées pour la réalisation du présent travail sont celles des années 1972, 1985, 1998, 2003 et 2015, soit une période d'observation de 43 ans, à noter aussi que celles-ci sont mises gratuitement en ligne à disposition de différents utilisateurs. Il s'agit d'une série d'images satellitaire du satellite Landsat. Novembre 1972 considérée comme image la plus ancienne des images Landsat (MSS), et Landsat 5 TM acquises aux mois de Mars 1985 et mois de Mars 1998, ainsi l'image Landsat 7 TM qui date du mois de Mars 2003 et une date tardive (Mai 2015) comme image Landsat 8 OLI (ETM+). La saison dans laquelle ces images ont été prises n'est pas trop séparée (sauf pour l'année 1972). Elle remonte à la période de Printemps et d'automne. Cette période d'acquisition est mieux adaptée à la démarche suivie, sachant que cette démarche se base essentiellement sur l'analyse de l'indice de végétation qui peut être influencé par la présence de la végétation annuelle.

Tableau 19 : caractéristiques des images satellitaires Landsat (source : Serradj, 2015)

Capteurs	Résolutions			
	Spatiale	Spectrale (Micromètre)	Radiométrique	Temporelle
Landsat -MSS	80 m 185 km ²	04 bandes 0.50 - 0.60 0.60 - 0.70 0.70 - 0.80 0.80 – 1.1	6 bit (0 à 63)	16 jours
Landsat – TM	30 m 185 km ²	07 bandes 0.45 - 0.52 0.52 - 0.60 0.63 - 0.69 0.79 - 0.9 1.55 - 1.75 2.08 - 2.35 10.4 - 12.5	8 bit (0 à 255)	14 jours
Landsat – ETM+	30 m ou 28.50 m 185 km ²	08 bandes 0.45 - 0.52 0.52 - 0.60 0.63 - 0.69 0.79 - 0.9 1.55 - 1.75 2.08 - 2.35 10.4 - 12.5	8 bit (0 à 255)	14 jours
Panchromatique	15m 185km ²	0.52 - 0.90		

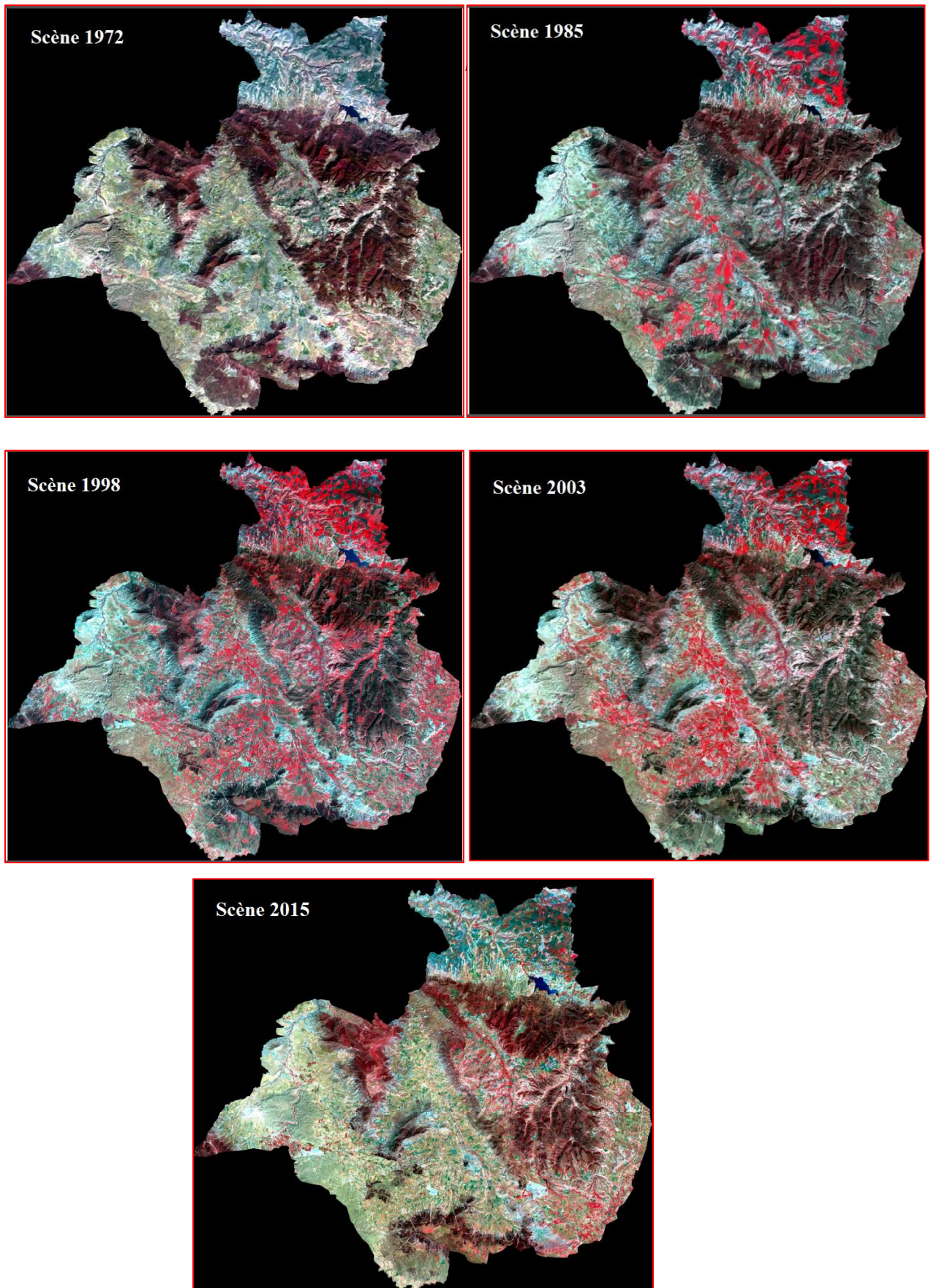


Figure 33 : Images de composition colorée TM et multi-datées de la zone d'étude

8.1.1. Génération d'un modèle numérique de terrain (MNT)

Un modèle numérique de terrain (MNT) est une représentation de la topographie (altimétrie) sous une forme adaptée à son utilisation par un ordinateur (Figure 34).

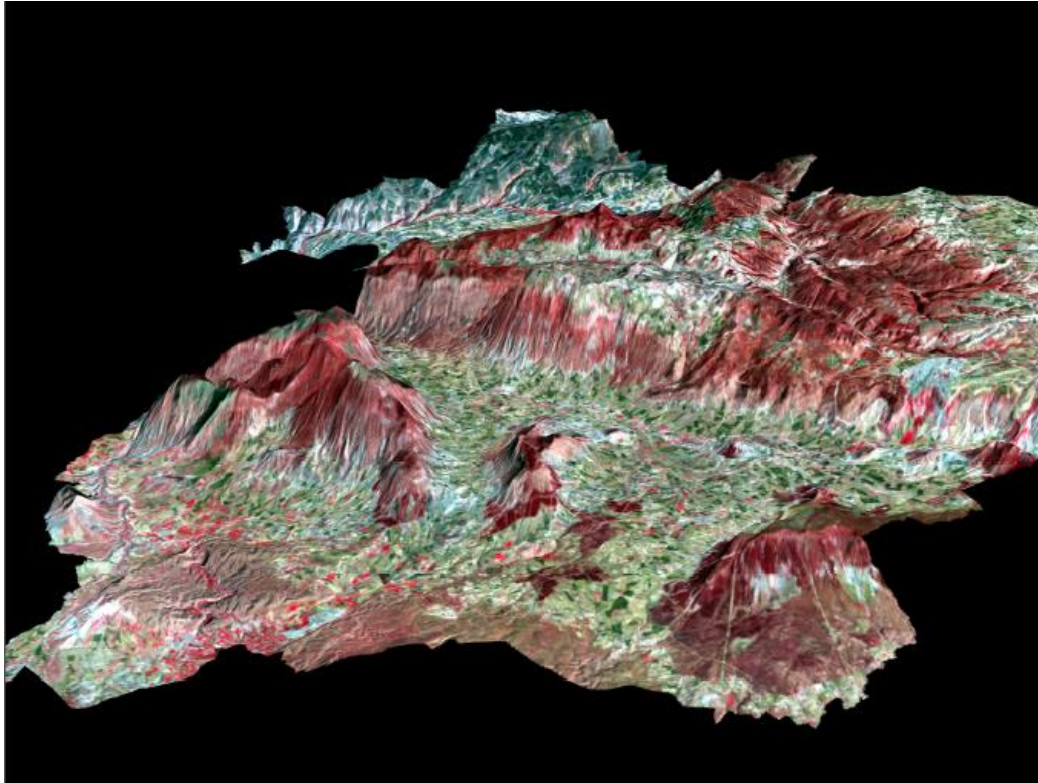


Figure 34 : MNT de la zone d'étude (3D)

Il s'agit d'une grille matricielle numérique géoréférencée dont chaque pixel est caractérisé par une valeur d'élévation. Le MNT est introduit dans le projet pour l'extraction des paramètres topographiques (pente, orientation, altitudes...etc.) de la zone d'investigation.

Dans le cadre de cette étude un MNT de l'ensemble de la zone d'étude a été acquis à partir des données du capteur ASTER et qui a été créé en procurant les courbes de niveaux et les points cotés sur la cartographie disponible à l'échelle 1/50000 (équidistance altimétrique égale à 50 mètres) et ayant une grille égale à 30 mètres.

8.2. Les logiciels utilisés

8.2.1. Logiciel ENVI

Le logiciel « ENVI 5.1 » est un logiciel commercial complet de traitement d'images de télédétection optiques et radar. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de classification et de mise en page cartographique sont

présentes. D'autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles. Il est aussi important de signaler que le logiciel ENVI est conçu en langage IDL (*Interactive Data Language - Research System*) et offre donc des moyens de programmation évoluée et traitement d'image intégré.

ENVI applique divers traitements sur les données d'entrée tel le géoréférencement, ortho rectification, mosaïques ; les analyses multi spectrales ou hyper spectrales (classification, bibliothèques spectrales) ; l'analyse radar (mono-bande, polarimétrie) ; les outils vecteurs (création ou édition de couches vecteurs, interrogation des attributs) ; l'analyse topographique et la visualisation 3D interactive et la composition de cartes.

Ce logiciel comprend des outils essentiels requis pour le traitement d'images dans de multiples disciplines, et il a la souplesse nécessaire pour permettre la mise en œuvre des stratégies d'analyse personnalisée.

8.2.2. Logiciel ArcGis

Le logiciel « ArcGis 10.0 » est un système d'information géographique développé par la société ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). C'est un outil pour gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale. ArcGis se décline en trois licences aux fonctionnalités croissantes : ArcView, ArcEditor et ArcInfo.

Principales fonctionnalités d'ArcGIS :

- Création de cartes de qualité professionnelle et production de cartes automatiques avec respect de normes de mise en page ;
- Création et organisation de données géographiques, de tables autonomes (Excel, dbf, Access etc.) ;
- Création cartographique à l'aide de plus de 80 formats de données (Shapefiles, géodata bases etc.) et de données en ligne (données Open Street Map etc.) ;
- Intégration de données terrain (GPS) ;
- Intégration des principaux formats de raster (images aériennes / images satellites etc.) ;
- Modélisation et création d'outils de géo-traitement ;

- Création de bases de données géographiques structurées et administrables grâce à de nombreux outils de gestion.

8.3. Les traitements d'images

Les images utilisées doivent présenter des caractéristiques les plus homogènes possibles de sorte que les différences provenant de leur comparaison puissent être associées à de réels changements d'état du territoire ; et non à des artefacts liés aux conditions de prise de vue des images.

Les images Landsat dont nous disposons pour notre étude comportent un nombre de défauts, des distorsions géométriques, c'est pourquoi il est primordial que les scènes doivent subir des prétraitements numériques en utilisant un logiciel approprié (ENVI 5.1).

8.3.1. Correction géométrique

Le but du géoréférencement « correction géométrique » des images de notre étude est de corriger dans une image brute, les distorsions géométriques dues aux variations d'orientation de la plateforme d'observation et aux aberrations optiques du capteur. De plus, cette correction permet de ramener la géométrie de l'image brute à une géométrie cartographique. Enfin, cela accepte la superposition de deux images d'années différentes et représentant un secteur commun (Benhanifia, 1998 ; Briki et *al.*, 2007 ; Maillé et *al.*, 2011 in Ayache, 2012).

Les corrections géométriques sont appliquées sur les images obtenues à l'aide des points d'appuis localisés sur la carte topographique d'état-major (échelle 1/50000) en tenant compte du système de projection de cette dernière (Lambert conique, système de coordonnées géographiques appliqué en Algérie).

Le principe de la correction géométrique est d'assimiler les diverses scènes dont nous disposons à un système de projection spatial référentiel, lors de notre étude nous avons retenu le système UTM (Universal Transverse Mercator). WGS 84 Fuseau 31 Nord.

8.3.2. Traitement par l'indice de différence de végétation normalisé (NDVI)

Le NDVI est utilisé pour déterminer l'état de la végétation naturel et la physionomie des groupements végétaux.

Ce traitement a pour objectifs d'augmenter la sensibilité des images aux composantes végétales et exprimer la variance des images selon un nombre minimal de bandes spectrales afin d'augmenter le pouvoir de discrimination entre les différentes classes thématiques. Le NDVI est le plus utilisé en télédétection (Girard, 2000), est un indice qui est étroitement corrélé

avec l'activité chlorophyllienne des surfaces végétales et basé sur la différence mesurées dans le rouge et proche infrarouge.

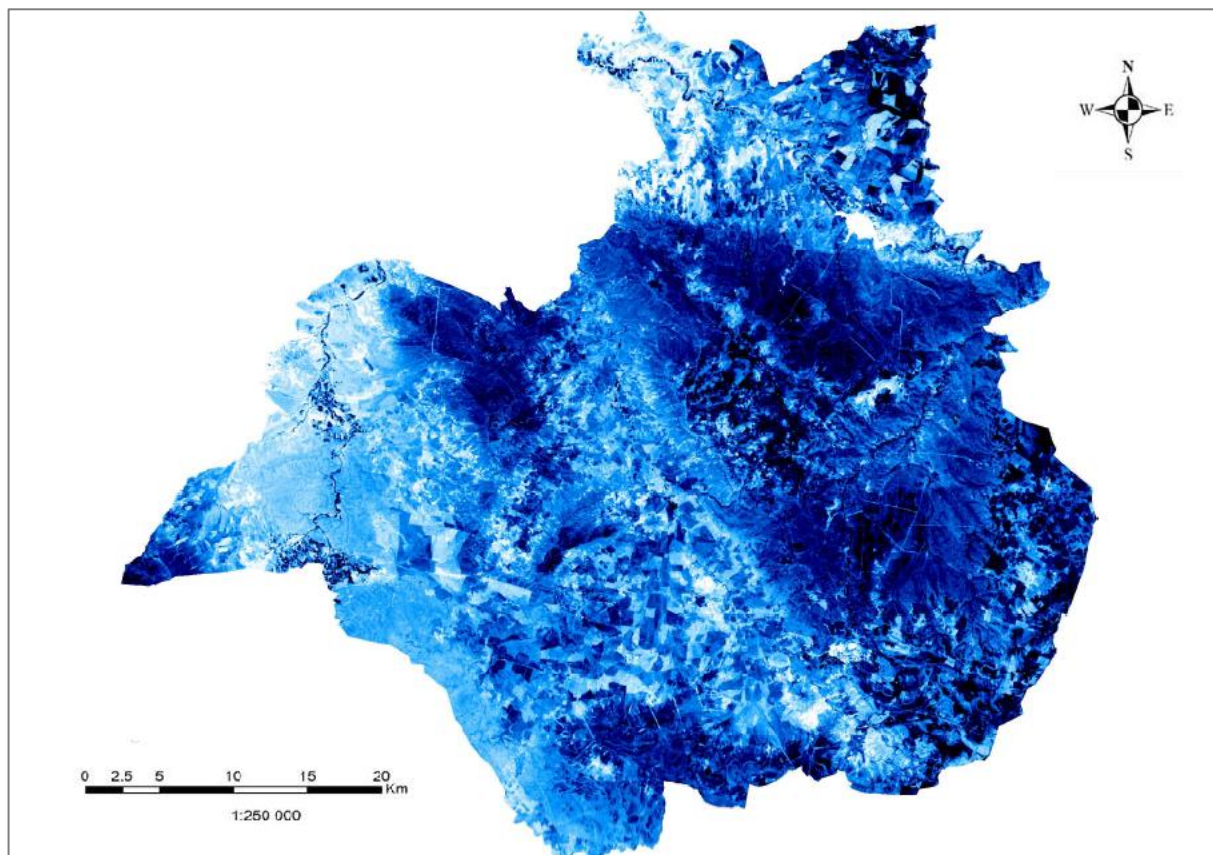


Figure 35 : Indice de différence de végétation normalisé (NDVI) couvrant la zone d'étude (Mai 1988)

8.3.3. Cartes d'occupation des sols

La carte d'occupation des sols est un document représentatif des diverses unités au sol, entre élément chlorophyllien et non chlorophyllien, elle permet l'appréciation et la compréhension de la distribution spatiale de ces derniers.

L'objectif de notre travail étant d'arriver à mettre en place une méthodologie simple permettant le passage du document brut, à la carte de végétation, pour ce faire l'approche adoptée a été organisée comme suit :

a. Obtention de la composition colorée

Une composition colorée dans laquelle les thèmes cherchés sont les plus apparents a été élaborée lors du traitement de l'image qui a permis de visualiser les canaux en vert, rouge et proche infrarouge en leur affectant respectivement les couleurs bleu, vert et rouge (RVB).

b. La Classification supervisée

Cette méthode repose sur une bonne connaissance du terrain. Le but de ces opérations est de remplacer l'analyse visuelle des données image par des techniques quantitatives pour automatiser l'identification des éléments dans une scène (Martin ,2000). Ceci implique normalement l'analyse des données image multi spectrale et l'application de règles de décision sur des bases statistiques pour la détermination de l'identité des types de couverts de terrain de chaque pixel de l'image. En effet, la classification a pour but d'attribuer chaque point de la scène observée à une des classes identifiées.

Le processus de classification passe par l'attribution à chaque objet sur terrain de sa signature spectrale sur l'image, dans ce sens la fiabilité des résultats dépend fortement de l'échantillonnage réalisé, le choix des échantillons doit être représentatif de l'ensemble de l'image à classer.

Nous avons opté pour une classification dirigée ou supervisée, par la fonction maximum de vraisemblance.

La vectorisation de l'image classé (passage Raster /Vecteur sur ArcGis pour la mise en forme de la carte (couleurs ; légende.), et donc il s'agit d'identifier et de localiser des classes particulières. Pour cela il faut définir des sites d'entraînements correspondant à des régions homogènes et dont on connaît la nature de groupements forestiers.

Les caractéristiques spectrales de ces échantillons vont ensuite être utilisées pour réaliser la classification. Le travail consiste à choisir sur l'image des zones qui serviront d'échantillon pour les classes retenues à partir des données de terrain. Pour définir correctement les sites d'entraînement, on choisit tout d'abord un territoire où est présent le type de groupement forestier que l'on souhaite mettre en évidence.

On sélectionne des pixels homogènes qui vont constituer un ROI (région of interest). Nous pouvons définir autant de ROI que l'on souhaite pour un même type d'occupation du sol. Ces ROIS pourront ensuite être combinés ou supprimés selon leurs degrés de pertinence à chaque fois que l'on définit un nouveau ROI et qu'on lui attribue une couleur ; tous les pixels présentant le même rayonnement sont sélectionnés dans la fenêtre image et dans le diagramme radiométrique.

9. Rôle de la télédétection dans le suivi de la végétation

La télédétection spatiale, demeure l'outil le plus adapté pour évaluer à une échelle globale la dynamique d'évolution du couvert forestier (Merioui, 2014).

La télédétection est "la technique d'observation à distance par la mesure et le traitement du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par l'objet étudié dans le but d'en tirer des informations concernant sa nature, ses propriétés et son état " (Caloz, 1992).

La télédétection est un outil indispensable pour la connaissance de ces milieux particulièrement complexes. Pour notre propos, l'objet étudié se réfère à la surface terrestre, ou plus précisément à l'ensemble de ses composantes.

L'objectif de notre travail vise à intégrer l'usage de la télédétection en vue de l'élaboration de bases d'informations spatiales homogènes utilisables pour faciliter le passage des valeurs radiométriques à des thématiques.

Les études diachroniques de la dynamique de la végétation et les inventaires, d'une région donnée, nécessitent une surveillance spatiale continue dans le temps. L'acquisition d'une série temporelle d'images, couvrant une même région, permettant de constater les différents changements qui se passent au niveau du sol. L'analyse thématique de ces images, fait appel à des données et des techniques plus adaptées, pour déchiffrer leurs contenus, donc la télédétection spatiale apparaît comme un outil technique plus adapté aux études et suivi des phénomènes terrestres et spécialement la végétation.

10. Avantages et limites de l'outil télédétection

Les satellites d'observation de la terre permettent l'accès à un certain nombre de paramètres de la surface, avec leur vision globale et répétée, ils sont donc un excellent moyen d'améliorer la compréhension de la dynamique spatio-temporelle des milieux forestiers en zones semi-arides.

-La présente étude concerne la caractérisation et le suivi par télédétection de la végétation et de l'occupation des terres dans une région semi-aride précisément dans les massifs forestiers de Sdamas. L'analyse des données spatiales constitue un outil de choix pour dresser un état des lieux de la situation présente et pour permettre un suivi des changements survenus au cours du temps.

Au-delà de cet avantage, l'utilisation de ce type de données doit requérir une attention particulière. « Les capteurs embarqués sur les satellites actuels mesurent des luminances émergeant au sommet de l'atmosphère. D'un jour à l'autre, les conditions atmosphériques évoluent. Il s'en suit que la réflectance exo-atmosphérique d'une surface, pourtant radiométriquement invariante, n'est pas constante » (Girard M.C. et Girard CM., 1989 *in* Haddouche, 2009). « L'autre source de modification de la luminance exo-atmosphérique

provient des conditions d'éclairement de la cible et de la géométrie du système soleil-cible-satellite » (Haddouche, 2009).

En fonction du phénomène à caractériser par l'étude multi-date menée, ces modifications de la luminance sont à prendre en compte ou non

- si les changements étudiés sur les images sont importants, les images peuvent être traitées séparément (Musick et Pelletier, 1988) ;
- si les changements sont lents, il est difficile de définir des classes aux limites radiométriques nettes et à la signification précise, les changements sont déterminés par l'évolution d'un indice radiométrique d'une image à l'autre (Merzouk, 1992).

Dans un cadre géographique donné, l'étude est basée sur l'identification des paramètres susceptibles d'améliorer ces fonctions d'observation, de surveillance et d'alerte éventuelle. Les facteurs pris en compte se situent à tous les niveaux de réalisation des documents de synthèse (Haddouche, 2009).

11. Conclusion

Evaluation de l'état de dégradation des différentes formations végétales de la zone d'étude, l'application de cette étude à base de données cartographiques liées à une analyse diachronique, est nécessaire pour l'évaluation et le suivi de leurs changements spatiotemporels.

Démarche nécessaire pour des utilisations possibles aux différents niveaux de la gestion et d'aménagement de territoire.

Chapitre II

Etude diachronique et dynamique de la végétation

1. Introduction

Le phénomène de la dégradation des milieux naturels et l'environnement, présente la préoccupation majeure des scientifiques en Algérie. Le patrimoine végétal reste toujours le seul moyen d'action contre la désertification et l'érosion du sol. D'une manière générale, cette végétation a subi un fléau important de dégradation croissante, occasionné par plusieurs agents naturels comme l'agressivité du climat, les maladies cryptogamiques et l'action anthropique, comme : les incendies, le surpâturage, le défrichement, l'urbanisation, la pollution, etc.

Les formations végétales du massif forestier Sdamas sont en plein mouvement, en effet les cartes ont un rôle important pour la connaissance et la maîtrise de l'occupation du sol, ce qui fait leur production et leur mise à jour est souhaitée.

Les méthodes traditionnelles de production et de mise à jour des cartes à base de photographies aériennes sont consommatrices de temps et coûteuses (Merioua, 2014). De nombreux projets ont démontré que l'imagerie satellite peut, à moindre coût et à des délais plus courts, apporter une composante cartographique essentielle au sein des SIG. A partir d'images satellites Landsat, nous pouvons élaborer des cartes d'occupation de sol de la région de Sdamas.

2. Etude diachronique de la végétation

La présente étude se propose d'approfondir la connaissance de la variabilité spatiotemporelle de la végétation dans la région de Sdamas, zone bien connue par sa biogéographie et son régime climatique méditerranéen semi-aride.

A cet effet, notre objectif est d'estimer l'évolution des communautés végétales dans la zone de Sdamas, grâce à une étude diachronique de l'état de l'occupation du sol et de la végétation portant sur une période de 43 ans avec cinq scènes bien définies 1972, 1985, 1998, 2003 et 2015.

En région méditerranéenne, la sécheresse joue un rôle majeur dans la dynamique et la structuration de la végétation. Elle constitue un stress saisonnier, plutôt qu'une perturbation car elle intervient à intervalles réguliers (Quezel et Médail, 2003).

Les travaux de cartographie ont pour but de nous renseigner sur les potentialités d'un territoire, son utilisation et ses aptitudes. Selon Bouazza *et al.*, 2004, la cartographie de la

végétation permet à la fois de réaliser un inventaire réel (aspects physiologiques des formations végétales) et associer dans un même document une constatation et une interprétation des éléments cartographiés.

L'acquisition d'une meilleure connaissance de ces milieux, exige un inventaire de l'occupation du sol, une mesure de leur évolution (diachronie) et procéder à des simulations et croisements de plans d'information dans un Système d'Information Géographique (Haddouche *et al.*, 2007).

3. Méthodologie

La série d'analyses et traitements cartographiques apportée sur les images satellitaires de la région de Sdamas, résulte l'élaboration des cartes d'occupations des sols de la zone d'étude après classification supervisée de l'indice de végétation normalisé (NDVI).

Les résultats des différentes classes thématiques définitivement retenues lors de la classification de NDVI constituent la légende des cartes d'occupation du sol réalisées. Neuf classes thématiques sont retenues : zone humide (plans d'eau), sols nus et jachères (avec des pelouses et pâturages naturels et des zones agricoles hétérogènes), ainsi que la végétation forestière comprenant : peuplement de Thuya (*Tetraclinis articulata*), peuplement mixte, Maquis dense, Maquis clair, nappes Alfatières, Matorrals de Pin (*Pinus halepensis*) et les surfaces minérales (Urbanisme).

L'intersection des cinq cartes d'occupation du sol depuis 1972 jusqu'à 2015 obtenues a permis d'établir la carte des évolutions des écosystèmes semi-arides de la zone d'étude durant ces 43 années. Ce croisement est réalisé en se fondant sur une codification des classes d'occupations du sol.

La qualité du résultat obtenu par ce type d'approche est très dépendante de la précision de la superposition géométrique entre les images étudiées. En effet, la comparaison de pixel à ses homologues est surtout appliquée dans les régions où la radiométrie varie fortement d'un point à l'autre (Briki *et al.*, 2007 ; Gacemi, 2010 ; Maillé *et al.*, 2011 ; Haddouche *et al.*, 2011 ; Ayache, 2012 ; Mendas *et al.*, 2013 et Merioua, 2014).

4. Occupation du sol par exploitation des scènes satellitaires

4.1. Analyse et interprétation de l'indice de différence normalisé de végétation (NDVI)

Cet indice vise plusieurs objectifs (Caloz et *al.*, 2001 in Haddouche, 2009) :

- L'estimation de la masse végétale verte couvrant le sol.
- La description de l'état phénologique de la couverture végétale.
- La prévision des récoltes.
- L'inventaire de cultures par segmentation de l'indice.

Le NDVI met en évidence la présence de l'activité chlorophyllienne de la végétation, où elle réfléchit un maximum d'énergie captée et enregistrée par le capteur du satellite (Benhanifia et *al.*, 2015). L'interprétation de l'NDVI fait qu'une végétation saine et active occupe les fortes valeurs tandis que les faibles valeurs indiquent l'absence ou la dégradation du milieu végétal. A cet effet et dans le cas de nos images, un indice de végétation normalisé a été généré pour chaque date de prise de vue (Figures ci-dessous).

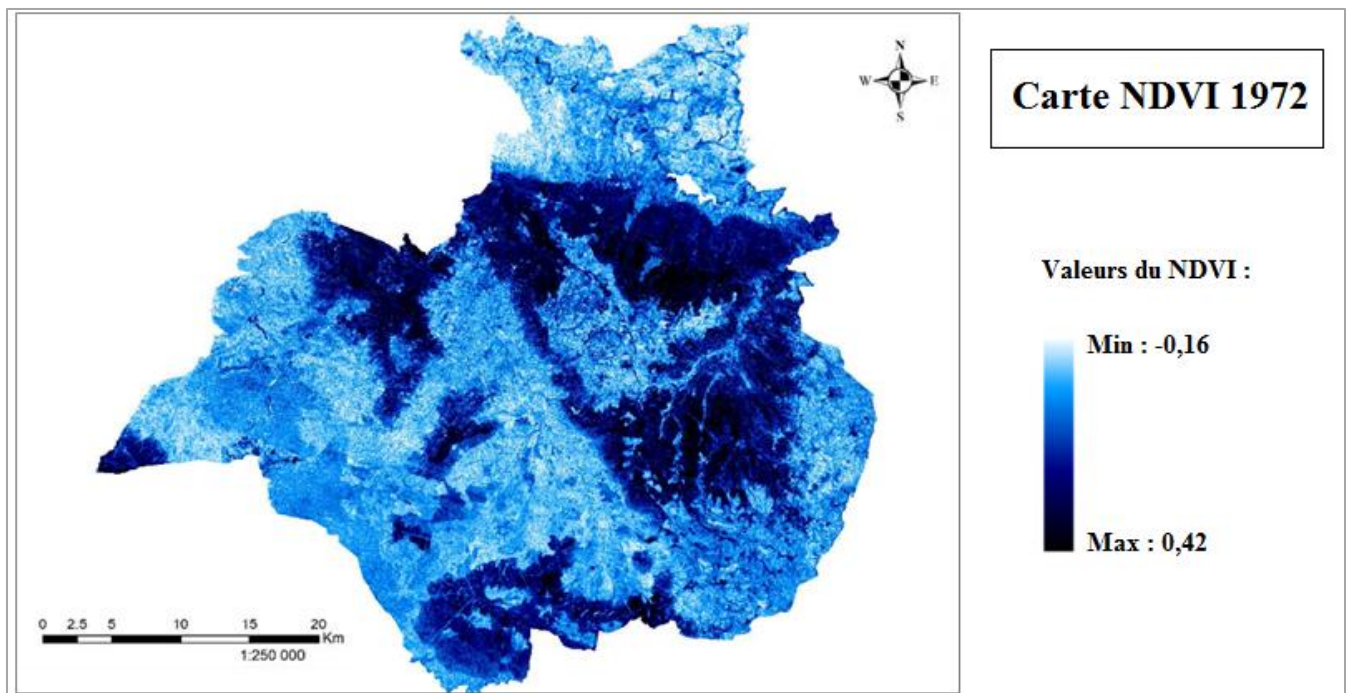


Figure 36 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Novembre 1972)

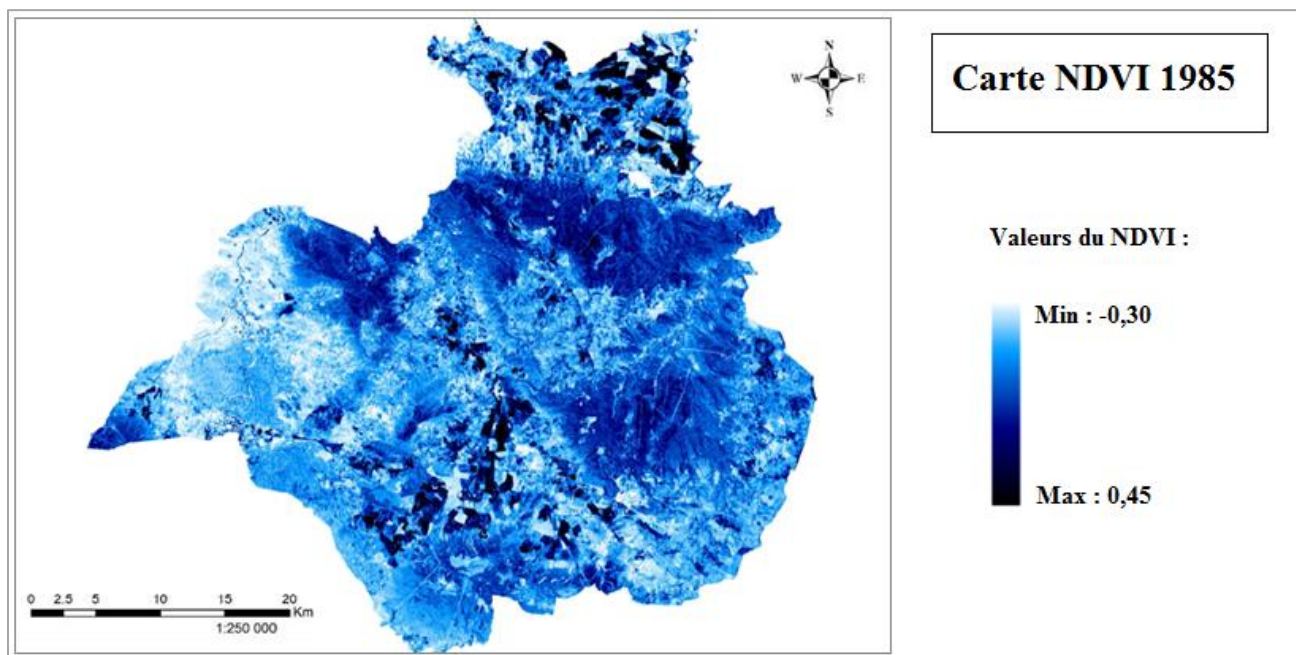


Figure 37 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mars 1985)

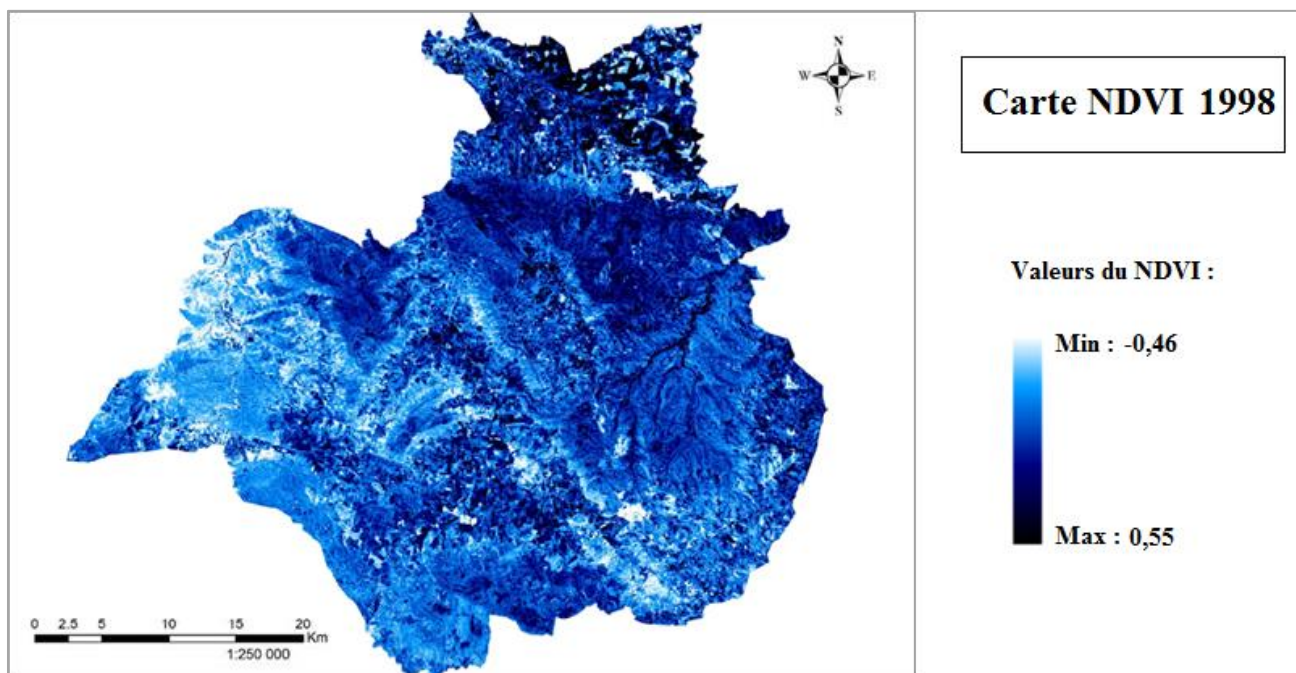


Figure 38 : Indice végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mars 1998)

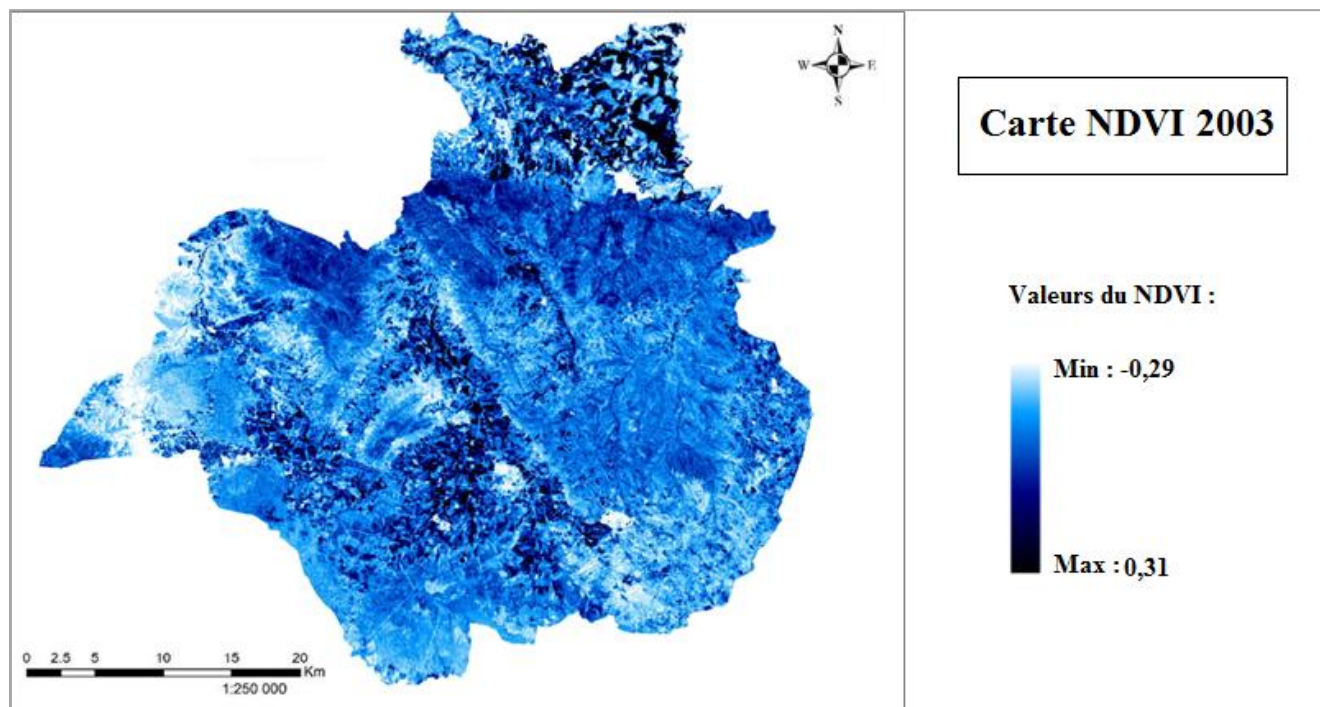


Figure 39 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mars 2003)

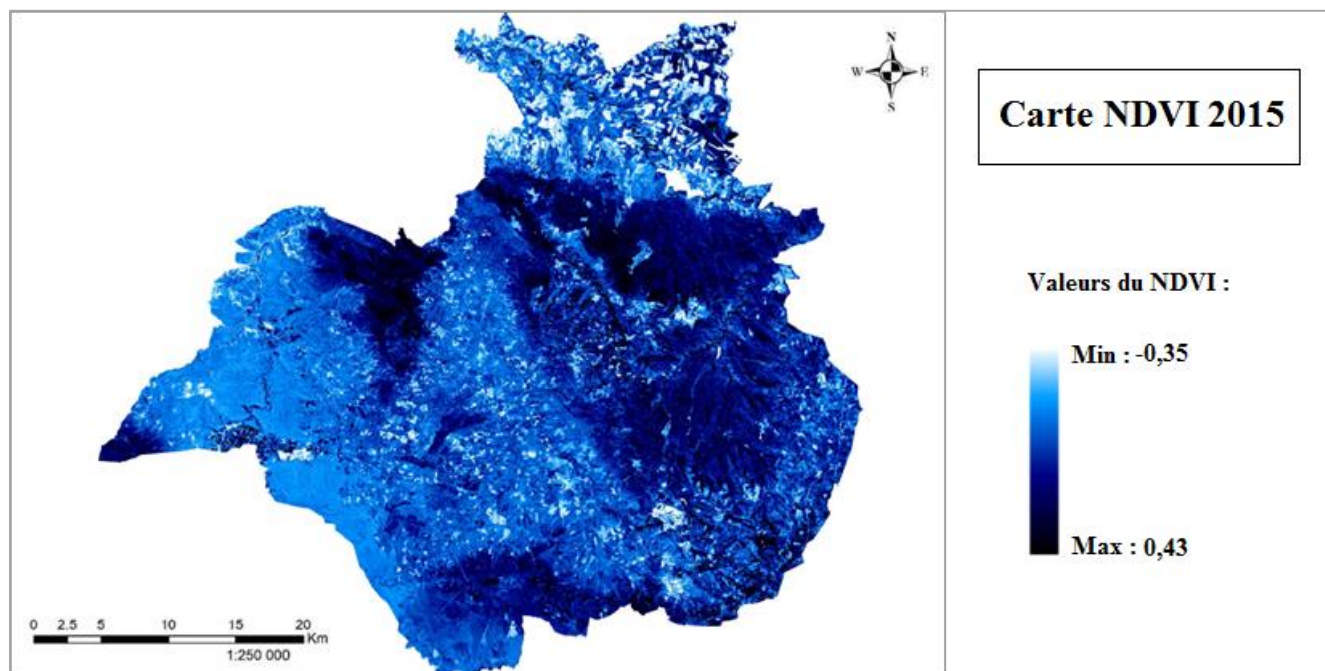


Figure 40 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la zone d'étude (Mai 2015)

L'indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est le rapport de la différence entre la réflectance dans le proche infrarouge et dans le rouge, sur la somme des deux.

Les fortes valeurs sont représentées par des nuances de couleur foncée (bleu) tandis que les faibles valeurs sont illustrées par des nuances de couleur blanche (Figures ci-dessus).

Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme l'eau, la neige ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

De ce fait, les résultats obtenus après utilisation des indices de végétation, peuvent être présentées en fonction de deux intervalles :

- **$0 < p < 1$** : (p correspond à la valeur de chaque pixel, après calcul de l'indice de végétation).

Les valeurs faibles de NDVI ($p \geq 0$) signifient qu'il y a peu d'activité photosynthétique qui correspond à des sols nus ou faible présence de végétation, et des valeurs plus élevées signifient qu'il existe une végétation fortement photosynthétiquement active. (Plus la végétation est claire plus la valeur de p est supérieure ou égale 0,1, plus la végétation est dense plus la valeur de p tend vers le 1).

- **$-1 < p < 0$** : les valeurs inférieures à zéro n'ont généralement aucune signification écologique, alors, la valeur de p indique une absence totale d'activité chlorophyllienne, correspondent à des surfaces d'eaux, la neige ou des nuages.

A l'égard de cette étude, le calcul de l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) de la région de Sdamas, nous a permis de d'avoir cinq intervalles respectifs, pour les périodes d'observations :

Les valeurs du NDVI pour l'année 2015 peuvent varier de -0,35 et 0,43. Alors pour l'année 2003, les valeurs sont comprises entre -0,29 et 0,31. Par ailleurs le NDVI de l'année 1998 montre des valeurs qui s'échelonnent entre -0,46 et 0,55. Le calcul du NDVI pour l'année

1985, indique un intervalle de valeurs qui va d'environ -0,30 à 0,45. Pour la scène de 1972 soumise au traitement par NDVI, les valeurs représentent un intervalle varie de -0,16 et 0,42.

La classification finale des NDVI regroupe les surfaces minérales, surfaces hydriques et les différentes formations forestières selon leurs présences et le degré de couverture en ces principales catégories :

- Zone humide ;
- Surface minérale et sols nus ;
- Nappe alfatière ;
- Maquis clair et forêt buissonnante
- Matorral mixte et faible couverture végétale ;
- Maquis dense.

L'analyse des résultats de l'indice de végétation NDVI indique que les valeurs maximales correspondant à une végétation dense (couvert forestier) composée essentiellement des feuillus de chêne vert (*Quercus ilex*) et de chêne kermès, et sont généralement concentrées dans la partie nord de la zone d'étude ont connu un déclin à partir des années 90.

Après cette classe, on trouve la classe de la végétation mixte composé essentiellement des feuillus généralement le chêne et kermès (*Quercus ilex et coccifera*) et des résineux qui sont le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), cette formation végétale mixte est rencontrée éventuellement à un état de dégradation avancée où figurent des matorrals, suivie par des valeurs de NDVI qui varie de 0,10 jusqu'à 0,22 et qui correspond à une végétation buissonnante à base de pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) généralement, ce qui donne l'aspect des maquis clairs.

Les nappes alfatières dégradées enregistrent des valeurs de NDVI très faible varient entre 0,037 et 0,10. Sont localisées à proximité des massifs forestiers signalés au sud de la zone d'étude.

Les valeurs nulles du NDVI correspondent aux sols nus et les surfaces minérales indiquant les réseaux routiers, les communes et les agglomérations secondaires.

Il apparait sur l'image une retenue d'eau connue sous le nom de « Barrage Bekhadda ». Elle appartient à la commune de Mechraa Sfa. Cette zone humide est marquée par un intervalle de valeurs négatives de NDVI (-0,16 à -0,12).

4.2. Les unités d'occupation du sol entre 1972 et 2015

Neuf unités ont été définies et retenues pour établir les cartes d'occupation du sol. Ces dernières sont énumérées comme suit :

- **Surfaces minérales (Urbanisme)** : les agglomérations et autres structures urbaines se concentrent pratiquement au centre de la région d'étude.
- **Zone humide** : cette classe renferme des plans d'eau, dont le principal plan d'eau de la zone d'étude est le Barrage Bekhadda.
- **Peuplement de Thuya** : cette unité est composée d'un couvert forestier dont l'espèce dominante est le Thuya (*Tetraclinis articulata*), le peuplement est essentiellement formé de Taillis rejets de souches. Cette espèce est trouvée en particulier à la forêt domaniale de Beni Affane (commune de Mechraa Sfa) et la forêt de Sidi Bakhti
- **Peuplement mixte** : cette classe est remarquée par l'abondance de Thuya suivie par le Pin d'Alep. Les autres espèces dominées sont accompagnatrices de ce groupement sont : *Quercus ilex*, *Phyllirea ssp*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, par contre, les grandes graminées Alfa (*Stipa tenacissima*) ou Diss (*Ampelodesmos mauritanicus*) ne jouent qu'un rôle secondaire.
- **Maquis dense** : Le couvert forestier est composé de pin d'Alep et de chêne vert. Dans certaines zones, on note la dominance du chêne vert, localisé généralement à l'Ouest de la zone d'étude (commune de Frenda).
- **Maquis clair** : la présente unité est un cortège floristique diversifié en espèces de la strate arbustive et sous arbustive adaptées aux conditions du milieu et résistantes de par leur faculté de rejeter de souche. Les chênes vert et kermès (*Quercus ilex et coccifera*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*), la filaire (*Phillyrea angustifolia*), les genêts (*Genista scorpius*), le romarin (*Rosmarinus tournefortii*) et d'autres espèces dominant en sous-bois.
- **Nappes Alfatières** : cette unité illustre les nappes alfatières, qui sont des parcours à base d'Alfa (*Stipa tenacissima*) très dégradées, sous l'effet des actions anthropiques très importantes. Elles sont localisées généralement au sud de la zone d'étude
- **Sols nus et jachères** : zone avec ou sans végétation, représente les surfaces non cultivées, Il s'agit en majeure partie des jachères et des sols nus et autres affleurement rocheux, ou des surfaces cultivées cas des terres agricoles, les cultures annuelles sont très fréquentes aux périphéries de l'urbanisme.
- **Matorrals de Pin** : (*Pinus halepensis*), la structure et la composition de cette unité reste très proche de toutes les formations forestières de la région Méditerranéenne. Ce groupement

est composé de Pin d'Alep auquel est souvent associé le chêne vert (*Quercus ilex*) sous forme de taillis. Quand le chêne vert est absent, le Pin d'Alep y est fréquent au même titre que le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*) et la filaire (*Phyllirea ssp*).

4.3. Les cartes d'occupation des sols

L'objectif de cette étude est de réaliser un inventaire de l'occupation du sol à partir des d'images satellites, par unités d'occupation spécifiques (Agglomérations, plans d'eau, espace végétal etc.). Ainsi, l'étude chronologique sur la zone d'étude nous permettrons d'apprécier les changements structurels afin de caractériser l'évolution et la dynamique de la végétation dans le massif de Sdamas.

Pour atteindre cet objectif, cinq cartes d'occupation des sols d'ordre chronologique ont été élaborées : carte de 1972, 1985, 1998, 2003 et 2015.

a. Carte d'occupation du sol (1972)

L'image satellitaire Landsat MSS est l'une des plus anciennes sources disponibles pour la cartographie de l'occupation du sol à des dates reculées, qui est utilisée pour la réalisation de la carte d'occupation du sol datant de 1972. Après traitement des informations recueillies sur le terrain et les résultats obtenus après l'analyse des relevés phytoécologiques, l'occupation est en fonction des objectifs des changements de la surface du sol dans la région de Sdamas, que la date 1972 a été retenue comme date de référence pour faire l'analyse diachronique de la dynamique de la végétation.

L'établissement de cette carte nécessite la délimitation des espaces naturels et d'activités humaines par la classification supervisée (maximum de vraisemblances) qui consiste à définir les classes thématiques suivie par le choix des zones d'entraînement (ROI), afin de dégager les différentes classes de l'occupation et l'utilisation du sol.

C'est avec la méthode de regroupement des classes, qu'on a réussi à calculer les superficies occupées par l'ensemble des unités cartographiques durant chaque période depuis 1972 jusqu'à 2015.

La répartition spatiale des unités d'occupation des sols pour l'année 1972 est présentée à travers l'histogramme suivant :

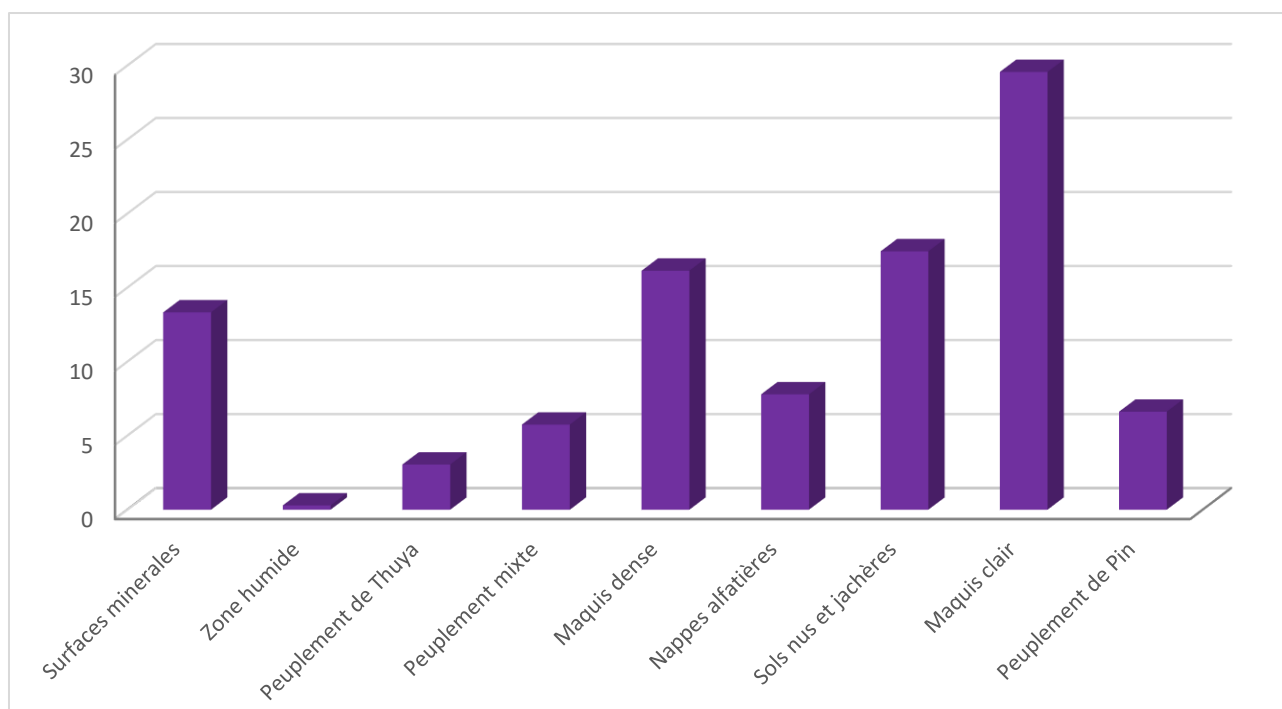


Figure 41 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 1972)

La lecture et l'analyse faite de l'histogramme ainsi que de la figure 42 fait ressortir une prédominance des Maquis que ce soit clair ou bien dense, en effet celle-ci occupe une superficie de l'ordre de 29,57 % et 16,15 % respectivement par rapport à la superficie globale. Par ailleurs nous avons constaté une dominance de terrains boisés (occupés par la végétation forestière) que des terrains nus, cultivés ou même des espaces urbains. La plus faible proportion est celle des plans d'eau qui représentent 0,28 % de la superficie totale de la zone d'étude. La prédominance de ces terres forestières diversifiées comprend les formations forestières naturelles qui regroupent les forêts de thuya, les forêts de Pin, les maquis denses et les maquis clairs témoignent la faible pression qui s'exerce sur les formations forestières et leur bonne adaptation aux conditions édaphoclimatiques durant l'année 1972.

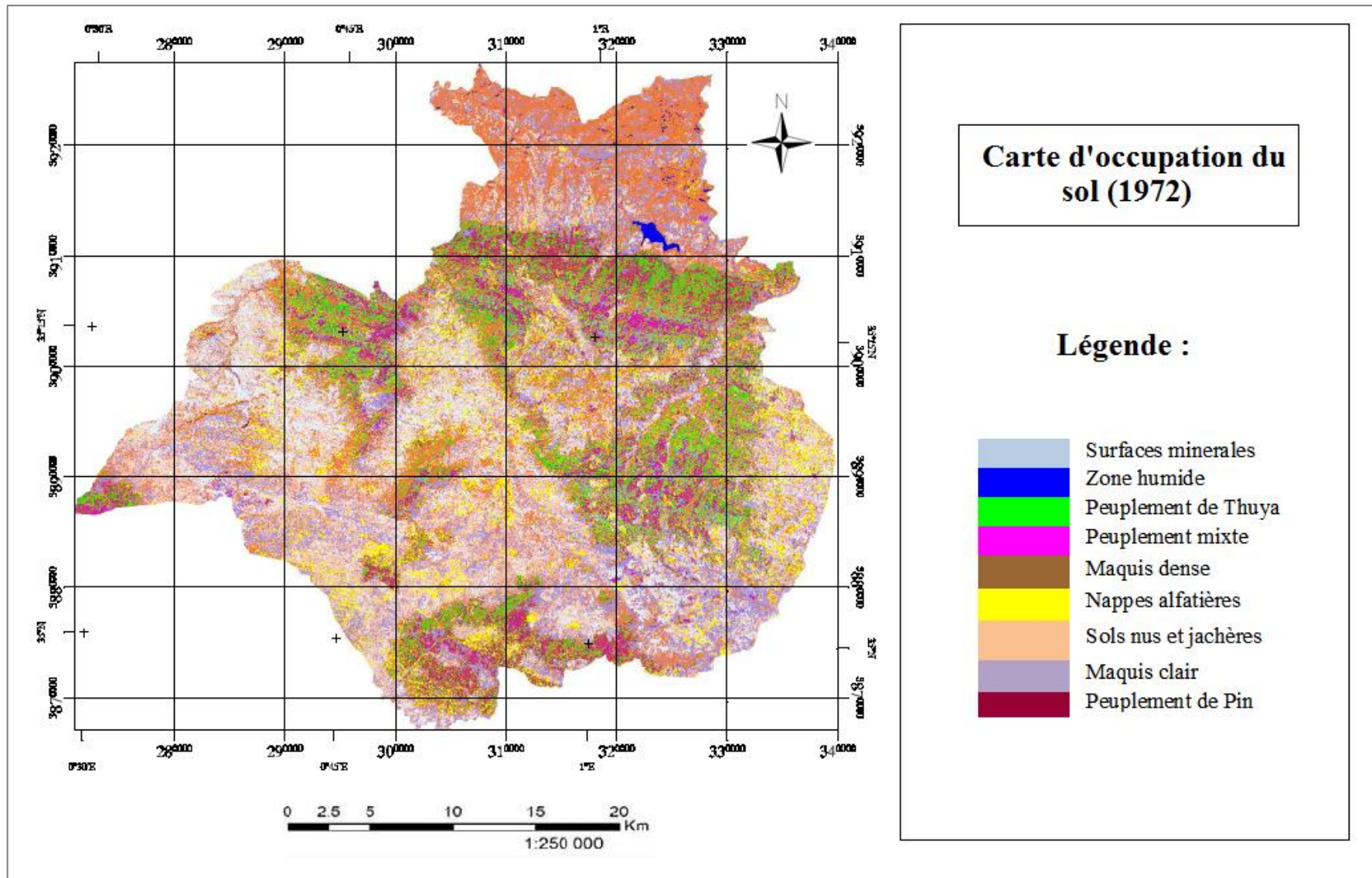


Figure 42 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 1972)

b. Carte d'occupation du sol (1985)

Les résultats de la classification définitive de l'image Landsat TM pour l'année 1985 a abouti à l'élaboration de la carte d'occupation des sols pour la date précitée (figure 44). A partir de l'histogramme suivant nous pouvons décrire l'ensemble de superficies des unités cartographiques détectées en pourcentage.

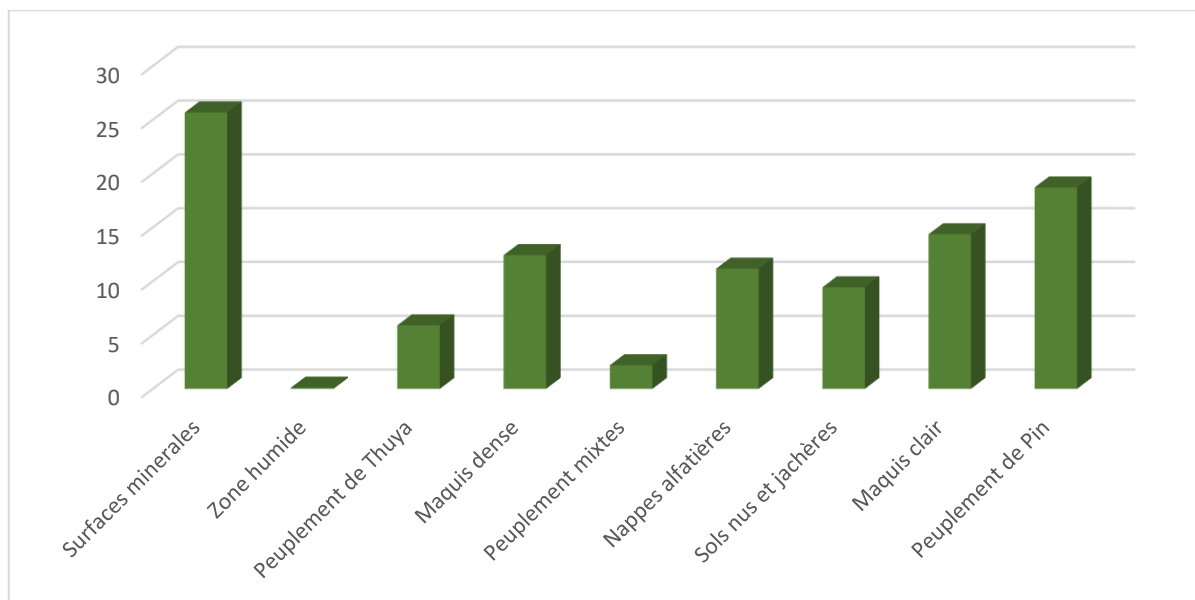


Figure 43 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 1985)

La figure 43, représente la répartition des superficies des unités d'occupation des sols pour l'année 1985, nous avons enregistré que la superficie des surfaces minérale (urbain) est considérée comme la plus élevée des unités de classification étudiées avec 25,68 %.

Il est à signaler que la classe des peuplements de Pin sont les plus abondants au cours de cette année (1985), néanmoins leur abondance en nombre est de 42614 has soit 19 % de la superficie totale de la zone d'étude qui s'étend sur 227639 has.

Les maquis clairs occupent une superficie estimée à 14,36 %, tandis que les peuplements de thuya occupent une proportion de l'ordre de 5,90 %, par ailleurs la superficie occupée par les nappes Alfatières est de l'ordre de 11,17 %.

Bien que la proportion de sols nus et jachères (même les terrains cultivés) qui est de l'ordre de 9,44 % de la surface totale de la zone d'étude présentée à cette époque nous renseigne sur la vocation agrosylvopastorale de notre zone d'étude.

La surface occupée par les plans d'eau est relativement la plus faible avec 0,12 % par rapport à la surface totale.

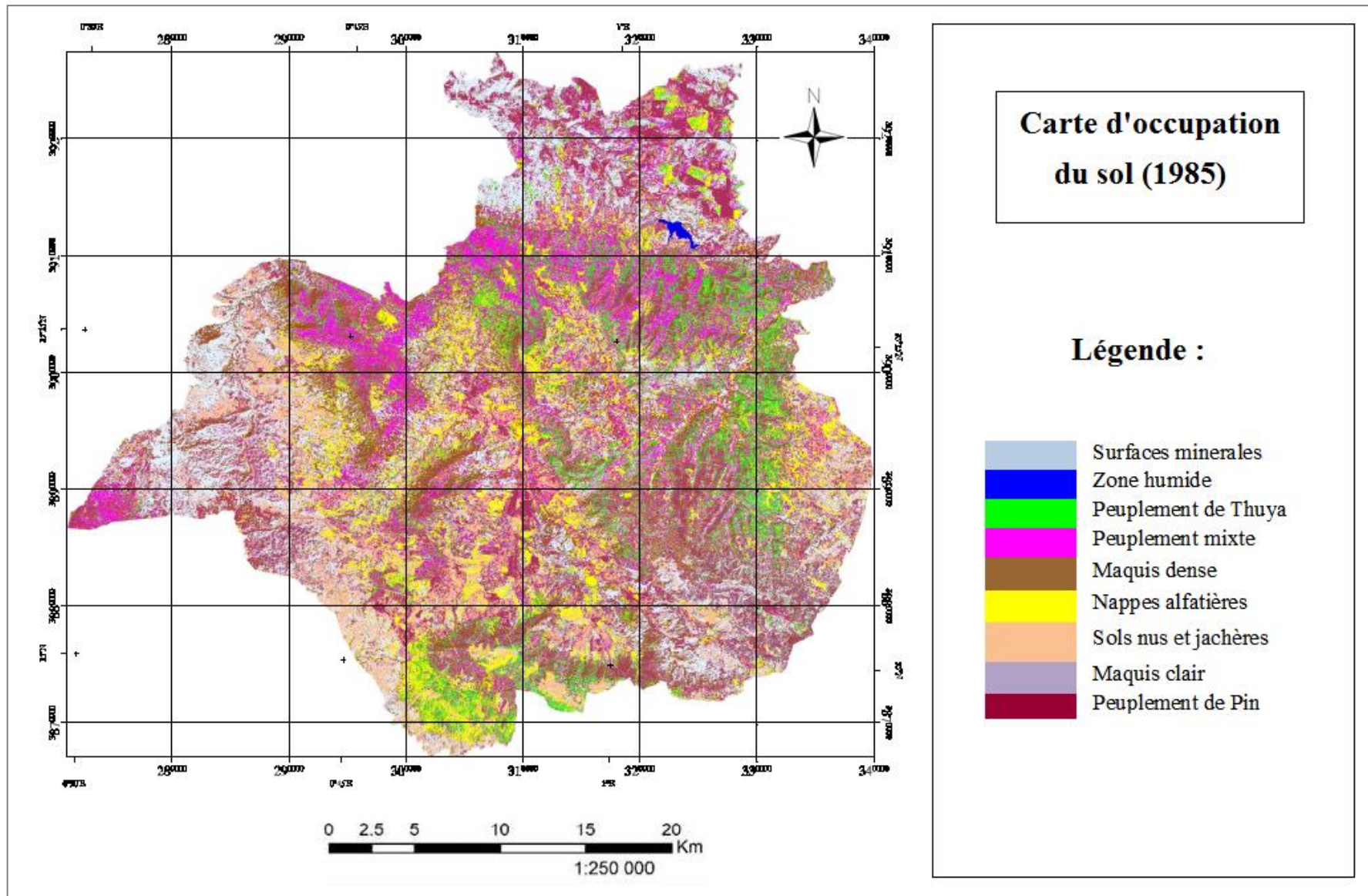


Figure 44 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 1985)

c. Carte d'occupation du sol (1998)

L'établissement de cette carte a été basé sur l'utilisation de la télédétection, ce qui nous a permis la réalisation d'une carte d'occupation de sol de l'année 1998.

Les résultats obtenus après classification de l'image de l'année 1998 sont présentés dans l'histogramme ci-dessous.

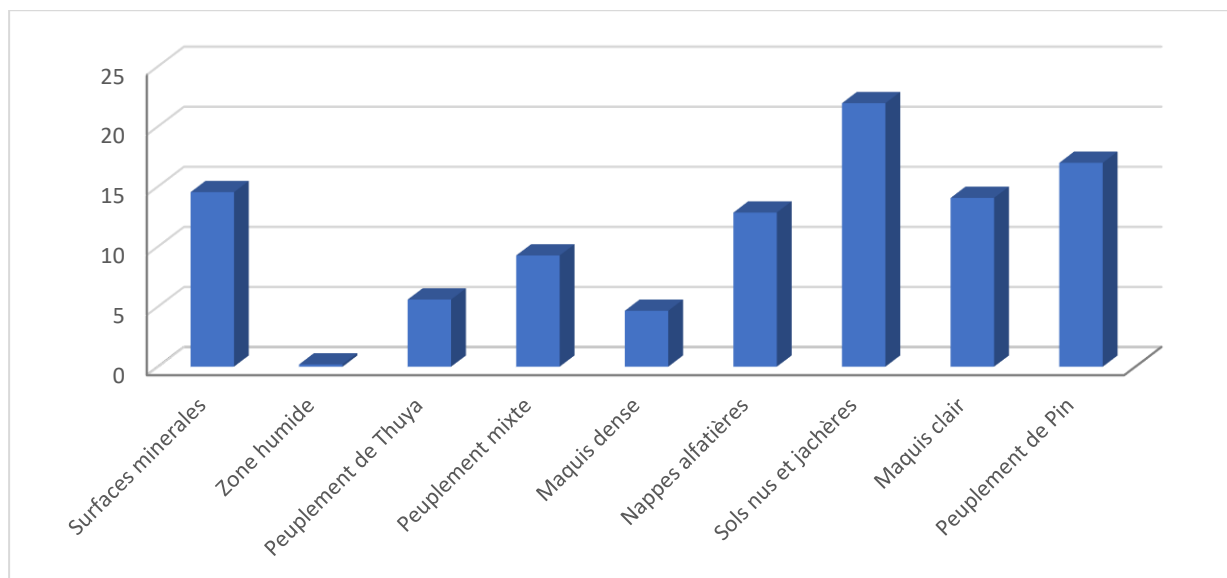


Figure 45 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 1998)

Nous observons dans l'histogramme ci-dessus, sur l'ensemble des unités classées, que la prédominance revient aux sols nus et jachères avec une proportion de 21,93 %, suivie par les peuplements de Pin, les maquis clairs et les nappes Alfatières avec des proportions de 16,97 %, 14,04 % et 12,82 % respectivement.

Les peuplements de Thuya et les maquis denses sont peu représentés avec 5,58 % et 4,65 % dans la zone d'étude.

L'analyse de l'histogramme et la carte de l'année 1998 fait ressortir un ensemble de changement intervenu sur la région d'étude, par rapport à la période antérieure. En effet, d'après la figure 38, les surfaces minérales (urbain) ont connu durant cette période une diminution conséquente, expliquée par le phénomène de l'exode rural durant cette période dont les circonstances sont connues.

La régression de la couverture végétale avec l'accroissement des sols nus est l'indicateur physique traduisant une dégradation assez importante intervenu, au niveau de la zone d'étude.

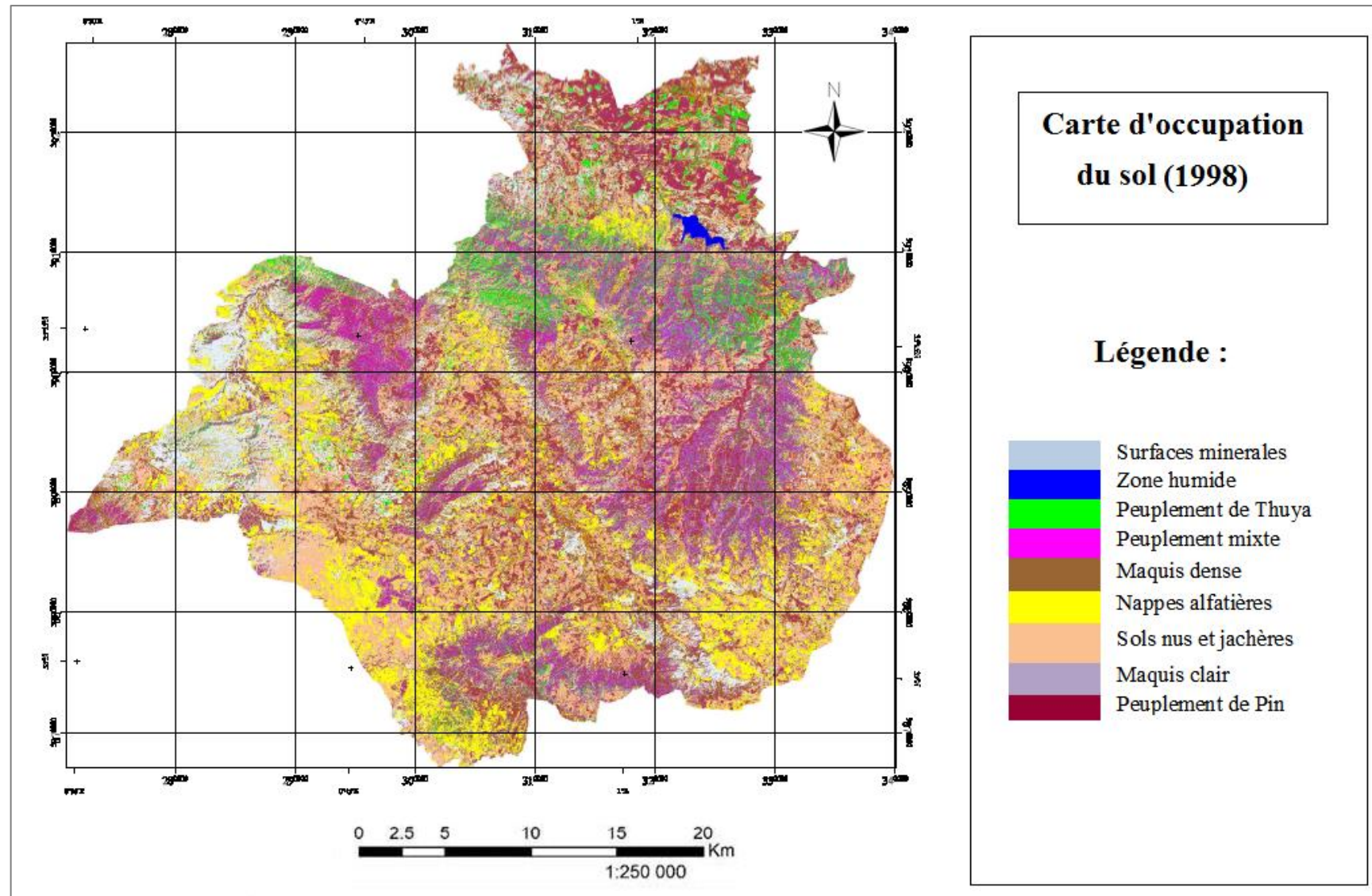


Figure 46 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 1998)

d. Carte d'occupation du sol (2003)

Pour réaliser cette carte, les relevés de terrain effectués ont été utilisés pour réaliser une classification supervisée selon la méthode du maximum de vraisemblance.

Les superficies obtenues sont exprimées en pourcentage des unités d'occupation des sols et sont présentées dans l'histogramme suivant.

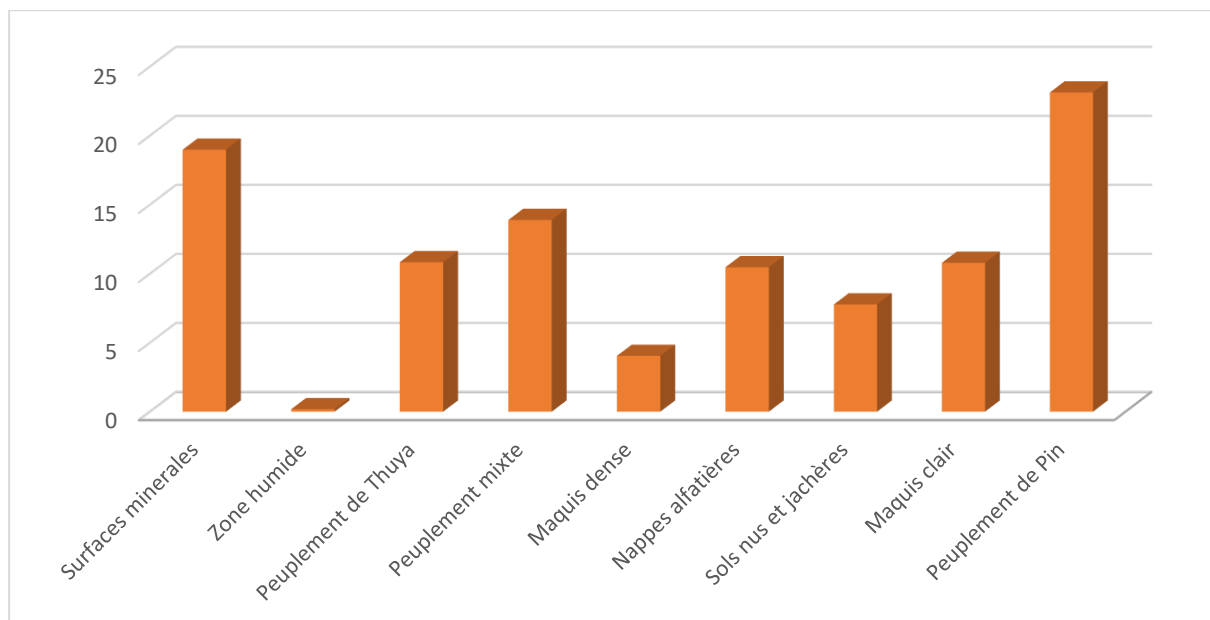


Figure 47 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 2003)

L'analyse de l'histogramme 47 montre la prédominance des peuplements de Pin avec un pourcentage de 23,11 %, ensuite les peuplements mixtes avec un pourcentage de 13,88 % après les peuplements de Thuya, maquis clairs et les nappes Alfatières viennent en troisième position avec une proportion relative de l'ordre d'environ 10 % pour chacune des classes précitées.

Concernant les surfaces minérales, nous avons constaté une relative augmentation de la proportion de cette dernière à cette date avec un pourcentage de 19 %, par rapport à l'année 1998 dont sa proportion était de l'ordre de 14,52 %. Le reste représente une faible participation, mais contribue à la diversité et la richesse du phytoécologique de la région.

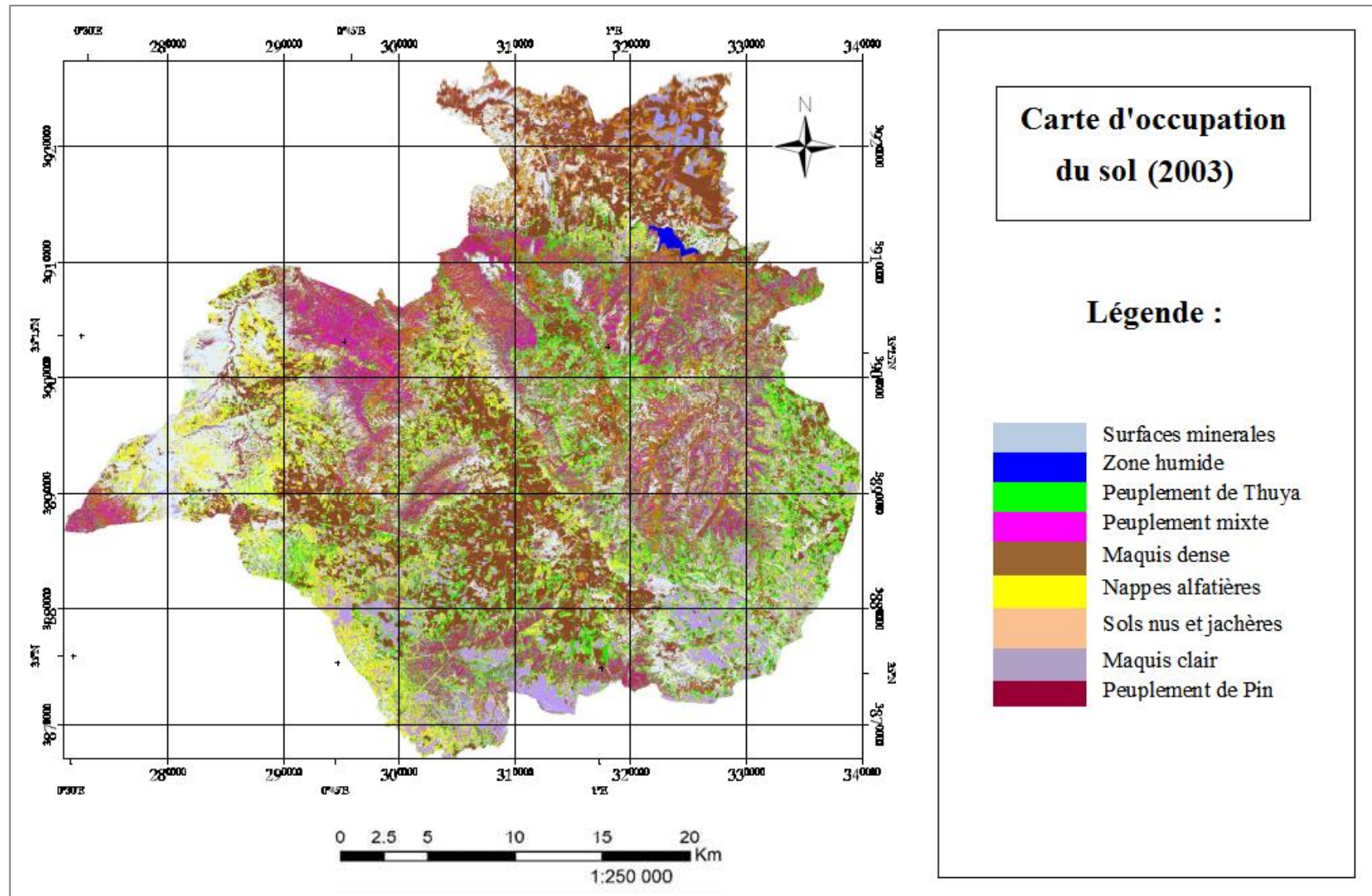


Figure 48 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 2003)

e. Carte d'occupation du sol (2015)

Elle a été réalisée par traitement numérique d'une image satellite Landsat ETM+ prise en 2015. Les classifications et interprétations ont été validées par des sorties sur le terrain. Ceci nous a permis de distinguer 09 unités majeures d'objets. La réalisation de cette carte est faite dans le but de présenter l'évolution de la couverture du sol sur le massif de Sdamas, et plus particulièrement l'évolution de la dégradation des peuplements végétaux, et recenser les changements intervenus sur la zone. La carte d'occupation du sol comporte plusieurs classes dont on peut détailler les suivantes :

Le type de végétation (forêt, maquis ou matorral, broussaille [nappe alfatière] ... etc.) ;

Le détail (végétation clairsemée ou dense, surtout valable pour le type « Maquis » ;

Autres classes : surfaces minérales (Urbain), plans d'eau, terrains nus.

L'histogramme ci-dessous, nous présente la répartition des superficies des éléments occupant le sol au niveau de la zone d'étude, de l'année 2015.

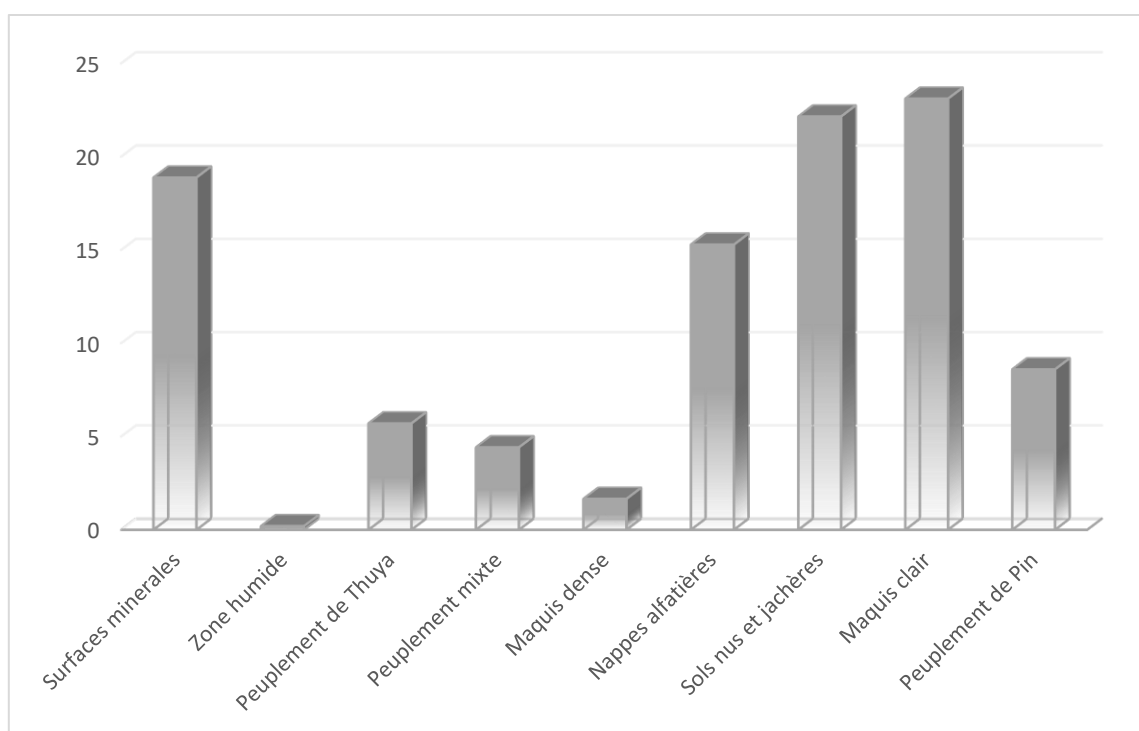


Figure 49 : Histogramme de la répartition des superficies des unités d'occupation des sols en pourcentage (année 2015)

La carte de la végétation (figure 50) a représenté la répartition de la végétation réelle actuelle sur le terrain, en fonction de leurs affinités écologiques et également consécutive aux facteurs de dégradation dont le plus important est l'incendie qui contribue à modeler le paysage végétal.

L'observation de la carte élaborée et l'analyse de l'histogramme ci-dessus montre une occupation de la zone d'étude (massif forestier de Sdamas) par la végétation selon les pourcentages suivants :

- 5,70 % peuplement de Thuya,
- 4,42 % peuplement mixte,
- 1,66 % maquis dense,
- 23,11 % maquis clair,
- 15,29 % nappes Alfatières,
- 8,60 % matorrals de Pin,
- 22,15 % sols nus et jachères.

D'après les résultats précités, nous constatons que la végétation occupe un total de 58,77% par rapport à l'ensemble de la superficie de la zone d'étude, les formations dégradées (maquis et les matorrals) sont les plus dominantes, et sur le plan phytoécologique, les forêts de Pin (*Pinus halepensis*), de Chêne (*Quercus ilex* et *coccifera*) et du Thuya (*Tetraclinis articulata*) sont respectivement les formations végétales caractéristiques du massif forestier de Sdamas.

On remarque une nette dominance des maquis clairs (à base des chênes et de Pin d'Alep) dans la partie forestière ; le peuplement de Thuya de Berbérie a une superficie plus réduite, de même que les matorrals de Pin d'Alep. Suivi par les sols nus et les jachères (les pelouses et même les terres agricoles) qui occupe une grande superficie avec les nappes alfatières au sud de la région (végétation en broussailles), ce qui montre l'état de dégradation de la région.

Les résultats obtenus après classification de l'image Landsat 8 OLI ETM+ de 2015 fait état de plusieurs conclusions sur le comportement et la dynamique paysagère de notre zone d'étude :

L'analyse faite de la répartition spatiale des unités d'occupation des sols, et en comparaison avec celle de 1972, abouti à déduire que la région d'étude a connu une phase de dégradation durant la période actuelle, divers facteurs sont pour favoriser cette dynamique des écosystèmes :

- L'impact de l'homme sur les milieux s'intensifie de plus en plus. Ceci a conduit à une rupture parfois irréversible des équilibres écologiques. Les causes sont évidentes : surpâturages, mise en culture, urbanisation et éradication des ligneux.

- L'utilisation, voire la surexploitation de ces matorrals, par l'homme et ses animaux, a largement contribué à la dégradation de la couverture végétale et surtout des espèces fragilisées par le stress écologique.
- Les incendies sont des facteurs de dégradation de l'écosystème forestier par la détérioration des surfaces très importantes avec une destruction de l'habitat naturel de plusieurs animaux.

Les conséquences des incendies sur le sol ont été signalées par Aubert (1991), à savoir, le changement de la structure paysagère, la réduction de la capacité de rétention d'eau, l'élévation du pH, l'accroissement du taux de calcaire par éclatement de la roche mère, ce qui agit sur le comportement du couvert végétal.

Les incendies et l'action anthropiques sont des indicateurs qui confirment l'hypothèse d'une évolution régressive survenue sur la zone d'étude durant ces 43 dernières années.

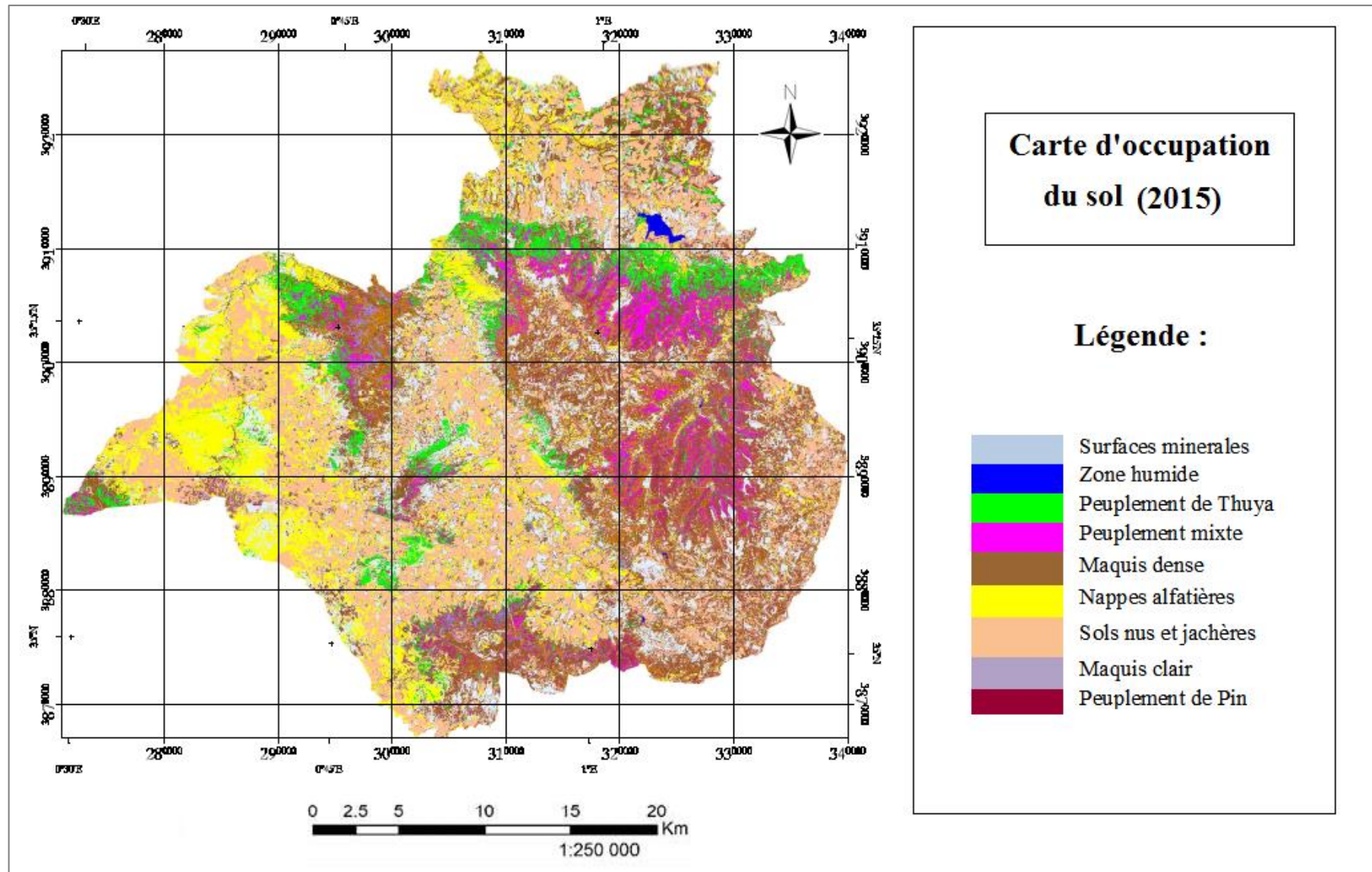


Figure 50 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (année 2015)

4.4. Comparaison et interprétation statistique

Au cours des Quarante-trois dernières années, les changements d'occupation et utilisation du sol peuvent être résumés comme suit :

Tableau 20 : Comparaison statistique des changements de l'occupation du sol (1972 - 2015)

Classes thématiques	1972		2015		Écart
	Superficie « ha »	Taux	Superficie « ha »	Taux	
Surfaces minérales	30339,36	13,33	42975,09	18,88	+5,55
Zone humide	655,2	0,29	447,12	0,20	-0,09
Peuplement de Thuya	6944,76	3,05	12979,98	5,70	+2,65
Peuplement mixte	13084,56	5,75	10063,08	4,42	-1,33
Maquis dense	36749,52	16,14	3773,61	1,66	-14,49
Nappes alfatières	17742,24	7,79	34799,40	15,29	+7,49
Sols nus et jachères	39735	17,46	50423,40	22,15	+4,70
Maquis clair	67314,6	29,57	52602,21	23,11	-6,46
Peuplement de Pin	15074,1	6,62	19575,45	8,60	+1,98

L'étude du tableau 20 et de l'histogramme (figure 51) nous a permis de comparer le changement de l'occupation du sol durant la période 1972 – 2015, et de faire ressortir états de changement : - Régression de la couverture végétale

- Extension du couvert végétal

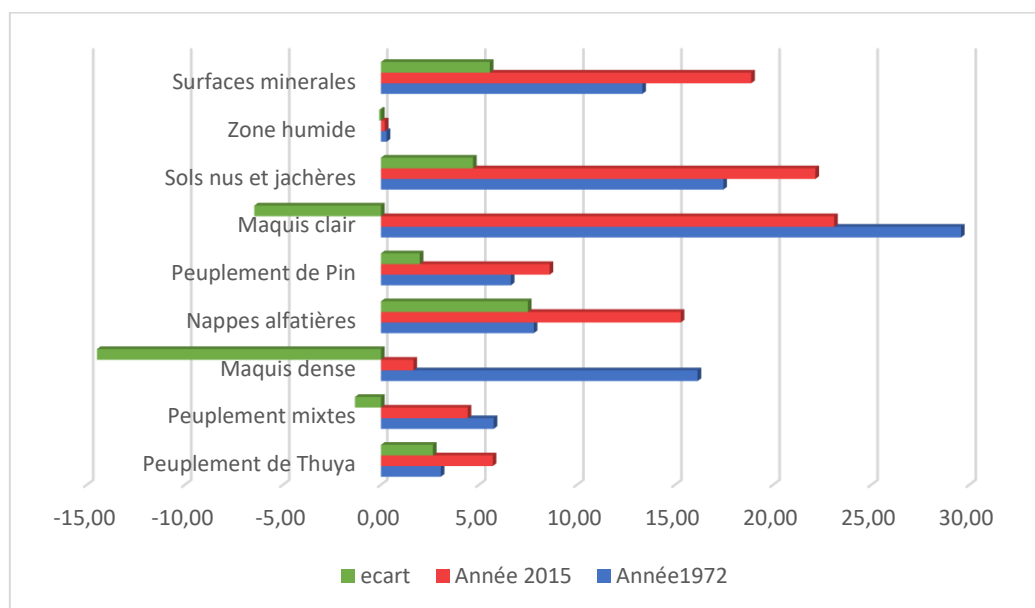


Figure 51 : Représentation diachronique de l'occupation du sol (1972 et 2015)

Cette analyse révèle que les peuplements de Thuya passent de 3,05 % en 1972 à 5,70 % en 2015.

Nous enregistrons un pourcentage de changement (**écart**) de l'ordre de +2.65 % pour la classe « peuplement de Thuya », cet accroissement est marqué par la faculté de cette espèce de rejeter vigoureusement les souches après les coupes (régénération naturelle, qui est considérée comme une exception chez les résineux).

La classe des nappes alfatières a connu une extension de surface durant la période (1972-2015) de l'ordre de +7,49 %, ce qui indique la steppisation de la zone d'étude principalement le Sud de la région.

L'extension de la superficie de la classe « Peuplement de Pin » durant la période (1972-2015) est marquée à son tour par un pourcentage du changement de l'ordre de +1,98 %, ce qui indique que la politique de reboisement algérienne est basée surtout sur cette espèce, ce qui conduira suite à la généralisation du Pin d'Alep, la généralisation des maladies (essentiellement la chenille), alors la dégradation des jeunes plants et l'installation de la croûte calcaire qui s'oppose aux infiltrations des eaux.

La classe « Maquis dense » est à son tour marquée par la régression de sa superficie suite aux incendies répétés déclenchés surtout durant les années 90 et le surpâturage exercé par la population locale (vocation de la région est de type agrosylvopastoral). Le pourcentage du changement de cette dernière est de l'ordre de – 14,49 %.

La zone d'étude est marquée par des cas de progression importante de certaines classes d'occupation du sol. La classe des sols nus et jachères est issue essentiellement des travaux de défrichement, de la mise en culture, du surpâturage exercé d'une façon excessive sur les zones forestières et des cultures annuelles qui constituent l'activité principale de la population locale. Les pourcentages des superficies des sols nus et jachères atteignent les + 4,70 % entre « 1972 et 2015 ». L'extension des peuplements mixtes enregistre un taux d'augmentation de 4,24% entre « 1972 et 2015 », suite aux travaux de reboisement.

Les superficies en régression sont bien indiquées dans la figure 51, qui sont essentiellement les plans d'eau avec une très faible régression de l'ordre de 0,09 %, les maquis denses, maquis clairs ainsi que les peuplements mixtes de Pin d'Alep et de Chênes entre « 1972 et 2015 ».

5. Carte des changements spatio-temporels

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol passe par la présentation des cartes diachroniques c'est-à-dire de 1972 à 2015 ainsi que leurs statistiques respectives. Pour détecter des changements, une série de transformations sera nécessaire. Elle consiste en un croisement entre deux cartes d'occupation du sol ou d'établir une relation entre la même classe d'occupation du sol à deux dates différentes (1972 et 2015) figure 52. Cela devra permettre d'aboutir à des cartes de changements et de statistiques qui traduisent l'évolution des différentes classes entre deux dates.

Cette carte des changements et les résultats statistiques entre 1972-2015, témoignent de l'ampleur des changements qui affectent la zone d'étude (voir la figure ci-dessous).

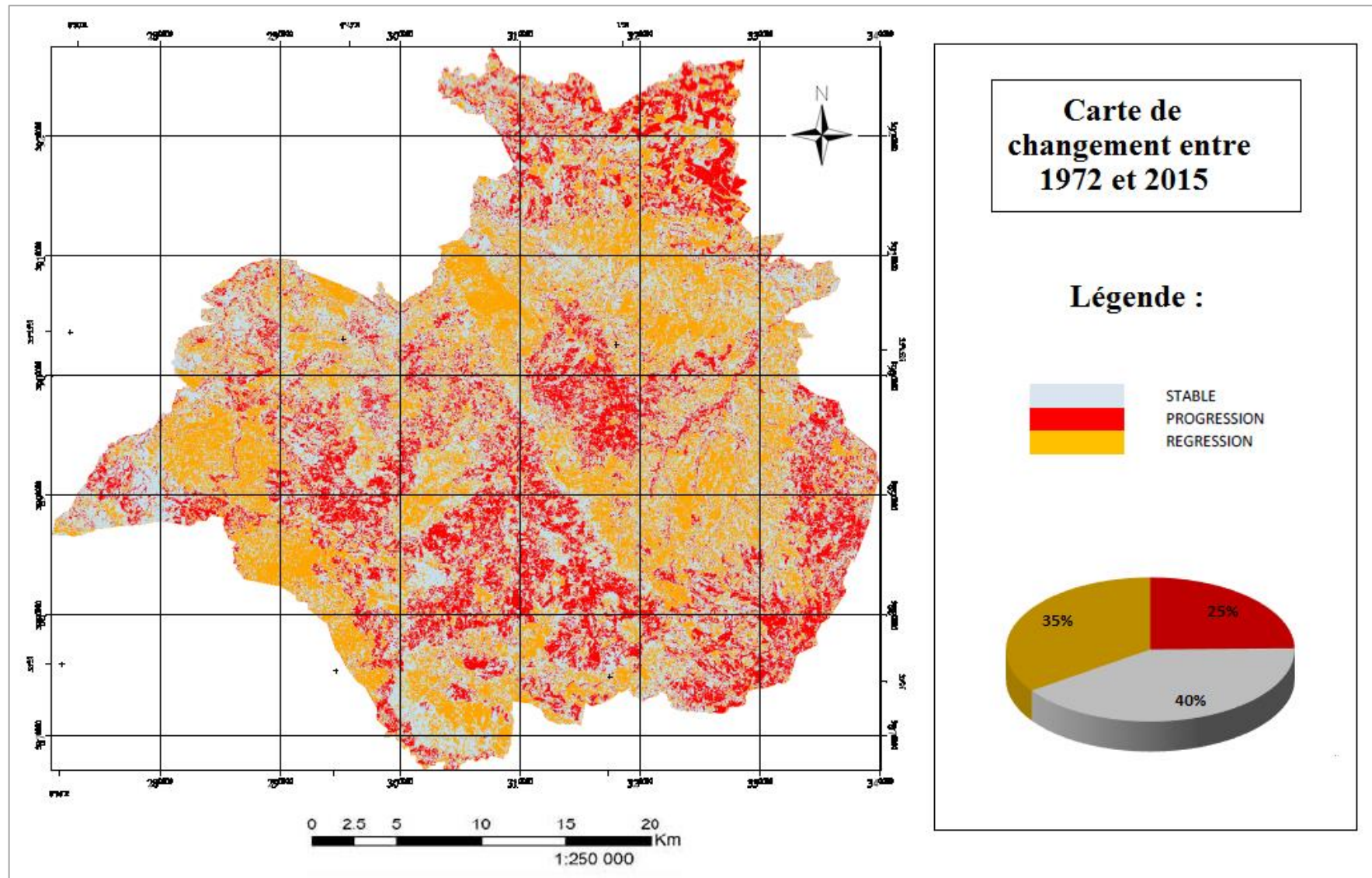


Figure 52 : Carte des changements d'occupation du sol entre 1972 et 2015.

L'étude des changements d'occupation et d'utilisation du sol est fondée sur deux cas de figure. Il s'agit des « régressions » et des « progressions » de ces unités qui s'opposent aux situations de stabilité « sans changement ». Par « régression » il faut comprendre les changements intervenus à l'intérieur d'une même catégorie d'occupation de sol comme par exemple dans notre cas précis maquis denses qui deviennent des maquis clairs. Tandis que la « progression » est le passage d'une catégorie à une autre comme par exemple sol nu qui devient végétation. Le terme « sans changement » ou stabilité se rapporte à l'ensemble des classes qui sont restées dans la même classe entre les deux dates de l'étude, c'est-à-dire n'ayant pas été affectées ni par les modifications ou régressions, ni par les progressions.

La carte des changements ci-dessus indique des situations de progressions parfaitement visibles beaucoup plus sur la partie centrale de la zone d'étude. Les augmentations des aires concernent les sols nus, les terres agricoles et même les surfaces minérale (bâtis) ont connues une progression par les extensions des villes surtout la commune de Frenda.

La partie Nord-ouest a connu une stabilité, où se trouvent les monts de Sdamas Gherbi (région Ouest de Frenda).

La régression a touché surtout les massifs forestiers de Mechraa Sfa et Sidi Bakhti. Les matorrals ont connu une régression de leurs superficies. Les parcours et les pâturages naturels affichent une régression de leurs superficies.

Tableau 21 : Changements d'occupation du sol de la zone d'étude entre 1972 et 2015 (en %).

Types de changement	Pourcentage (%)
Progression	24,75 %
Stabilité	40,57 %
Régression	34,68 %

Le tableau 21 indique que plus de 40 % de la zone d'étude n'a pas subi des changements ou de modifications de la structure. Tandis que les autres 60 % d'environ qui restent ont subis respectivement soit une progression de l'ordre de 24,75 %, soit une régression de l'ordre de 34,68 %.

6. Discussion générale

Les images satellites jouent un rôle important dans l'urbanisation. Elles aident les planificateurs à avoir une vision globale de la situation actuelle et à envisager les développements futurs (Awad, 2003 *in* Merioua, 2014).

L'utilisation des données multi-dates « des scènes satellitaires 1972 et 2015 » nous a permis de suivre à l'échelle régionale l'évolution spatio-temporelle de la dynamique d'occupation du sol dans la zone d'étude sur une période de 43 ans.

La classification d'indice de différence de végétation normalisé (NDVI) nous a permis de déterminer les principales catégories qui regroupent les surfaces minérales, surfaces hydriques et les différentes formations forestières selon leurs présences et le degré de couverture. Et de réaliser une étude chronologique par un inventaire de l'occupation du sol par une classification dite « supervisée », afin d'observer les différentes formations ligneuses et herbacées existantes sur ces 43 dernières années, qui semblent parfois progresser et régresser. Nous avons pu également mettre en lumière à l'aide des techniques du système d'information géographique, les zones de changement qui ont eu lieu pour une période fixée au préalable.

On souligne également que la saison printanière est la meilleure période pour distinguer la diversité du couvert végétal : feuillus ligneux et strates herbacées pour notre zone d'étude.

L'interprétation biophysique du NDVI est la fraction du rayonnement photosynthétiquement absorbé. De nombreux facteurs influent sur les valeurs du NDVI, comme l'activité photosynthétique des plantes, la couverture végétale totale, la biomasse, l'humidité des plantes et du sol et le stress des plantes. Pour cette raison, le NDVI est corrélé à de nombreux atouts de l'écosystème qui intéressent les chercheurs et les gestionnaires (par exemple, la productivité primaire nette, la couverture de la canopée, la couverture du sol nu).

Le NDVI est calculé à partir de la lumière visible et infrarouge proche de la végétation. La végétation saine absorbe la plus grande partie de la lumière visible qui la frappe et reflète une grande partie de la lumière infrarouge proche. La végétation insalubre ou clairsemée reflète une lumière plus visible et moins de lumière infrarouge proche. (Simmon, 2009).

Les fortes valeurs d'indice de NDVI obtenues à partir des scènes de la zone d'étude depuis 1972 jusqu'à 2015 illustrent les différentes formations forestières ou le couvert est plus

ou moins dense, en premier lieu sont celles des feuillus (dont les espèces dominantes sont des feuillus tels que le chêne vert, chêne kermès), suivies des formations forestières mixtes comme le massif forestier de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de chêne vert (*Quercus ilex*), dont le taux de couverture est variable d'une région à une autre au sein de notre zone d'étude. Selon Rouse et *al.*, (1974), Justice et *al.*, (1985) et Prince (1991), l'indice de différence de végétation normalisé a été largement utilisé pour surveiller l'état de la végétation et de production dans différentes situations environnementales. Ainsi, les valeurs physiques du NDVI pour une végétation varient entre « 0,2 et 0,92 », dont les valeurs plus importantes représentant des surfaces « plus vertes » c'est à dire une végétation plus dense et plus saine.

D'après ces résultats, les fortes valeurs d'indice de différence de végétation normalisé « 0,6 à 0,7 en moyenne » correspondent aux formations végétales des feuillus, suivies des résineux qui enregistrent à leur tour des valeurs du NDVI de « 0,4 à 0,5 en moyenne », enfin on trouve la végétation buissonnante avec des valeurs de NDVI qui varient entre « 0,2 et 0,4 ». Ces résultats sont témoignés par les travaux des auteurs suivant : Rouse et *al.*, 1974 ; Baret et *al.*, 1989 ; Guyot et *al.*, 1989 ; Guyot, 1989 ; Bréda et *al.*, 2003 et Ayache et *al.*, 2011.

La comparaison des résultats de NDVI obtenus sur la période d'étude de 43 ans, nous a permis de constater une régression de ces formations forestières. Cette régression peut s'expliquer par l'impact des feux et de la forte pression anthropique. L'impact des feux tout particulièrement au cours de la décennie « 1988 -1998 » sur la zone d'étude, auquel s'ajoute l'utilisation anarchique des écosystèmes forestiers et prés-forestiers par l'homme favorisent la dégradation du couvert végétal (Barbero et *al.*, 1990 ; Bouazza et *al.*, 1998 ; Bouazza et *al.*, 2004 in Ayache, 2012).

Ainsi, la végétation steppique (nappes alfatières) montre des valeurs faibles du NDVI sur des superficies importantes, étant donné que cette végétation est une couverture clairsemée et dégradée à cause de la surexploitation.

D'après Baret (1986) ; Guyot et *al.*, (1989) ; Chuvieco (1998), Bréda et *al.*, (2003) et Ayache, 2012, les valeurs du NDVI qui varient de « 0,1 à 0,2 », correspondent généralement aux zones ayant peu ou pas de végétation (sols nus). Des valeurs moyennes autour de « 0,2 et 0,3 » correspondent à une végétation de type herbacé (des buissons et des prairies).

Les travaux de cartographie ont pour but de nous renseigner sur les potentialités d'un territoire, son utilisation et ses aptitudes. Selon Bouazza et *al.*, 2004, la cartographie de la végétation permet à la fois de réaliser un inventaire réel (aspects physionomiques des formations végétales) et associer dans un même document une constatation et une interprétation des éléments cartographiés.

Une série d'analyses et traitements cartographiques apportée sur les images satellitaires de la région de Sdamas, résulte l'élaboration des cartes d'occupation des sols de la zone d'étude.

Cinq cartes ont été produites dans le cadre de notre objectif qui consiste à l'étude de la dynamique du couvert forestier du massif de Sdamas. Pour des fins d'analyse de précision thématique, les cartes ont été élaborées en utilisant un système de classification établi en fonction de la diversité de la zone d'étude. La méthode adoptée est celle de la classification supervisée (maximum de vraisemblance), cette classification détaillée permet de ressortir neuf classes thématiques : Surfaces minérales (Urbanisme), Zone humide, peuplement de Thuya, peuplement mixte, Maquis dense, Maquis clair, nappes Alfatières, sols nus et jachères, Matorrals de Pin.

La végétation occupe un totale de 58,77 % en 2015 par rapport à l'ensemble de la superficie de la zone d'étude, les formations dégradées (maquis et les matorrals) sont les plus dominantes, et sur le plan phytoécologique, les forêts de pin, de chêne et du thuya sont respectivement les formations végétales caractéristiques du massif forestier de Sdamas.

Une nette dominance des maquis clairs (à base des chênes et de Pin d'Alep) avec 23 % de la superficie totale de 227639 has ; le thuya de Berbérie a une superficie plus réduite de 5,70%, de même que la partie mixte de thuya et pin d'Alep. Par ailleurs les sols nus et les jachères (les pelouses et même les terres agricoles) qui occupent une grande superficie avec les nappes alfatières au sud de la région (végétation en broussailles) avec des proportions de 22 % et 15 % respectivement, ce qui montre l'état de dégradation de la région.

En général, les superficies bien couvertes par la strate arborée ont régressé, tandis que celles dépourvues ou bien occupées par une végétation dégradée ont connues un accroissement remarqué.

Les variations climatiques et la pression anthropozoïque ont conduit ces peuplements à des formations buissonnantes (matorral) à bases d'espèces plus résistantes, colonisant le milieu.

Parmi ces espèces figurent : *Chamaerops humilis*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa*, , *Asphodelus microcarpus*, *Urginea maritima*, *Ferula communis*. *Asparagus albus*, etc. La manifestation d'un certain déséquilibre et une dégradation de la végétation est marquée par la présence d'espèces telles que : *Ampelodesmos mauritanicus*, *Chamaerops humilis*, *Urginea maritima* L, *Asphodelus microcarpus*, *Ferula communis*L. (Quezel *et al.*, 1992).

L'importance de la strate buissonnante est un signe de dégradation remarquable atteignant souvent le stade irréversible (Merioua, 2014). Cette importance de la strate buissonnante montre une perturbation et un déséquilibre des peuplements végétaux, provoqué par la forte pression anthropozoogène (Loisel et Gomila, 1993).

En général ces formations pré forestières, connaissent un processus de matorralisation, qui aboutit à la formation d'une végétation basse et épineuse, dominée surtout par les thérophytes avec un taux de 42%. Cette thérophytisation est une forme de résistance à la sécheresse et un stade de dégradation ultime de la végétation (Sauvage, 1961 ; Gaussen, 1963 ; Negre, 1966 ; Daget, 1980 ; Quezel, 2000 ; Benabadji et Bouazza, 2000).

Les modifications de la composition floristique notamment, l'abondance des thérophytes sont liées à l'accroissement de la luminosité au niveau des strates basses (Floret *et al.*, 1992).

En outre, les incendies de forêts sont des facteurs de destruction massive de la forêt et de son habitat (Benhanifia *et al.*, 2015).

Les incendies constituent une perturbation majeure des paysages méditerranéens. Ils sont liés aux pressions anthropiques intenses, mais aussi au caractère xérophytique de la végétation (Delabraze et Valette, 1974 ; Le Houerou, 1980 ; Tatoni et Barbero, 1995).

L'étude des changements d'occupation et d'utilisation du sol est fondée sur deux cas de figures. Il s'agit des « conversions » et des « modifications » de ces unités qui s'opposent aux situations « sans changement » (Sarr, 2009).

L'analyse de la dynamique des changements survenus sur la zone d'étude par le croisement entre la carte forestière de 1972 et de 2015 montre une réduction considérable des superficies de maquis denses avec -14,49 % et peuplement mixtes (-1,33 %) d'une part, et d'autre part, une extension remarquable de celles de nappes alfatières (7,49 %) et des sols nus et jachères (4,70 %) ainsi que des peuplements de Thuya et les vrais peuplements de Pin avec

2,65 % et 1,98 % respectivement. Cela signifie que les régions parcourues par le feu durant la décennie dite noire (les années quatre-vingt-dix) connaissent soit une opération de reboisement basée sur le Pin d'Alep, soit par une régénération naturelle des espèces forestières surtout le thuya dont il a la faculté des rejets de souches qui sont à l'état actuel dans le stade de matorral dégradé et dans certaines localités elles forment un maquis buissonnant clairsemé.

Cette augmentation de superficie des peuplements mixtes matorral est due principalement aux efforts déployés par les services des forêts dans le domaine de la protection des massifs forestiers par les différentes techniques de reboisements, dont le *Pinus halepensis* constitue la principale essence.

L'accroissement des sols nus et les jachères provient du défrichement des pâturages naturels, par ailleurs, l'accentuation de la superficie des nappes alfatières à une relation directe avec la désertification, cela explique le début de la steppisation du sud de la zone d'étude.

Selon les auteurs, l'introduction de l'agriculture sur les terres forestières a causé des préjudices irréparables de cette dernière et a favorisé la dégradation des forêts denses et la désertification dans le sens où on a autorisé le défrichement anarchique, le surpâturage sans oublié toute actions illicites dans la forêt surtout la provocation des feux, coupes ...etc., tout en sachant pertinemment que ces facteurs peuvent s'ajouter aux terres totalement dégradées (Quezel, 2000 ; Benabadji et Bouazza, 2000).

D'autre part, l'effet du surpâturage conduit à la régression des formations forestières et donc à l'évolution progressive des sols nus ainsi que la végétation steppique (Alfa) dans la zone d'étude. Cette succession peut devenir irréversible vue la dégradation très poussée des peuplements forestiers denses et la forte accentuation du milieu par la végétation buissonnante, les sols nus et essentiellement les nappes alfatières, cela peut créer un déséquilibre de l'écosystème forestier éventuellement sur le plan socio-économique par l'augmentation des besoins des bêtes et la régression de la productivité forestière (Berbero et al., 1990 ; Floret et al., 1992 ; Ayad et al., 2007).

La cartographie de l'occupation du sol entre 1972 et 2015 a révélé un recul sensible des surfaces des maquis clairs de l'ordre de 6,46 %, cela est due essentiellement aux incendies qui ont touchés la zone d'étude durant les années 1990, après cette période les services des forêts de la wilaya de Tiaret ont opté pour des opérations de reboisement afin de régénérer des massifs forestiers de Sdamas. Mais les incendies qui ont affectés la présente région en 2015 ont détruit

plus de 5000 has entres Frenda, sidi Bakhti et Mechraa Sfa, Cela explique cette régression considérable des maquis. Pour résoudre ce problème, il faut une gestion bien étudiée afin de minimiser les pertes du couvert forestier surtout dans le massif de Sdamas qui est en état de dégradation très avancée.

7. Conclusion

La présente étude vise à analyser sur un intervalle de 43 années la dynamique spatiale d'occupation du sol de la région de Sdamas regroupés en 9 classes thématiques selon la classification supervisée qui nécessite une connaissance du terrain à étudié et une vérification sur place par la suite. Les classes d'occupation du sol sont : Surfaces minérales (Urbanisme), Zone humide, peuplement de Thuya, peuplement mixte, Maquis dense, Maquis clair, nappes Alfatières, sols nus et jachères, Matorrals de Pin.

Pour appréhender la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol, il est nécessaire d'effectuer un suivi régulier du couvert végétal à partir de l'imagerie de télédétection spatiale.

C'est pour cette raison que nous nous sommes appuyés sur des données de terrain pour effectuer l'analyse diachronique des images Landsat de 1972 jusqu'à 2015.

L'étude diachronique de la dynamique et les inventaires de la végétation, de la région étudiée, a nécessité la réalisation cinq cartes d'occupations des sols, de différentes périodes, depuis 1972 avec cinq scènes bien définies 1972, 1985, 1998, 2003 et 2015, à partir des images satellitaires Landsat (MSS, TM et ETM+).

L'analyse de ces cartes couvrant la même région, permet de constater les différents changements qui se passent au niveau du sol. Nous avons constaté que notre espace végétal naturel a subi une forte dégradation, perturbation et régression à cause des différentes activités humaines, à savoir : Le surpâturage, les défrichements, les incendies, l'urbanisation, (une augmentation remarquable de population dans les communes de la zone d'étude). Les interventions et les travaux forestiers inadéquats et inefficaces, et le manque de protection continue. En effet, la dégradation et les changements régressifs des peuplements végétaux dans cette région et dans l'ensemble de la zone méditerranéenne sont causés par l'homme, ce fait n'est d'ailleurs pas nouveau et il demeure la cause principale de la fragilisation des écosystèmes naturels.

CONCLUSION GENERALE

ET

PERSPECTIVES

Les monts de Sdamas sur lesquels porte cette étude sont localisés en Algérie occidentale. Ils font partie intégrante des monts de Tiaret.

A la lumière de nos résultats obtenus nous avons pu synthétiser sur plusieurs plans notamment climatique, édaphique, floristique, cartographique et socio-économique. Ces différentes disciplines, ont permis d'établir un diagnostic de l'état de notre écosystème et nous ont également approché des problématiques relatives au bouleversement et la dégradation de ces milieux naturels.

L'étude bioclimatique de la région révèle un régime méditerranéen caractérisé par deux saisons bien distinctes : une période pluvieuse de six mois, du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril et une période sèche qui s'étale aussi sur six mois consécutifs allant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre. L'évolution progressive de la période de sécheresse impose à la végétation une forte évapotranspiration, ce qui lui incite à développer des systèmes d'adaptation modifiant ainsi le paysage en imposant une végétation xérophile.

La classification des ambiances bioclimatiques montre que notre région appartient à l'étage semi-aride à hiver frais.

Le massif de Sdamas a été choisi comme un modèle d'étude phytoécologique. Du point de vue végétation, nous avons pu décrire une liste d'espèces qui constituent les groupements de cette dernière. Parmi eux nous citons les 5 espèces les plus fréquentes : *Tetraclinis articulata* 15 %, *Quercus coccifera* 13 %, *Pinus halepensis* 11 %, *Pistacia lentiscus* 9 %, *Phylleria angustifolia* 8%.

Les autres espèces restantes ne dépassent pas 6 % : *Globularia alypum*, *Rosmarinus tournefortii*, *Cistus salviifolius*, *Stipa tenacissima*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Calycotome spinosa*, *Phylleria latifolia* et *Olea europaea*.

Le reste des espèces sont représentées par des faibles pourcentages tel le *Chamaerops humilis*, *Thymus ciliatus ssp. Munbyanus*, *Thymelea hirsuta*, *Teucrium polium* et *Atractylis humilis*...etc.

L'analyse floristique de la zone d'étude a permis de faire ressortir les résultats suivants :

Le couvert végétal est formé surtout par les espèces appartenant aux familles des Lamiacées, les Fabacées et les Oléacées, les Cupressacées, Anacardiacees, les Poacées, les

Cistacées, les Fabacées et les Liliacées et d'autres familles moins riches en espèces ne représentent qu'un taux de 3 % telles que les Pinacées, les Globulariacées et les Apiacées...etc.

Le type biologique est représenté par des formations assez dégradées marquées par une dominance des Chamaephytes, viennent en deuxième position les Phanérophytes, les Géophytes enfin les Thérophytes et les Hémicryptophytes.

Les principales espèces qui imposent une dominance dans la composition floristique grâce à leur pouvoir de résistance aux diverses agressions se résument au *Tetraclinis articulata*, *Pinus halepensis* et *Quercus coccifera* pour les espèces forestières et *Pistacia lentiscus* et *Phillyrea ssp* pour les espèces pré-forestières.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), réalisée sur les espèces inventoriées dans la région de Sdamas, a permis de retirer des hypothèses quant à l'action que peut jouer un certain nombre de facteurs écologiques sur l'installation des formations végétales dans la région de Sdamas.

Les facteurs agissants sont le bioclimat, la nature du substrat et l'action humaine. Ils expliquent la grande part de l'information apportée par les différents axes. En effet, le bioclimat, à travers la sécheresse atmosphérique, constitue le facteur principal de la diversité des formations des monts de Sdamas. Pour sa part, l'action humaine (surpâturage, incendies et déboisement) contribue à renforcer l'assèchement des milieux. Enfin la nature du substrat agit dans le même sens que les deux facteurs précédents, par des changements morphologiques importants et des répercussions sur le fonctionnement physiologique.

Dans le cadre cartographique, notre étude vise à analyser sur un intervalle de 43 années la dynamique spatiale d'occupation du sol de la région de Sdamas regroupés en 9 classes thématiques selon la classification supervisée qui sont : Surfaces minérales (Urbanisme), Zone humide, peuplement de Thuya, Peuplement mixte, Maquis dense, Maquis clair, Nappes Alfatières, Sols nus et jachères, Matorrals de Pin.

La dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol nécessite un suivi régulier du couvert végétal à partir de l'imagerie de télédétection spatiale. C'est pour cette raison que nous nous sommes appuyés sur des données de terrain pour effectuer l'analyse diachronique avec cinq scènes bien définies 1972, 1985, 1998, 2003 et 2015, à partir des images satellitaires Landsat (MSS, TM et ETM+).

La végétation occupe un totale de 58,77 % en 2015 par rapport à l'ensemble de la superficie de la zone d'étude, les formations dégradées (maquis et les matorrals) sont les plus dominantes, et sur le plan phytoécologique, les forêts de Pin, de Chêne et du Thuya sont respectivement les formations végétales caractéristiques du massif forestier de Sdamas. Par ailleurs les sols nus et les jachères (les pelouses et même les terres agricoles) occupent une grande superficie avec les nappes alfatières au sud de la région (végétation en broussailles) avec des proportions de 22 % et 15 % respectivement, ce qui montre l'état de dégradation de la région.

L'analyse de la dynamique des changements survenus sur la zone d'étude entre 1972 et de 2015 montre une réduction considérable des superficies de maquis denses avec -14,49 % et peuplement mixtes (-1,33 %) d'une part, et d'autre part, une extension remarquable de celles de nappes alfatières (7,49 %) et des sols nus et jachères (4,70 %) ainsi que des peuplements de Thuya et les vrais peuplements de Pin avec 2,65 % et 1,98 % respectivement.

L'analyse de ces cartes couvrant la même région, permet de constater les différents changements qui se passent au niveau du sol. Nous avons constaté que notre espace végétal naturel a subi une forte dégradation, perturbation et régression à cause des différentes activités humaines, à savoir : les incendies, le surpâturage, les défrichements, l'urbanisation, (une augmentation remarquable de population dans les communes de la zone d'étude). Les interventions et les travaux forestiers inadéquats et inefficaces, et le manque de la protection continue. En effet, la dégradation et les changements régressifs des peuplements végétaux dans cette région et dans l'ensemble de la zone méditerranéenne sont causés par l'homme, ce fait n'est d'ailleurs pas nouveau et il demeure la cause principale de la fragilisation des écosystèmes naturels.

Les facteurs agissants sur l'écosystème forestier sont le bioclimat et l'action humaine. En effet, le bioclimat, à travers la sécheresse atmosphérique, constitue le facteur principal de la diversité de ces formations des monts de Sdamas. Ce facteur semble soutenir la majorité des axes AFC.

Malgré les efforts déployés en matière de conservation et de protection par les différents services concernés, la biodiversité forestière est en régression dans la plupart des régions d'Algérie. En outre, la vulnérabilité naturelle qui caractérise les formations forestières méditerranéennes, la forêt algérienne continue à subir des pressions diverses et répétées

réduisant considérablement ses potentialités végétales, hydriques et édaphiques. Parmi les facteurs de dégradation, il y a lieu de relever :

- **Les incendies** : Chaque année, en moyenne, 12% des superficies forestières (48 000 ha) sont parcourus par les incendies. Les feux de forêt sont à l'origine des dégâts parfois irréversibles en termes de biodiversité (destruction des biotopes de la faune sauvage). Pour la seule période 2004-2008, les incendies ont ravagé près de 140 515 ha en superficies forestières (DGF, 2013).
- **Le surpâturage** : la forêt sert de parcours permanent pendant la saison des neiges pour les éleveurs du Nord. Elle est aussi terre de transhumance pour les troupeaux steppiques ;
- **Les coupes de bois** : suite à la hausse des prix du bois, les coupes illicites de bois de chauffage, de bois d'œuvre pour la construction et de bois d'ébénisterie sont en augmentation. Ces coupes affectent les arbres ayant les caractéristiques phénotypiques et génétiques les meilleures et éliminent les meilleurs porteurs de graines ;
- **Les défrichements** : les populations montagnardes, privées de surfaces agricoles et marginalisées procèdent à des labours à la lisière des forêts. Ces pratiques, outre qu'elles ont un effet désastreux sur les sols, provoquent des antagonismes permanents entre les riverains et l'administration forestière guidée par un souci de protection des forêts ;
- **L'érosion** : outre les pertes en sol, l'érosion entraîne une perte d'alimentation des nappes phréatiques, par conséquent des ressources en eau et l'envasement des barrages ;
- **les maladies et parasites.**

D'après (Letreuch-Belarouci, 1991), l'organisation du secteur forestier doit viser essentiellement une gestion adéquate qui devra s'atteler sur plusieurs axes (les techniques culturales et sylvicoles, la mise au point de techniques sylvicoles et des méthodes d'aménagement, la cartographie et l'inventaire des peuplements et la préservation du capital ligneux, etc.).

Les formations forestières au niveau de la wilaya de Tiaret sont sujettes aux divers facteurs de dégradation (incendies, coupes, défrichements, surpâturage et érosion des sols), ce qui nécessite l'établissement par les services concernés d'un plan de protection et mise en valeurs de l'espace forestiers ; notamment par les actions suivantes :

1- Proposition d'un plan d'aménagement en matière de DFCI

Pour lutter contre les incendies il faut installer des équipements sur terrain qui permet d'accéder au feu le plus rapidement possible, et de faciliter l'intervention des moyens de secours (zone d'appui, points d'eau). Leur conception et leur réalisation doivent permettre aux équipes de secours de travailler dans les meilleures conditions de sécurité possibles (Cemagref, 1989 *in* Boualem, 2013).

- L'ouverture des pistes : permet la circulation des patrouilles mobiles, assure l'accès rapide des véhicules d'intervention et de constituer éventuellement une ligne de lutte dans le cas d'incendie de faible ampleur

La zone d'étude nécessite l'ouverture des pistes dans les zones à haut risque (principalement le versant Sud).

- Les points d'eau : étant le principal moyen d'extinction des feux de forêts, l'eau reste indispensable, comme la zone d'étude possède deux sources non aménagées et le barrage Bekhadda sauf qu'il est loin des régions à haut risque, sur le plan d'aménagement il faut installer des Bâches d'eau pour faciliter l'intervention.
- Les tranchées pare-feu : sont des discontinuités qui fragmentent la forêt et permet de contenir l'incendie dans les massifs isolés ainsi créés, mais elles ont un impact paysager négatif.
- L'installation des postes vigies : installés sur des hautes altitudes (au niveau des points culminants), pour avoir une bonne visibilité sur l'ensemble du territoire.

2- Aménagement des forêts contre les incendies de forêts (sur le plan sylvicole)

Définie comme une autoprotection des peuplements forestiers permettant de réduire de la propagation d'un feu.

- Débroussaillage et coupure verte : définit par Cemagref (1994) comme : « Débroussailler, c'est éliminer les végétaux ligneux bas et élaguer les végétaux ligneux hauts afin de créer une discontinuité verticale d'au moins 2 mètres de haut entre la litière et le houppier des arbres ».
- Dépressage : Le dépressage consiste à enlever les sujets surabondants, à commencer par ceux qui sont malades, tarés, mal conformés (Letreuch-Belarouci, 1991).
- Elagage : Cette opération consiste à couper les branches basses des arbres, ce qui facilite la pénétration dans les peuplements lors des opérations d'entretien.

3- La lutte contre les autres formes de dégradation (coupes, défrichements, surpâturages, etc.) par :

- Une politique de gestion des milieux naturels (une réglementation rigoureuse des pâturages) ;
- L'installation des mises en défens, surtout au niveau des zones à fortes pressions anthropiques.
- L'amélioration des conditions de vie de la population riveraine.

4- Protection des sols contre l'érosion hydrique et éolienne par un programme de reboisement efficace basée sur l'utilisation des espèces autochtones ; surtout dans les zones qui présentent un relief accidenté.

D'une manière générale, il faut établir une politique forestière plus large qui vise le développement du secteur forestier en Algérie, nous avons jugé utile d'adopter les orientations suivantes :

- **Gestion pour la conservation des forêts** (par la gestion de la flore et la faune, aires protégées et développement des communautés)
- **Entretien des forêts**
- **Apport du secteur forestier aux économies nationales et locales**
- **Valorisation des services socio-environnementaux** (gestion des forêts sur le plan tourisme et loisirs).

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

ABOURA R., 2006 - Comparaison phyto-écologique des Atriplexaies situées au Nord et au Sud de Tlemcen. Thèse Mag. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 171 p + annexes.

ABOURA R., 2011 - Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le chott El Gharbi (Oranie-Algérie). Thèse Doc. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 156p.

ACHARD F et BLASCO B., 1990 - Rythmes saisonniers de la végétation en Afrique de l'ouest par télédétection spatiale. In P. Lafrance et J. M. Dubois. Apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse. Collection Universités francophones Editions AUPELF- UREF et John Libbey Eurotext, Paris, p. 1-15.

AIDOUD A. BOUZENOUNE A. MEDIONI K. et NEDJERAOUI D., 1980 - Carte pastorale de l'Algérie : Mechria. Serv. Cart. Ech. 1/200 000 Alger.

AIME S., 1976 - *Contribution à l'étude écologique du Chêne-liège. Étude de quelques limites*. Thèse de Doctorat, Université de Nice.

AIME S., 1991 - Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide, semiarides et arides dans l'étage thermo-méditerranéen du Tell Oranais (Algérie Nord occidentale). Thèse Doct. Es-Sci. Univ. Aix Marseille III. 185p + annexes.

AINAD-TABET L., 1988 - Étude d'un échantillon représentatif des pelouses de l'Oranais en relation avec les conditions de sol. *Mém. Mag. Univ. Es-Senia. Oran*. 180 p.

AIT HAMMOU., 2015 - Analyses taxonomique et écologique des lichens de la région de Tiaret (Algérie). Thèse Doct. Biol. Option. ecol. Dép. biol. Fac. Sci. Univ. Oran. 266 p + annexes.

ALCARAZ C., 1982 - La végétation de l'ouest Algérien. Thèse d'état. Univ. Perpignan, 415p + annexes.

ALCARAZ C., 1989 - Contribution à l'étude des groupements à *Quercus ilex* et *Quercus faginea* subsp. *Tlemcenensis* des Monts de Tlemcen (Algerie). *Eco. Médi.*, XV (3/4) :15-32.

ALI TATAR B., 2010 - Cartographie et dynamique de la végétation face à l'urbanisation. Mémoire de Magister en Ecologie végétale. Option : Cartographie des écosystèmes forestiers de l'Est Algérien. Université Badji Mokhtar, Annaba., Institut de Biologie.

AUBERT G., 1991 – Effet de l'incendie sur les sols forestiers. Symposium « La forêt Carbonisée, son présent, son futur » revue- les cahiers du conservatoire du littoral – n° 2 Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu.

AWAD Z., 2003 - Exploitation combinée des images Spot multi temporelles et des photographies aériennes pour le suivi des évolutions en territoires occupés. Mém. Et. Sup. Spec. de télédétection. Univ. Toulouse III.

AYACHE A., 2012 - Dynamique des peuplements d'armoïse blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) de la région d'El Aricha (Algérie occidentale). Thèse Doc. Path. Ecos. Terr. Dép. scie. Env. Fac. Sci. Univ. UDL. SBA. 119 p + annexes.

AYACHE A., AYAD N., HELLAL B., MAATOUG M., 2011 - Densité et taux de recouvrement d'armoïse blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) de la steppe occidentale d'Algérie. *Sécheresse* ; 22 (3) : 192-196p. doi : 10.1684/sec.2011.0308.

AYAD N., HELLAL B., MAATOUG M., 2007 - Dynamique des peuplements d'*Artemisia herba-alba* Asso dans la steppe du Sud oranais (Algérie occidentale) *Sécheresse* ; 18 (3) : 193-98p.

BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953 – Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Carte. Vég. Art.8.Toulouse.47p.

BARBERO M, LOISEL R et QUEZEL P., 1990 - Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbation induite par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méd XII* (3). Pp : 194-216.

BARBERO M., BONIN G., LOISEL R., QUEZEL P., 1990 - Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean vegetation, 87:151-173p.

BARBERO M., LOISEL R., MEDAIL F. et QUEZEL P., 2001 - Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. *Boccone*, N° 13 (), pp. 11-25.

BARET F., 1986 - Contribution au suivi radiométrique de cultures de céréales. Thèse de doctorat, Université de Paris Sud, 182p.

BARET F., GUYOT G. et MAJOR D., 1989 - TSAVI vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation, in 12th Canadian symposium on remote sensing and IGARSS'90, Vancouver, Canada, 10-14 July.

BARRY J. et FAUREL L., 1968 - Carte de la végétation de l'Algérie. E.M.C.O. Marseille.

BARRY J.P., CELLES J. C. ET FAUREL L., 1974 - Carte internationale du tapis végétal. Ech. 1/1000 000 ; Alger.

BASTIN Ch., BENZEKRI J.P., BOURGARIT CH. et CAZES P., 1980 - Pratiques de l'analyse des données, Tome 2 : Abré. Théo. Et. Mod. Ed. Dunod. 466p.

BELDJAZIA., 2009 - Etude écologique et cartographique de la végétation du massif de la Mahouna (Guelma). Thèse Mag. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Ing. Univ. Annaba. 96 p + annexes.

BENABADJI N. BENMANSOUR D. et BOUAZZA M., 2007 - La flore des monts d'Ain Fezza dans l'Ouest algérien, biodiversité et dynamique. *Sciences & Technologie. Vol. N° 26*. Pp. 47-59.

BENABADJI N. et BOUAZZA M., 2002 - Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au Sud d'El Aricha (Oranie, Algérie). *Sci. Tech. N° spécial*. Pp : 11-19.

BENABADJI N., 1995 - Etude phytoécologique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. et à *Salsola vermiculata* L. au Sud de Sebdou (Oranie- Algérie). Thèse Doct. Es. Sci. Univ. Tlemcen. 153p + 150p annexes.

BENABADJI N., BOUAZZA M., MERZOUK A. et GHEZLAOUI S.M., 2004 - Aspects phyto-écologiques des Atriplexaies au Nord de Tlemcen (Oranie-Algérie). *Rev.Sci.Techn.* N° 22. Constantine. Algérie. Pp : 62-80.

BENABADJI N., et BOUAZZA M., 2000 - Quelques modifications climatiques intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale). *Rev. En. Ren. Vol. 3. (2000)*. Pp : 117-125.

BENABID A., 1976 - Etude écologique, phytosociologique et sylvopastorale de la Tetraclinaie de l'Amistène. Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Aix Marseille III. 155p.

BENHANIFIA K., 1998 - Détection des changements dans un terrain montagneux à partir d'images bi-datées TM de Landsat. Télédétection et Forêt : thèse de magister, Cts, Arzew, 120p.

BENHANIFIA K., HADDOUCHE I., GACEMI M.A. et BENSAID A., 2015 - Etude spatiale de l'état après feu de la forêt de Fergoug (Mascara, Algérie). Les actes du Med Suber 1 : 1ère Rencontre Méditerranéenne Chercheurs- Gestionnaires-Industriels sur la Gestion des Subéraies et la Qualité du liège. Les 19 et 20 octobre 2009 – Université de Tlemcen, pp : 67-77.

BENRBIHA A., 1984 – Contribution à l'étude l'aménagement pastoral dans les zones steppiques : cas de la région de Ain Ouessara la wilaya de Djelfa. Thèse de magister. INA EL Harrach.

BENZECRI J.P., 1973 - Analyse des données. L'analyse des correspondances. Ed. Dunod. Paris. 619p.

BLANDIN P., 1986 – Le bios évaluation, présentation générale des concepts et des Recherches. Bulletin d'écologie, 17(4). Pp : 217-231.

BNEDER, 2008 - Bureau national d'études pour le développement rural. Inventaire Forestier National. Rapport d'étude ,21P.

BNEF., 1990 -Etude d'aménagement de la forêt de Zdama rapport p 42 donnée de l'inventaire + carte d'étude de milieu.

BONIN G. et TATONI TH., 1990 - Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement. *Ecol. Medit.*, 16, 403-414.

BONIN G., ROUX M., 1978 - Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude phytoécologique de quelques pelouses de l'Apennin lucano-calabrais. *Oecol. Plant.*, 13, (2) :121-138

BOUALEM A., 2013 - Application d'un Modèle de Simulation pour l'Etude de Propagation des Feux de Forêts. Cas de la Forêt Domaniale de Beni Affane à Mechraa Sefa (Tiaret). Thèse Mag. Biodiv. Vég. Medi. Dép. Biol. Fac. Sci. Univ. Tiaret. 109 p.

BOUAZZA M., 1990 - Quelques réflexions sur le zonage écologique et l'importance des facteurs édaphiques des peuplements steppiques. Communication séminaire Maghrébin, Tlemcen.

BOUAZZA M., 1995 - Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenacissima* L. et *Lygeum spartum* L. au Sud de Sebdou (Oranie-Algérie). Thèse Doct. Es Sci. Univ. Tlemcen. 153p + annexes.

BOUAZZA M., BENABADJI N., LOISEL R., et METGE G., 2004 - Evolution de la végétation steppique dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie). Rev. Ecol. Med. Tome 30, Fasc. 2, pp : 219-231.

BOUAZZA M., et BENABADJI N., 1998 -Composition floristique et pression anthropozoïque au Sud- Ouest de Tlemcen”. Rev. Sci. Techn. N°10. Constantine. Pp.93-97.

BOUAZZA M., LOISEL R. et BENABADJI N., 2001- Bilan de la flore de la région de Tlemcen (Oranie- Algérie). Forêt Méditerranéenne XXII. N°2.7. Pp : 130-136.

BOUCHETATA T et BOUCHETATA A., 2005 - Dégradation des écosystèmes steppiques et stratégie de développement durable. Mise au point méthodologique appliquée à la Wilaya de Nâama (Algérie). Développement durable et territoires, Varia (2004-2010) |. 16 p.

BOUDY P., 1950 - Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose. Paris. Pp : 29 - 249.

BOUDY P., 1955 - Economie forestière Nord-africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose edit. Paris. T. IV.483p.

BRAUN-BLANQUET J., 1951 - Les groupements végétaux de la France Méditerranéenne. C.N.R. S. Paris. P 297.

BREDA N., SOUDANI K., et BERGONZINI J.C, 2003 - Mesure de l'indice foliaire en forêt - Edition ECOFOR – ISBN 2-914770-02-2 ;157 p.

BRIANE J.P., LAZARE J.J. et SALANON R., 1977 - Le traitement de très grands ensembles de données en analyses factorielles des correspondances, proposition d'une méthodologie appliquée à la phytosociologie. Doct. Int. Lab. Taxonomie végétale expérimentale et numérique. Paris XI. 38p + annexes.

BRIKI M., BENKHATRA N., JAUFFRET S., AMWATA D., REQUIER DESJARDINS M., BENHANAFIA K., HASSANI M., GACEMI M.E., 2007 - Combining local observation and remote sensing for monitoring range land in arid zones "conference-Range Monitoring Expert Consultation Meeting organized by FAO, November, Cairo, 26-28p.

CALOZ R., 1992 - Télédétection satellitaire", cours système d'information géographique I et II, Institut d'aménagement des terres et des eaux, EPFL.

CALOZ R., BONN F. et COLLET C., 2001 – Précis de télédétection. Volume 3. Traitements numériques d'images de télédétection. AUPELF-UREF. Les presses de l'Université du Québec, ISBN 2-7605- 1145- 6, 386p

CAYROL P., 2000 - Assimilation de données satellitaire dans un modèle de croissance de la végétation et de bilan d'énergie. Application à des zones semi-arides. Thèse de doctorat télédétection spatiale. Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO, CNRS-CNES-UPS, UMR 5639).

CELLES J. C., 1975 - Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie). Thèse Doct. Univ. Nice. 364 p.

CEMAGREF., 1989 - Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix- en - Provens (France).

CEMAGREF., 1994 - Guide Methodologique, de prévention des risques naturels(PPR) risque d'incendie des forêts, P 81.

CFT., 2015 – Conservation des forêts de la Wilaya de Tiaret-Service de Cartographie et Service des Statistiques.

CFT., 2013 - **Conservation des Forêts de Tiaret.** Service gestion, la répartition des formations forestières dans la Wilaya de Tiaret.

CFT., 2013 - **Conservation des Forets de Tiaret.** Service Protection, Bilan des incendies.

CHAABANE A., 1993 - Etude de la végétation du littoral septentrionale de Tunisie : Typologie, Syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse Doct. Scie. Univ. Aix-Marseille III, 205p + annexes.

CHARLES G. et CHEVASSUT G., 1957 - Sur la présence des peuplements de végétaux steppiques : *Lygeum spartum* L. et *Artemisia herba-alba* Asso. Dans la région de Hammam Righa (Tell Algérois). Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord. Pp : 524-536.

CHESSEL D. et BOURNAUD M., 1987 - Progrès récents en analyse des données écologiques. IV Coll. AFIE : La gestion des systèmes écologiques. Bordeaux. Pp : 65-76.

CHICOV K., 1991 - Cours de dendrométrie, polycopies de 3ème et 4ème années. Inst. forest. Univ. Tlemcen, 102p.

CHUVIECO, 1998 - El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*, 10 : 1-9 p.

CORDIER B., 1965 - L'analyse factorielle des correspondances. Thèse Spéc. Univ. Rennes. 66p.

CORNIER T., 2002 - La végétation alluviale de la Loire entre le Charolais et l'Anjou : essai de modélisation de l'hydrosystème. Thèse de Doc. Etat. Univ. Francios Rabelais, Tome 1 : 227p.

CPCS., 1967 - (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols). Classification des sols. Grognon, France. Laboratoire de Géologie et de Pédologie, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. 87p.

CURTIS J.T. & MCINTOSH R.P., 1950 - The interrelation of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, Vol. 31, n°3, pp. 434-455.

DAGET PH., 1980 - Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen : le climat-nat. Monsp : H-S : 101-126.

DAGNELIE P., 1960 - Contributions à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serv. Carte phytogéogr. Série B. Pp : 93-195.

DAGNELIE. P., 1970 – Théorie et méthode statistique. Vol.2 Ducolot, Gembloux. 415p.

DAHMANI M., 1984 - Contribution à l'étude des groupements de chêne vert des monts de Tlemcen (Ouest Algerie). Approche phytosociologique et phytoécologique ; Thèse. Doc.3é cycle. Univ. H. Boumediene, Alger, 238p + annexes.

DAHMANI M., 1997- Le chêne vert en Algérie, Syntaxonomie, Phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse Doc, Univ. Sci. Tech. H. Boumediene, Alger. 383 p.

DAJOZ R., 1996 - Précis d'écologie Ed Dunod 2^{ème} et 3^{ème} cycles universitaires. P 551.

DAO., 2004 - Apport des SIG et de la télédétection dans la compréhension des mutations du système territorial de la région transfrontalière Genevoise. Département de Géographie, Genève, 10 pages.

DAURBY G., 2007 - Etude Floristique et Biogéographique du Parc National De La Pongara. Mémoire du Diplôme d'Etude Approfondie en biologie végétale. Université libre de BRUXELLES. Faculté des Sciences.

DEBAZAC E., 1959 - La végétation forestière de la Kroumirie. *Ann. Ecol. Nat. Eaux et Forêts, Nancy*, 14 (2) : 1-131.

DELABRAZE P. et VALETTE J. C., 1974 - Etude de l'inflammabilité et combustibilité. Consultation FAO sur les incendies de forêts en méditerranée.

DELABRAZE, P., 1985 – Base biologique et physique de la prévention des incendies des forêts. CNRS, paris 16 p.

DELPECH R., DUME G. et GALMICH E., 1985 - Typologie des stations forestières, vocabulaire. Inst. Dével. Fores., Minist. Agr., Direction des forêts. 243 p.

DEMARTONNE E., 1926 - Une nouvelle fonction climatologique : L'indice d'aridité. *La météo*. 449- 459.

DGF, 2013 – Direction Générale des Forêts : superficies, potentialités, et bilan d'incendies des forêts algériennes, période (1963-2012). 104 pages

DJEBAILI S., 1978 - Recherche phytoécologique et phytosociologique sur la végétation des hauts plaines steppiques de l'atlas saharien Algérien. Th. Doct. Univ. Sci et tech. De la langue doc. Montpellier. P 299 + annexes.

DJEBAILI S., 1984 - Steppe Algérienne, phytosociologie et écologie O.P.U. Alger. 127p.

DREUX P., 1980 – Précis d'écologie. Ed. Paris. 131p.

DUVIGNAUD, P., 1992. Aménagement et gestion du territoire. Application en Algérie (région de Tiaret et Alger). Univ de Nice-Sophia Antipolis. 253p

EL HAMROUNI A., 1992 – Végétation forestière et pré forestière de la Tunisie. Typologie et élément pour la gestion. Thèse d'état, Univ Aix Marseille III. 220 p.

EMBERGER L., 1930_A - sur une formule climatique applicable en géographie botanique. C.R.A cad. Sc ; 1991. Pp : 389-390.

EMBERGER L., 1939 - Aperçu général sur la végétation du Maroc. Verof.Geobot. Inst. Rubel Zurich, 14. Pp 40-157.

EMBERGER L., 1955 – Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48p.

EMBERGER L., 1971 – « Travaux de botanique et d'écologie ». Ed. Masson. Paris. 520 p.

FENNANE M., 1988 - Phytosociologie des Tetracлинаies marocaines. Bull. Inst. Sei. Rabat. 12 pp: 99 - 148.

FENNANE M., 1988 - *Tetraclinis* formations of Morocco: Syntaxonomy and key to associations. Documents Phytosociologiques, 11 : 303-310.

FLORET C. et PONTANIER R., 1982 - L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol végétation et aménagement. Mémoire de thèse. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. Paris. 544p.

FLORET C., GALAN M. J., LE FROC'H E., ORSHAN G. et ROMANE F., 1992 - Dynamics of holm oak (*Quercus ilex* L.) Copies after clear cutting in southern France. Vegetation. 99-100 in Romane F. et Terradas J., *Quercus ilex* L., ecosystem, function, dynamics and management kluwer Academy Publishers. Belgium. Pp :97-105.

FRONTIER S., 1983 – Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed. Mars et Cie. Coll. Décol. Press. Univ. Laval. Quebec. Pp: 26 – 48.

GACEMI M.E., 2010 - Integration of image processing methods for fuel mapping, in. Sandro Bimonte, André Miralles, François Pinet. Actes du 3ème Atelier INFORSID-SIDE (Système d'Information et de Décision pour l'Environnement). Marseille. 35p.

- GAUSSEN H., 1954** - Géographie des plantes. Ed 2. 333p.
- GAUSSEN H., 1955** - Détermination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques. C.R. Sc.
- GAUSSEN H., 1963** - Ecologie et phytogéographie. In Abbayes. Pp 952-972.
- GHEZLAOUI B. E., 2011**- Bio-morphologie et polymorphisme des appareils aériens de quelques espèces halophytes en Oranie, cas de l'*Athriplex halimus* L. et *Tamarix Galica*. Thèse Doc. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 270 p.
- GIACOBÉ, 1961** – Nouvelle recherche écologique sur l'aridité dans les pays de la méditerranée occidentale. Nat. Monspel., S, r. bot ; 11. Pp : 7-28.
- GIRARD M., 2000** - Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 pages.
- GIRARD M.C. et GIRARD C.M., 1989** - Télédétection appliquée : zones tempérées et tropicales (Paris : Masson), 260 p.
- GODRON M ; 1971** – Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. Thèse Doct. Univ. Sci. Techn. Languedoc. Montpellier. 247p.
- GOUNOT M., 1969** - Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson. Paris. P 314.
- GRISEBACH A., 1872** - Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Leipzig.
- GTZ, 1990** - Projet pilote d'aménagement intégré du bassin versant d'Oued Mina. Rapport. 24 p + Carte
- GUINOCHET M., 1952** - Contribution à l'étude phytosociologique du Sud Tunisien. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord. Pp : 131-153.
- GUINOCHET M., 1973** – Phytosociologie. Ed Masson et Cie Paris. P227.
- GUINOCHET M., 1973** – Phytosociologie. Ed. Masson et Cie. Paris. 227p.
- GUYOT G., 1989** - Signatures spectrales des surfaces naturelles. Collection télédétection n°5, 178 p.

GUYOT G., GUYON D. et RIOM J., 1989 - Factors affecting the spectral responses of forest canopies: A review. *Geocarto International*, 3, 3-17p.

HADDOUCHE I., 2009 - La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie : cas de la région de Naâma. Thèse Doc. Boil. Opt. ecol. vég. Dép. biol. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 212 p + annexes.

HADDOUCHE I., BENHANIFIA K., GACEMI M.E., 2011 - Analyse Spatiale de la régénération forestière post-incendie de la forêt de Fergoug à Mascara, Algérie. *Bois et Forêts des tropiques*, 2011; 307 :23-31p.

HADDOUCHE I., MEDERBAL K. et SAIDI S., 2007 - Space analysis and the detection of the changes for the follow-Up of the components Sand- Vegetation in the Area of Mechrea, Algeria, *Revue SFPT N°185* (2007-1), France. ISSN 1768-9791.

HASNAOUI O., 1998 - Etude des groupements à *Chamaerops humilis* Subsp argentea, dans la région de Tlemcen. Thèse de Magistère. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 80p+Ann.

HELLAL B., BENSEDDIK B., AYAD N., BENHASSAINI H., 2004 - La régénération dans la steppe du sud Oranais en Algerie occidentale. *Rev. Sécheresse*. 15: 173-9.

HUETE A., 1988 - A soil-adjusted vegetation index, *Remote sensing of environment*, 25, pp. 295-309.

JACOB F., 1999 - Utilisation de la télédétection de courtes longueurs d'onde, Thèse de doctorat, université de Toulouse III.

JUSTICE C.O., TOWNSHEND J.R.G., HOLBEN B.N., et TUCKER C.J., 1985 - Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 1271 – 1318p.

KADIK B., 1987 - Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. O.P.U. Ben Aknoun (Alger). 313p.

KHALDI N., 2006 - Apport de la géomantique pour la cartographie de la végétation de la région de Mascara. Thèse Magister. C. U. M, 118p.

KLUSER S., 2000 - Elaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semi-

automatisée de l'espace colorimétrique d'ortho-photos Application au bassin versant du Nant d'Avril (France, Suisse), Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement, Université de Lausanne, 69 pages.

LAPORTE N. T., GOETZ S. J., JUSTICE C. O. et HEINECKE M., 1998 - A new land cover map of central Africa derived from multi-resolution, multi-temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 19: Pp. 3537–3550.

Le HOUEROU H.N., 1980 - L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. II (1-2). pp : 155-174.

LE HOUEROU H.N., 1995 - Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Options méditerranéennes, Série B, N° 10, CIHEAM, Montpellier, 396p.

LECOMTE H, RONDEUX J., 2002 - Les inventaires forestiers nationaux en Europe : tentative de synthèse. Les cahiers forestiers de Gembloux N°05, 29 p.

LEGENDRE P., 1984 - Ecologie numérique (2ème édition). Ed. Masson. 335p.

LETREUCH –BELAROUCI N. 1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Thèse doc. Ing. Agro. Faculté des sciences agronomiques de l'état, Gembloux, Belgique, 588p.

LETREUCH-BELAROUCI N., 1991 - Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vols. 1-2. OPU, Alger, 641 p.

LOISEL R. et GAMILA H., 1993 - Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et pré-forestiers par un indice de perturbation. *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. De Toulon duvar*. Pp : 123-132.

LOISEL R., 1978 – Phytosociologie et phytogéographie, signification phytogéographique du Sud-Est méditerranéen continental Français. V Doc. Phytosociologique, N.S. Vol. II. Lille pp : 302-314.

LOISEL R., GAMILA H. et ROLANDO CH., 1990 - Déterminisme écologique de la diversité des pelouses dans la plaine de la Crau (France méridionale). Volume jubilaire du Prof. Quezel. *Ecol. Med.* XVI, 1990, Marseille. Pp : 255-267.

LONG G., 1974 - Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire. Tome 1 : Principe généraux et méthodes. Masson et Cie, Paris, 232 p.

M.E.R.Q., 1989 - Ministère de l'énergie et des ressources. Québec. Normes d'inventaire forestier.

MAATOUG M., 2003 – Effets des facteurs stationnels sur les propriétés physiques, mécanique et papetières du bois du Thuya de Maghreb, *Tetraclinis articulata Vahl*. Master (Algérie occidentale). Thèse de Doctorat D'état en Ecologie végétale et foresterie. Univ. Djilali Liabès. Sidi Bel Abbès. 140p.

MAILLE E., BORNIET L., LAMPIN-MAILLET C., JAPPIOT M., BOUILLON C., LONG-FOURNEL M., MORGE D., GACEMI M. A., SORIN D., 2011. Integration of image processing methods for fuel mapping, Stresa (Italy), 20 - 21 October, Proceedings of the 8th International EARSEL FF-SIG Workshop.

MARGALEF R., 1958 – Information theory in ecology. Gen. Syst. 3, 36-71.

MARTIN J., 2000 - Sistemas de informacion geografica, aplicacion del GIS a la gestion forestal. Universidad d'Alicante. 50 p.

MATET., 2009 - Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme. Quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national. Mars 2009.

MENDAS A., DELALI A., KHALFALLAH M., LIKOU L., GACEMI M. A., BOUKRENTACH H., DJILALI A. et MAHMOUDI R., 2013. Improvement of land suitability assessment for agriculture application in Algeria, Arabian Journal of Geosciences, Feb.

MERIOUA S.M., 2014 - Phyto-écologie et éléments de cartographie de la couverture végétale cas : littoral d'Ain Temouchent (Algérie). Thèse Doc. Manag. Ecosy. Forest. Step. Dép. Agro.et Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 145 p + annexes.

MERZOUK A., 1992 - Utilisation de la télédétection spatiale dans l'étude et l'inventaire des sols en zone semi-aride. Géo-Observateur MARISY, 1992 Rabat -Maroc- : Pp. 43-50.

MERZOUK A., 2010 - Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements végétaux halophyles de la région de l'Oranie (Algérie). Thèse Doc. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 261p.

MEZIANE H., 2010 - Contribution à l'étude des groupements psammophytes de la région de Tlemcen. Thèse de Doct. Eco.Vég.Dép. Biol. Fcu. Scie. Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 230 p.

MIARA M. D., HADJADJ AOUL S., AIT HAMMOU M., 2012 - Analyse phytoécologique et syntaxonomique des groupements végétaux dans le Massif de Guezoul-Tiaret (N-O Algérie). *Bul. Soc. Bot. du Centre-Ouest. Vol.43* : 279-316.

MONOD T., 1957 – Les grandes subdivisions chorologiques de l'Afrique. *Publ. C.C.T.A./C.S.A.* 24, 146 p. n° 7. New York. pp: 225-283.

MUSICK H.B, et PELLETIER R.E., 1988 - Response to soil moisture of spectral indices derived from bidirectional reflectance in Thematic Mapper wavebands. *Remote. Sens. Env.*, 25:167-184.

MUSSET R., 1934 – Les régimes pluviométriques dans la France de l'Ouest. *Ann. Min. Agricult., direct. Des eaux et des Gén. Rur., Rapp. Et notes techn. Face.* 63. P 43- 94.

NASHIMBA S-M., 2005 – Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'île Mbiye à Kisangani, (R.D.Congo), DEA, ULB, 101 p.

Nat. 240 : 642-644.

NEGRE R., 1966 - Les Thérophytes. *Mem. Soc. Bot. France.* pp :92-108.

ONS., 2015 - Office National des Statistiques, Alger. Statistiques sur l'Environnement. Février, 2015. 82p.

OZENDA P., 1977 - Flore du Sahara. Paris, C.N.R.S. 622 p.

OZENDA P., 1982 - Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin. Paris. 431 p.

OZENDA P., 1982 – Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin. Paris. 431p.

PALM R., 1977 - Dendrométrie. INA, Alger, 112p.

PARDE J., BOUCHON J., 1988 - Dendrométrie. Nancy : École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 328 p.

PAWT., 2009 – Plan d'Aménagement de la Wilaya de Tiaret. Phase diagnostic. 340p.

PRINCE S.D., 1991 - Satellite remote sensing of primary production: Comparison of results from Sahelian grasslands 1981-1988. International Journal of Remote Sensing, 12, 1313 – 1330p.

QUEZEL P. et MEDAIL F., 2003 - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Instit. Médit. d'ecol. et de paleoécologie. Univ. D'Aix Marseille. III. 20-511p.

QUEZEL P., 1957- Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Paris, Ed. Le Chevalier, Paris, 464 p.

QUEZEL P., 1980 - Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In Pesson : Actualité d'écologie forestière. Bordas Edit, Paris : 205 256.

QUEZEL P., 1981 - Flore et végétation de l'Afrique du Nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structures de végétation passées – BOTHALIA, 14. Pp : 411-416.

QUEZEL P., 2000 - Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ed. Ibis. Press. Paris. Pp: 13-117.

QUEZEL P., BARBERO M., BENABID A. et RIVAS-MARTINEZ S., 1992 - Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Maroc Oriental. Studia Botanica, 10/57-90, Salamanca.

QUEZEL P., BARBERO M., BENABID A. et RIVAS-MARTINEZ S., 1994 - Le passage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur le revers méridional du haut Atlas Oriental (Maroc). Phytocoenologia, 22,4 : 537-582.

QUEZEL. P. et SANTA. S., 1962 – 1963- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris. C.N.R.S.V 012. 1170 p.

RAMADE F., 2003 - Eléments d'écologie, écologie fondamentale. DUNOD, Paris, 690p.

RANKIAER C., 1934 - The life forms of plants and statistical plant. Géographie. Claredon press, oxford.P 632.

REBBAS K., VELA E., GHARZOULI R., DJELLOULI Y., ALATOU D et GACHET S., 2011 - caractérisation phytosociologique de la végétation du parc national de Gouraya (Bejaïa, Algérie). *Rev. Écol. (Terre Vie)*. Vol. 66 : 267-289.

REGAGBA Z. 2012 - Dynamique des populations végétales halophytes dans la region Sud-Est de Tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographiques. Thèse Doctorat. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Abou Bakr Belkaïd Tlemcen.172 p.

RONDEUX J, LECOMTE H, FLORKIN P, THIRION M., 2002 - L'inventaire permanent des ressources ligneuses de la région Wallonne : Principaux aspects méthodologiques. Les cahiers forestiers de Gembloux N°19, 22p.

RONDEUX J., 1999 - La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 521p.

ROUSE J.W., HAAS R.H., SCHELL J.A., DEERING D.W., et HARLAN, J.C., 1974 - Monitoring the vernal advancement and rétrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/ GSFC Type III Final Report, Grennbelt, Maryland, 50 p.

SARI A., 2012 - Contribution à l'étude des peuplements à *Arthrocnemum glaucum* (Del.) Ung. De l'Oranie (Algérie occidentale) Taxonomie et Bio-Ecologie. Thèse Doc. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 245 p + annexes.

SARR M.A., 2009 - Évolution récente du climat et de la végétation au Sénégal (*cas du Ferlo*), thèse de doctorat, Université Jean Moulin Lyon 3, LCRE UMR 5600 CNRS, 410 p.

SAUVAGE CH., 1961 - Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Tv. Inst. Sc. Chérifien, Rabat.

SCANVIC J.Y.,1983 - Utilisation de la Télédétection dans les Sciences de la Terre. Manuels et Méthodes, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, France.

SCHNELL R., 1971 – Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Vol. II : les milieux, le Groupements végétaux. Gauthier-Villars, Paris. 951p.

SELADJI A. H., 2006 - Aspects écofloristiques et propositions d'aménagements au niveau de la région de Honaine (Nord de Tlemcen – Oranie). Thèse de Mag. Dep. Forest. Univ. Tlemcen. 155p.

SELTZER P., 1946 - Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et de phys. Du globe. Univ. Alger. P 219.

SENDRA J.B., 1997 - Sistemas de informacion geografica. Ediciones RIALP.S.A. Madrid pp21-75.

SERRADJ A., 2011, Seuillages et classification des images satellitaires. Fac. Géographie e d'Aménagement. Strasbourg. Février 2011. 29p.

SERRADJ A., 2015 - Résumé des activités de recherches S.I.G. Lab. Image et ville. Strasbourg. 10 p.

SIMMON R., 2009 - Apport de la télédétection à la caractérisation du couvert végétal et des surfaces d'eau dans le Géo-parc de Mgoun, durant les 30 dernières années. NASA GSFC.

TATONI T.H. et BARBERO M., 1990 - Approche écologique des incendies en forêt méditerranéennes. Rev. Ecol. Méd. XII (3/ 4). Pp : 78-99.

TATONI TH. Et BARBERO M ; 1995 – Approche écologique des incendies en forêts méditerranéennes. Ecol. Méd. XII (3/4). Pp: 78 – 99p. Trav. Labo.géol. Zool. Sci. Montpellier. 48p.

TERRAS M., 2011 - Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie). Thèse Doc. Agroforesterie. Dép. Agro.et Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 205 p + annexes.

THIBAUT A, CLAESSENS H, RONDEUX J., 2002 - Etablissement de courbes de productivité pour les peuplements de Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en région limono – calcaire du Condroz et de l'Entre – Sambre – et – Meuse. Les cahiers forestiers de Gembloux N°07, 18p.

THINTHOIN R., 1948 - Les aspects physiques du tell oranais. Essai de morphologie de pays semi-aride : ouvrage publié avec les concours du C.N.R.S. Ed. L. Fouque. P 639.

VERNET J L., 1997 – L’homme et la forêt méditerranéenne de la préhistoire à nos jours. Ed. Errance. Paris, 248 p.

WALKER B.H., 1992 - Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*, 6:18-22.

WALKER B.H., 1995 - Conserving Biological diversity through ecosystem resilience *Conservation Biology*, 9: 747-752.

WARMING., 1908 - *Okologiens grundformer*. Copenhagen.

ANNEXES

(Publication)
