

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET D'ENVIRONNEMENT

THÈSE DE DOCTORAT EN BIOLOGIE OPTION : ECOLOGIE VEGETALE

Présentée par :

Mme REGAGBA Zineb

Intitulée :

**DYNAMIQUE DES POPULATIONS VEGETALES HALOPHYTES DANS LA REGION
SUD-EST DE TLEMCCEN. ASPECTS PHYTOECOLOGIQUES ET CARTOGRAPHIQUES**

Soutenue publiquement le :

06 décembre 2012

Devant le jury :

Président :	M. BOUAZZA Mohamed	Professeur	Université de Tlemcen
Directeur de thèse :	M. BENABADJI Noury	Professeur	Université de Tlemcen
Examineurs :	M. BENMANSOUR Djamel	MC (A)	Université de Tlemcen
	Mme KADIK Leila	Professeur	USTHB, Bab-Ezzouar, Alger
	M. HADDOUCHE Idriss	MC (A)	Université de Tlemcen
	M. BELKHODJA Moulay	Professeur	Université d'Oran Es-Sénia

Année Universitaire 2011 – 2012

Table des matières

	PAGE
Table des matières	1
Remerciements	4
Résumés (Français, Arabe, Anglais)	5
Index des figures et tableaux	6
Introduction générale	10
<hr/>	
PARTIE 1 : PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DES ZONES ARIDES	13
<hr/>	
1- Exposé introductif sur les zones arides et la désertification	12
1.1- Préambule	12
1.2- Définition des zones arides et de la désertification	13
2- Importance du surpâturage, du défrichage et de la désertification et de leurs impacts sur la diversité biologique	14
2.1- Préambule sur le phénomène désertification, conséquence du surpâturage et du défrichage	14
2.2- Compréhension des mécanismes de la désertification des zones arides	15
2.2.1- Les ingrédients d'un milieu naturel fragile	15
2.2.2- Processus de la désertification	16
2.2.3- Crise du pastoralisme	17
3- Impact du phénomène désertification sur la diversité biologique	19
3.1- Impact du surpâturage sur la diversité biologique	19
3.2- Impact du défrichage sur la diversité biologique	20
3.3- Menaces de la désertification sur la biodiversité	20
4- Espoirs de retour à une dynamique progressive	21
4.1- Changements de mentalités (dans l'approche du pastoralisme)	21
4.2- Volet foncier et juridique	21
4.3- Progrès technique et scientifique	21
5- Approche possible pour le développement des zones arides	21
6- Objectifs visés	24
6.1- Objectifs principaux	24
6.2- Objectifs thématiques	24
6.3- Objectifs méthodologiques	24

PARTIE 2 : DIAGNOSTIC DU MILIEU ET ANALYSE DE LA VEGETATION DE L'INTERFACE STEPPE – SAHARA	25
Préambule (<i>Présentation du cheminement méthodologique générale adopté</i>)	25
1- Choix techniques et méthodologiques	26
1.1- Problématique, objectifs visés et résultats attendus	26
1.1.1- Problématique	26
1.1.2- Objectifs visés	27
1.1.3- Résultats attendus	27
2- Diagnostic du milieu et analyse de la végétation	28
2.1- Approche globale envisagée	29
2.1.1- Les expériences internationales	29
2.1.2- Approche possible	30
2.2- Spécificités écologiques du territoire test retenu pour l'expérimentation	31
2.2.1- Présentation de la région steppique algérienne	31
2.2.1.1- Cadre général	31
2.2.1.2- Bref aperçu historique pour comprendre les causes passées et actuelles de la dégradation du tapis végétal	32
2.2.1.3- Présentation des principaux ensembles floristico-écologiques	33
2.2.2- Analyse globale des données du milieu du territoire test	36
2.2.2.1- Situation et critères de choix du territoire test	37
2.2.2.2- Diagnostic et analyse du milieu naturel de la région d'El Bayadh	38
2.3- Analyse écologique et synthèse des données du milieu à l'aide de la télédétection spatiale et des Systèmes d'Informations Géographiques	108
2.3.1- Analyse écologique à l'aide de la télédétection spatiale	108
2.3.1.1- Méthodologie	108
2.3.1.2- Résultats	109
2.3.2- Synthèse des données écologiques à l'aide des SIG (Systèmes d'Informations Géographiques)	110
2.3.2.1- Méthodologie	110
2.3.2.2- Résultats	111
2.3.2.3- Conclusion	112
2.3.3- Dynamisme de la végétation	114
2.3.3.1- Concept et méthodes d'étude de la dynamique de la végétation	114
2.3.3.2- Analyse de la végétation actuelle	115
2.3.3.3- Résultats de l'étude de la dynamique de la végétation steppique	122
2.3.3.4- Conclusion et perspectives	124
2.4- Valorisation et écophysiologie des espèces végétales phares	125
2.4.1- Valorisation des plantes steppiques d'intérêt médicinale	125
2.4.1.1- Méthodologie d'inventaire et de valorisation de quelques plantes médicinales	125
2.4.1.2- Valorisation de quelques plantes d'intérêt médicinal	128
2.4.2- Ecophysiologie et possibilités de multiplication des espèces végétales steppiques d'intérêt écologique et pastoral	135

PARTIE 3 : SYNTHÈSE DES RESULTATS POUR LA PROPOSITION D'UN MODELE D'AMENAGEMENT	150
1- Etat actuel du milieu	150
1.1- Etat actuel des écosystèmes forestiers	150
1.2- Etat actuel des écosystèmes steppiques	150
2- Bilan des actions entreprises pour résoudre les problèmes de dégradation du milieu	151
2.1- Bilan du reboisement de Stitten (Nord du bassin versant)	151
2.2- Actions entreprises dans les nappes alfatières	151
3- Proposition d'un modèle d'aménagement	152
3.1- Schéma d'aménagement du bassin versant du barrage de Brézina	152
3.1.1- Problèmes posés et grandes lignes d'action pour l'aménagement du bassin versant	152
3.1.1.1- Le problème biologique de l'amélioration des parcours steppiques	152
3.1.1.2- Les grandes lignes d'action	153
3.2- Schéma d'aménagement du périmètre irrigué de Brézina	157
3.2.1- Amélioration des propriétés chimiques des sols	157
3.2.2- Amélioration de la vie biologique du sol	158
3.2.3- Amélioration des sols par les cultures	158
Conclusion générale	160
Glossaire	162
Références Bibliographiques	164

Remerciements

La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans l'aide de personnes que je tiens à remercier. En effet, ce travail, entrepris selon une démarche dont seul l'auteur est en partie responsable, n'a pu être mené à terme que grâce à l'aide d'un certain nombre de personnes qui par leurs conseils, leur critiques éclairantes et leur amabilité l'ont soutenu sans relâche. A toutes ces personnes, je leur formule mes vifs remerciements.

Il m'est agréable de remercier particulièrement :

Monsieur Benabadji Noury, Professeur à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen, qui m'a mis sur la voie du présent travail, m'a intéressé davantage aux régions arides et m'a fait l'honneur de diriger mes travaux. Son attitude m'a permis d'avoir une grande liberté de travail, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude ;

Monsieur Bouazza Mohamed, Professeur à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen, 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 Benmansour Djamel**, Maître de Conférences (A) à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen, **Monsieur Belkhodja Mouylay**, Professeur à l'Université d'Oran Es-Sénia, à **Monsieur Haddouche Idriss**, à Maître de Conférences (A) à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen, à **Madame Kadik Leila**, Professeur à l'Université d'Alger, 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.

Également, je remercie tout l'encadrement de la wilaya d'El Bayadh pour leur aide durant mes sorties sur le terrain et surtout tous les échanges fructueux liés au développement rural durable. Ils m'ont apporté des éclairages nouveaux et m'ont orientée vers des pistes originales : qu'ils soient remerciés pour leur collaboration et leur gentillesse.

Je tiens à remercier vivement, **Monsieur Ramon Josa**, **Madame Maite Mas** et **Monsieur Antoine Verdu**, Professeurs et collègues enseignants chercheurs de l'Université Polytechnique Catalunya de Barcelone qui, dans le cadre du Projet de Coopération Internationale (PCI) de l'Agence Espagnole de Coopération Internationale et de Développement (AECID), m'ont apporté leur précieuse aide sur le terrain, au niveau du territoire de la wilaya d'El Bayadh, et au niveau du Laboratoire de Recherche de l'École Supérieure Agronomique de Barcelone (Espagne) ; le projet de coopération en question, dont les travaux de terrain ont été entrepris, durant la période 2008 à 2010, au niveau de la zone d'étude de ma thèse de Doctorat, a permis d'aboutir à des résultats très intéressants sur l'inventaire de la flore, à travers la réalisation d'un herbier électronique, et sur la cartographie de la végétation par télédétection spatiale ; il est également important de préciser que, grâce aux résultats de mes recherches dans le cadre de mon mémoire de Magister et de ma Thèse de Doctorat, la région de Brézina dans la wilaya d'El Bayadh a été choisie comme terrain d'expérimentation des recherches initiées dans la cadre du Projet de Coopération Internationale (PCI) avec nos collègues Espagnols ;

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

A mes très chers Frères et Sœurs qui m'ont toujours apporté leur soutien.

Ma pensée va enfin à mon Mari, qui m'a supporté avec patience tout au long de ce travail, et à mes trois adorables enfants qui, pour réaliser ce travail, ont dû supporter mon indisponibilité ; qu'ils reçoivent ici mon grand amour.

Résumé

Le pâturage sur les bassins versants en milieu aride, ainsi que les propriétés pastorales ont été autorisés dans la plupart des régions d'élevage du globe, aboutissant à la surexploitation, à l'accélération du ruissellement et de l'érosion, ainsi qu'à une diminution de la productivité. La cause fondamentale de l'érosion et de la baisse de productivité est le surpâturage continu du bétail domestique et des animaux parasites, en conditions pluviales marginales, le feu et la sécheresse.

Si les remèdes contre la désertification sont assez bien connus, leur application reste difficile en raison des impératifs socio-économiques et politiques. Seule la conception, avec les agro-pasteurs, de modèles concrets de gestion consistant à les faire participer aux aménagements et non en leur imposant des actions, infléchira cette dynamique régressive des écosystèmes. Par conséquent, seule une sensibilisation motivée des populations locales à la gravité du problème nous paraît susceptible d'assurer la sauvegarde des ressources naturelles.

Les plantes dans le désert doivent être capables de tolérer la sécheresse de l'air et la force irradiante de la lumière, ainsi que les eaux chargées de sels, de résister aux contrastes thermiques du sol superficiel et aux effets du vent. La végétation dans le désert répond à ces exigences par une adaptation (par des changements morphologiques, physiologiques et sociologiques; donc qui dit adaptation dit aussi sélection).

Notre recherche, visant la connaissance du fonctionnement de la végétation de l'interface Steppe-Sahara a été menée selon trois directions: une analyse phytoécologique, une analyse phytodynamique dans l'espace et dans le temps et une analyse écophysiological, à l'aide des outils modernes tel que la géomatique pour aboutir finalement à proposer un modèle d'aménagement cohérent pour ces écosystèmes arides fragilisés caractérisés par une biodiversité d'une valeur mondiale (médicale, économique, écologique, alimentaire)

L'utilisation des outils modernes tel que la géomatique (télédétection et SIG) dans l'étude de la dynamique, l'écologie et l'écophysiological de la végétation de l'interface steppe-Sahara plus particulièrement dans le bassin versant de Brezina est nécessaire pour résoudre les problèmes de ces écosystèmes dans un bref délai.

Mots clés

Désertification, géomatique, système d'information géographique (SIG), phyto-écologie, dynamisme, écophysiological, Ouest Algérien (Brezina, El Bayadh, Algérie).

Abstract

The pastures on the arid areas and the pastoral priorities have been authorised in the majority of the glob. At arrive to the surexploitation and the acceleration of the erosion. . Witch diminution of the productivity.

If the solution for desertification is well know, we can't apply then easily because of many socio economical and political factors intervened. The success of this management totally based on the contribution of the human being, to preserve the natural resources. The different plants in any areas have a certain tolerance or certain adaptation morphological, physiological and sociological to the different climatic factors.

The purpose of our research is to know the function of different plants. This analysis was guided to three directions: phytoecologie analysis, phytodynamic analysis in space and time and ecophysiology analysis with the help of modern instrument such as geomatic, to arrive finally at an appropriate proposal for these ecosystem arid sensitive areas characterized by world diversity

The use of remote sensing and geographical information systems for a plant ecological study of an arid area having an ecological and economical interests in the basin pouring of Brezina dam allows to clear an approach in the method of sustainable planning. The methodology proposed aims to apply the analysis of the middle privileging the choice of a spatial dimension (level of perception) according to the requirements of the managements (spatial unit of planning). This analysis is based on the physical indicators, biotic, ecophysiological and social economical most applicable according to two approaches based respectively on the synthetic vision of the landscape offers by satellite imagery and on the performances that allow the tool geographical information system(G.I.S).

The ecologically homogeneous units therefore equipotentially are identified owing to the different treatments of the satellite imagery Landsat TM, to the exogenous data collected on the land and to their combination in (G.I.S). On the basis of finding of this analysis the middle and in the aim to contribute to the different ecological system valorisation, particularly unstable, the orientations of management and planning are proposed.

The use of remote sensing and geographical information systems is essential and vital to solve this kind of problem very soon.

Key Words

Desertification, geomatic, Remote sensing, Geographical information system(GIS), phytoecologie, physiological, dynamic, West Algeria (Brésina, El Bayadh, Algeria).

الملخص

الرعي و الخصائص الرعوية في أحواض السدود عمليات مسموح بها في أغلبية مناطق العالم التي تؤدي إلى استغلال الثروات وتكثيف عملية السيلاان و الحت بأنواعه مما يؤدي إلى ضعف الإنتاجية و يرجع السبب الرئيسي إلى هاته الظاهرة في المناطق الجافة.

ادا كانت حلول الحد من ظاهرة التصحر معروفة جيدا يبقي تطبيقها صعبا بسبب الجانب السياسي و الجانب الأقتصادي السوسولوجي.

الحل الوحيد لهاته الإشكالية هي إدماج المواطن في تخطيط التهيئة البيئية و تحسيسهم بضرورة حماية الثروات الطبيعية.

إن النباتات في المناطق الصحراوية تتميز بتأقلمها المر مفلوجي و الفسيولوجي إزاء الظروف الطبيعية.

الهدف من ابحاثنا هو معرفة عمل و وظيفة الغطاء النباتي في منطقة سد برزينة , و ذلك حول ثلاثة مراحل

مرحلة التحليل الأيكولوجي,

مرحلة التحليل الديناميكي للغطاء النباتي زمنيا و مكانيا, و في الأخير تحليلا ايكو فسيولوجيا بواسطة طرق حديثة كالأستشعار عن بعد, نظم الأعلام الجغرافي, لاقتراح حلول سليمة و ملائمة لمثل هاته النظم البيئية الجافة و الهشة, و المتميزة بتنوع بيولوجي ذو قيمة عالمية طبية, اقتصادية, بيئية و عدائية. لذلك الطرق و التقنيات الفضائية الحديثة يعتبر حلا لهاته المناطق في أسرع وقت.

الكلمات النافذة

التصحر نضام الإعلام الجغرافي, دينامكية, الاكوفيسيولوجية الغطاء النباتي, الانتاش, النتج, النباتات الطبية, السهوب, الصحراء , حوض السد, سد لروية, الغرب الجزائري برزينة, البيض , الجزائر.

Liste des figures

- Figure1** : Méthodologie d'étude de la désertification (Mederbal, 1992)
- Figure2** : Localisation de la zone d'étude
- Figure3** : Les grandes unités physiographiques du territoire-test
- Figure 4** : Moyennes des variations des précipitations saisonnières
- Figure 5** : Moyennes des variations des précipitations interannuelles
- Figure 6** : Moyennes des variations des précipitations interannuelles Ain Sefra
- Figure 7** : Diagrammes ombrothermiques
- Figure 8** : Carte de localisation de la zone d'étude (région d'El Bayadh, Algérie)
- Figure 9** : Carte de localisation des trois (03) stations échantillonnées au niveau de la région d'El Bayadh (Algérie) : 1- station El-Bayadh1 (Stitten), 2- station El-Bayadh2 (Ghassoul) & 3- station El-Bayadh3 (Brézina)
- Figure 10a** : Composition colorée de l'image Landsat ETM du 22/05/2001 de la station El-Bayadh1 (Stitten)
- Figure 10 b**: Composition colorée de l'image Landsat ETM du 22/05/2001 de la station El-Bayadh2 (Ghassoul)
- Figure 11** : Composition colorée de l'image Landsat ETM du 22/05/2001 de la station El-Bayadh3 (Brézina)
- Figure 12a**: Types biologiques (station 1)
- Figure 12b**: Types biologiques (station 2)
- Figure 13**: Types biologiques (station 3)
- Figure 14**: Répartition des types morphologiques au niveau de la station1 d'El Bayadh
- Figure 15**: Répartition des types morphologiques au niveau de la station2 d'El Bayadh
- Figure 16** : Répartition des types morphologiques au niveau de la station3 d'El Bayadh
- Figure 17** : Composition des familles (station 1)
- Figure 18** : Composition des familles (station 2)
- Figure 19** : Composition des familles (station 3)
- Figure 20** : Types biogéographiques (station 1)
- Figure 21** : Types biogéographiques (station 2)
- Figure 22** : Types biogéographiques (station 3)
- Figure 24**: Carte de végétation de la zone de Brézina, El Bayadh, Algérie
- Figure 25** : Carte d'aptitude physique du milieu pour l'aménagement
- Figure 26** : Carte d'aptitude biophysique du milieu pour l'aménagement
- Figure 27**: Carte des changements de la végétation d'une zone du territoire d'El Bayadh, Algérie
- Figure 28** : Dénomination des produits obtenus selon les différents modes d'extraction des matières végétales
- Figure 29** : Physionomie de l'Alfa (*Stipa tenacissima*)
- Figure 30** : Physionomie du sparte (*Lygeum spartum*)
- Figure 31** : Physionomie de l'Atriplex (*Atriplex canescens*)
- Figure 32** : Physionomie du Harmal (*Peganum harmala*)
- Figure 33** : Physionomie du Retam (*Retama retam*)
- Figure 34** : Physionomie de *Hammada scoparia*
- Figure 35** : Physionomie d'*Artemisia inculata*
- Figure 36**: Evolution du taux de germination des graines étudiées de en fonction de la variation de la température
- Figure 37** : Variation de la vitesse de germination des espèces étudiées en fonction de la température d'incubation.
- Figure 38** : Profils des germinations chez les graines étudiées représentant les variations de la germination des espèces étudiées en fonctions du temps (en jours) sous différentes conditions thermiques
- Figure 39** : Aptitude germinative des graines des espèces étudiées en fonction de la température et de l'espèce.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données géographiques

Tableau 2 : Données climatiques (1913-1938) des 03 stations météorologiques de la région d'El Bayadh

Tableau 3 : Données climatiques (1970-2000) des 03 stations météorologiques de la région d'El Bayadh

Tableau 4 : Caractéristiques des sols des chenaux d'oueds

Tableau 5 : Résultats analytiques du sol station Station N°1

Tableau 6 : Espèces végétales de la station N° 1

Tableau 7 : Résultats analytiques du sol station N°2 El-Bayadh

Tableau 8 : Cortège Floristique de la station N°2 El-Bayadh

Tableau 9 : Résultats analytiques du sol, station N°3 El-Bayadh

Tableau 10a : Cortège floristique de la station N°3 El-Bayadh

Tableau 10b : Relevés floristiques de la station 3 d'El-Bayadh

Tableau 10c : Relevés floristiques de la station 1 d'El-Bayadh

Tableau 11 : Relevés floristiques de la station 2 d'El-Bayadh

Tableau 12 : Répartition des types biologiques au niveau des trois stations d'El Bayadh

Tableau 12a : Répartition des familles au niveau des trois stations d'El Bayadh

Tableau 12b : Répartition des familles au niveau des trois stations d'El Bayadh (suite)

Tableau 12c : Répartition des familles au niveau des trois stations d'El Bayadh (suite et fin)

Tableau 13a : Les types biogéographiques des 3 stations d'El Bayadh

Tableau 13b : Les types biogéographiques des 3 stations d'El Bayadh (suite)

Tableau 14 : Combinaison des canaux pour l'élaboration de la trichromie RVB TM 4, 3 & 1

Tableau 15 : Importance spatiale des différentes unités de végétation

Tableau 16 : Matrice de décision pour la détermination de l'aptitude physique du milieu pour l'aménagement

Tableau 17 : Matrice de décision pour la détermination de l'aptitude bio-physique du milieu pour l'aménagement

Tableau 18a : Importance relative des quatre classes d'aptitudes des unités spatiales d'aménagement (USA)

Tableau 18b : Récapitulatif des principales techniques de télédétection de changement (source : Haddouche, 2008)

Tableau 19 : Listing de la végétation spontanée de la zone test : les végétaux pérennes et les thérophytes

Tableau 20a : Liste des plantes médicinales de la zone du barrage de LAROUIA

Tableau 20b : Répartition des espèces étudiées en fonction de leur taux de germination, vitesse de germination aux températures optimales (Selon la classification de Neffati (1994)

Tableau 21 : Les espèces cultivées introduites

Introduction générale

Il est reconnu par tous les observateurs, depuis plusieurs années, que la dynamique régressive des écosystèmes arides n'est que la manifestation d'une dynamique socio-économique, caractérisée par une forte démographie et des méthodes d'exploitation du milieu de plus en plus agressives (Mederbal, 1992).

Souvent des études, plus au moins sectorielles consacrées à la désertification, établissant des diagnostics à posteriori sur l'état du milieu peuvent conduire à des attitudes plus réparatrices que préventives: on agit sur les effets et non sur les causes (Regagba, 1999) ; par conséquent on en est en dessous des espérances pour différentes raisons essentielles:

- Les surfaces traitées ne peuvent être que marginales par rapport aux espaces dégradés. La situation économique du pays ne permet, en aucun cas, de dégager des ressources suffisantes pour infléchir une dynamique de dégradation par une dynamique de restauration;

- Le traitement technique de la dégradation n'est pas toujours accueilli favorablement par les populations qui peuvent le juger inadapté à leurs intérêts. Il s'ensuit que, tôt ou tard, la dynamique régressive revient ;

- Bien que disposant d'une certaine avance, les connaissances phytoécologiques ne permettent pas encore de maîtriser les espèces clés de voûte à introduire ou réintroduire pour rétablir l'ancien équilibre ou créer un nouvel équilibre mieux adapté aux modes d'utilisation de l'espace .

Beaucoup de travaux consacrés à la mise au point de modèles de gestion rationnels ou de modèles prévisionnels des ressources, afin de réagir à temps par des actions de régulation, ont également connu peu d'application sur le terrain. On bute toujours sur les éternels problèmes de rigidités structurelles et de pénurie de moyens: passer de la compréhension d'un phénomène à l'action n'est pas évident. Aussi efficaces que soient les techniques, elles doivent, pour être appliquées, rencontrer sur le terrain des structures réceptives et propices au changement et c'est précisément là le principal blocage car bien souvent l'efficacité de la lutte contre la désertification dépend d'avantage de changements qualitatifs que du volume de ressources qui lui seront consacrées.

Depuis la fin des années quatre-vingts, les approches holistiques des phénomènes de désertification et plus largement du développement agro-pastoral se sont bien répandues. On reconnaît désormais qu'il faut raisonner en termes de « développement participatif » et « durable ».

En effet, en matière de lutte contre la désertification, en optant pour la voie de l'écodéveloppement, l'approche consiste essentiellement à stimuler et accompagner l'évolution des systèmes agro-pastoraux vers des formes d'exploitation qui concilient les intérêts des populations et l'équilibre écologique.

Les rappels précédents montrent l'intérêt de se placer dans un contexte de recherche-action et d'observer les règles ci-après:

- Réunir dans une même approche, la dynamique socio-économique et la dynamique biophysique, car ce n'est qu'en saisissant correctement les interactions entre ces deux dynamiques que l'on peut envisager les changements structurels qui auront un impact sur l'exploitation du milieu;

- Utiliser des méthodes d'analyse et des échelles de perception qui soient reconnues et admises à la fois par le chercheur, l'agent de développement et l'agro-pasteur. Il est, en effet, difficile d'engager une action de développement concertée si les participants ne parlent pas le même langage ou utilisent des échelles d'appréciation différentes.

Par ailleurs pour toute action de développement concertée, technicien et agro-pasteur sont conduits à raisonner en termes de potentialités et de pratiques d'exploitation.

Dans les milieux arides, les ressources les plus convoitées sont les sols, la végétation et l'eau. Chacune de ces ressources peut être identifiée par les spécialistes (agronomes, pédologues, hydrologues, économistes, écologues...) par un grand nombre d'indicateurs.

De même que pour les ressources, les modes d'exploitation s'expliquent par une multitude de variables (naturelles, sociales, économiques, juridiques,...) interactives.

Dans le cadre d'une étude, qui se veut intégrée et simplificatrice, il est préférable de choisir des indicateurs synthétiques. Néanmoins, les approches factorielles classiques exigeantes en pluridisciplinarité, en moyens d'investigation et en temps sont difficilement reproductibles sur tous les sites.

Pour les choix techniques et méthodologiques, qui vont prévaloir dans notre recherche et qui privilégient ce choix d'indicateurs dit synthétiques, le cheminement suivant est retenu :

- Dans une première partie, pour cerner la problématique de notre recherche, les concepts d'aridité et de désertification sont définis, les processus de désertification sont analysés et les actions d'aménagement antérieures sont passées en revue. Ces informations s'avèrent particulièrement pertinentes pour cerner les dysfonctionnements écologiques de la région steppique Algérienne et poser clairement la problématique du travail de recherche envisagé ;

- Dans une seconde partie, après avoir retenu comme territoire test pour l'expérimentation, l'interface steppe – Sahara dans la région Ouest Algérienne, une démarche méthodologique, selon deux (02) phases distinctes mais complémentaires, est retenue :

(1) Diagnostic phytoécologique et analyse phytodynamique : à l'aide des observations du terrain, nous adoptons une approche méthodologique selon le cheminement ci-dessous, qui répond, au mieux, aux objectifs ciblés:

- Critères de choix du territoire test ;
- Synthèse bibliographique débouchant sur l'identification des spécificités écologiques du territoire test sur le plan géomorphologique, climatique, hydrologique, édaphique, floristique et socio-économique;
- Analyse fine de la végétation, considérée comme un bon indicateur des conditions du milieu et des potentialités pour l'aménagement;
- Discrimination des différentes unités homoécologiques du terrain d'étude par combinaison des différents facteurs du milieu ;

(2) Ecophysiologie des espèces végétales phares : En se basant sur les observations du terrain et les résultats préliminaires de nos recherches, nous retenons quatre (04) espèces végétales phares (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Artemisia herba-alba*, *Aristida pungens*) pour faire l'objet d'une analyse écophysiologique fine selon l'approche méthodologique suivante:

- Critères de choix des espèces végétales phares ;
- Identification des spécificités écophysiologiques des espèces végétales phares;
- Statut des espèces végétales phares dans le déterminisme des unités homoécologiques et la dynamique de la végétation.

- Dans une troisième partie, des solutions, pour réhabiliter les systèmes écologiques de la région étudiée, particulièrement perturbés, un modèle de gestion et d'aménagement du milieu est proposé. En effet, les zones écologiquement homogènes, présentant donc la même structure et le même fonctionnement et baptisées Unités Spatiales d'Aménagement (U.S.A), font l'objet de propositions d'aménagement particulières et précises.

- Et enfin une conclusion générale et des références bibliographiques acheveront le contenu de ce travail.

Partie 1 : Problématique de la dégradation des zones arides

1- Exposé introductif sur les zones arides et la désertification

1.1- Préambule

Les zones arides correspondent à des territoires marqués par la présence d'un couvert végétal ténu mais régulièrement dispersé dans l'espace et par un déséquilibre marqué entre la quantité d'eau disponible et le pouvoir évaporant du climat (Bagnouls et Gaussen, 1953, 1957; Callot, 1987).

Le premier paramètre étant en fait tributaire du second, la définition des terres arides se doit donc d'être avant tout climatique ou plus précisément pluviométrique.

Délimiter clairement l'étendue couverte par ces zones est paradoxalement le premier handicap à franchir (Barry et *al.* 1974 ; Barry 1980).

De manière arbitraire peut-être, mais en harmonie avec beaucoup de travaux, il ne sera ici question que des territoires recevant entre 400 et 100 mm de pluies par an.

Ainsi défini, ce territoire se trouve modelé par une intense érosion éolienne et hydrique qui lui donne une morphologie bien particulière (Ramade, 1984). Les sols y sont minces voire même squelettiques. Le climat est bien tranché en deux périodes fort inégales en durée, dont la plus brève et humide favorise la photosynthèse (Bagnouls et Gaussen, 1953, 1957 *Loc. Cit.*).

Seules les plantes adaptées à la longue sèche défavorable sont capables de s'y installer et de s'y multiplier (Ozenda, 1982).

Par ailleurs, la productivité des écosystèmes arides est extrêmement faible en raison de l'insuffisance et de la variabilité des précipitations d'une part et du faible niveau de fertilité des sols d'autre part (Abdelguerfi ; Laouar, 2000).

La maigre végétation qui se développe dans ces zones arides a été utilisée depuis les âges les plus reculés comme source d'alimentation pour la faune sauvage et pour les animaux domestiques. Ainsi différents systèmes pastoraux extensifs ont été établis dans ces territoires. Ces systèmes se basent sur l'élevage d'animaux rustiques capables de résister aux températures élevées et aux disettes fréquentes qui caractérisent ces zones. Les stratégies traditionnelles, qui ont permis l'adaptation des hommes et des animaux à de telles conditions difficiles, reposent sur certaines formes d'organisations sociales et sur une grande mobilité liée à la recherche de points d'eau et de sources d'alimentation.

Associée à une faible pression humaine et animale, cette mobilité a permis, jusqu'à une période relativement récente, de maintenir l'équilibre des écosystèmes naturels. Mais avec l'accroissement démographique et par suite de la sédentarisation d'une grande partie de la population et de la réduction de l'amplitude de la transhumance, des modes d'exploitation agro-pastoraux se sont substitués aux modes pastoraux traditionnels et ont engendré une rupture de cet équilibre.

En effet, on assiste à une extension progressive de l'agriculture au détriment des meilleurs espaces pastoraux dont la végétation a été détruite par des moyens mécaniques de plus en plus puissants. Cette destruction est également aggravée par l'accroissement de la pression animale sur des surfaces pastorales de plus en plus réduites et par l'augmentation du prélèvement des produits ligneux destiné à la satisfaction des besoins en combustibles ainsi qu'à d'autres usages divers (artisanat, clôture...).

Ces différents phénomènes ont conduit à accroître la fragilité des écosystèmes, à réduire leur capacité de régénération et à diminuer leur potentiel de production. Dans les zones les plus fragiles, la surexploitation des ressources naturelles a induit un accroissement de la sensibilité à la désertification et des formes de dégradations quasi – irréversible (Mederbal, 1996).

Les zones arides et semi-arides ont une *grande* importance parce qu'elles couvrent une grande partie des pays du pourtour méditerranéen (les pays du proche orient et de l'Afrique du

nord : Arabie Saoudite, Iran, Irak, Jordanie, Liban, Syrie, Turquie Algérie, Egypte, Libye, Maroc, Tunisie).

Ces régions présentent entre elles de nombreuses similitudes en raison du climat, malgré leur grande diversité.

Pour les régions semi-arides, les précipitations annuelles sont comprises entre 300 et 600mm et pour les régions arides, elles sont comprises entre 100 et 300mm. Par ailleurs, pour les régions qualifiées de désertiques, les précipitations sont inférieures à 100 mm. Globalement, dans l'ensemble de ces territoires, les pluies sont très irrégulières concentrées en hiver, alors que les étés sont longs chauds et secs. Ce type de régime climatique conditionne totalement la vie agricole et pastorale de ces régions. Toutefois "les spécialistes reconnaissent que l'aridisation s'accroît sous l'effet d'un mauvais aménagement, par l'homme, des ressources que la nature a mise à sa disposition" (Baumer, 1974 in Boulahoaut 1993).

1.2- Définition des zones arides et de la désertification

Globalement, les zones dites arides sont celles qui reçoivent en moyenne moins de 600mm de pluie par an. Elles représentent environ 1/3 de la planète et elles occupent:

- 52% du continent Africain;
- 14% du continent Américain;
- 34% de l'Asie;
- 61% de l'Australie.

En Europe le seul pays réellement concerné est l'Espagne (80% du territoire).

Dans le climat aride en général, des nuances vitales sont reconnues; on distingue:

- Le désert érémitique total qui reçoit moins de 50mm d'eau par an;
- Le climat hyper-aride, dont la pluviosité annuelle oscille entre 50 et 100mm;
- L'aride, entre 100 et 400mm;
- Le semi-aride (400 à 600mm)

Dans l'érémitique et l'hyper-aride, il n'y a pas grande chose à faire. La vie ne peut s'organiser qu'autour de points d'eau. On aura donc une agriculture oasienne ou des parcours exploités sur de courtes durées.

Dans les zones semi- arides, l'agriculture pluviale est possible sur les meilleures terres.

Des systèmes d'associations agriculture - élevage sont fréquents. Les régions dites arides sont quant à elles à vocation pastorales (quoique une agriculture marginale peut se rencontrer jusqu'à 250mm de pluie/an)

Ces régions arides et semi-arides majoritairement situées de par et d'autre des tropiques sont des zones tampons entre les terres relativement bien arrosées et les déserts.

Ces régions connaissent depuis plusieurs décennies des dégradations qui risquent de conduire à une stérilisation irréversible dont l'équation est simple: milieu naturel fragile + sécheresse épisodiques + fortes pressions humaines = désert.

Dans les recherches sur les écosystèmes des régions arides et semi-arides, beaucoup de chercheurs ont essayé de définir la désertification:

- Pour Rozzanov (1977) in Mederbal, (1996), " la désertification, un processus naturel ou anthropique, est un changement irréversible du sol et de la végétation des zones arides vers une irradiation et la diminution de la productivité biologique. Dans les cas extrêmes, ce processus peut mener jusqu'à une désintégration totale du potentiel biotique et la transformation du territoire en désert " ;
- Pour les scientifiques de l'institut des déserts à Achkhabad, "l'intensification ou/et l'élargissement des conditions désertiques constituent un processus qui mène à la diminution de la productivité des écosystèmes ; cette diminution, à son tour, mène à la

diminution des ressources pastorales, de la productivité agricole et à la détérioration des conditions de la vie humaine ” ;

- Pour Zonn, “La désertification englobe tous les processus de dégradation biologique quel que soit leur facteur ou l’endroit où ils apparaissent. Pour Khellil (1995), “ la désertification est un phénomène complexe qui génère une dégradation irréversible du sol et de la végétation et qui a comme principale cause les activités humaines ”.

A l’unanimité, le concept désertification, utilisé par l’ensemble des auteurs, signifie la régression de la végétation sous des climats arides semi-arides ou même subhumides.

2- Importance du surpâturage, du défrichement et de la désertification et de leurs impacts sur la diversité biologique

2.1- Préambule sur le phénomène désertification, conséquence du surpâturage et du défrichement

La désertification, qui se manifeste donc par des paysages désertiques, est un ensemble d’actions impliquant la réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal; Elle touche environ 70% de la totalité des terres arides (FAO, 1980, 1995).

Les phénomènes de désertification ont été révélés au monde par la terrible sécheresse du Sahel qui a pratiquement duré de 1970 à 1985, avec deux culminations (1973 et 1985). On se rappelle tous des silhouettes faméliques que les médias ont longuement diffusées.

En effet, l'accroissement de la production agricole et alimentaire dans les zones arides a été obtenu dans une faible mesure par l'augmentation des superficies irriguées et dans une large mesure par l'extension des superficies cultivées.

L'accroissement des produits de l'élevage a été obtenu par l'accroissement de la charge des pâturages où les surfaces cultivées ont été implantées sur les terres marginales des zones montagneuses et sur les steppes des régions arides. L'augmentation de la production de viande a été obtenue par l'accroissement du cheptel et par conséquent les forêts, les maquis, les garrigues et les steppes arides ont été fortement perturbés. Donc, l'accroissement de la production agricole s'est effectué au détriment des ressources naturelles.

Pour l'intensité de l'érosion (considérée comme forme de désertification) et son évolution les chiffres sont alarmants:

- Les pertes de sol dans certains versants sont de l'ordre de 1 à 7 mm/an;
- Les pertes de surface agricoles atteignent localement 3%/an;
- Dans les pays de l'Afrique du Nord seulement on remarque qu'environ 130.000ha de terres cultivées (0,6%) sont détruites annuellement par l'érosion hydrique (40.000ha pour l'Algérie seule).

Il a été démontré qu'aucune variation systématique du climat ne cause la désertification mais seule la pression de l'homme et ses animaux sont responsables. A juste titre le grand Biologiste Dubos, 1974, affirme : "il faut reconnaître que l'histoire est chargée de désastres écologiques causés par l'intervention humaine, autant d'ailleurs que par des catastrophes cosmiques ou telluriques. Mais je crois, néanmoins, qu'avec l'amour de la terre, et l'aide de la science, nous pourrions créer des environnements écologiquement stables, économiquement rentables d'une esthétique agréable, et compatibles avec une croissance continue de la civilisation".

Donc, l’influence grandissante de l’homme et de ses animaux, sous l’effet d’une croissance démographique galopante, a induit la création de désert; le climat n’est qu’une circonstance favorable.

Les conséquences de la pression démographique sont :

- Le surpâturage, causé par un accroissement important des troupeaux, tend à suivre l’accroissement démographique ;

- La destruction des espèces ligneuses, pour satisfaire les besoins des populations en bois ; plusieurs milliers d'hectares de forêts et de steppes sont détruites chaque année;
- L'extension des forages, sans organisation pastorale ; les points d'eau, à grand débit, provoquent de grandes concentrations de troupeaux autour des forages détruisant ainsi tous les pâturages.

Beaucoup de travaux ont été accomplis depuis ; on sait mieux ce qui se passe dans ces régions, arides à vocation pastorale.

L'exposé ci-après dresse une synthèse sur le phénomène désertification en s'appuyant essentiellement sur l'exemple de l'Afrique du Nord, sachant, que sous des formes différentes les mêmes causes engendrent les mêmes conséquences, quelque soit la région.

2.2- Compréhension des mécanismes de la désertification des zones arides

2.2.1- Ingrédients d'un milieu naturel fragile

Rappelons que les caractéristiques du milieu, bien connues, sont les suivantes :

1) pluviosité: Elle est réduite par définition et irrégulière. L'irrégularité est à la fois inter annuelle et inter saisonnière. L'effet de cette irrégularité sur la végétation est plus que proportionnel. Certains scientifiques estiment qu'une variation de 1% de la pluviosité entraîne une variation de 1,5% de la phytomasse produite;

2) Pluies: Elles sont orageuses et brutales. Le diamètre d'une goutte de pluie est souvent supérieur ou égal à 2mm. Si le sol est découvert, ces gouttes arrivent avec force et arrachent les particules fines de sol;

3) Températures et amplitudes thermiques: Elles sont élevées, ce qui a des effets sur les bilans hydriques et humiques des sols;

4) Vents: Ils sont violents et ne rencontrent souvent pas d'obstacles pour les freiner. Les éléments fins des sols libérés par une remise en mouvement sous l'action des instruments aratoires ou tout simplement par un appauvrissement du sol en matière organique peuvent être transportés dès que le vent monte à 10km/h;

5) Sols: Ils sont souvent squelettiques et pauvres en matière organique. La couche exploitable par les racines est généralement peu épaisse (dans bien des cas la roche mère est pratiquement affleurante). La quantité d'eau que peut stocker le sol au profit des plantes est donc limitée et aura tendance à s'amenuiser si des phénomènes d'érosion décapent la surface. Or cette matière organique assure la cohésion des particules de sol et leur organisation en mottes qui résistent mieux à l'action de la pluie et du vent. Les éléments fins vont se diluer dans l'eau, colmater la surface et constituer au séchage une pellicule fine mais compacte et très dure. Ce véritable glaçage de la surface empêche les pluies de s'infiltrer, l'eau ruisselle et creuse des ravines, etc. De plus les graines qui germent ne peuvent pas percer cette croûte et meurent. Des surfaces considérables sont concernées par ce phénomène. Ces paysages typiques s'observent de l'Afrique du Nord au Moyen orient et au sud de l'Europe (Espagne) dans la région méditerranéenne.

6) Sécheresses: Elles sont définies comme un déficit en pluie par rapport à la moyenne, ne sont pas un phénomène nouveau dans les zones arides. D'ailleurs l'année moyenne ne survient que rarement. On a beaucoup parlé de la sécheresse au Sahel de 1970-85, mais cette région a connu 3 épisodes similaires depuis le début du siècle (1895-1905, 1910-1916 et 1938-1943). Ces épisodes sont méconnus parce qu'à l'époque l'activité humaine était limitée. La flore et la faune des zones arides sont adaptées à ces cycles de sécheresse et sont dotées des facultés nécessaires pour les surmonter. Dans les zones protégées et mises en défens on s'aperçoit que la sécheresse ne laisse pas de trace sur le milieu (ex frontière algéro-marocaine). Tout le monde reconnaît que la sécheresse, en elle même, n'est pas un facteur de désertification. C'est l'activité humaine qui dégrade. La sécheresse est une circonstance aggravante qui provoque des bonds à la désertification. Face à la persistance de problèmes écologiques et socio-économiques liés à la sécheresse et à la désertification, il y a eu une conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le

Développement (CNUED) à Rio (Brésil) en juin 1992 où les Etats Africains ont évoqué leurs problèmes. La communauté internationale a été amenée à décider, au plus haut niveau politique, d'établir une convention internationale sur la lutte contre la désertification, reconnaissant que cette dernière est un problème environnemental de caractère global qui requiert des mesures urgentes. La convention a été adoptée le 17 juin 1994 à la suite de la 6^{ème} session de son comité intergouvernemental de négociation tenue au siège de l'UNESCO. Globalement, la grande sécheresse, qui a affecté tout particulièrement l'Afrique sahélienne, à la fin des années 1970, a mis en exergue les souffrances humaines et les catastrophes écologiques occasionnées par ce phénomène (Regagba, 1999).

2.2.2- Processus de la désertification

Le scénario est toujours le même quelque soit l'endroit, même si les itinéraires et la durée des étapes qui conduisent à la désertification sont différents: on assiste à une régression du tapis végétal qui va passer par plusieurs gradations. Les diminutions quantitatives sont suivies par un changement de la composition floristique. Les plantes sont de plus en plus rabougries et inintéressantes. Graduellement le sol découvert subit l'action du vent et de la pluie ; les phénomènes d'ablation et de décapage laissent des étendues caillouteuses tandis que le transport et l'accumulation créent des paysages dunaires.

Plusieurs formes de dégradation peuvent conduire à la formation du désert:

1) Défrichements: C'est l'action la plus brutale. Que ce soit par brûlis ou par traction mécanique, la mise en culture détruit totalement la végétation naturelle. Les sols défrichés, perdant rapidement leur fertilité, sont laissés en jachère et ils ne peuvent remonter à leur niveau antérieur tant que ces jachères steppisées sont pâturées.

2) Surpâturage: La végétation diminue progressivement et finit par disparaître. Seules les plantes délaissées par les animaux colonisent les parcours, mais elles sont généralement sans grand intérêt pour la protection des sols (petits épineux, ...)

3) Eradication des espèces ligneuses: Pour beaucoup de sociétés, le bois est la seule source d'énergie domestique. Un pays comme le Burkina Faso dépend à 85% du bois de chauffe. Au début, les arbres sont abattus, puis les plantes steppiques plus ou moins ligneuses sont arrachées. (Exemple des paysages en auréoles typiques autours des agglomérations africaines).

4) Salinisation: Dans les zones cultivées en irrigué, il peut se produire une stérilisation définitive des terres par accumulation de sels toxiques. Les eaux utilisées sont fréquemment chargées de sels. Comme les températures sont élevées, l'évaporation provoque une concentration de ces sels dans le sol, jusqu'à un niveau insupportable par les végétaux. Ce problème est dramatique dans certains pays comme l'Egypte.

5) Extirpation des plantes à usage médical ou industriel: Certaines plantes médicinales sont extirpées à outrance en Asie (Chine). En Afrique du Nord on peut citer la cueillette de l'Alfa pour les usines de pâte à papier.

Le bois dans différentes actions de dégradation est naturellement variable, mais la mise en culture, le surpâturage et la coupe de bois explique à eux seules 80 à 90% des surfaces désertifiées.

Les résultats nationaux sont donnés en pourcentage du PIB (produit intérieur brut) pour les pays d'Afrique du Nord. Pour l'Afrique sub-saharienne, les coûts de la dégradation des terres sont présentés en pourcentage du PIB agricole (PIBA) compte tenu de l'importance du secteur primaire dans ces pays.

2.2.3- Crise du pastoralisme

La surexploitation des milieux arides, et la désertification qui en découle, est un phénomène propre au 20^{ème} siècle. Pendant des siècles les sociétés agro-pastorales étaient un exemple parfait d'équilibre entre l'homme et le milieu naturel.

Le principe de base de l'équilibre agro-pastoral est la mobilité. Les sociétés pastorales étaient nomades ou semi-sédentaires, pratiquant la transhumance. La règle était de ne jamais rester trop longtemps au même endroit. La pression sur le milieu était donc répartie dans le temps et dans l'espace, au rythme des saisons.

En guise de rappel de l'équilibre agro-pastoral nord-africain, qui a survécu jusqu'à la veille de la colonisation on peut retenir que :

- en hiver, les campements sont installés aux portes du désert. Il y fait plus chaud, et les quelques pluies automnales et hivernales suffisent pour assurer une végétation éphémère à poussée rapide;
- au printemps, en remontant vers les hautes plaines steppiques, les pluies d'automne et d'hiver favorisent une végétation abondante utiles pour les brebis en période d'agnelage ;
- en été, en avançant vers le tell, c'est à dire vers les hautes plaines céréalières, il y avait encore suffisamment de terres incultes pour les bêtes, qui profitent en plus des chaumes. Par ailleurs, pendant que les nomades sont employés comme main d'œuvre saisonnière sur les chantiers de moisson-battage, ils font leur réserve de grain pour l'année quand ils redescendent vers la steppe.
- en automne, sur la steppe de nouveau, la végétation pérenne est suffisante pour le cheptel. Si l'année est mauvaise, la disette et les maladies se chargent de remettre les effectifs à un niveau compatible avec les ressources fourragères. Quelques labours sont effectués, mais uniquement sur des zones d'épandage de crues ou sur des bas fonds ou des cuvettes à sols profonds. Ces champs seront récoltés, au retour, lors de la migration de printemps. La descente vers le désert pour les quartiers d'hiver s'amorce avant les grands froids.....

Ce système fonctionnait avec une organisation et des institutions tribales et un droit coutumier reconnu et respecté de tous. Les mutations profondes qu'il a connues depuis un siècle sont défavorables à une gestion rationnelle des ressources.

Néanmoins, ces systèmes agro-pastoraux connaissent, depuis quelques décennies, des mutations profondes avec comme causes principales :

1) Démographie: C'est l'une des principales causes. Elle a littéralement explosé depuis le début du siècle. Pratiquement la population double tous les 20 à 30 ans, selon les pays, soit 25 ans en moyenne, en particulier depuis les années 50. Il faut donc cultiver plus de terre, élever plus d'animaux et couper plus de bois pour se chauffer.

Par ailleurs la plupart des pays concernés connaissent une nette amélioration du niveau de vie et une certaine urbanisation. La demande en viande et produits céréaliers a donc augmenté encore plus vite que la population ; ce qui aggrave davantage les pressions sur les terres.

2) Désorganisation de la société pastorale :

Plusieurs facteurs sont responsables de cette désorganisation sociale:

a) Etat : Les sociétés pastorales se sont heurtées à la montée des états, introduits par la colonisation. C'est l'état qui détient le pouvoir. Du coup, les institutions traditionnelles sont devenues inutiles et ont disparu. Les jeunes états ont poursuivi la même politique de consolidation des structures étatiques. Les sociétés nomades, jugées rétrogrades, sont poussées à la sédentarisation à cause du problème de contrôle politique.

b) Fixation volontaire : Beaucoup de nomades sont attirés par le standard de vie moderne et se sont d'eux même sédentarisés. La scolarisation explique beaucoup cette sédentarisation car les jeunes instruits ne veulent plus courir derrière les brebis !

Le rythme de ces fixations évolue en fonction des opportunités ou des grandes crises climatiques ou même politiques (cas du Sahel ces derniers temps: fixation pour raisons de sécurité ou par souci de diversification des ressources par crainte d'une nouvelle sécheresse).

La sédentarisation et la semi-sédentarisation ont aggravé le problème des défrichements ainsi que la concentration des troupeaux autour des habitations.

c) Obstacles aux migrations : Les frontières des jeunes pays sont des obstacles aux déplacements traditionnels. Une même tribu peut avoir ses différents lignages éparpillés entre plusieurs pays et être coupée de ces couloirs traditionnels de nomadisation.

A l'intérieur d'un même pays les obstacles au nomadisme ne manquent pas non plus :

- Le développement des cultures pérennes au détriment des céréales ;
- Appropriation et exploitation de terrains qui étaient anciennement des friches servant de parcours ou d'aires de stationnement.

d) Erreurs de politique économique : Pour avoir des ressources, les terres les plus productives sont souvent affectées à des cultures à forte valeur ajoutée. Les populations se rabattent sur les terres marginales pour les produits vivriers et réduisent ainsi les espaces pâturés. Dans d'autres cas, pour parvenir à l'autosuffisance en viandes rouges ou tout simplement pour venir en aide à des éleveurs frappés par la sécheresse, beaucoup de gouvernements ont encouragé la supplémentation en important et en mettant à la disposition des pasteurs des quantités considérables d'aliments de bétail d'origine industrielles concentrés. L'alimentation étant disponible à un prix dérisoire, on peut se contenter de parcours très pauvres dont le rôle est désormais d'assurer l'encombrement uniquement. Les pasteurs ont donc été encouragés à détenir des sureffectifs, là où il aurait fallu les réduire. Plus grave encore, en raison des super profits que l'activité génère, des spéculateurs citadins, qui n'ont jamais été pasteurs, investissent dans l'élevage et utilisent les services des bergers sans troupeaux. Certains observateurs, un peu sévère, ont dit, à ce propos, que "l'Algérie a subventionné la désertification des steppes".

e) Progrès technique et techniques agressives : Les pratiques d'exploitation se sont modernisées. Elles permettent de labourer davantage de terres et de détenir des cheptels excessivement importants :

Le camion ramène sur les parcours non seulement des concentrés mais aussi de la paille;

L'accès aux soins vétérinaires permet de réduire la mortalité, alors qu'anciennement les disettes et les maladies jouaient un rôle de régulateur naturel;

Le camion citerne ou la citerne tractée, ramènent l'eau sur place. L'éleveur n'a plus besoin de se tenir à proximité des points d'eau.

L'ensemble de ces facteurs concourt à une augmentation vertigineuse du nombre d'animaux. et à leur concentration dans des zones sévèrement surpâturées.

Le tracteur défriche et laboure en une journée ce que l'attelage animal exécute en 10 jours. Comme on a besoin de plus en plus d'orge, on laboure de plus en plus d'espaces qui donneront dans le meilleur des cas 3 quintaux de grains par hectare. Si l'année climatique est défavorable les espaces labourés sont pâturés en vert.

f) Statut foncier : A l'origine, la terre appartenait à des collectivités qui vivaient en communauté et les exploitaient collégalement. De nos jours les terres sont statutairement restées collectives, ou sont devenues propriété de l'état qui accorde un droit de jouissance aux pasteurs. Or la notion de communauté s'est considérablement amenuisée. Les liens tribaux et familiaux ne sont plus les mêmes. Le mode d'exploitation de la terre obéit à des règles de rentabilité, de spéculation, pour atteindre des objectifs individuels. Comme la terre appartient à tout le monde, elle n'appartient de fait à personne et il n'y a pas plus de lien entre le sort de l'exploitant et celui de la terre. Personne ne veut donc investir dans la préservation de l'écosystème ni même accepter d'imposer la discipline qu'exige une gestion rationnelle. Ce problème foncier est pris en charge depuis quelques années par de nombreux pays. Après plusieurs expériences d'organisation pastorale, l'Algérie a préparé une loi pastorale dont l'aboutissement est ralenti par les événements actuels. La Tunisie a essayé de créer des exploitations coopératives mais ce fut un échec. En effet, en Tunisie, des titres de propriété privée ont été consentis à ceux qui en mirent en valeur des terres, notamment par des plantations d'oliviers. Ceci a abouti à une extension de l'olivier au détriment des parcours, aggravant ainsi le

surpâturage sur les parcours déjà surchargés, sans que l'olivier produise grand chose, puisqu'il a été installé dans les zones de trop faible pluviosité et ne donne qu'une récolte tous les huit ans. De ce fait, la plantation est plus un moyen d'obtenir un titre de propriété qu'une véritable mise en valeur. Enfin on peut signaler que le Maroc est également préoccupé par ce problème foncier avec, notamment, un essai d'implantation de coopératives pastorales dans la partie Orientale du pays.

La question foncière n'est donc pas simple :

- Que faire des ayant droits qui n'ont pas de troupeaux ou qui ont migré?
- Ne risque-t-on pas de morceler à outrance les parcours et de rendre la transhumance impossible?
- Que faire du droit coutumier qui reconnaît plus ou moins le droit de propriété à celui qui exploite sans interruption une parcelle?
- Que faire des éleveurs urbains et périurbains actuels?

Les enjeux sont importants et des conflits déjà chroniques risquent de dégénérer.

L'ensemble des problèmes évoqués concourt ainsi à exercer de fortes pressions sur les milieux arides déjà fragiles.

La situation des zones arides bien que critique n'est pourtant pas désespérée. Des signaux permettent partout d'espérer l'infléchissement de la dynamique régressive.

3- Impact du phénomène désertification sur la diversité biologique

3.1- Impact du surpâturage sur la diversité biologique

Précisons que le surpâturage est dû à l'accroissement du cheptel lié à une réduction de l'offre fourragère. Par ailleurs, au niveau des écosystèmes steppiques par exemple, l'exploitation des forages et des points d'eau à grand débit, sans organisation pastorale, provoque de grandes concentrations des troupeaux autour des forages et provoque la formation d'auréoles désertifiées sur des rayons de 5 à 15 km perceptibles sur les images satellites (Mederbal, 1992).

En outre, le surpâturage en forêts ou en steppe a pour conséquences d'éliminer par broutage les jeunes régénérations, les branches basses, et les rejets. Par ailleurs les effets du piétinement sur le sol et la végétation sont graves: tassement, solifluxion, écrasement des végétaux, etc...

Devant une situation dramatique, l'interdiction de pâturer a été initiée. Néanmoins, en dépit du contrôle des services forestiers, un accroissement souvent exponentiel des têtes de bétail a conduit en quelques décennies à une régression dramatique et souvent irréversible du couvert végétal. Ce surpâturage quasi permanent a stoppé les régénérations, transformé la steppe en "désert" et beaucoup de forêts en un piqueté d'arbres ébranchés et a profondément modifié le tapis herbacé associé.

Aux espèces caractéristiques du cortège sylvatique des écosystèmes forestiers, souvent de haute valeur pastorale, a succédé une forêt à tapis ras d'annuelles dans le meilleur des cas, ou une forêt envahie par les espèces non appréciées. Ces forêts à annuelles (forêts-parcs) sont maintenant présentes en Algérie sous presque toutes les essences: *Pinus*, *Quercus*, *Tetraclinis*, *Cedrus*, etc... (Quézel, 2000).

Il faut noter qu'actuellement, les charges tolérables sont 2 à 3 fois plus élevées (Quézel, 2000). Toutefois des initiatives de mise en défens (stricte ou contrôlée), au niveau des parcs nationaux (cas des écosystèmes forestiers) et dans la région steppique, ont induit une remontée biologique remarquable et une reprise d'extension de la végétation.

3.2- Impact du défrichement sur la diversité biologique

Rappelons que, au niveau de la région steppique, le défrichement a pour origine l'extension de la céréaliculture qui a été fortement amplifiée par l'introduction de la mécanisation et des labours réalisés à l'aide de tracteurs équipés de charrues à disques. Cette mécanisation, inadaptée aux conditions écologiques de la steppe, entraîne également la stérilisation des sols. Nul n'ignore

d'ailleurs, y compris une très large frange d'éleveurs, que les labours dans la région steppique, foncièrement pastorale, constituent le coup de grâce qui met fin définitivement, et d'une manière irréversible, à toute forme de vie végétale.

Notons qu'au cours des dernières années (et bien que des statistiques officielles soient impossibles à obtenir!), les surfaces cultivées au niveau des franges inférieures des forêts ont été multipliées par 4 ou 5 (Quézel, 2000).

Un autre type de défrichement anarchique est celui qui se produit à proximité des agglomérations. En effet une exploitation intensive conduit progressivement à leur disparition.

D'autres actions brutales comme les brûlis répétitifs, ou les jachères pâturées, favorisent le défrichement.

Malgré plusieurs cris d'alarme, la situation ne risque que de s'aggraver dans les prochaines années tant que la législation forestière n'est pas appliquée.

3.3- Menaces de la désertification sur la biodiversité

Rappelons que la désertification, conséquence de phénomènes tels que le défrichement ou le surpâturage, englobe tous les processus de dégradation biologique quelque soit leurs causes ou l'endroit où ils apparaissent.

Le lien entre désertification et occupation humaine apparaît donc comme un concept généralisable et la FAO propose que ce lien soit clairement exprimé par une définition plus précise: "la désertification est l'ensemble des facteurs géologiques, climatiques, biologiques et humains qui conduisent à la dégradation des qualités physiques, chimiques et biologiques des terres des zones arides et semi-arides et mettent en cause la biodiversité et la survie des communautés humaines".

L'action de l'homme se traduit par un double effet défavorable sur la biodiversité végétale :

- La dominance, en raréfiant les populations de la plupart des espèces, et l'extension d'un tout petit nombre d'espèces opportunistes;
- L'extinction de certaines espèces de la totalité de leur aire de répartition géographique ; selon certaines estimations, 25 à 75000 espèces végétales devaient disparaître avant l'an 2000. Or, 60% de médicaments sont issus du règne végétal et on estime qu'une espèce sur 1000 à 10000 présente des propriétés pharmacologiques remarquables.

Par ailleurs, les causes du déclin des espèces animales de grande taille peuvent être multiples. Elles sont directement liées la chasse à laquelle se livre l'Homme ou indirectement à des pressions anthropozoogènes induisant la destruction des niches écologiques.

La réduction de la biodiversité est souvent présentée comme un problème environnementale, mais ces causes fondamentales sont essentiellement sociales économiques et politiques. En effet, la tendance à la monoculture (uniformité génétique) agricole et forestière sur de vastes territoires entraîne la disparition de nombreuses espèces de flore et de faune sauvage qui avaient besoin d'un milieu diversifié pour se nourrir tout l'année et survivre.

La diversité génétique disparaît des champs cultivés au fur et à mesure des succès mêmes de l'alimentation des plantes et l'intensification de l'agriculture. Il s'agit de l'érosion génétique qui se manifeste selon trois niveaux :

- Diminution de la diversité interne aux variétés, par la généralisation de variétés génétiquement homogènes ;
- Diminution du nombre des variétés cultivées au sein d'une espèce ;
- Diminution du nombre d'espèces cultivées.

Cette érosion génétique est reconnue comme étant la principale cause d'extinction des espèces (FAO, 1995). Elle (l'érosion génétique) est, à ce titre, un index révélateur du déséquilibre et de la dégradation des écosystèmes.

4- Espoirs de retour à une dynamique progressive

4.1- Changements de mentalités (dans l'approche du pastoralisme)

Il y a quelques années le pasteur était considéré avec mépris. C'est un prédateur exclu systématiquement de tous les projets qui le concernent en premiers chefs. Il n'était pas sensé savoir ce qui est bon pour lui même. Les actions de développements suscitaient donc son indifférence et bien souvent son opposition. Aujourd'hui, son savoir faire, basé sur une connaissance séculaire de son milieu lui est reconnu. Techniciens du développement et scientifiques sont graduellement passés d'une attitude d'exclusion et de mépris à une démarche participative dans les années 70. Depuis les années 80, gouvernants, agents de développement et scientifiques adoptent une attitude ethnoncentriste et associative. On reconnaît désormais qu'un projet ne peut aboutir que s'il est global et porté par la population cible.

Les ONG (Organisations Non Gouvernementales) ont également abandonné l'assistanat. Les projets en cours sont multi directionnels et s'appuient sur des institutions traditionnelles qu'on tente de réactiver.

4.2- Volet foncier et juridique

La prise de conscience est générale. Chaque année des rencontres internationales se tiennent. Des formes d'organisation variées sont expérimentées un peu partout.

4.3- Progrès technique et scientifique

Le potentiel de progrès technique et scientifique, prêt à être appliqué, est important mais les freins à son exploitation sont les sempiternels problèmes de moyens d'organisation d'hommes formés et compétents, de règles de fonctionnement consensuel. Par conséquent, la désertification des milieux arides n'est que l'une des facettes du sous développement. Protéger les milieux arides passe par le développement des sociétés concernées.

5- Approche possible pour le développement des zones arides

Après notre bref exposé de “ la problématique générale de la désertification des zones arides ”, nous retenons que la dynamique régressive des écosystèmes arides n'est que la manifestation d'une dynamique socio-économique, caractérisée par une forte démographie et des méthodes d'exploitation du milieu de plus en plus agressives.

Souvent des études plus au moins sectorielles consacrées à la désertification, établissant des diagnostics à posteriori sur l'état du milieu, peuvent conduire à des attitudes plus réparatrices que préventives: on agit sur les effets et non sur les causes. Par conséquent on en est en dessous des espérances pour trois raisons essentielles:

1) Les surfaces traitées ne peuvent être que marginales par rapport aux espaces dégradés. La situation économique du pays ne permet, dans aucun cas, de dégager des ressources suffisantes pour infléchir une dynamique de dégradation par une dynamique de restauration;

2) Le traitement technique de la dégradation n'est pas toujours accueilli favorablement par les populations qui peuvent le juger inadapté à leurs intérêts. Il s'ensuit que, tôt ou tard, la dynamique régressive revient ;

3) Bien que disposant d'une certaine avance, les connaissances phytoécologiques ne permettent pas encore de maîtriser les espèces clés de voûte à introduire ou réintroduire pour rétablir l'ancien équilibre ou créer un nouvel équilibre mieux adapté aux modes d'utilisation de l'espace .

Beaucoup de travaux consacrés à la mise au point de modèles de gestion rationnels (Algérie, Tunisie) ou de modèles prévisionnels des ressources, afin de réagir à temps par des actions de régulation, ont également connu peu d'application sur le terrain. On bute toujours sur les éternels

problèmes de rigidités structurelles et de pénurie de moyens: passer de la compréhension d'un phénomène à l'action n'est pas évident. Aussi efficaces que soient les techniques, elles doivent, pour être appliquées, rencontrer sur le terrain des structures réceptives et propices au changement et c'est précisément là le principal blocage car bien souvent l'efficacité de la lutte contre la désertification dépend davantage des changements qualitatifs que du volume de ressources qui lui seront consacrées.

Depuis la fin des années quatre-vingts, les approches holistiques des phénomènes de désertification et plus largement du développement agro-pastoral se sont bien répandues. On reconnaît désormais qu'il faut raisonner en termes de "développement participatif" et "durable".

En matière de lutte contre la désertification, cette nouvelle approche consiste essentiellement à stimuler et accompagner l'évolution des systèmes agro-pastoraux vers des formes d'exploitation qui concilient les intérêts des populations et l'équilibre écologique.

Les rappels précédents montrent l'intérêt de se placer dans un contexte de recherche-action et d'observer les deux règles ci-après:

1) Réunir dans une même approche, la dynamique socio-économique et la dynamique biophysique, car ce n'est qu'en saisissant correctement les interactions entre ces deux dynamiques que l'on peut envisager les changements structurels qui auront un impact sur l'exploitation du milieu;

2) Utiliser des méthodes d'analyse et des échelles de perception qui soient reconnues et admises à la fois par le chercheur, l'agent de développement et l'agro-pasteur. Il est, en effet, difficile d'engager une action de développement concertée si les participants ne parlent pas le même langage ou utilisent des échelles d'appréciation différentes.

En effet, le constat désertification = crise de gestion des ressources étant largement reconnu, on admettra que la confrontation des ressources disponibles aux modalités d'utilisation exprimera l'intensité des pressions humaines et par conséquent les dynamiques prévisibles.

Ce sont ces deux éléments fondamentaux, ressources naturelles- mode d'utilisation par l'homme, qui concentrent l'attention des groupes sociaux en présence et des institutions impliquées dans les milieux arides.

En définitive c'est autour de ces deux éléments que vont se déployer les stratégies des uns et des autres.

C'est bien là le point de départ de toute action de développement concertée. Technicien et agro-pasteur sont conduits à raisonner en termes de potentialités et de pratiques d'exploitation.

Dans les milieux arides, les ressources les plus convoitées sont les sols, la végétation et l'eau. Chacune de ces ressources peut être identifiée par les spécialistes (agronomes, pédologues, hydrologues, économistes, écologues...) par un grand nombre d'indicateurs.

De même que pour les ressources, les modes d'exploitation s'expliquent par une multitude de variables (naturelles, sociales, économiques, juridiques,...) interactives.

Dans le cadre d'une étude, qui se veut intégrée et simplificatrice, il est préférable de choisir des indicateurs synthétiques. Les approches factorielles classiques exigeantes en pluridisciplinarité, en moyens d'investigation et en temps sont difficilement reproductibles sur tous les sites.

Les indicateurs suivants doivent être connus :

1) Potentialités

- Sols: éléments associés à la capacité de rétention

Il est évident que les terres de meilleure qualité sont les plus appréciées soit pour leurs potentialités de production, soit pour leur aptitude à la mise en culture. En milieu aride le facteur limitant par excellence est l'eau. En priorité, il s'agit de connaître la capacité de rétention pour l'eau (en tenant compte des facteurs climatiques et topographiques) par rapport aux critères habituels de fertilité.

Deux voies méthodologiques peuvent être proposées: l'approche par les identifiants et celle par l'humidité rémanente.

- Ressources végétales: offre fourragère

Les systèmes agro-pastoraux, pratiqués actuellement dans les milieux arides, sont marqués par la diversité des ressources végétales. Il est donc difficile de pouvoir juger des stratégies d'exploitation des ressources par la seule végétation produite par les parcours. C'est la raison pour laquelle il est préférable de parler d'espaces pâturés.

L'attractabilité qu'exerce la végétation de ces espaces sur les hommes et les troupeaux pourrait s'expliquer par la quantité (phytomasse) et la qualité (valeur pastorale) de leur végétation fourragère utile.

- Eaux: étages bioclimatiques et réserves disponibles

Là encore, l'intérêt est à porter sur la part utile des eaux pluviales et mobilisables. En effet, si les gradients climatiques le justifient, il est souhaitable d'envisager de relier les données météorologiques enregistrées au sol aux données de télédétection pour approcher les pluies utiles.

Les réserves accessibles et prouvées (eau pour l'abreuvement et l'irrigation) doivent être également cartographiées parce qu'elles sont au centre de toutes les appréciations sur la valeur du milieu.

2) Pratiques d'exploitation : le système de production

Le système de production pourrait être retenu comme un indicateur synthétique qui exprime les stratégies humaines, face aux contraintes et opportunités qui caractérisent les milieux. Humain et naturel. Il s'agit du lien concret entre les deux dynamiques, biophysique et humaine.

L'analyse de chacun des éléments du couple ressource - exploitation ainsi que leur spatialisation nécessitent des méthodes qui leurs sont particulières, générant des couches d'information du SIG, qui s'articuleront comme suit:

- Le sol, l'offre fourragère, l'eau seront cartographiées et combinées pour découper le site étudié en zones équipotentielles.

- Parallèlement une enquête socio-économique approfondie sera consultée pour caractériser et comprendre le fonctionnement des systèmes de production, notamment les pratiques d'exploitations.

- Une représentation cartographique des différents systèmes de production peut être entreprise aux regards de critères qui leurs sont fortement corrélés et qui se prêtent à une spatialisation (cartographie ethno-lignagère et socio-foncière...).

- Localisés dans leurs zones de potentialités respectives, ceux ci expriment en principe des zones de potentialités et de pratiques d'exploitation, c'est à dire des unités de réflexion de concertation et d'action pour lutter contre la désertification.

L'évaluation des ressources fondée sur les techniques modernes de géomatique, et couplée avec une étude socio-économique et écologique paraît d'un grand intérêt, à condition de veiller à adapter les outils au contexte de recherche-action.

Les nouvelles technologies de l'information spatialisée ont suscité beaucoup d'espoirs en matière de lutte contre la désertification, mais leur impact sur la lutte elle même reste limité, bien que ces dernières aient largement contribué à mieux comprendre et surveiller le phénomène. Un effort d'adaptation au contexte de recherche-action reste donc à faire.

En effet, de l'avis de nombreux observateurs, la chaîne recherche-développement de ces technologies, bien que renforcée au sommet, n'atteint pas suffisamment l'utilisateur final.

L'idée de mettre les outils modernes d'investigation au service des utilisateurs n'est pas d'aujourd'hui. Déjà en 1990, la nécessité de développer des logiciels peu coûteux sur des outils micro-informatiques a été avancée. En effet dans une phase d'apprentissage et d'évaluation de l'outil télédétection, aucune structure raisonnable ne peut investir dans des équipements lourds.

Les méthodes de traitements des données doivent également être simplifiées ou plus précisément adaptées aux moyens d'investigation des collaborateurs locaux. Les pertes de performances dues à la modestie des équipements et des appareils de mesure peuvent être largement compensées par un atout majeur: la plus grande possibilité d'interprétation des données grâce à la connaissance du terrain par les partenaires locaux et à leur proximité des sites, ce qui autorise un nombre d'observations et de contrôles moins restrictifs. Associée à une bonne connaissance du terrain, l'exploitation de la valeur composite pixel peut s'avérer un raccourci avantageux, par rapport aux démarches analytiques qui consistent pour chaque investigateur à détecter des objets concernant sa propre discipline (Regagba, 1999).

Pour assurer l'utilisation des acquis et la continuité des programmes, il est utile d'inclure dans le partenariat des opérationnels de terrain, déjà impliqués dans une action et demandeurs de collaboration. Il ne s'agit pas de chercher des partenaires pour mener des travaux, mais bien de se greffer sur un "chantier en cours". Autrement dit cette recherche doit répondre directement ou indirectement à des besoins exprimés localement.

En conséquence, il est nécessaire voire indispensable que le dispositif de partenariat comprenne des structures de recherche et des structures opérationnelles qui ont des responsabilités de gestion sur le site. On pourra réunir ainsi, autour d'un thème et d'une interface d'exploitation de données géo-référencées fédératrice, des scientifiques et des praticiens.

Par ailleurs cette attitude associative sera également adoptée en cours d'élaboration et de validation des produits cartographiques vis à vis des agro-pasteurs. En effet, le développement durable paraît peu probable en l'absence de participation en phase d'investigation. Il est nécessaire d'associer, non seulement les praticiens de terrain mais aussi de tenir compte des savoirs traditionnels des usagers et de leur propre "perception de la ressource", qui sont fondamentaux dans le choix des pratiques d'exploitation.

Notre travail de recherche sera dirigé sur les écosystèmes arides (versant méridional de l'atlas saharien) et tente de s'intégrer dans cette nouvelle dynamique.

6- Objectifs visés

Pour ces choix techniques et méthodologique, qui doivent prévaloir dans une telle vision, nous tenterons donc de mettre en place une approche méthodologique visant à contribuer aux objectifs suivants :

6.1- Objectifs principaux

- Analyser les systèmes écologiques en basant sur la phytoécologie, la dynamique et l'écophysiologie de la végétation de ces territoires ;
- Comprendre les relations entre dynamique socio-économique et dynamique écologique à travers les rapports ressources- systèmes de production ;
- Créer une base de données phytoécologiques adaptée à des actions concertées de développement en intégrant dans le processus cartographique les visions des scientifiques, des praticiens et des agro-pasteurs.

6.2- Objectifs thématiques

- Identification des unités écologiques homogènes ;
- Evaluation des potentialités de ces unités écologiques homogènes ;
- Proposer des orientations d'aménagement pour chacune des unités (Unités Spatiales d'Aménagement) correspondant aux unités écologiques homogènes.

6.3- Objectifs méthodologiques

- Développer des méthodes d'étude simples peu coûteuses et adaptées aux besoins des opérationnels de terrain pour assurer un maximum de transferts scientifiques et techniques ;
- Exploiter le caractère composite d'une unité écologique homogène en essayant de détecter directement des descripteurs synthétiques, sans devoir passer par les classiques cartes factorielles, trop longues à obtenir.

Partie 2 : Diagnostic du milieu et analyse de la végétation de l'interface steppe – Sahara

Préambule :

Pour des raisons de cohérence de la démarche de notre travail, nous présentons ci-dessous un organigramme résumant la méthodologie que nous avons adoptée pour le diagnostic du milieu et l'analyse de la végétation :

<p>1 -Critères de choix et présentation du site d'étude (Territoire test d'El Bayadh) : L'idée directrice ayant guidé ce choix est d'obtenir des espaces différenciés pour aborder des situations écologiques diversifiées</p>		
<p align="center">2-Echantillonnage : (03) zones-tests ont été retenues et étudiées au niveau de la wilaya d'El-Bayadh : 1- Stitten ; 2- Ghassoul ; 3- Brézina ; L'emplacement des stations au niveau de ces zones-tests a été choisi selon des transects, N – S et E – W et il était guidé par la géomorphologie et la physionomie de la végétation.</p>		
<p>3-Analyse synchronique de la végétation à l'aide de la télédétection spatiale: typologie des unités de végétation à l'aide d'une CC de l'image Landsat TM du 11/04/87.</p>	<p>4-Analyse diachronique de la végétation à l'aide de la télédétection spatiale: suivi de la dynamique de la végétation en représentant les NDVI des images satellites Landsat TM de 1987 et 2001.</p>	<p>5-Etude de la flore et de la végétation: relevés floristiques exécutés durant la saison printanière selon la méthode de Braun-Blanquet (1951) en optant pour un échantillonnage stratifié, selon un transect N – S et en exécutant un relevé (au moins) au niveau de chacune des zones isophènes de la CC.</p>
<p align="center">6-Analyses pédologiques : granulométrie (Casagrande) ; CE (extrait acqueux) ; Ca total (Calcimètre de Bernard) ; CO (Anne, 1945) ; MO (MO/C= 1.72) ; P2O5 (Lorenz Sheffer) ; pH (électrométrie) ; Couleur (code Munsell).</p>		
<p align="center">7-Analyse multivariée : logiciel Minitab15</p>		
<p>8-Valoriation des espèces végétales d'intérêt médicinal : chromatographie (phase liquide), extraction de la matière végétale de 04 espèces (<i>Artemisia herba alba</i>, <i>Peganum harmala</i>, <i>Marrubium vulgare</i>, <i>Anacyclus valentinus</i>)</p>	<p>9-Ecophysiologie des espèces végétales phares présentant un intérêt écologique et pastoral: effet de la température sur le taux de germination des espèces.</p>	
<p align="center">10-Synthèse des données écologiques à l'aide des SIG: délimitation des zones écologiquement homogènes par croisement des cartes factorielles (lithologie, pentes et végétation).</p>		

1- Choix techniques et méthodologiques

Introduction

La préservation de la biodiversité, notamment en Algérie pré - saharienne, constitue une priorité identifiée tant au niveau national qu'international.

Le suivi de la biodiversité doit constituer un élément central dans ces priorités dont l'objectif premier est la capitalisation, l'exploitation et la diffusion des informations scientifiques disponibles ou récoltées ; En outre, ce suivi comprend de plus la mise en place d'un système d'informations géographiques (SIG) dédié à la cartographie, la gestion et la planification du patrimoine naturel de la région steppique et saharienne (Algérie).

La problématique de ce système d'informations géographiques (SIG) est par conséquent inscrite dans une démarche scientifique pluridisciplinaire nécessitant l'intégration de données multisources et plurithématiques dans le système, la conception et la mise en oeuvre d'une méthode de suivi de la biodiversité.

Dans un souci de cohérence de la démarche suivie, le cheminement suivant est adopté :

- 1- Pour appliquer une approche méthodologique cohérente et retenir les techniques d'étude les mieux appropriées, la problématique et les objectifs visés par nos recherches sont précisés ;
- 2- La méthodologie de mise en place d'un système d'informations géographiques est fixée tout en insistant sur les opérations techniques générales et les applications thématiques spécifiques. Plus particulièrement, pour rendre cette méthodologie opérationnelle, l'accent est mis sur l'application de l'outil géomatique (télédétection, cartographie et SIG) dans la spatialisation des données sur la flore et la végétation.

1.1- Problématique, objectifs visés et résultats attendus

1.1 .1- Problématique

Devant la problématique, d'une part, de gestion du patrimoine naturel de l'espace pré - saharien Algérien, connaissant actuellement de très graves dysfonctionnements (Le Houérou ., 1968 et 1997 ; Mainguet , 1995) et d'autre part, l'absence d'une approche cohérente capable de mobiliser toutes les compétences et les ressources pour les besoins du développement, l'initiative d'entreprendre le présent travail de recherche a été prise en considération.

Pour préserver et utiliser durablement la diversité biologique, l'analyse du milieu à un instant t_0 puis le suivi spatio-temporel des bio-indicateurs les plus pertinents sont des étapes nécessaires dans cette démarche. Or, les méthodes classiques de diagnostic phytoécologique et de suivi de la biodiversité, qui sont nombreuses et diversifiées, ne permettent pas d'étudier de grands espaces dans un laps de temps raisonnable et ne répondent pas, souvent, aux attentes du praticien du terrain ; Dans ce cadre, l'application des techniques de la géomatique (télédétection, cartographie numérique et SIG) est tout à fait justifiée.

En effet, le terrain d'application est caractérisé par :

- Un patrimoine naturel méconnu, à **repérer** et à **explorer** ;
- Une biodiversité riche mais fragilisée et menacée, à **conserver** ;
- Des écosystèmes subissant des variations climatiques imprévisibles dans le temps et dans l'espace, à **gérer** ;
- Et, globalement, un héritage naturel, à **préserver** et transmettre pour les générations futures.

Pour ce, la gestion de la région steppique et pré - saharienne, de par sa complexité et son caractère multisectoriel, fait appel à des masses importantes de données qui, pour la plupart, sont géographiquement localisées, notamment :

- Données topographiques (cartes d'état major, croquis, Modèles Numériques de Terrain) ;
- Données cadastrales (anciens plans de grande échelle, limites administratives, données attributives) ;

- Images satellitaires (images satellitaires de très haute résolution spatiale, fusion de données de multi sources, spatio-cartes) ;
- Travaux *in situ* et sorties sur le terrain (vérification, complètement, échantillonnage, validation, suivi spatio-temporel) ;
- Cartes et données thématiques diverses (géologie, pédologie, hydrologie, vulnérabilité naturelle, aménagement du territoire, protection de la nature, voies de communication, transport) ;
- Données et renseignements socio-économiques (civilisations et périodes, peuplements et répartitions, mode de vie, coutumes et traditions, activités) ;
- Faune et flore (peuplements forestiers, chasse, couloirs de faune, surfaces utilisables par la faune, potentialités, sensibilité à la désertification).

Comment gérer cette masse d'informations ? Toute la finalité est de garantir :

- Une pérennité de la donnée ;
- Un accès facile et une consultation rapide des données ;
- Une analyse spatiale et requêtes géoréférencées de grande précision ;
- Des éditions cartographiques de bonne qualité ;
- Une aide à la décision et à la gestion des différentes actions d'aménagement, de sauvegarde et de protection de l'héritage naturel.

1.1.2- Objectifs visés

L'objectif général peut être formulé comme suit :

- Mise en place d'un système d'observation, de collecte et de traitement des données géoréférencées multi-sources et multi-échelles dédié à la préservation du patrimoine naturel;
- Par conséquent, l'objectif principal du travail préconisé concerne :
 - l'intégration des données multisources (données images satellites, observations de terrain, autres données thématiques disponibles ou générées...) dans un système d'informations géographiques (SIG) pour déboucher sur un plan d'aménagement de la région steppique et pré - saharienne ;
 - Pour atteindre ce but, plusieurs activités, mettant à contribution l'outil géomatique, sont chronologiquement ciblées pour réaliser les objectifs secondaires suivants :
 - Identification des besoins en informations géographiques (cartes topographiques de base, données images satellites) ;
 - Réalisation d'une première spatio-carte à l'échelle 1/500.000, montrant les grands ensembles phytogéographiques et repérant les sites tests retenus pour l'expérimentation;
 - inventaire général du milieu, de la flore et de la végétation montrant la diversité biologique au niveau de la région steppique et pré - saharienne ;
 - Mise en place d'une méthodologie de suivi de la flore et de la végétation pour notamment assurer une veille écobiologique des bioindicateurs retenus comme pertinents ;
 - Dynamique spatio-temporelle de la végétation.

1.1.3- Résultats attendus

Ce travail contribue à l'étude de la région steppique et pré - saharienne. Il cherche, à partir de données provenant de diverses sources, à identifier les différentes entités spatiales d'occupation ou d'utilisation du sol. Les données, tant historiques que récentes, seront donc intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG), suffisamment ouvert pour intégrer des problématiques nouvelles. Ceci va intéresser, d'une manière directe différents secteurs socio – économiques : agriculture, forêts, hydraulique...

Par conséquent, pour atteindre cet objectif, les résultats suivants doivent être réalisés :

- La mise en place d'une bibliothèque cartographique dédiée au "Patrimoine Naturel" ;

- L'installation d'une interface utilisateur simplifiant les opérations courantes de manipulations de cartes ;
- Une ouverture vers plusieurs formats d'échange, notamment pour assurer l'exploitation et les échanges des données géoréférencées au sein de plusieurs environnements SIG, sans risque de perte d'informations ;
- Les protocoles pour la réalisation des cartes des habitats (grande échelle) nécessaire au suivi de la biodiversité ;
- Des propositions pour le renforcement des capacités de l'outil télédétection dont les résultats sont importants pour comprendre ou suivre certains phénomènes (dynamique spatio-temporelle de la végétation à travers le calcul des NDVI, ...);
- La restitution des résultats dans une synthèse finale débouchant sur une proposition d'un modèle d'aménagement et de gestion des ressources naturelles.

Comme préalable dans cette démarche, une normalisation du langage cartographique doit être définie. En effet, la transcription cartographique adoptée permettra à tous de faire la même lecture et d'avoir une même compréhension de l'espace naturel.

2- Diagnostic du milieu et analyse de la végétation

Introduction

Il semble qu'à travers le survol bibliographique sur les zones arides et la désertification (partie1), il soit possible de mieux cerner l'objet de notre recherche et par conséquent de dégager une démarche cohérente pour tenter d'appréhender notre thème d'étude.

En effet, il ressort de cette synthèse que la désertification est la dégradation irréversible du complexe naturel sol – végétation dans un écosystème fragile, aboutissant à une perte irrémédiable de son dynamisme biologique, donc de sa capacité de régénération. Il est généralement admis que la désertification n'est pas imputable à un accroissement de la rigueur du climat. Celui-ci n'aurait pas significativement évolué depuis la période historique. A grande échelle, il est cependant possible que le milieu, une fois dégradé, engendre une aggravation de l'aridité notamment par une augmentation de l'albédo. La thèse du désert qui avance est de plus en plus abandonnée. Il s'agit d'un phénomène diffus; des poches de désertification se créent à partir de milieux fortement dégradés et s'élargissent de plus en plus. Ce n'est pas le désert qui avance mais le milieu biologiquement actif qui recule.

Il est unanimement reconnu que l'homme est le principal agent de rupture de l'équilibre écologique.

Compte tenu des problèmes de désertification auxquels est soumise la région steppique algérienne, et de l'accélération des processus de dégradation des sols et de la végétation, il est indispensable de faire un diagnostic pour analyser le milieu et décrire les différents stades de ce phénomène et par conséquent pouvoir aménager rationnellement le territoire.

La finalité de cette étude demeure donc la connaissance de l'état actuel de dégradation du milieu, en procédant à une analyse et à une synthèse des données à l'aide de la télédétection spatiale et des SIG, afin de dégager le modèle d'aménagement le mieux approprié pour lutter contre ce phénomène.

2.1- Approche globale envisagée

2.1.1- Les expériences internationales

Les travaux réalisés par les universités ou par des organismes spécialisés, tel la F.A.O¹, le P.N.U.D² ou le C.I.L.S.S³, restent partiels et souvent orientés vers des objectifs différents du nôtre.

¹ Organisation pour l'Agriculture et l'Alimentation

² Programme des Nations Unies pour le Développement

Les travaux les plus proches de nos préoccupations ont été développés par la F.A.O et le P.N.U.D dans le cadre de deux études :

- La carte mondiale des risques de désertification ;
- Les études de cas sur la désertification.

La carte mondiale des risques de désertification a été élaborée à partir de critères très synthétiques, étant donné les macro-entités écologiques auxquelles elle s'intéresse.

Les études de cas sur la désertification ont fait l'objet de critères plus fins et plus nombreux. Douze pays, dont le plus proche est la Tunisie, ont testé une méthodologie élaborée par la F.A.O sur des zones test. Cette méthodologie est résumée sur la figure suivante :

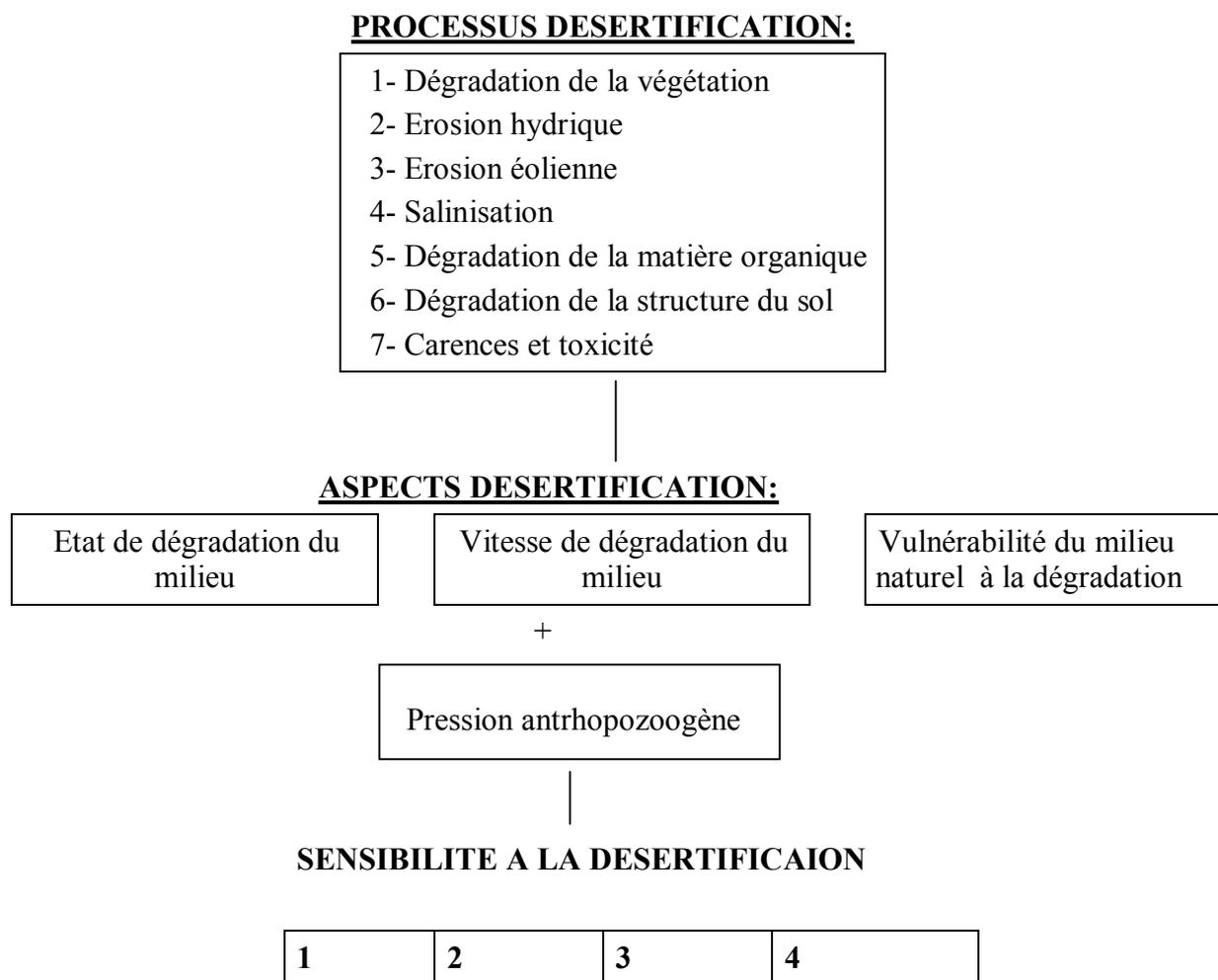


Figure1 : Méthodologie d'étude de la désertification (Mederbal, 1992)

Sept processus de désertification sont examinés selon trois aspects :

- L'aspect statique (état de dégradation du milieu à l'instant t) ;
- L'aspect dynamique (vitesse de dégradation du milieu) ;
- L'aspect risques naturels (vulnérabilité du milieu naturel à la dégradation).

La combinaison de ces trois éléments avec les pressions de l'homme sur le milieu naturel permet d'aboutir à la carte de sensibilité à la désertification où l'on distingue généralement quatre classes :

- Nulle à faible ;
- Modérée ;
- Sévère ;

³ Comité International de Lutte contre la Sécheresse au Sahel

- Très sévère.

Bien qu'il soit plus ou moins possible de s'inspirer de cette méthodologie, il faut admettre qu'elle n'est pas très opérante pour nos objectifs :

Les critères d'évaluation utilisés exigent souvent des mesures souvent multitemporelles et multi-spatiales qui demandent des temps d'observation très longs ;

Les échelles de notation ainsi que la hiérarchisation des facteurs comportent une grande part d'arbitraire et de subjectivité.

De ce fait nous pensons qu'il est nécessaire d'adopter une démarche plus simple où le maximum d'investigations puissent être menés par télédétection.

2.1.2- Approche possible

En admettant que le terrain d'étude choisi présente une diversité écologique suffisamment nette pour qu'il n'y ait pas de doute sur la détection des différentes unités, le premier problème à résoudre est la délimitation des zones écologiquement homogènes, une notion très importante pour notre thématique.

Pour réaliser cet objectif il est nécessaire d'analyser tous les facteurs du milieu, tant physiques, biotiques que socio-économiques. Les résultats obtenus seront précis mais leur intégration est délicate étant donné la nature et la disponibilité de ces facteurs. Par ailleurs si l'on réalise cette analyse sur les facteurs les plus accessibles et en admettant qu'il existe relation entre ces facteurs, on se fera une meilleure idée sur l'ensemble des phénomènes. Néanmoins cette manière de procéder sera approximative étant donné que la relation entre les différents facteurs du milieu n'est, pour le moment, que partiellement confirmée.

Toutefois, dans notre investigation, nous préconisons une approche qui intégrera dans le cadre de cette logique. En effet, pour l'analyse du milieu, une démarche phytoécologique, à l'aide de la télédétection spatiale et des SIG⁴, permettra, d'une part de délimiter les différentes unités homoécologiques et, d'autre part, de dégager leur déterminisme écologique.

La télédétection et les SIG ont fait l'objet, à ce jour, de nombreuses considérations quant à leur utilisation. La validité de la méthode a souvent été testée avec d'autres moyens d'investigations. Les utilisateurs ont vu dans l'outil géomatique soit une méthode "magique" permettant d'obtenir des résultats à partir d'un échantillonnage plus ou moins satisfaisant, soit un moyen de confirmation d'une interprétation "à priori" des données "terrain".

Nous envisageons de montrer que cette technique peut apporter beaucoup plus dans l'analyse écologique, bien qu'elle ait ses limites et ses faiblesses.

L'utilisation de données recueillies en vue de leur traitement numérique et avec un objectif précis, permettra d'utiliser au mieux les ressources de cette technique.

2.2- Spécificités écologiques du territoire test retenu pour l'expérimentation

2.2.1- Présentation de la région steppique algérienne

2.2.1.1- Cadre général

Deux principaux ensembles composent cette région naturelle: les hautes plaines au Nord et l'Atlas saharien au Sud. Les hautes plaines bloquées entre l'atlas tellien et l'atlas saharien, s'abaissant régulièrement de l'ouest vers l'Est du pays (altitude de 1200 m pour les plateaux sud oranais et 400 m pour le Hodna), sont marquées par une série de bombements qui annoncent les premiers reliefs de l'atlas saharien. En outre ces alignements de reliefs individualisent des ensembles de plaines plus ou moins vallonnées et associés à des dépressions (chotts Gharbi et Chergui).

La région steppique algérienne forme un ruban de 1000Km de long sur une largeur de 300Km à l'ouest et au centre, réduite à moins de 150Km à l'est.

⁴ Systèmes d'Informations Géographiques

Les limites de cette dernière s'appuyant sur les critères pluviométriques entre 100 et 400 mm de pluviosité moyenne annuelle:

L'isohyète 350-400 mm correspond à la limite sud de la céréaliculture régulière et productivité en dry-farming ;

La région steppique proprement dite et les grands espaces pastoraux sont situés entre les isohyètes 200 et 300 mm ;

La région steppique pré-saharienne est située entre les isohyètes 100 et 200mm de pluviosité. Elle est dominée par les hauts-plateaux de parcours de type saharien et de vallées alluviales : les piémonts de l'Atlas saharien, la cuvette du Hodna, le plateau saharien du sud des Wilayas de Djelfa et de Laghouat au centre et l'extrémité Est de l'Atlas saharien, monts du M'zab et des Nemenchas, le plateau saharien du sud des Wilayas de Tebessa, Khenchela et Biskra à l'Est et les dayates au Sud de Brézina. L'isohyète de 100 mm coïncide avec la limite méridionale de la région méditerranéenne et avec l'aire de l'alfa (Quezel, 1974).

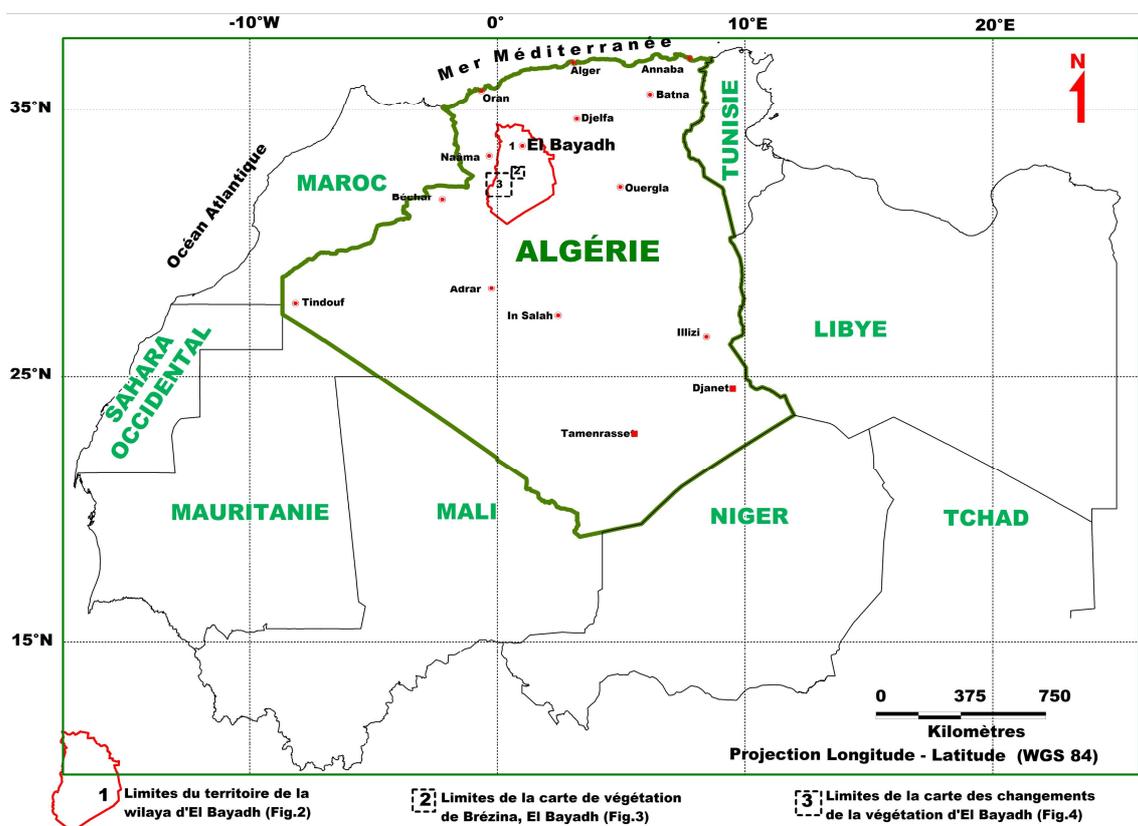


Figure2 : Localisation de la zone d'étude

2.2.1.2- Bref aperçu historique pour comprendre les causes passées et actuelles de la dégradation du tapis végétal

La compréhension de l'état actuel du couvert végétal passe nécessairement par l'introduction d'une autre dimension, à savoir l'Homme à travers les grandes étapes historiques de la région.

La forêt et les maquis méditerranéens étaient jadis largement étendus dans tous les pays du Circum méditerranéen, mais ils ont disparu sur de grandes surfaces pour céder la place aux terres agricoles, aux pâturages ou souvent au désert. Le tapis végétal de l'Algérie entière a subi des modifications importantes dans le sens parfois d'une dégradation irréversible. Situées dans une zone où les effets de l'activité humaine se font sentir sans répit depuis au moins quatre millénaires, ces forêts ont en effet le plus souvent été pillées (Quezel, 1974).

Depuis l'antiquité, la richesse de la végétation de la région a fait l'objet de nombreux récits de voyages multiples de géographes, d'historiens, de botanistes.

Par sa position géographique et stratégique, la région steppique a joué un rôle déterminant dans l'histoire de l'Algérie et de nombreuses civilisations s'y sont succédées:

- Au XI siècle sous Youssef Ibn Techfin, fondateur de la dynastie des Amloravides, les activités pastorales occupaient une place primordiale et la pression de l'homme et de son troupeau se faisait sentir sur le milieu, comme le décrivait le géographe arabe El Bakri, dans son célèbre "Kitab El Massalik" (Belgat, 1984).

Le déclin de la région a commencé à partir du XVI siècle avec l'occupation Turque, dont le souci majeur fut d'agrandir la flotte pour contrôler la Méditerranée. La forêt Algérienne a fourni la matière première.

Sous l'autorité Française, 1830-1962, le tapis végétal a été marqué par les événements que l'Algérie a connu durant cette période:

- Au début, pour augmenter la surface agricole utile, des défrichements importants ont été entrepris. Pour les besoins domestiques des riverains, de grandes quantités de bois (pour le chauffage) et d'unités fourragères (pour le cheptel) ont été prélevées en dépassant très souvent le seuil de rationalité;
- Par la suite, pour des raisons lucratives, l'exploitation des nappes alfatières a été entreprise. Cette exploitation, qui elle aussi dépassait les possibilités, a entraîné des conséquences néfastes sur la végétation ;
- Enfin, durant la période 1954-62, la forêt, refuge des moudjahidines, a été la proie des incendies provoqués par les bombardements.
- Les autorités Françaises, conscientes du danger de ce phénomène, ont pris certaines mesures: ;
- Pour la préservation des surfaces boisées, la soumission au régime forestier a été décidée en application des textes du "Sénatus Consult", initiés sous le règne de Napoleon III ;
- Des projets de DRS⁵ et de reboisement ont été entrepris.

La période après 1962 est également riche en enseignements pour comprendre l'état actuel du tapis végétal:

- Au début, la préoccupation majeure des autorités algériennes consistait à freiner l'exode rural spectaculaire, à protéger les terres menacées par l'érosion et à reboiser. Malgré les moyens humains, matériels et financiers mis en œuvre, les résultats étaient dérisoires. A cause de l'inexpérience des exécutants, de leur volonté d'agir rapidement, ainsi que l'absence de réalisme de certains projets, la couverture végétale n'a pas cessé de se dégrader. Les actions entreprises durant cette période étaient également marquées par un manque de continuité. Il s'agissait sur tout de solutions à des problèmes routiniers et ponctuels sans objectifs précis. En grande partie les interventions concrétisées ne servaient nullement le tapis végétal ;
- Puis, à partir de 1973-74, le grand programme du barrage a été mis en application. Ce projet proposait parfois des solutions irréalisables par manque d'objectivité et par méconnaissance des problèmes et des besoins de la population locale ;
- Enfin à partir des années 80, l'idée de faire remplir à la steppe la fonction de production, en procédant à l'exploitation anarchique des nappes alfatières et en se basant sur des études dépassées, a amplifié cette dégradation.

Pour préciser l'historique du tapis végétal de 1962 à nos jours, deux points essentiels peuvent être notés:

- Il existe un vide juridique dans le domaine pastoral: les textes ne sont pas adaptés à la réalité socio-économique;
- Nous avons noté une insuffisance en matière de politique forestière: la végétation naturelle évolue très lentement et les projets initiés sont à court terme.
- Enfin, pour terminer, notons que les causes actuelles de la dégradation du tapis végétal sont nombreuses et diversifiées.

⁵ Défense et Restauration des Sols

- Les conditions climatiques sévères, les coupes délictueuses et le surpâturage rendent ainsi difficile la régénération du couvert végétal ;
- L'accroissement de la population urbaine par rapport à la population rurale qui a connu ces dernières années un exode massif exige des éleveurs une grande quantité de viande, fort rentable financièrement. Ce créneau incite les éleveurs à augmenter leur cheptel. De ce fait l'accroissement de la charge pastorale a de graves conséquences sur la dégradation de la végétation.

2.2.1.3- Présentation des principaux ensembles floristico-écologiques

Comme le soulignent Barbero et *al.* (1990), les hétérogénéités bioclimatiques spatiales et temporelles, ainsi qu'une anthropisation très forte, influent sur l'organisation actuelle des écosystèmes en région méditerranéenne. La région steppique algérienne n'échappe pas à cette règle où l'on observe une diversité du tapis végétal et de ses principaux stades de dégradation.

- c- Dans la région steppique, où nous avons retenu notre territoire d'étude, la végétation est soumise régulièrement au jeu des perturbations.

L'aridité et la forte variabilité bioclimatique dans la région steppique ont favorisé la mise en place d'une assez forte diversité de végétation steppique dominée par une graminée, *Stipa tenacissima*.

Dans le but de dégager une idée aussi exhaustive que possible sur cette diversité phytoécologique de la région étudiée, et pour permettre de dégager une démarche méthodologique cohérente pour la suite du raisonnement, il nous semble essentiel de présenter les végétaux les plus importants tout en précisant leur valeur écologique et dynamique.

Nous envisagerons successivement :

Les groupements forestiers et pré-forestiers suivants:

- Pin d'alep (*Pinus halepensis*).
- Chêne-vert (*Quercus rotundifolia*)

Les groupements steppiques à :

- Alfa (*Stipa tenacissima*)
- Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*)
- Sparte (*Lygeum spartum*)
- Remt (*Arthrophytum scoparium*)

2.2.1.3.1- Groupements forestiers et pré-forestiers

Les groupements forestiers et pré-forestiers de la région steppique algérienne sont composés d'une flore assez diversifiée sur le plan biologique: résineux ou sclérophyles, différents types biologique.

Ces éléments floristiques se combinent pour donner un certain nombre de groupes écologiques ouverts, dominés par une ou plusieurs de ces espèces arborescentes.

a) Groupements à pin d'Alep (*Pinus halepensis*) sont très largement représentés dans la région steppique algérienne. Le pin d'Alep, spontané ou introduit, espèce dominante dans ces groupements, se rencontre dans le thermo et méso-méditerranéen et son optimum altitudinal se situe au méso-méditerranéen (Quezel, 1983). Il végète sur des substrats marneux et calcaro-marneux où il trouve des sols profonds facilement accessibles à son système racinaire. Cette essence existe aussi sur les calcaires compacts et surtout sur les calcaires diaclasés à terra-rossa. Le pin d'Alep recherche sélectivement les substrats meubles ou friables comme l'ont souligné plusieurs auteurs: Loisel (1976), Quezel (1983), Abbas (1986), Kadik (1983 et 1987), Kadik et Godron (2004).

Quezel (1983) précise également que cet arbre ne tolère pas les bas-fonds limoneux ou limono-argileux à sol compact comme l'ont montré les échecs du barrage vert dans les steppes à *Artemisia inculta* et *Artemisia campestris*.

Pour les précipitations le pin d'Alep présente son développement optimal entre 350 et 700 mm. Au-dessous, il est concurrencé par l'alfa et au dessus par le chêne vert.

Du point de vue thermique, si l'on retient m, *sensu* Emberger, le pin d'Alep apparaît pour des valeurs moyennes de m compris entre -3 et 10°C(Quezel, 1983) et des températures maximales M, comprises entre 29 et 36,2° C (Alcaraz, 1969).

b) Groupements à chêne vert (*Quercus rotundifolia*)

Ces groupements, dominés par le chêne vert, occupent une surface importante sur l'Atlas saharien.

Le chêne vert, s'il est en général indifférent à la nature du sol, il semble dépendre des facteurs climatiques.

En effet, le chêne vert, absent sur le littoral, trouve son optimum de développement à une altitude de 1000 m où la température moyenne oscille entre 9 et 14° et les précipitations sont de l'ordre de 600 mm.

Sur le plan thermique le chêne vert supporte des températures allant de -3° à + 42°. Il se développe dans les étages bioclimatiques semi-arides à humide à variante froide, fraîche et tempérée. Sur le plan édaphique le chêne vert présente de faibles exigences trophiques et il est indifférent au type de sol en s'adaptant aux substrats les plus superficiels (Dahmani 1997).

Sur le plan dynamique, le chêne vert, se régénérant par rejets après les coupes ou les incendies, relève du modèle de résistance : Barbero et *al.* (1990). L'anthropisation, très forte dans notre région a induit le remplacement de systèmes forestiers potentiels à caducifoliées du modèle de stabilisation (Barbero et *al.*, *Loc. cit.*) par forestiers à chêne vert résistant aux perturbations humaines.

Les espèces de ce modèle de résistance, comme le soulignent Baldy, Barbero, Quezel (1988), sont parfaitement pourvues de caractéristiques anatomiques (verniss, pilosité, assise sclérifiée) et écophysologiques (résistance au stress hydrique, ajustement de l'index de surface foliaire à l'évapotranspiration et à l'utilisation stationnelle de l'eau).

2.2.1.3.2- Groupements steppiques

Le paysage steppique proprement dit est dominé par des formations à base de *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba-alba*, *Lygeum spartum* et *Artrophytum scoparium* regroupées en mosaïque. Ce complexe occupe plus de 20 000 000 Ha de la zone steppique de l'Algérie du nord selon des données relativement anciennes (Djebaili, 1990).

a) Groupements à alfa (*Stipa tenacissima*).

L'alfa par sa grande amplitude écologique, se développe depuis le semi-aride jusque dans le saharien à des altitudes variant de 450 à 1800 m. Du point de vue thermique l'alfa supporte aussi bien la chaleur que le froid: m supérieur à -3° et M supérieur à 30° .

Du point de vue pluviométrique, cette espèce reçoit entre 100 et 500 mm d'eau mais préfère la tranche pluviométrique 300-400 mm. Pour Quezel (1979), l'isohyète 100 mm coïncide avec la limite sud de l'alfa, laquelle correspond à la limite méridionale de la région méditerranéenne (comme il a été précisé plus haut).

Etant donné qu'au plan dynamique, comme l'admettent de nombreux auteurs, les formations steppiques découlent de la dégradation des formations forestières et pré-forestières de l'Atlas saharien, l'alfa se présente sous deux types (Achour 1983 et 1997 ; Djebaili 1989) :

- un alfa forestier, sur des sols profonds et riches en matières organiques, issu de la dégradation des forêts xérophiles, entre 1200 et 1600 m ;
- un alfa steppique, caractérisé par l'absence d'espèces forestières, sur des sols peu profonds à encroûtement calcaire.

Les sols colonisés par les groupements à alfa sont généralement de type brun-calcaire à croûte et à dalle, perméables, à texture plus ou moins sableuse (Pouget 1980; Achour 1984, 1997).

Du point de vue dynamique ces groupements à alfa ne constituent qu'un stade de transition entre les steppes arborées et les steppes à armoise et sparte (Djebaili, 1990).

b) Groupements à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*)

Les groupements à armoise blanche dominent le paysage steppique dans l'étage aride. Ils sont essentiellement répandus dans les dépressions non salées, sur les glacis à sols limoneux.

L'armoise blanche a une grande amplitude altitudinale, 200 à 1500 m, mais présente son optimum de développement dans la classe 900-1200m. Sur le plan climatique et bioclimatique l'armoise blanche préfère la tranche pluviométrique 200-300 mm, m variant de -3 à $+3^{\circ}$, M supérieur à 32° (Djellouli, 1990), correspondant au bioclimat aride à semi-aride, variantes froides et fraîches.

Sur le plan dynamique, l'armoise blanche peut former des steppes chamaephytiques homogènes où des groupements mixtes avec l'alfa ou/et le sparte et même le remt au sud de l'Atlas saharien.

Ces groupements, présentant un grand intérêt pastoral, subissent une pression anthropozoïque très forte.

c) Groupements à sparte (*Lygeum spartum*)

Le sparte colonise préférentiellement les glacis encroûtés recouverts généralement d'un voile sableux avec une présence, parfois, de traces de gypse.

Les sols plus ou moins superficiels, 10 à 30 cm d'épaisseur, ont une texture sablo-limoneuse à limono-sableuse.

Ces groupements à sparte occupent des surfaces moins importantes que l'alfa.

Le sparte contribue davantage dans la composition floristique des groupements mixtes à alfa ou à armoise blanche ou les deux à la fois.

Sur le plan climatique et bioclimatique le sparte peut recevoir 200 à 500 mm d'eau par an, mais il a un développement optimal dans la classe 200-300 mm. Il se développe pour m compris entre -2° et $+3^{\circ}$, M variant entre 32 et 38° et un bioclimat aride à semi-aride, froid et frais (Achour 1997 ; Dahmani, 1997).

Sur le plan dynamique les groupements à sparte assurent la transition avec les groupements psammophiles à *Arthrophytum scoparium*.

d) Groupements à remt (*Artrophytum scoparium*)

Artrophytum scoparium occupe les piémonts sud de l'Atlas saharien mais par l'intermédiaire de brèches entre les massifs montagneux il s'incruste dans les hautes plaines.

Les groupements à remt sont composés d'une végétation chamaephytique basse, claire, homogène avec un recouvrement global ne dépassant guère les 15%.

Sur le plan édaphique, les groupements à remt sont localisés au niveau des derniers glacis encroûtés et hamadas à fort pourcentage de cailloux sur des sols squelettiques.

Sur le plan climatique et bioclimatique, ces groupements sont localisés dans une aire où la tranche pluviométrique est comprise entre 50 et 300 mm avec un bon développement dans la classe 100-200 mm, m varie de -2 à +5° C et M est toujours supérieur à 35°C. Le bioclimat est aride froid à tempéré. Pour certains auteurs la limite septentrionale des groupements à remt coïncide avec l'isohyète 200 mm.

Sur le plan pastoral, ces groupements présentent peu d'intérêts, mais sur le plan écologique, ils constituent la première ceinture de végétation à la limite du Sahara, ce qui est fort intéressant pour les problèmes de désertification.

2.2.1.3.3- Ecosystèmes sahariens

Les régions sahariennes s'étendent sur près de deux millions de Km² au sud de l'Atlas saharien. Elles sont caractérisées par un climat contraste avec une saison chaude et sèche, et des amplitudes thermiques importantes ainsi que par la fréquence et l'intensité des vents. La pluviométrie quasiment nulle rend impossible toute agriculture sans irrigation.

Les neuf dixièmes des superficies sont occupées par les plateaux rocheux (Reg et Hamada), des accumulations sableuses (Erg oriental et occidental) et des dépressions salées (Chotts) qui sont impropres à l'agriculture. Les aires les plus favorables se situent dans les vallées fossiles des oueds, dans les dépressions (dayas) et plaines sableuses (Erg). Cependant, les sols présentent une faible fertilité et une salinité due à l'absence ou à un mauvais fonctionnement du système de drainage en place. Ces régions recèlent d'importantes ressources hydriques; parmi celles –ci on distingue :

- Les eaux de ruissellement qui sont exploitées par deux barrages Djorf-torba (wilaya de Bechar) et Foug El-Garza (wilaya de Biskra).
- Les eaux souterraines qui sont continues dans les deux principales nappes :
- La nappe de complexe terminal (TC) qui est un système aquifère peu profond 80 à 400 mètres et dont les eaux sont généralement salées (de 3 à 8 g/l). Cette nappe est exploitée dans les Zibans, Ouargla et le Souf.
- La nappe du continental intercalaire (CI), les limites d'exploitation de cette nappe restent au stade de simulation.

La culture saharienne se caractérisait principalement par un système de production dit oasisien. Ce système est dominé par la phoeniciculture qui, en plus de sa production dattière, offre un microclimat favorable à une polyculture vivrière sous palmier (céréales, fourrages, maraîchage, arboriculture et viticulture).

C'est juste titre que la phoeniciculture constitue la principale ressource des populations dans ces zones sahariennes. Le verger phoenicole représente un patrimoine estimé à près de 8 millions de palmiers (dont 40 % de Deglet Nour). La production dattière globale, estimée à 2 millions de quintaux, place l'Algérie au 5^{ème} rang des pays producteurs mondiaux et au 1^{er} rang mondial pour la production de Deglet Nour.

2.2.2- Analyse globale des données du milieu du territoire test

Pour notre étude on a choisi, comme région d'étude, l'interface steppe - Sahara dans l'ouest algérien ; Ce territoire représente une entité biologiquement et écologiquement particulière.

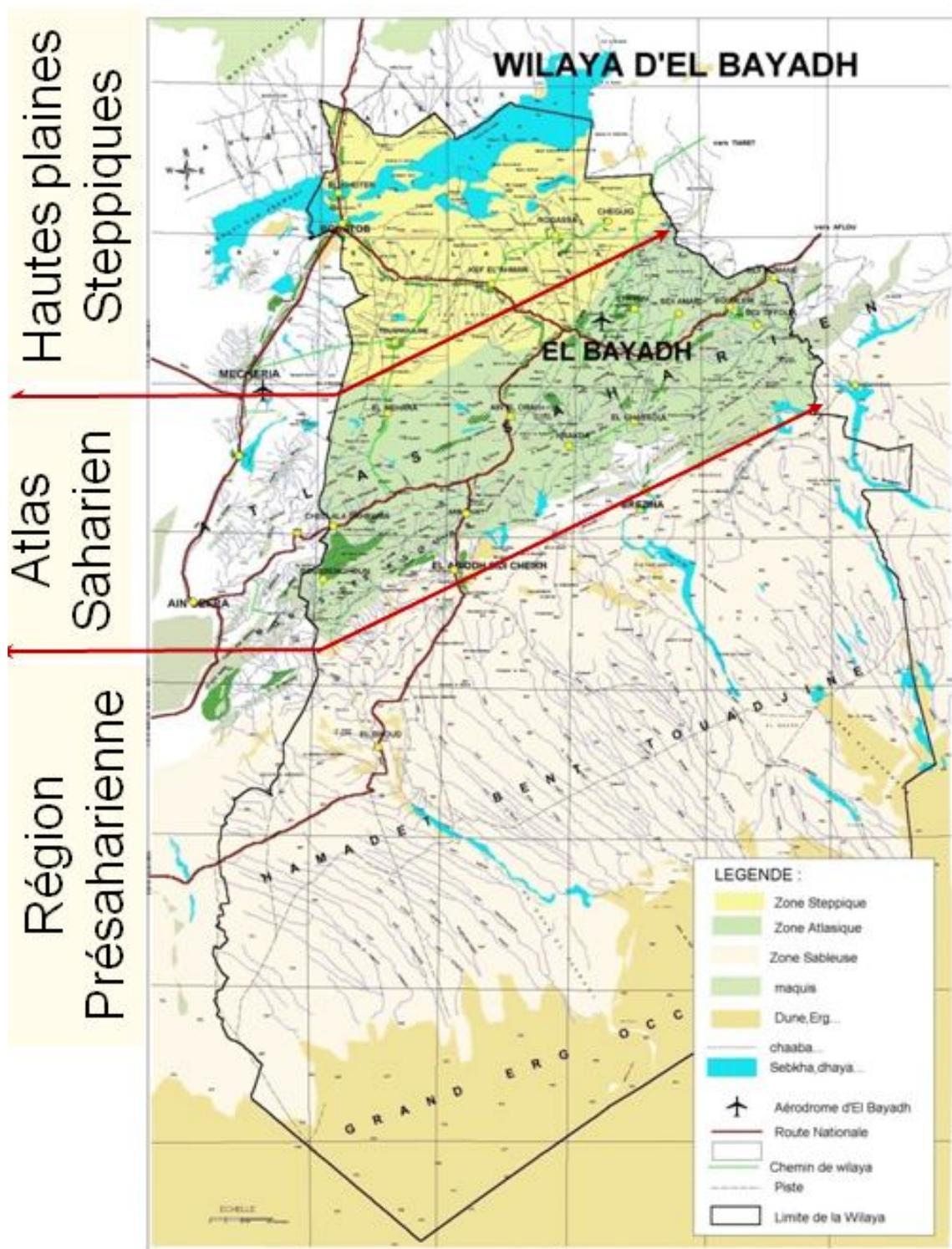


Figure3 : Les grandes unités physiographiques du territoire-test

2.2.2.1- Situation et critères de choix du territoire test

Le territoire test d'El Bayadh cadre dans un espace délimité en longitude par 0° (méridien de Greenwich) à 2° E et en latitude par 31° à 34° N.

Il se divise en trois bandes géographiques parallèle à la mer, soit, successivement du nord vers le sud:

Les hautes plaines steppiques qui sont un immense bassin fermé endoréique dans lequel les eaux de pluie s'écoulent vers le chott chergui ou les dayates;

La zone montagneuse: l'Atlas saharien;

La zone saharienne, désertique, forme le piémont sud de l'Atlas saharien.

L'idée directrice ayant guidé ce choix est d'obtenir des espaces aussi différenciés que possible afin d'aborder le plus grand nombre de situations écologiques.

Nous avons, en effet, une large palette de bioclimats, du semi aride au saharien, et par conséquent une grande variété de situations écologiques.

Les fonctions qui s'exercent sur cette zone sont actuellement l'agriculture, les parcours et l'urbanisme. En plus la zone a bénéficié de la réalisation d'une importante infrastructure, le barrage de Larouia (Brézina). Les eaux de cet important réservoir (120 millions de M3) serviront pour l'irrigation du périmètre de Brézina (1000 ha).

Les problèmes qui se posent sur cette zone passent en premier lieu par la coexistence difficile sur un même espace d'un milieu fragile et d'une surexploitation ou plutôt d'une exploitation anarchique.

S'il est difficile de prétendre que la région choisie pour l'étude est représentative de l'ensemble des conditions du territoire national, il n'en demeure pas moins que les situations écologiques et les pressions qui s'exercent sur le milieu peuvent être extrapolées à beaucoup d'autres milieux de la région steppique algérienne.

2.2.2.2- Diagnostic et analyse du milieu naturel de la région d'El Bayadh

2.2.2.2.1- Géologie

La région d'El Bayadh chevauche sur trois domaines géologiques structurellement dominants. Du nord au sud, on distingue :

- Le domaine des hautes plaines, de structure tabulaire, constitué essentiellement de formations continentales d'âge Miocène, Pliocène et Quaternaire;
- Le domaine de l'Atlas saharien, caractérisé par les structures plissées de direction NE-SW et d'âge Jurassique et Crétacé;
- Le domaine de la plate-forme saharienne, caractéristique par son assise détritique d'âge paléozoïque et les formations continentales "récentes" d'âge Pliocène et Miocène.

Toutefois, les principales formations géologiques, roches mères des sols et sources des matériaux alluvionnaires, sont les suivantes :

- Le Trias est formé d'argiles schistorisées plus ou moins gypseuses et salées. Ces formations, source de sels solubles, apparaissent en petits massifs érodés surgissant au sein des formations du Jurassique ;
- Le Jurassique constitue des faciès très variés mais à dominance de calcaires durs et dolomitiques, alternant avec des bancs de marnes multicolores ;
- Le Crétacé comprend des faciès très variés à dominance de roches calcaires tendres fréquemment encroûtées.
- Le Cénomaniens: les roches constituées de séries marneuses et marno-calcaire alternant avec des calcaires plus durs. Les marnes sont souvent salées et gypseuses.
- Le Turonien représente les séries calcaires compactes et dures formant les falaises et les bordures des synclinaux perchés.
- Le Sénomien, se caractérise par une série à dominance marneuse et marno-calcaire.
- Le paléogène, comprenant plusieurs faciès:
 - L'éocène au sud de l'Atlas saharien, d'origine marine, forme des ensembles hétérogènes de marnes blanches et de grès.
 - L'Oligocène, avec des alternances de grès fins à ciment calcaire et de marnes verdâtres et salées.
 - Le Miocène, en bordure des hauts plateaux, formé de couches importantes de marnes multicolores salées ou gypseuses et de bancs de grès calcaires.

- Le Tertiaire continental, situé dans les dépressions des hautes plaines, composé de matériaux meubles, de terres rouges argilo-sableuses recouverts d'une carapace calcaire du Quaternaire. Ces formations géologiques se caractérisent par une forte présence de sels (gypse et sels solubles) induisant des conséquences sur la composition chimique des eaux superficielles et souterraines.
- Le Quaternaire, d'alluvions récentes et d'accumulations sableuses.

2.2.2.2- Géomorphologie

La végétation, dans la région d'El Bayadh, comme pour l'ensemble du territoire steppique Algérien, est fortement liée à la géomorphologie.

Trois formes physiographiques importantes se dégagent en liaison avec la structure géologique et la nature des roches qui constituent le substratum géologique :

- (1) Les djebels, collines et sommets.
- (2) Les surfaces plus ou moins planes.
- (3) Les dépressions.

- Les djebels, collines et sommets qui constituent essentiellement l'Atlas saharien sont issus de l'évolution d'un relief plissé, formé par la succession spatiale plus ou moins régulière de bombements convexes (anticlinaux) et de creux concaves (synclinaux).

L'érosion Quaternaire a mis à jour toutes les zones résistantes en déblayant les couches tendres (marnes).

En général, les zones anticlinales correspondent aux sommets actuels et les synclinaux aux parties déprimées. Cependant, il existe des reliefs dit "inversés", par suite d'une érosion intense, et qui correspondent à des zones hautes appelées "synclinaux perchés".

L'altitude de ces reliefs est comprise entre 1022 m (Sidi Slimane) et 2008 m (Djebel Ksel). Ces formes de relief sont parfois occupées par une végétation forestière très dégradée (Dj Ksel, Dj Bou Derga...).

- Les surfaces plus ou moins planes.

Ces surfaces correspondent aux glacis, qu'ils soient d'accumulation ou de dénudation, qui entourent les montagnes. Cette forme de relief résulte de plusieurs conditions de formation telle la pente raide des djebels, l'évacuation des déblais sur le glacis et l'absence d'une érosion linéaire bien marquée.

Toutefois plusieurs formes de glacis qui s'emboîtent les uns dans les autres peuvent être distingués:

Les hauts glacis datant du Quaternaire ancien et incisés par des dayates de taille variable;

Les glacis de raccordement du Quaternaire moyen (plus récent) relient les reliefs avec les hauts glacis. Ils présentent des accumulations calcaires sous forme d'encroûtement. Ces glacis, souvent ensablés, sont recouverts d'une végétation psammophile;

Les glacis du Quaternaire récent, de dépôts alluviaux et colluviaux tels des chenaux et terrasses d'oueds. L'accumulation calcaire, moins importante, se présente sous forme de nodules et parfois d'encroûtement.

- Les dépressions.

On distingue deux formes de dépressions: les dayates et les chotts.

Les dayates sont des dépressions circulaires de faibles dimensions (quelques dizaines de mètres). Elles se forment surtout au niveau des hauts glacis (surface Moulouyenne) par un phénomène de dissolution de l'épaisse croûte calcaire.

Les chotts (chott Chergui), d'altitude moyenne (1000 m), vaste système endoréique du Quaternaire moyen, couvre plusieurs dizaines de Km² où s'accumulent les eaux de ruissellement salées. La zone centrale, la plus basse, est sans végétation à cause de la salure trop élevée.

2.2.2.2.3- Climatologie et bioclimatologie (Tableaux 1 à 3, Figures 4 à 7)

a- Introduction

Le climat demeure sans aucun doute un facteur prépondérant qui conditionne la vie dans les régions steppiques en général et dans la région d'El-Bayadh en particulier.

En région méditerranéenne le climat représente une transition entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement en bordure de la mer, l'hiver est très frais et humide (Estienne et Godard, 1970). Il est essentiellement caractérisé par la consistance de la sécheresse avec les mois chauds, c'est ainsi qu'on qualifie de climat xérothermique, le volume global des pluies est médiocre presque toujours inférieur à 1000 / an.

Selon Humbolt (1807) le climat joue un rôle essentiel dans les déterminismes de la répartition des plantes. Emberger (1930 ; 1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne. Ses recherches l'ont conduit à une méthode originale de caractérisation de ce que nous appellerons, le Bioclimat (Djellouli et Daget, 1988).

Dans de nombreux travaux, dont les plus importants ont été repris en 1971, Emberger discute du climat méditerranéen et met progressivement au point cette méthode dont l'efficacité permet de le caractériser et d'y reconnaître les sous unités.

Pour certains auteurs, le climat méditerranéen est défini par un été sec et des hivers doux ; on trouve parmi eux : Gaussen (1950), Pontanier et Floret (1973, 1982), Le-Houerou (1979, 1984), Mederbal (1992, Benabadji (1991, 1995), Bouazza (1991), Benabadji et Bouazza (2000), Quezel (2000), Benmoussat (2004), et Aboura (2006).

Pour qu'un climat soit retenu comme méditerranéen, il faut qu'il réponde aux deux conditions suivantes :

- L'été est la saison la moins arrosée,
- L'été est sec.

L'approche bioclimatique sera axée sur une comparaison des données anciennes et récentes (1913-1938, et 1970-2000).

La présence et la répartition des peuplements végétaux sur les zones localisées à proximité de Brezina et d'El-Bayadh nous ont amené à considérer les postes d'observation météorologiques suivants :

- **El-Kreider,**
- **El-Bayadh,**
- **Ain Sefra.**

Concernant les séries des données (précipitations et températures), certaines parmi elles ont été complétées à partir des méthodes statistiques.

Tout au long de ce chapitre nous aborderons successivement, les précipitations, les températures, les diagrammes ombrothermiques, le climagramme pluviothermique d'Emberger ainsi que les perturbations climatiques relevées.

b. Précipitations atmosphériques

b.1. Précipitations inter-annuelles

Afin de procéder à l'étude des précipitations inter-annuelles de la région nous avons pris en considération les données de précipitations du poste météorologique de Ain Sefra (de 1977 à 1988).

Les quantités minimales sont enregistrées par contre respectivement en 1977 et 1982. Les pluies varient d'une année à l'autre considérablement. Le maximum des précipitations est atteint en 1978 (190 mm), alors que les quantités minimales sont enregistrées pendant les années 1977 et 1982.

b.2. Précipitations mensuelles

- El-Kreider

La répartition des pluies mensuelles au niveau de cette station passe de 26 mm au mois de novembre à 3 mm au mois de juillet durant l'ancienne période. Elles varient aussi de 36.26mm au mois de mars à 4.2 mm au mois de juillet (1970-1990).

-El-Bayadh

La pluviosité mensuelle chute de 41 mm en novembre 6 mm en juillet pendant l'ancienne période. Elle diminue également entre le mois de mars (34.26 mm) et le mois de juillet (4.98 mm).

-Ain Sefra

Pour cette station les pluies mensuelles diminuent, elles passent de 29 mm en octobre à 7 mm au mois d'août au cours de l'ancienne période. Elles accusent également des baisses de 24.5 mm au mois de mai à 5.33 mm au mois de juillet durant la période nouvelle.

b.3 Précipitations annuelles

Les chutes de pluies ne dépassent guère les 330 mm par année pour les trois stations. Le minimum des précipitations est enregistré à Ain Sefra avec 192 mm (1913-1938) et 181.72 mm (1970-1990).

El-Bayadh Est la station qui connaît les précipitations les plus élevées de la région. Elles atteignent 326 mm durant l'ancienne période et 174.25 mm pour la période nouvelle.

El-Kreider se situe géographiquement entre les 2 autres stations météorologiques. Au niveau de celle-ci les précipitations varient entre 208 mm (1913-1938) et 268.07 mm (1970-1990).

c. Températures

L'analyse des températures des trois postes météorologiques de notre région permet de distinguer 4 variables (Moyennes mensuelles, Maximas thermiques, Minimas thermiques et l'amplitude thermique).

c.1. Moyennes mensuelles

- El-Kreider

Selon les anciennes données les températures moyennes oscillent entre 4.12° C (janvier) et 22.7° C (juillet). Les données récentes montrent des variations allant de 6.14° C (janvier) à 26.3° C (juillet).

-El Bayadh

Les températures mensuelles moyennes lors de la première période sont de 3.85° C pour le mois de janvier et augmentent pour atteindre 25.15° C (juillet). Pendant la nouvelle période les températures enregistrent 4.59° C au mois de janvier ; puis s'élèvent pour atteindre 26.39° C au mois de juillet.

-Ain Sefra

Les températures mensuelles moyennes lors de la première période varient de 6.05° C (janvier) à 26.4° C pour le mois de juillet. Concernant les données récentes les températures oscillent entre 7.42° C (janvier) et 28.59° C en juillet.

c.2. Ecart thermique

-El-Kreider

Le minima thermique passe de - 0.77° C (1913-1938) à 0.4° C (1970-2000), alors que le maxima varie de 34.99° C (1913-1938) à 35.98° C pour les 2 périodes.

-El-Bayadh

La région d'El-Bayadh se caractérise par des températures très basses, la valeur de « m » fluctue entre - 1.8° C (1913-1938) et -0.2° C pour les 2 périodes.

-Ain Sefra

La valeur de « m » est de - 0.3° C (1913-1938) et de 1.16 ° C (1970-2000). Le maximum thermique atteint la valeur de 37.6° C (1913-1938) et 36.45° C (1970-2000).

c.3. Amplitude thermique

L'amplitude M-m exprimée en degrés Celsius est toujours supérieure à 30° C. Cette variable thermique exprime le caractère continental du climat. Elle varie d'une station à l'autre et d'une période à l'autre.

Nous soulignons toutefois que les stations présentent le même type de climat continental.

c4. Indice de sécheresse

Cet indice peut être calculé par la formule :

$$I_s = P_{mm} / M$$

P_{mm} = Total des précipitations estivales

M = Moyenne des maxima thermiques de la période estivale

Dans toute notre zone d'étude les valeurs de l'indice de la sécheresse estivale météorologique varie entre 0.61 et 1.14 0 Ain Sefra.

d. Diagrammes ombrothermiques

Définis à partir de la relation $P < \text{ou} = /2T$, les diagrammes ombrothermiques des trois stations ont été établis. Les courbes obtenues permettent d'apprécier la période de sécheresse (aire délimitée par les températures et les précipitations).

-El-Kreider

La sécheresse commence au mois de mars pour s'achever en octobre, elle dure 8 mois pour la période ancienne. Elle devient par contre intense en été (juillet) et dure 7 mois. Elle s'étale d'avril à octobre pour la période 1970-2000.

-El-Bayadh

La période de sécheresse dure 5 mois et demi et s'étale de mai à septembre (1913-1938). La sécheresse devient plus prononcée pour la période nouvelle et s'étale du mois d'avril au mois de mai.

-Ain Sefra

La sécheresse au niveau de cette station est la plus importante, elle dure 10 mois, de janvier à octobre (1913-1938). La sécheresse est très accentuée pour la nouvelle période et dépasse 10 mois.

e. Quotient pluviothermique d'Emberger

Le Q_2 d'Emberger a été calculé selon la formule

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

P = Précipitations en mm,

M = Moyenne des températures du mois le plus chaud en ° Kelvin,

m = Moyenne des températures du mois le plus froid en ° Kelvin.

Le quotient pluviothermique d'Emberger reste un outil de choix pour caractériser le bioclimat d'une région en zone méditerranéenne ceci d'une part, il permet de visualiser la position de chaque station météorologique d'autre part.

L'examen du climagramme montre qu'il existe très peu de différence entre les quotients pluviothermiques de l'ancienne période et les quotients pluviothermiques de la nouvelle période.

-El-Kreider

Cette station évolue de l'étage bioclimatique aride moyen à hiver froid au semi-aride inférieur à hiver frais.

-El-Bayadh

Nous remarquons un décrochement de l'étage semi-aride moyen froid vers l'étage semi-aride inférieur à hiver froid au niveau de cette station.

-Ain Sefra

Cette dernière station marque un déplacement de l'étage aride inférieur à hiver froid vers l'étage inférieur à hiver frais.

f. Changements bioclimatiques et leurs impacts

Les changements climatiques remarquables risquent d'avoir des incidences sensibles sur l'environnement en général et la région en particulier. Plus les changements climatiques sont rapides, plus le risque de dommages est grand.

Les zones climatiques pourraient se déplacer verticalement vers les pôles, perturbant les forêts, les déserts, les prairies et d'autres écosystèmes non aménagés. Cela entraînerait le déclin ou la dégradation de nombre d'entre eux et l'extinction de certaines espèces.

Les modèles climatiques actuels prévoient un réchauffement à grande échelle d'environ 1.4 à 5.8°C entre 1990 et 2100. Une hausse de 1.4°C serait plus importante que tout ce que l'on a connu au cours des 10 000 dernières années. Les projections tiennent compte des incidences des aérosols et de l'effet retardateur des océans.

L'amplitude constatée et prévue du changement climatique est considérable, mais plus que celle-ci, c'est son extrême rapidité qui nous place dans une grande incertitude et nous inquiète. Il serait par conséquent irresponsable de ne pas réagir face aux menaces pesant sur les espèces végétales et l'homme.

g. Conclusion

L'exploitation des données climatiques amène à quelques éléments de conclusion :

- Les précipitations atteignent leur maximum au mois de mars et leurs minimums au mois de juillet (< 5 mm).
- Les pluies saisonnières se concentrent essentiellement pendant les saisons printanières et automnales. Elles connaissent leurs seuils minimums en été.
- Les précipitations annuelles mettent en relief de grandes différences d'une station à une autre et d'une période à une autre.

Concernant les températures, l'amplitude thermique dépasse les 30°C. Pour l'ensemble des stations météorologiques le mois de janvier est le plus froid (- 0.3°C à Ain Sefra). Le mois d'août est le plus chaud (37.6°C à Ain Sefra).

La courbe délimitant les populations halophiles dans l'aire bioclimatique les place dans l'étage aride moyen à hiver froid et rarement dans l'étage semi-aride inférieur à hiver frais.

Les prévisions relatives au réchauffement sur le plan régional et saisonnier sont beaucoup plus incertaines. Bien qu'on s'attende à ce que le réchauffement touche la plupart des régions steppiques, certains endroits seront plus touchés que d'autres. Les régions les plus affectées devraient être les régions froides du Nord en hiver. Cette modification de la température de 1 à 2°C relevée dans la région entre les données anciennes et récentes montre un certain réchauffement. Au niveau planétaire la température augmentera de 1.4°C à 5.8°C d'ici l'an 2100, selon certains chercheurs. Cette hausse serait beaucoup plus importante que celles survenues au cours des 10 000 dernières années, cependant de nombreuses incertitudes demeurent quant à l'ampleur et aux impacts des changements climatiques en particulier à l'échelle régionale.

Tableau 1 : Données géographiques

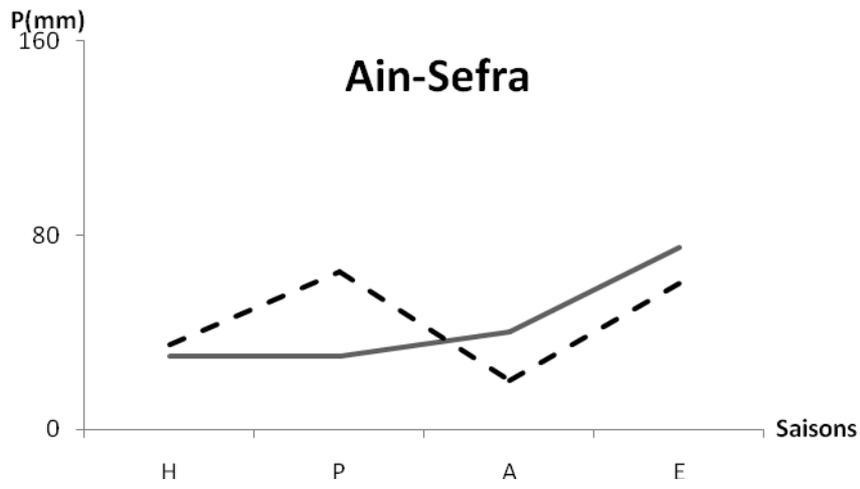
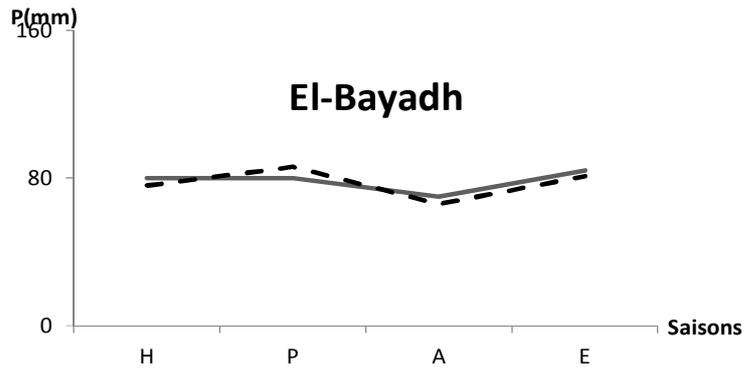
Stations météorologiques	Longitudes	Latitudes	Altitudes (m)	Emplacements
El-Kreider	0°4' E	34°9' Nord	988	Gare
El-Bayadh	1°1' E	33°41' Nord	1310	Hôpital
Ain-Sefra	0°36'W	32°45' Nord	1075	Hôpital

Tableau 2 : Données climatiques (1913-1938) des 03 stations météorologiques de la région d'El Bayadh

Stations	Moyennes mensuelles des précipitations et des températures												Pluies saisonnières				P (m m)	« M »	« m »	Q2	
		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	H	P	E					A
El-Kreider	P T	15 4. 21	17 4. 84	22 7. 25	24 10. 64	22 14. 31	13 18. 41	3 22. 7	7 22. 57	21 18. 49	17 13. 22	26 6. 76	21 4. 43	5 3	6 8	2 3	64	20 8	34. 99	- 0.7 7	20. 05
El-Bayadh	P T	30 3. 85	25 5. 3	34 8. 4	27 11. 9	28 15. 65	19 21. 5	6 25. 15	9 25. 05	37 20. 55	32 14. 45	41 8	38 4. 5	9 3	8 9	3 4	11 0	32 6	33. 5	- 1.8	31. 97
Ain Sefra	P T	10 6. 05	10 8. 35	14 10 .7	9 15. 65	15 19. 4	28 24. 05	8 28. 4	7 27. 2	15 23. 2	29 17. 05	29 10 .6	18 6. 9	3 8	3 8	4 3	73	19 2	37. 5	- 0.3	17. 37

Tableau 3 : Données climatiques (1970-2000) des 03 stations météorologiques de la région d'El Bayadh

Stations	Moyennes mensuelles des précipitations et des températures												Pluies saisonnières				P (m m)	« M »	« m »	Q2	
		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	H	P	E					A
El-Kreider	P T	25. 10 601 4	27. 43 8. 35	28/ .9 10. 19	36. 1 12. 93	35. 03 17. 1	14. 05 22. 51	4.2 26. 3	7.8 5 26. 05	18. 24 21. 83	19. 80 15. 54	29. 8 10. 3	21. 5 6.4	74	140 0.1	26 .2	67 .9	268 .06	35. 98	0.4	25. 62
El-Bayadh	P T	27. 245 4.5 9	22. 91 6.2 5	34. 26 8.3 4	28. 49 11. 45	32. 11 16. 29	18. 73 22. 41	4.9 8 26. 39	9.7 5 25. 92	21. 95 21. 32	21. 82 14. 75	29. 5 9.2 1	22. 5 5.5	72 .7	94. 9	33 .5	73 .4	274 .25	33. 59	- 0.2	27. 87
Ain Sefra	P T	13. 12 7.4 2	14. 13 9.3	19. 4 12. 43	23. 37 14. 85	24. 52 19. 19	10. 61 24. 8	5.3 3 28. 59	6.4 28. 06	13. 53 23. 6	16. 26 17. 05	20. 73 11. 8	14. 32 8.3	41 .6	67. 3	22 .4	50 .6	181 .72	36. 45	1.1 6	17. 64



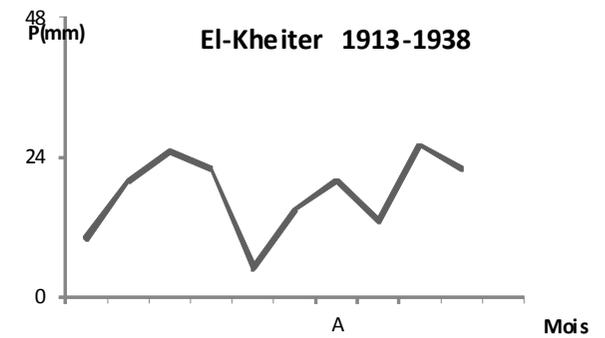
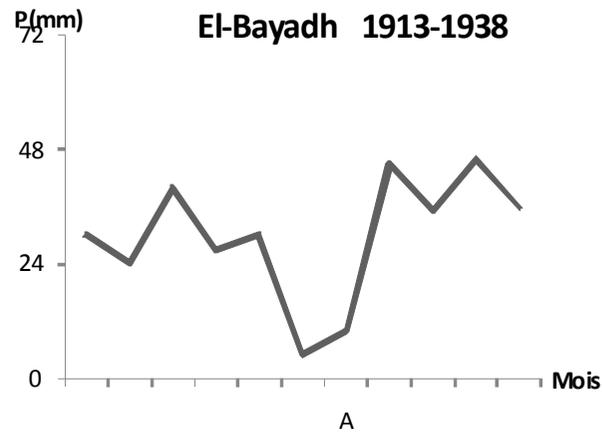
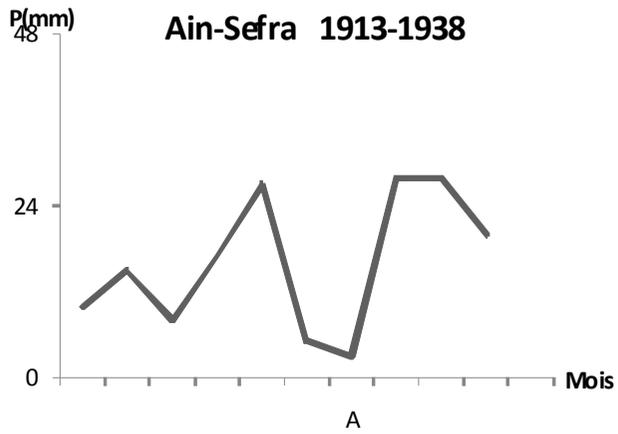
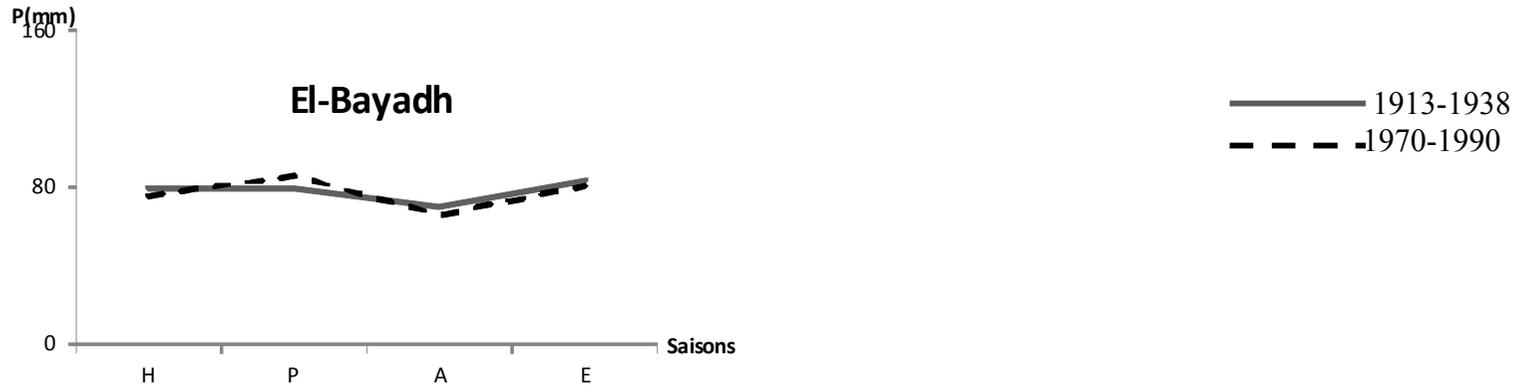


Figure 4 : Moyennes des variations des précipitations saisonnières

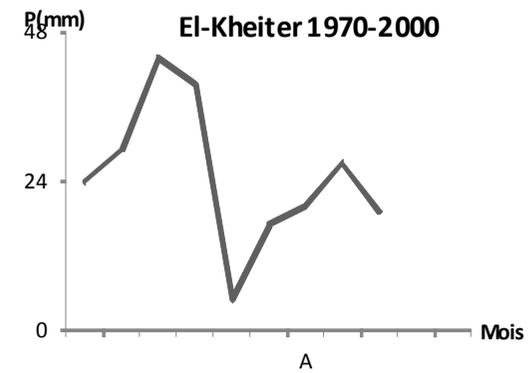
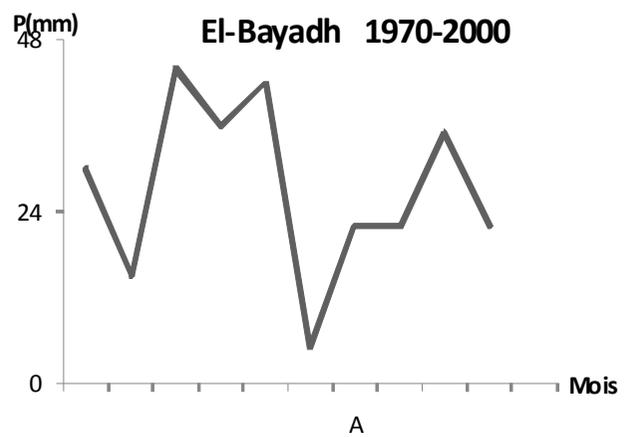
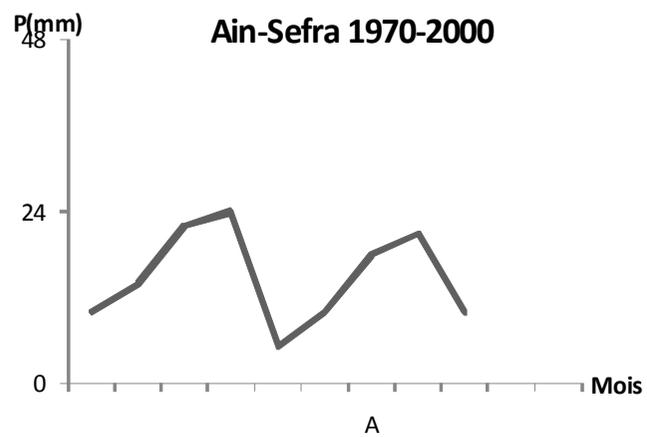
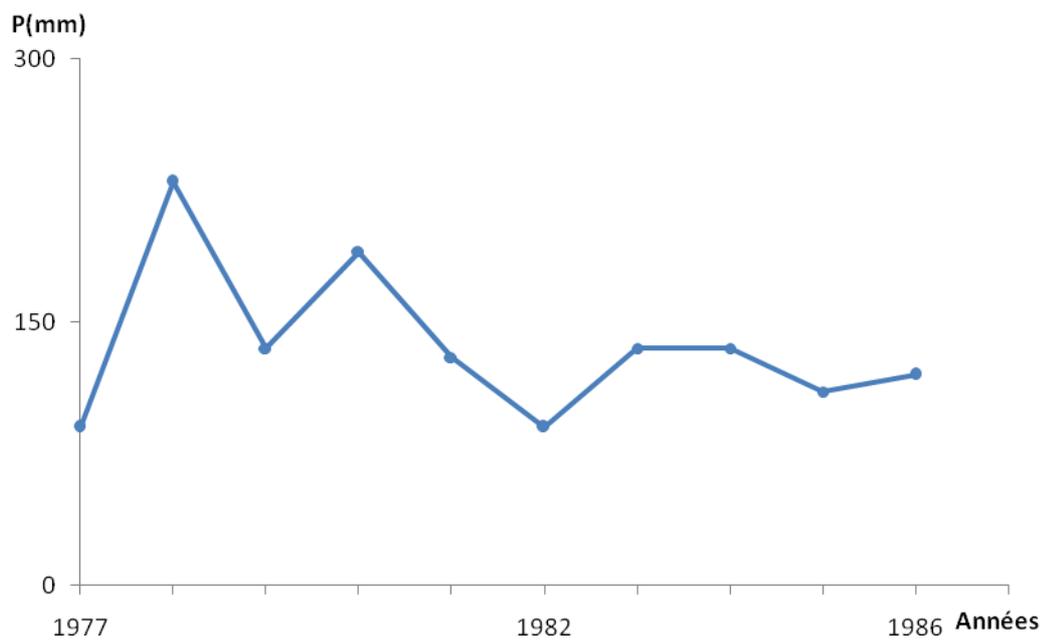
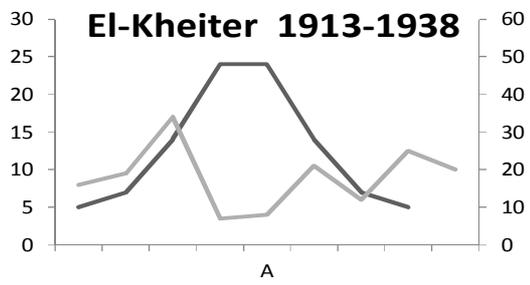
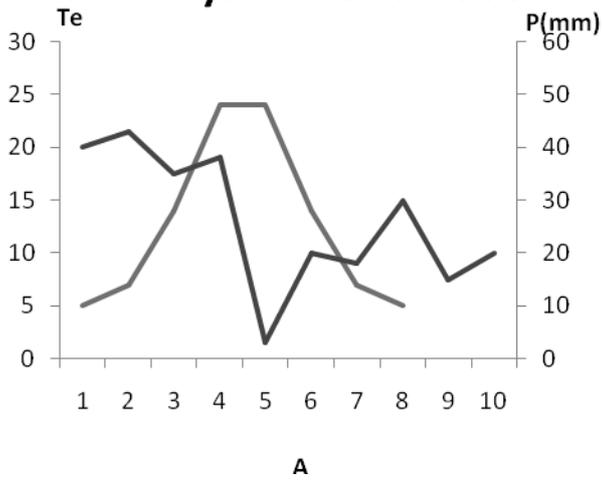


Figure 5 : Moyennes des variations des précipitations interannuelles**Figure 6** : Moyennes des variations des précipitations interannuelles Ain Sefra

El-Bayadh 1913-1938



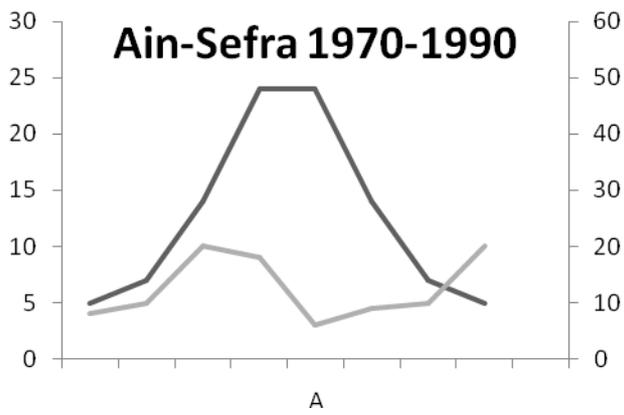
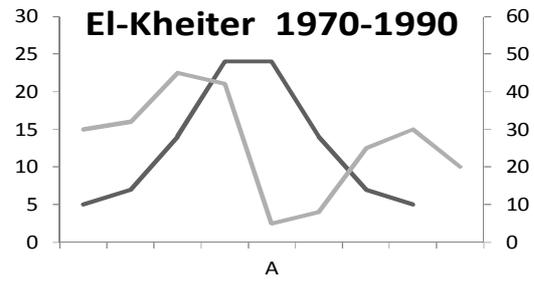
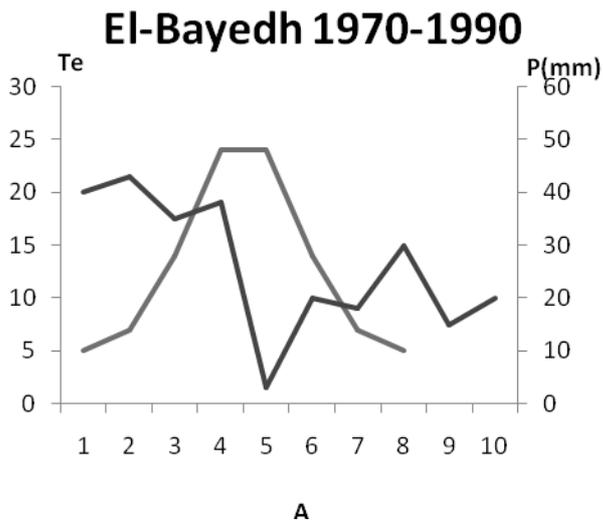


Figure 7 : Diagrammes ombrothermiques

2.2.2.2.4- Conditions édaphiques

a- Introduction

La nature des sols et leur répartition est en étroite relation avec les unités géomorphologiques.

En Afrique du Nord particulièrement, plusieurs auteurs ont cartographié et étudié les sols ; citons quelques uns d'entre eux : Gaucher (1947), Durand (1958), Dresch (1960), Boulaine (1960), Ruellan (1971), Alcaraz (1982), Pouget (1980), Halitim (1985), et plus récemment, Benabadji et *al.* (1996), Adi (2001), Merzouk et *al.* (2009). La plupart ont apporté des interprétations pédogénétiques et les a amené à les rattacher soit :

- Aux sols rouges méditerranéens ;
- Aux sols steppiques dont l'extension est importante dans la majorité des plaines et des vallées semi-arides. Ils peuvent en effet rappeler par nombre de leurs caractères les sols châtaîns, les sols bruns et les sierozems de Russie (Aubert, 1965). Par ailleurs Duchaufour (1977) a bien précisé que tous les sols de steppe font partie de la classe des sols iso-humiques.

Dans ces steppes en général et les steppes de la région d'El-Bayadh, nous trouvons une superficie considérable occupée par les sols peu profonds, il s'agit :

- Sols minéraux bruts et peu évolués d'érosion sur les Djebels et affleurements du substratum géologique,
- Sols calcimagnésiques à dalle, croûte ou encroûtement calcaire sur les glacis encroûtés du Quaternaire ancien ou moyen.

La faible évolution des sols est due à des causes mécaniques qui favorisent le rajeunissement des profils, soit par érosion en mettant à nu périodiquement les roches mères, soit par apport d'un matériel jeune. Il a classé ces sols en fonction de la nature des matériaux et du mode de transport d'une part et de la pédogénèse d'autre part.

Concernant les facteurs qui interviennent sur la composition floristique des steppes, on peut citer : la texture, la salure, la teneur en calcaire et en gypse, la réserve en eau utile, la teneur en matière organique. Ces facteurs ont fait l'objet de travaux réalisés en Tunisie (Le-Houérou, 1969) et dans les steppes algériennes (Pouget, 1980 ; Djebaili, 1984).

Les relations sol-végétation ont été abordées par plusieurs auteurs (Killian, 1948). Les études les plus récentes comme celles de Bonnin et Thinon (1980), Vedrenne (1982), Sari (2004), Merzouk et *al.* (2009), ont utilisé l'analyse multidimensionnelle.

En milieu steppique de l'Afrique du Nord, on rencontre assez souvent des terrains dont la salinité n'est pas négligeable que ce soit sur des roches mères comportant une forte teneur en sels ou bien dans des dépressions endoreiques (Chotts et Sebkhass). La végétation halophile peut couvrir de vastes surfaces.

Dans ce chapitre des relations ont été établies entre les peuplements steppiques et les sols localisées dans les stations de la région d'El-Bayadh. Les relations entre le couvert végétal et le substrat peuvent vraisemblablement susciter des interrogations notamment, certains paramètres (texture, matière organique, conductivité électrique, pH, teneur en Phosphore) influent-ils sur la composition floristique ?

Tout au long de ce chapitre, nous développerons successivement les principaux points suivants :

- Caractéristiques générales des sols ;
- Méthodologie ;
- Résultats et interprétation (élémentaire et multidimensionnelle) ;
- Conclusion.

b- Aperçu sur les sols de la région

b.1- Les sols calcimagnésiques

Ce sont des sols à dalle ; croûte ou encroûtement calcaire sur les glacis encroûtés du Quaternaire ancien et moyen.

Les sols de la wilaya regroupent des richesses naturelles. Les substances répertoriées sont :

- Calcaires de la zone Fredj-Brézina El-Abiodh Sidi Cheikh et Ain El Orak,

- Gypses d'El-Bayadh, Djebel Rounjaila-Boualem et Ksar Essaguia,
- Argiles d'Ain Sefra, Garet El Hamra,
- Sel de table de Krakda Sud Ain Ouarka-Khoder et Ain El Orak,
- Sable pour verrerie d'Arbouat et Fougaria,
- Amiante de Djebel Melah gisement exploité en 1941,
- Baryte de Chellala Dahrana et de Meirsa.

Une superficie relativement peu importante est occupée par des sols plus profonds sur les terrasses du Quaternaire récent, les dayates et les chenaux d'Oueds comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Caractéristiques des sols des chenaux d'oueds

Localisation de l'échantillon	Argile	Limons	Sables	Texture	Structure	Perméabilité
<u>O. El-Mellah</u> Long. 1°20'62"E Lat. 33°11'98"N Alti. 902m	15.4	44.3	41.3	LS	Grumeleuse	Modérée
<u>O. Ghassoul</u> Long. 1°13'75"E Lat. 33°30'00"N Alti. 902m	35.5	38.1	26.2	LA	Polyédrique	Lente
<u>O. El-Rhouf</u> Long. 1°38'20"E Lat. 33°24'25"N Alti. 901m	26.1	25.6	47.5	LSA	Finement polyédrique	Lente à modérée
<u>O. Seggueur</u> Long. 1°29'42"E Lat. 33°14'24"N Alti. 864m	14.5	7.1	79	SA	Grumeleuse	Modérée

b.2 - Sols minéraux bruts

Ils sont représentés par plusieurs types de sols, sols bruts d'érosion, sols minéraux bruts d'apport alluvial, sols bruts d'apport éolien. Ces sols bruts sont situés généralement sur pente assez forte où les couches superficielles sont constamment entraînées empêchant ainsi la formation du sol. Le couvert végétal est très peu significatif avec toutefois quelques reliques de *Quercus rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus*.

Ces sols minéraux bruts d'apport alluvial se localisent au niveau des lits d'oueds. Ils présentent une texture sableuse, une forte charge caillouteuse et sont occupés par une végétation ripisylve à *Tamarix* sp., *Nerium oleander*,

Les sols minéraux bruts d'apport éolien sont constitués de sables plus ou moins mobiles. Ces sols sableux, très faiblement calcaires sont occupés par une végétation typiquement psammophile à *Aristida pungens*, *Artrophytum scoparium*...

b.3 - Sols peu évolués

Ils se distinguent essentiellement par deux types de sols :

- Les sols peu évolués d'érosion sur roche mère dure (calcaire, grés..) ou tendre (marnes) présentent une profondeur peu importante (< 20 cm), une proportion d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse, un horizon superficiel (A) bien individualisé et un faible taux de matière organique (< 2 %).

- Les sols peu évolués d'apport alluvial se répartissent particulièrement dans les chenaux et terrasses d'oueds alluvionnés ainsi que les Dayates. Ces sols représentent la majeure partie des terres mises en culture.

b.4 - Sols calcimagnésiques

Ce sont des sols de type rendzines, bruns calcaires, calciques à encroûtement gypseux :

- Les Rendzines localisées essentiellement dans l'Atlas saharien présente en général les caractéristiques suivantes : une structure grumeleuse, un taux de matière organique supérieur à 3%, un taux de calcaire supérieur à 40 % et une végétation forestière et pré-forestière à *Quercus rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus tournefortii* et *Stipa tenacissima*.
- Les sols bruns calcaires sont également caractéristiques de la zone montagneuse et se définissent comme les rendzines par une structure grumuleuse à polyédrique, un taux de matière organique supérieur à 3% et un couvert végétal forestier à préforestier.
- Les sols bruns calcaires à accumulation calcaire, localisés sur les glacis du Quaternaire, sont dans l'ensemble caractérisés par une profondeur peu importante (20 à 50 cm) une texture sablo-limoneuse à limono-sableuse un taux de matière organique inférieur à 2%, un complexe absorbant saturé en magnésium et calcium et une végétation à base de *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba-alba*, *Lygeum spartum*....
- Les sols calcimagnésiques présentent en général une surface sensible à l'érosion hydrique en nappe, couverte d'une pellicule de glaçage et en partie surmontée d'un voile sableux.
- **La classe des sols isohumiques** est essentiellement représentée par les sierozems qui se localisent sur glacis plus ou moins caillouteux du Quaternaire moyen et ancien. Ces sols présentent une texture grossière, un taux de calcaire total élevé, un faible taux de matière organique (<1%) et sont occupés par une végétation psammophile à *Lygeum spartum*, *Artrophytum scoparium*, *Thymealea microphylla*.

b.5 - Sols halomorphes

Ils se localisent au niveau des dépressions salées (Chott Echergui) et les zones d'épandage des principaux oueds. Ces sols se forment dans des alluvions à texture généralement grossière et sont souvent recouverts par des dépôts éoliens. La salure est très élevée à cause de la nappe phréatique qui est très peu profonde. Quand la salure est trop importante la végétation se compose d'espèces hyperhalophytes (*Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum sp*). Lorsque cette salure diminue, le couvert végétal se compose d'halophytes (*Salsola vermiculata*, *Atriplex halimus*, *Suaeda fruticosa*...) associés à des psammophytes dans le cas où le terrain est recouvert de sables.

c- Méthodologie

Deux profils de sols comprenant deux horizons de chaque station, au total douze sols ont été analysés. Les profils ont été creusés au niveau des formations halophytes. Dans chaque profil nous avons pris en considération deux niveaux de prélèvement jusqu'à une profondeur de 30 cm. Le niveau en surface se situe entre les 5 premiers Centimètres qui se distinguent généralement par leur couleur ou leur texture.

Sur la fraction fine des échantillons ont été déterminés :

- Granulométrie (texture) à partir de la méthode de Casagrande,
- Conductivité électrique, à partir de la méthode extrait aqueux au 1 / 5 (mS/cm),
- Calcaire total à partir de la méthode Calcimètre de Bernard,
- Carbone organique à partir de la méthode de Anne (1945),
- Matière organique (MO) déterminée par le rapport : $MO/C = 1.72$,
- P_2O_5 à partir de la méthode de Lorenz Sheffer,
- PH dans l'eau distillée à partir de la méthode électrométrique,
- Couleur à partir de la méthode Munsell.

Enfin toutes ces méthodes d'analyses sont détaillées sur le manuel d'Aubert (1978).

Certains travaux réalisés de phyto-écologie, parmi eux par Benabadji (1991, 1995) et Bouazza (1991, 1995) sur les milieux steppiques montrent la nécessité d'intégrer les variables édaphiques en relation avec la composition floristique dans les traitements multivariés.

La technique de l'analyse multivariée met en relation les espèces relevés et les différentes variables édaphiques et cela pour les trois stations d'étude (région d'El-Bayadh). Cette méthodologie a été abordée par des chercheurs notamment Vedrenne (1982), selon cet auteur les

variables écologiques peuvent être utilisées dans un premier temps en fonction de leurs valeurs brutes issues directement des analyses physico-chimiques ou des mesures sur le terrain.

L'intérêt de l'analyse multivariée est bien soulignée, elle consiste à traiter les masses de données parfois très importantes, quantifier mathématiquement les relations d'affinités et de similarités et enfin pouvoir visualiser ces relations sous forme de graphes.

Les variables édaphiques ont été analysées en composantes principales (ACP) grâce au logiciel minitab 15. L'ensemble de ces variables retenues figurent sur les tableaux d'analyse

d- Résultats et interprétations

d.1- Résultats analytiques des sols (Tableaux 5, 7 et 9)

La texture montre des pourcentages élevés en sables qui varient de 70 à 94 % dans l'ensemble des stations. Le triangle de texture situe les échantillons des stations dans l'aire sableuse à limono-sableuse.

c- La matière organique n'est pas trop élevée, elle varie de 0.10 à 2.30 %. La teneur la plus élevée est obtenu dans la station 1 (30%). Les teneurs semblent se mobiliser davantage dans les horizons de profondeur. Le pH est alcalin, les valeurs oscillent entre 7.4 et 8.6, le maximum est relevé dans la station 2 (8.60).

Variant entre 6.5 et 36%, le calcaire total possède des valeurs qui fluctuent considérablement, mais la plupart des échantillons possèdent une forte teneur (supérieure à 25%) en particulier au niveau de la première station (> 36%).

La conductivité électrique varie d'une station à l'autre (1.2 à 8.2 m S/cm). Tous les échantillons indiquent une salinité élevée sur l'ensemble des profils (> 1.2 m S/cm), elle est plus élevée dans les horizons de surface. Cette augmentation de cette variable peut trouver son explication dans la restitution et probablement la remontée des sels en surface à partir des nappes phréatiques.

Le phosphore total est faiblement représenté dans tous les échantillons analysés (0.02 à 0.11‰).

La coloration selon Munsell varie d'une station à une autre et d'un profil à un autre entre 2.5 YR $\frac{3}{4}$ à la couleur 10 YR 6/4.

d.2- Interprétation statistique (Tableaux 6, 8 et 10)

d.2.1 Variables édaphiques

Neuf variables édaphiques ont été mesurées pour chacune des stations étudiées. Les dendrogrammes utilisent les distances entre les paramètres du sol analysées. Le type de distance le plus couramment utilisé est la distance euclidienne (distance géométrique dans un espace multidimensionnel). Les tableaux des variables résument chaque groupe par le nombre d'observations, la somme des carrés dans le groupe, la distance moyenne et la distance maximale des observations au point central du groupe. Le point central est le vecteur des moyennes variables pour les observations dans ce groupe, il sert de point central du groupe.

d.2.2 Matrice de corrélation

La matrice de corrélation est un indice de l'interdépendance des variables. Le calcul des composantes principales se fait à l'aide de la matrice de corrélation, celle-ci normalise l'ensemble des mesures des variables qui n'ont pas été prisés avec la même échelle.

d. 2. 3 Analyse des valeurs et vecteurs propres de la matrice de corrélation par station

La détermination du nombre d'axes factoriels que l'on retient nous permettra de connaître la quantité d'informations restituées par axe. Les valeurs propres obtenues représenteront la variance des nouvelles composantes que nous avons successivement extraites. Les valeurs sont exprimées en pourcentage. Elles résultent du rapport de la valeur propre sur la somme de toutes les autres valeurs propres. Toutes les valeurs sont données par les tableaux ci-dessous :

d. 2. 4 Interprétation des plans factoriels (ACP)

Station 1 (Fig. 4.1)

Le plan factoriel des profils sols / paramètres édaphiques possède un fort taux d'inertie (99.5%).

Axe 1 :

Tous les profils relevés se trouvent concentrés sur le plan et forment un véritable bull. du côté positif de l'axe 1. Concernant les différents paramètres édaphiques analysés.

Les éléments granulométriques (argiles et sables) s'opposent de part et d'autre de l'axe. Les argiles (-0.31) sont installés sur le côté négatif de l'axe 1 et ils sont en opposition par rapport aux sables (1.22) et aux graviers (0.18).

L'ensemble des paramètres chimiques analysés comme la conductivité électrique (CE : -0.29), Ph (- 0.21), Matière organique (MO : -0.34), P₂O₅ (-0.37) se concentrent du côté négatif de l'axe 1 et s'opposent aux éléments texturaux, il s'agit des sables (1.22) et aux graviers (0.18). Le calcaire total (0.19) se discrimine par rapport aux différents éléments édaphiques analysés.

Axe 2 :

Tous les profils là également se retrouvent tout proches de la ligne nulle, avec les coordonnées (profil 11 : 0.5, profil 12 : 0.49 ; profil 31 : 0.49, profil 22 : 0.50).

Les éléments texturaux gravier (-3.94) et argiles (-1.54) se retrouvent du côté négatif de l'axe 2. Le limon quand à lui (7.60) est éloignée à l'extrémité, il sous tend l'axe en question. Le limon (7.6) et le gravier (-3.94) se trouvent tout à fait aux deux pôles négatif et positif de l'axe 2.

Cette situation semble être en corrélation avec les éléments de texture. Ces derniers gèrent la dispersion des différents paramètres édaphiques sur le plan factoriel

Station 2 (Fig. 4.2)

Là aussi le plan factoriel des profils sols / paramètres édaphiques possède un fort taux d'inertie (99.5%).

Axe 1 :

Tous les profils relevés se trouvent concentrés sur le plan comme sur le plan précédant et forment un véritable bull qui se superposent l'un sur l'autre. du côté positif de l'axe 1. Concernant les différents paramètres édaphiques analysés.

Les éléments (argiles et sables) s'opposent de part et d'autre de l'axe. Les argiles (-0.28) sont installés sur le côté négatif de l'axe 1 et ils sont en opposition par rapport aux sables (1.23) et aux graviers (0.20).

Les paramètres chimiques analysés comme la conductivité électrique (CE : -0.26), Ph (- 0.18), Matière organique (MO : -0.30), P₂O₅ (-0.32) se concentrent du côté négatif de l'axe 1 et s'opposent aux éléments granulométriques, il s'agit des sables (1.22) et aux graviers (0.18). Le calcaire total (0.19) se discrimine par rapport aux différents éléments édaphiques analysés et occupe une position positive sur le plan ½ de la deuxième station.

Axe 2 :

Tous les profils se concentrent et se superposent en constituant un véritable noyau et se retrouvent tout proches de l'intersection de la ligne avec les coordonnées (profil 11 : -0.17, profil 12 : 0.59 ; profil 21 : 0.00, profil 22 : 0.78).

Les éléments texturaux gravier (-3.94) et argiles (-1.54) se retrouvent du côté négatif de l'axe 2. Le limon quand à lui (7.31) est éloigné à l'extrémité, il sous tend l'axe en question. Le limon (7.31) et le gravier (-13.14) se trouvent diamétralement opposés, aux deux pôles négatif et positif de l'axe 2.

La même remarque est valable notamment une corrélation entre les éléments de texture est évidente.

Station 3 (Fig. 4.3)

Le plan factoriel des profils sols / paramètres édaphiques possède un fort taux d'inertie (99.5%).

Axe 1 :

Tous les profils relevés se trouvent encore plus concentrés sur le plan et se superposent (profil 11 : 0.49 ; profil 12 : 0.49 ; profil 21 : 0.50 ; profil 22 : 0.50) du côté positif de l'axe 1. A propos des autres paramètres édaphiques analysés.

Les éléments granulométriques (argiles et sables) s'opposent de part et d'autre de l'axe. Les argiles (-0.13) sont installés sur le côté négatif de l'axe 1 et ils sont en opposition par rapport aux sables (1.32) et aux graviers (0.07).

L'ensemble des paramètres chimiques analysés comme la conductivité électrique (CE : -0.21), Ph (- 0.11), Matière organique (MO : -0.22), P₂O₅ (-0.25) se concentrent du côté négatif de l'axe 1 et s'opposent aux sables (1.32). Le calcaire total (-0.11) se positionne sur le côté négatif de l'axe, alors qu'il occupait le côté positif sur les autres plans factoriels précédents.

Axe 2 :

Une situation tout à fait analogue à la précédente où tous les profils se retrouvent tout proches de la ligne, avec les coordonnées (profil 11 : -0.73, profil 12 : -0.11 ; profil 21 : 0.62, profil 22 : 0.23).

Les éléments texturaux gravier (-.28) et argiles (35, 02) se retrouvent du côté négatif de l'axe 2. Le limon quand à lui (7.49) est éloignée à l'extrémité, il sous tend l'axe en question. Le limon (7.49) et le gravier (-28) se trouvent tout à fait aux deux pôles négatif et positif de l'axe 2.

L'axe en question est un axe plutôt textural, en effet les argiles (35), les sables (0.35) et les graviers (-28) de part leurs coordonnées sous tendent les axes 1 et 2.

e- Conclusion

Cette étude comprend un ensemble de résultats édaphologiques obtenus dans une région des hautes plaines d'El-Bayadh à tendance bioclimatique aride à variantes fraîches et froides. L'étude effectuée permet d'avancer un certain nombre d'éléments :

- Une composition texturale sableuse à limono-sableuse, où les sables dépassent dans l'ensemble des stations les 70%,
- Les éléments de texture développent une certaine liaison entre eux à l'exception des limons (variant entre 2 et 11%) et des argiles (variant entre 2 et 9.5%).
- Une teneur en Ca CO₃ assez élevée en particulier au niveau de la station 1 (> 22%),
- Un pH basique supérieur à 7.5 dans l'ensemble des stations,
- Un taux de salinité assez fort dépassant 1.2 mS /cm,

Dans le contexte analyse factorielle (ACP), les gradients altitudinal, dynamique, dégradation peuvent permettre de mieux fouiller les relations entre tous ces différents paramètres édaphiques analysés. Les paramètres texturaux sont déterminants au niveau des axes des plans factoriels. Cette méthode (ACP) peut constituer aujourd'hui une interprétation efficace dans les études de l'écologie des sols, à condition d'avoir un échantillonnage pertinent (Bonnin et Taton, 1990).

Tableau 5 : Résultats analytiques du sol station Station N°1

Horizons	Profil N°1		Profil N°2	
	0 - 4 cm	4 - 30 cm	0 - 5 cm	5 - 30 cm
Couleur (Munsell)	5 YR 5/4	5YR 5/6	5YR 6/4	5YR 5/4
Granulométrie				
1- Gravier	-	-	-	-
2- Sables	87.79	91.6	70	80
3- Limons	10.29	3.45	28.50	15.75
4- Argiles	2.92	4.05	2	4
Texture	Sablo-Limoneuse		Sablo-Limoneuse	
CaCo3 %	33	26	22	36
P2O5 %0	0.08	0.03	0.11	0.10
pH (KCl)	8.3	7.9	8.2	8.3
Conductivité électrique mS /cm	1.9	2.5	8.2	1.7
Matière Organique %	2.02	0.10	1.45	2.30

Tableau 6 : Espèces végétales de la station N° 1

Taux de recouvrement 15 - 20%

Profil N°1			Profil N°2		
	A.D	Présence	A.D	Présence	
<i>1 - Salsola vermiculata</i>	2	10	2 - Salsola vermiculata	2	6
<i>Atriplex halimus</i>	2	8	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	1	6
<i>Peganum harmala</i>	3	8	<i>Lygeum spartum</i>	1	5
<i>Schismus barbatus</i>	1	6	<i>Astragalus sinaicus</i>	1	3
<i>Noaea mucronata</i>	1	5	<i>Peganum harmala</i>	+	2
<i>Micropus bombycinus</i>	1	5	<i>Herniaria hirsuta</i>	+	2

Tableau 7 : Résultats analytiques du sol station N°2 El-Bayadh

Horizons	Profil N°1		Profil N°2	
	0 - 6 cm	6 - 25 cm	0 - 5 cm	5 - 25 cm
Couleur (Munsell)	10 YR 6/4	7.5YR 6/3	7.5 YR 6/4	7.5YR 7/8
Granulométrie				
4- Gravier	-	-	-	-
5- Sables	92	93	90	89
6- Limons	5	3	5.5	11
4- Argiles	2.96	3.95	4.20	0.17
Texture	Sablo-Limoneuse		Sablo-Limoneuse	
CaCo3 %	26	30	27	29
P2O5 %0	0.05	0.03	0.05	0.05
pH (KCl)	8	8.60	8.4	8.20
Conductivité électrique mS/cm	7.90	1.40	2.50	1.9
Matière Organique %	1.40	1.57	1.70	1.40

Tableau 8 : Cortège Floristique de la station N°2 El-Bayadh
Taux de recouvrement 15 - 20%

Profil N°1			Profil N°2	
	A.D	Présence	A.D	Présence
<i>Lygeum spartum</i>	2	6	<i>Salsola vermiculata</i>	3 7
<i>Retama ratam</i>	3	5		
<i>Salsola vermiculata</i>	1	5	<i>Atriplex halimus</i>	2 6
<i>Anabasis articulata</i>	1	3	<i>Lygeum spartum</i>	2 5
<i>Aristida pungeus</i>	1	2		
<i>Atriplex halimus</i>	1	2	<i>Noaea mucronata</i>	2 4
			<i>Schismus barbatus</i>	1 3
			<i>Helianthemum apertum</i> +	1

Tableau 9 : Résultats analytiques du sol, station N°3 El-Bayadh

Horizons	Profil N°1		Profil N°2	
	0 - 4 cm	4- 15 cm	0 - 5 cm	5 - 25 cm
Couleur (Munsell)	2,5YR7/8	10YR 4/6	2.5YR3/4	7.5YR4/6
Granulométrie				
7- Gravier	12	11	9	8
8- Sables	94	88	85	91
9- Limons	2	6	5	2
4- Argiles	4	6	9.5	7
Texture	Sableuse		Sablo-limoneuse	
CaCo3 %	6.50	9.50	7.5	8.10
P2O5 %0	0.02	0.03	0.04	0.08
pH (KCl)	8	7.8	8.2	7.4
Conductivité électrique mS/cm	1.2	1.20	2.5	3.10
Matière Organique %	2.04	0.10	1.45	2.10

Tableau 10 : Cortège floristique de la station N°3 El-Bayadh
Taux de recouvrement 15 - 20%

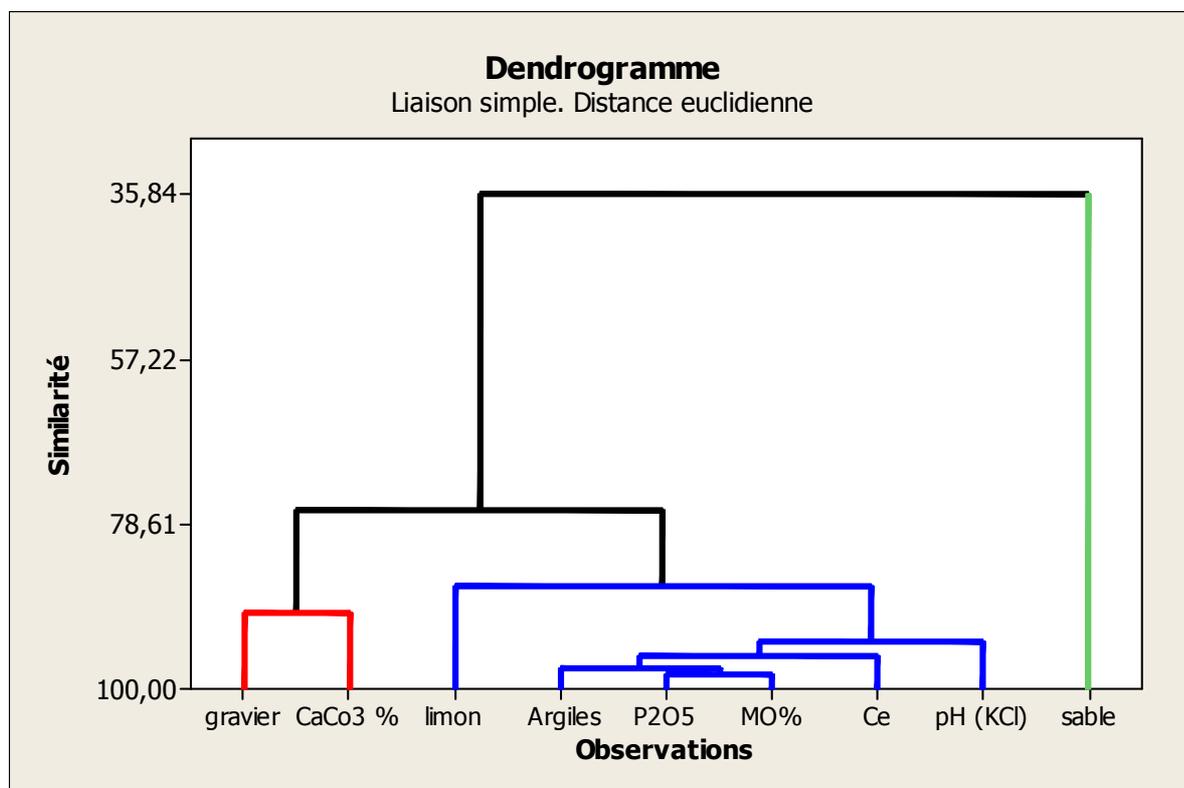
Profil N°1	A.D	Prés.	Profil N°2	A.D	Prés.
<i>Stipa tenacissima</i>	2	4	<i>Lygeum spartum</i>	1	3
<i>Atractylis humilis</i>	1	2	<i>Suaeda fruticosa</i>	+	3
<i>Brachypodium distachyum</i>	1	2	<i>Artemisia herba-alba</i>	1	2
<i>Noaea mucronata</i>	1	4	<i>Aristida pungeus</i>	1	2
<i>Lygeum spartum</i>	1	2	<i>Stipa tenacissima</i>	1	1
<i>Salsola vermiculata</i>	1	+	<i>Plantago ovata</i>	+	1
<i>Atractylis serratuloides</i>	+	+	<i>Noaea mucronata</i>	+	1

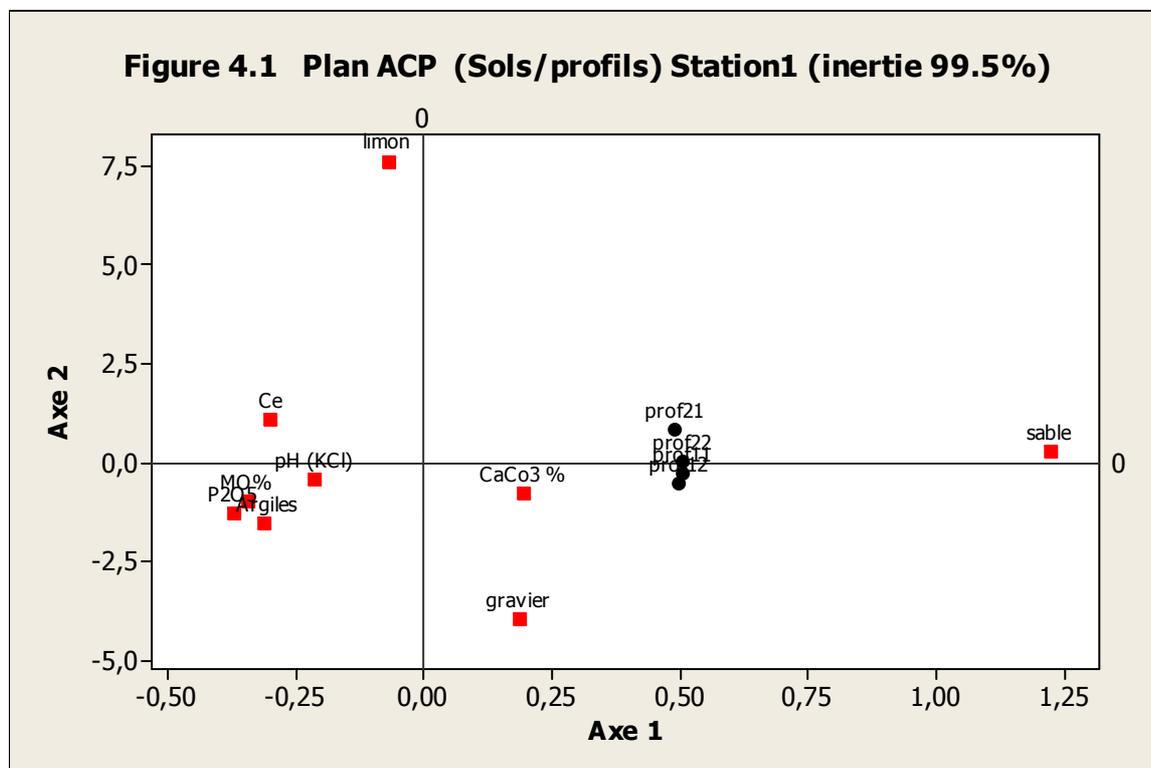
Traitements (ACP)

Station 1

Valeur propre	3,8778	0,1006	0,0211	0,0005
Proportion	0,969	0,025	0,005	0,000
Cumulatif	0,969	0,995	1,000	1,000

Individus	axe1	axe 2
Gravier	0,185955491	-3,94730215
Sable	1,223916058	0,2865562
Limon	-0,06849885	7,60549147
Argiles	-0,311042436	-1,53744677
CaCo3 %	0,19614769	-0,79418537
P2O5	-0,37168781	-1,27842547
pH (KCl)	-0,212754862	-0,44082176
Ce	-0,298283555	1,08553288
MO%	-0,343751726	-0,97939903
prof11	0,505582579	-0,28541883
prof12	0,499208294	-0,51917968
prof21	0,49035797	0,80542065
prof22	0,504704267	0,01691517





Station 2

Valeur propre 3,9622

0,0322 0,0049 0,0008

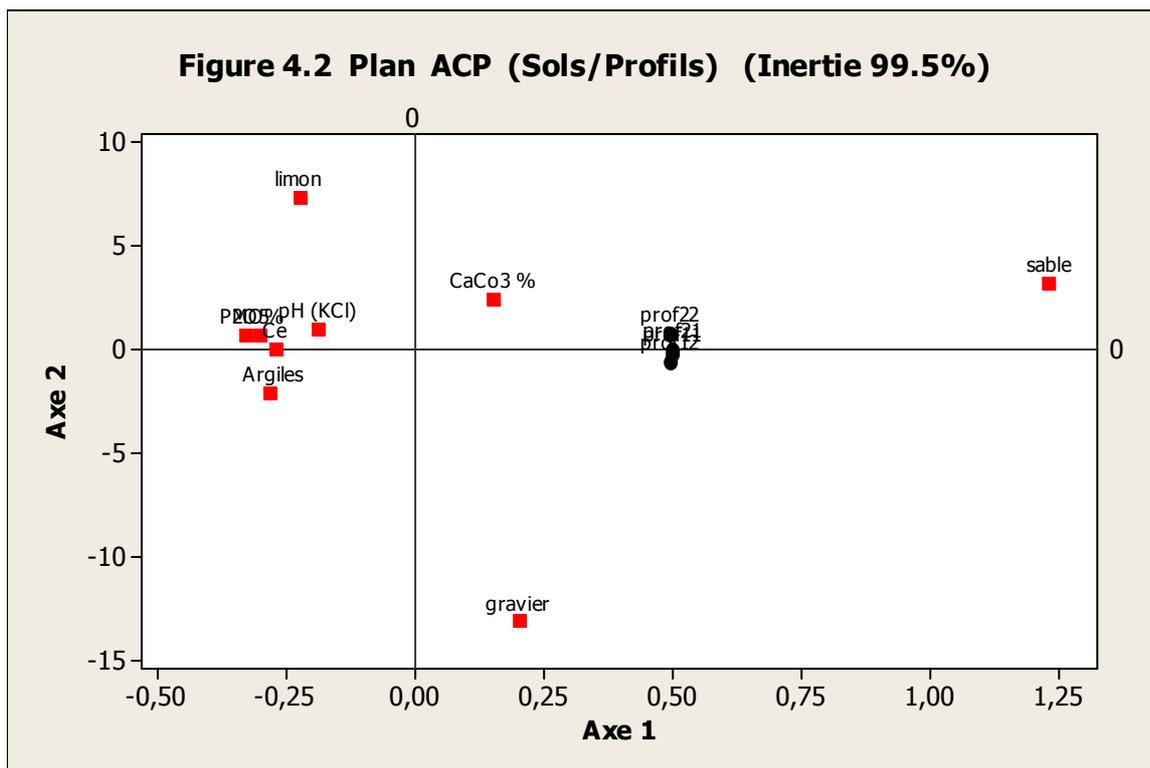
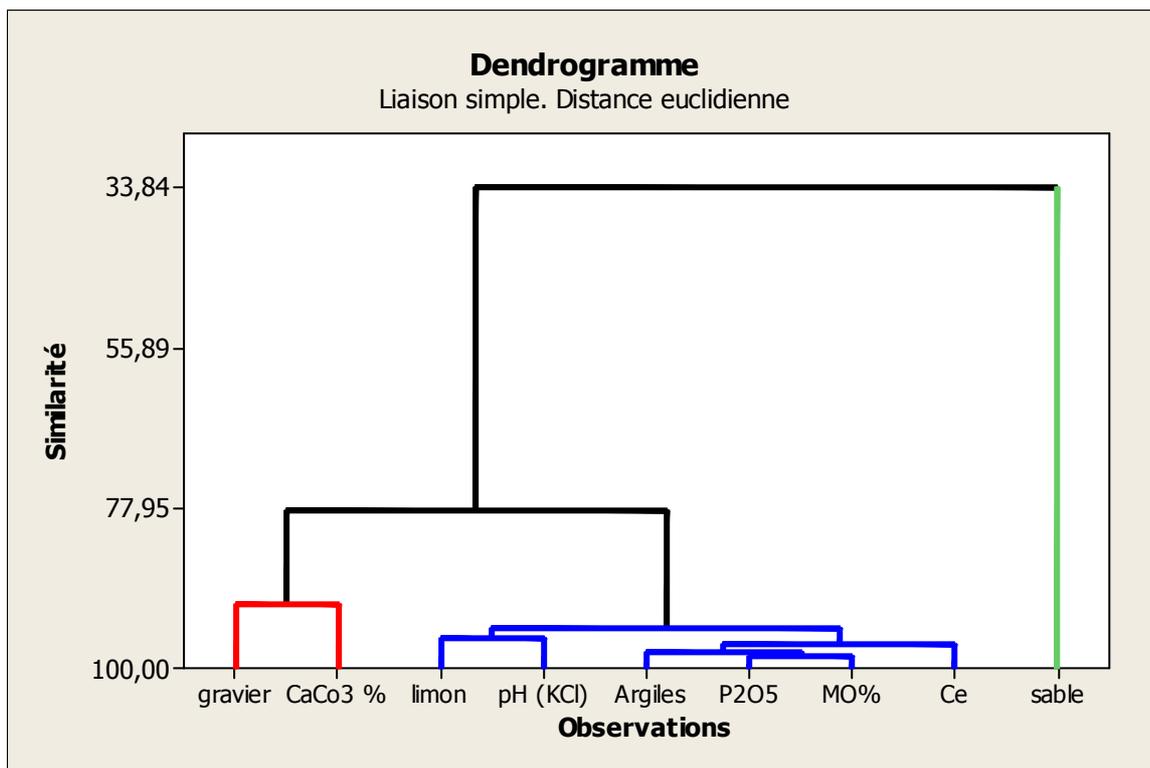
Proportion 0,991 0,008 0,001

0,000

Cumulatif 0,991 0,999

1,000 1,000

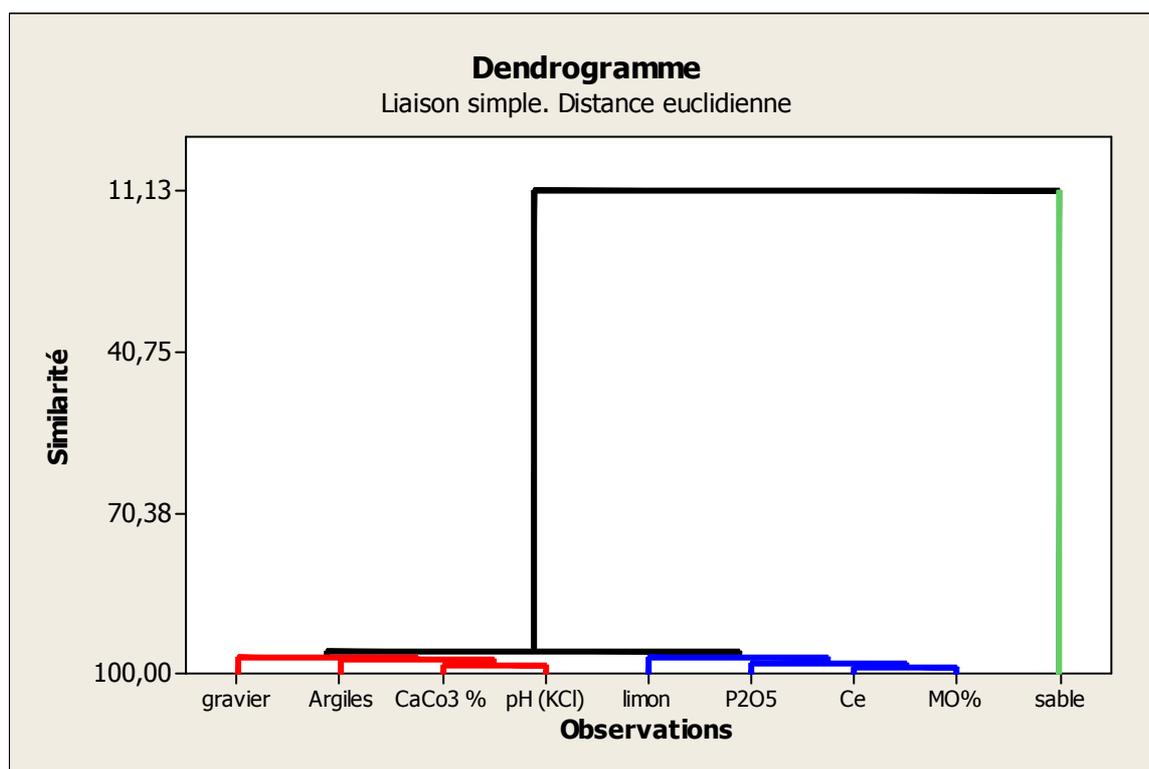
Individus	axe1	Axe 2
Gravier	0,20236089	-13,1418693
Sable	1,23338345	3,1867953
Limon	-0,22204682	7,31069826
Argiles	-0,28038162	-2,1195058
CaCo3 %	0,15197318	2,42518177
P2O5	-0,32761135	0,69767949
pH (KCl)	-0,18593908	0,98116906
Ce	-0,26939939	-0,00460297
MO%	-0,30233927	0,66445423
prof11	0,50131387	-0,17404162
prof12	0,49910692	-0,59871579
prof21	0,50222989	-0,00546777
prof22	0,49733472	0,78180497



Station 3

Valeur propre	3,9930	0,0035	0,0028	0,0007
Proportion	0,998	0,001	0,001	0,000
Cumulatif	0,998	0,999	1,000	1,000

Individus	Axe1	Axe2
Gravier	-0,07720448	-28,5643745
Sable	1,32489001	0,35026961
Limon	-0,18597179	7,49657866
Argiles	-0,13493344	35,0692198
CaCo3 %	-0,11341295	2,36100683
P2O5	-0,25254398	-9,00515485
pH (KCl)	-0,11455911	-3,1698592
Ce	-0,21778789	4,72254973
MO%	-0,22847637	-9,26023607
prof11	0,4998932	-0,739091
prof12	0,49998381	-0,11562971
prof21	0,50003604	0,62128784
prof22	0,50008693	0,23318593



2.2.2.2.5 – Analyse de la végétation

A- Synthèse sur le milieu naturel pour un choix pertinent d'une méthodologie d'approche

A.1- Spécificités du milieu naturel ayant induits le choix de la zone d'étude

Pour notre étude on a choisi, comme région d'étude, l'interface steppe - Sahara dans l'ouest algérien ; Ce territoire représente une entité biologiquement et écologiquement particulière.

Le territoire test d'El Bayadh cadre dans un espace délimité en longitude par 0° (méridien de Greenwich) à 2°E et en latitude par 31° à 34°N.

Il se divise en trois bandes géographiques parallèle à la mer, soit, successivement du nord vers le sud:

- Les hautes plaines steppiques qui sont un immense bassin fermé endoréique dans lequel les eaux de pluie s'écoulent vers le chott chergui ou les dayates;
- La zone montagneuse: l'Atlas saharien;
- La zone saharienne, désertique, forme le piémont sud de l'Atlas saharien.

L'idée directrice ayant guidé ce choix est d'obtenir des espaces aussi différenciés que possible afin d'aborder le plus grand nombre de situations écologiques.

Nous avons, en effet, une large palette de bioclimats, du semi aride au saharien, et par conséquent une grande variété de situations écologiques.

Les fonctions qui s'exercent sur cette zone sont actuellement l'agriculture, les parcours et l'urbanisme. En plus la zone a bénéficié de la réalisation d'une importante infrastructure, le barrage de Larouia (Brézina). Les eaux de cet important réservoir (120 millions de M3) serviront pour l'irrigation du périmètre de Brézina (1000 ha).

Les problèmes qui se posent sur cette zone passent en premier lieu par la coexistence difficile sur un même espace d'un milieu fragile et d'une surexploitation ou plutôt d'une exploitation anarchique. S'il est difficile de prétendre que la région choisie pour l'étude est représentative de l'ensemble des conditions du territoire national, il n'en demeure pas moins que les situations écologiques et les pressions qui s'exercent sur le milieu peuvent être extrapolées à beaucoup d'autres milieux de la région steppique algérienne.

A.2– Particularités écologiques de la zone d'étude

La végétation, dans la région d'El Bayadh, comme pour l'ensemble du territoire steppique Algérien, est fortement liée à la géomorphologie.

Trois formes physiographiques importantes se dégagent en liaison avec la structure géologique et la nature des roches qui constituent le substratum géologique:

- (1) Les djebels, collines et sommets
- (2) Les surfaces plus ou moins planes
- (3) Les dépressions

- Les djebels, collines et sommets qui constituent essentiellement l'Atlas saharien sont issus de l'évolution d'un relief plissé, formé par la succession spatiale plus ou moins régulière de bombements convexes (anticlinaux) et de creux concaves (synclinaux).

L'érosion Quaternaire a mis à jour toutes les zones résistantes en déblayant les couches tendres (marnes).

En général, les zones anticlinales correspondent aux sommets actuels et les synclinaux aux parties déprimées. Cependant, il existe des reliefs dit "inversés", par suite d'une érosion intense, et qui correspondent à des zones hautes appelées "synclinaux perchés".

L'altitude de ces reliefs est comprise entre 1022 m (Sidi Slimane) et 2008 m (Djebel Ksel). Ces formes de relief sont parfois occupées par une végétation forestière très dégradée (Dj Ksel, Dj Bou Derga...).

- Les surfaces plus ou moins planes.

Ces surfaces correspondent aux glacis, qu'ils soient d'accumulation ou de dénudation, qui entourent les montagnes. Cette forme de relief résulte de plusieurs conditions de formation telle la pente raide des djebels, l'évacuation des déblais sur le glacis et l'absence d'une érosion linéaire bien marquée.

Toutefois plusieurs formes de glacis qui s'emboîtent les uns dans les autres peuvent être distingués:

Les hauts glacis datant du Quaternaire ancien et incisés par des dayates de taille variable;

Les glacis de raccordement du Quaternaire moyen (plus récent) relient les reliefs avec les hauts glacis. Ils présentent des accumulations calcaires sous forme d'encroûtement. Ces glacis, souvent ensablés, sont recouverts d'une végétation psammophile;

Les glacis du Quaternaire récent, de dépôts alluviaux et colluviaux tels des chenaux et terrasses d'oueds. L'accumulation calcaire, moins importante, se présente sous forme de nodules et parfois d'encroûtement.

- Les dépressions.

On distingue deux formes de dépressions: les dayates et les chotts.

- Les dayates sont des dépressions circulaires de faibles dimensions (quelques dizaines de mètres). Elles se forment surtout au niveau des hauts glacis (surface Moulouyenne) par un phénomène de dissolution de l'épaisse croûte calcaire.
- Les chotts (chott ech chergui), d'altitude moyenne (1000 m) vaste système endoréique du Quaternaire moyen, couvre plusieurs dizaines de Km² où s'accumulent les eaux de ruissellement salées. La zone centrale, la plus basse, est sans végétation à cause de la salure trop élevée.

La pluviosité moyenne annuelle de la région d'El Bayadh est relativement faible: 326 mm/an à El Bayadh, 208 mm à El Kheiter et 129 mm à EL Abiodh Sidi Chekikh. Cette pluviosité accuse une forte variabilité interannuelle et spatiale avec une diminution des hauteurs de pluie du nord vers le sud.

Les pluies sont concentrées sur la saison froide et les mois les plus chauds sont aussi les plus secs.

Le nombre de jours d'orage est de l'ordre de 20 jours/an pour El Bayadh.

Les données concernant la neige sont fragmentaires. L'enneigement moyen pour El Bayadh est de 13 jours/an avec une épaisseur moyenne de 10 cm.

La température moyenne annuelle est relativement peu élevée. Les températures estivales sont assez fortes et les températures hivernales très basses induisent une amplitude thermique importante: 35°3C (amplitude thermique annuelle, M-m, d'El Bayadh)

En hiver, les vents dominants sont de secteur W à NW, dus aux hautes pressions qui règnent sur les atlas, tellien et saharien. En été, ce sont les conditions locales qui prédominent et les vents du SE deviennent dominants.

Dans l'ensemble, ces vents sont de force modérée et les plus forts sont ceux de fin d'hiver et de printemps

L'analyse des principaux indices et coefficients (coefficient pluviométrique de Emberger, diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen associant pluviosité et température, montre que la station d'El Bayadh (1310 m) est caractérisée par un bioclimat semi-aride froid (sens Emberger). Cependant la station d'El Abiodh Sidi Cheick, moins élevée (904 m) et plus au sud, donc moins arrosée, est classée dans l'étage bioclimatique saharien.

Pour les djebels qui dominant dans la région d'El Bayadh, la pluviosité est plus importante (gradient pluvio-altitudinal de l'ordre de 35 mm/100 m d'élévation) et le bioclimat relativement plus humide.

Les conditions climatiques sévères conditionnent avec les facteurs géomorphologiques, le régime hydrographique et son évolution.

La région est caractérisée par un écoulement des eaux pluviales non vers la mer mais dans des zones de concentration ou d'évaporation (endoréisme).

Cette particularité est à l'origine de dépressions plus ou moins circulaires (dayates) liée à la traversée des terrains salés ou gypseux du Trias. Elle donne également naissance aux sebkhas, zones de concentration, puis d'évaporation des eaux se transformant durant l'été en étendues abiotiques recouvertes d'une carapace de chlorures divers.

Une réserve d'eau importante paraît être à une grande profondeur sous l'emplacement du chott Ech Chergui (sur lequel tombe 280 mm de pluie en moyenne/an), des terrains du Tertiaire continental et dans les calcaires fissurés du Jurassique moyen et du Sénonien. En effet, la source artésienne de Kheiter prouve l'existence d'un puissant bassin artésien. Les pluies de l'Atlas saharien, les neiges qui restent sur le sol plusieurs jours/an, les couches calcaires et surtout les grandes épaisseurs de grès donnent à l'Atlas saharien une relative richesse en eau. Ces grès de l'Albien (Crétacé inférieur) qui alternent avec des lits marneux, servent de réservoirs aux sources les plus fortes dont la plupart de celles du Djebel Amour.

Le haut bassin de la région atlassique alimente aussi le Sahara par plusieurs oueds:

- L'oued Rharbi alimentant l'oasis d'El Abiodh Sidi Cheikh ;
- L'oued Seggueur, la palmeraie de Brézina ;
- L'oued Zergoun coupe le djebel Mimouna.

Les oueds, alimentant le bassin des chotts, sont beaucoup moins importants et leur débit est très irrégulier à cause des pluies aléatoires.

Entre la chaîne principale de l'Atlas et les chaînons de l'Hangar Guettar et du Chebbak Menidjel s'étend une zone topographiquement déprimée dans laquelle les petits oueds se terminent, soit dans les Sebkhas, soit dans les Dayates. Ces deux oueds s'alimentent à l'Atlas saharien et traversent ces hautes plaines d'une vallée jalonnée de points d'eau.

En 1988, plus de 800 points d'eau ont été recensés dans la wilaya. Ces eaux servent à l'agriculture et également à l'alimentation en eau potable

La nature des sols et leur répartition est en étroite relation avec les unités géomorphologiques. Une superficie considérable est occupée par des sols peu profonds tels:

Les sols minéraux bruts et peu évolués d'érosion sur les djebels et affleurements du substratum géologique;

Les sols calcimagnésiques à dalle, croûte ou encroûtement calcaire sur les glacis encroûtés du Quaternaire ancien et moyen.

Le sous-sol de la wilaya regroupe des richesses naturelles . Les substances répertoriées par l'étude de l'ERM sont :

- Les calcaires de la zone Fredj-Brézina El Abiodh Sidi Cheikh et Ain El Orak,
- Les gypses d'El Bayadh -Djebel Rounjaila -Boualem et Ksar Essaguia,
- Les argiles d'Ain Sefia -Garet El Hamra ,
- Le sel de table de Krakda- sud Ain Ouarka-Khoder et Ain El Orak,
- Le sable pour verrerie d'Arbouat et Fougaria,
- L'amiante de Djebel Melah gisement exploité en 1941,
- Le baryte de Chellala Dahrania et de Meirsa .

Une superficie relativement peu importante est occupée par des sols plus profonds sur les terrasses du Quaternaire récent, les dayates et les chenaux d'oueds comme le montre le tableau ci-dessous.

La classe des sols minéraux bruts est représentée par plusieurs types de sols: sols bruts d'érosion, sols minéraux bruts d'apport alluvial, sols minéraux bruts d'apport éolien...

Les sols minéraux bruts d'érosion sont situés généralement sur pente assez forte où les couches superficielles sont constamment entraînées empêchant ainsi la formation du sol. Le couvert végétal est très peu significatif avec toutefois quelques reliques de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*)...

Les sols minéraux bruts d'apport alluvial se localisent au niveau des lits d'oueds. Ils présentent une texture sableuse, une forte charge caillouteuse et sont occupés par une végétation ripisylve à *Tamarix* sp., *Nerium oleander*;

Les sols minéraux bruts d'apport éolien sont constitués de sables plus ou moins mobiles. Ces sols sableux, très faiblement calcaires, sont occupés par une végétation typiquement psammophile à *Aristida pungens*, *Arthrophytum scoparium*...

La classe des sols peu évolués se distingue essentiellement par deux types de sols:

Les sols peu évolués d'érosion, sur roche mère dure (calcaire, grès..) ou tendre (marnes), présentent une profondeur peu importante (< 20 cm), une proportion élevée d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse, un horizon superficiel (A) bien individualisé et un faible taux de matière organique (< 2%)

Les sols peu évolués d'apport alluvial se répartissent particulièrement dans les chenaux et terrasses d'oueds alluvionnés ainsi que les dayates. Ces sols représentent la majeure partie des terres mises en culture.

La classe des sols calcimagnésiques est représentée par plusieurs types de sols: rendzines, sols bruns calcaires, sols bruns calciques, sols à encroûtement gypseux :

- Les rendzines, localisées essentiellement dans l'Atlas saharien, présente en général les caractéristiques suivantes: une structure grumeleuse, un taux de matière organique supérieur à 3%, un taux de calcaire total supérieur à 40% et une végétation forestière et pré-forestière à *Quercus rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus tournefortii* et *Stipa tenacissima*.
- Les sols bruns calcaires sont également caractéristiques de la zone montagneuse et se définissent comme les rendzines, par une structure grumeleuse à polyédrique, un taux de matière organique également supérieur à 3% et un couvert végétal forestier à préforestier.
- Les sols bruns calcaires à accumulation calcaire, localisés sur les glacis du Quaternaire, sont dans l'ensemble caractérisés par une profondeur peu importante (20 à 50 cm) une texture sablo-limoneuse à limino-sableuse un taux de matière organique inférieur à 2%, un complexe absorbant saturé en magnésium et calcium et une végétation à base de *Stipa tenacissima*, *Artemisia inculta*, *Lygeum spartum*...

Les sols calcimagnésiques présentent en général une surface sensible à l'érosion hydrique en nappe, couverte d'une pellicule de glaçage et en partie surmontée d'un voile sableux.

La classe des sols isohumiques est essentiellement représentée par les sierozems qui se localisent sur glacis plus ou moins caillouteux du Quaternaire moyen et ancien. Ces sols présentent une texture grossière, un taux de calcaire total élevé, un faible taux de matière organique (< 1%) et sont occupés par une végétation psammophile à *Lygeum spartum*, *Arthrophytum scoparium*, *Thymalea microphylla* ...

La classe des sols halomorphes se localise au niveau des dépressions salées (chott ech chergui) et les zones d'épandage des principaux oueds. Ces sols se forment dans des alluvions à texture généralement grossière et sont souvent recouverts par des dépôts éoliens. La salure est très élevée à cause de la nappe phréatique qui est très peu profonde. Quand la salure est trop importante la végétation se compose d'espèces hyperhalophytes (*Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum* sp). Lorsque cette salure diminue, le couvert végétal se compose d'halophytes (*Salsola vermiculata*, *Atriplex halimus*, *Suaeda fruticosa*...) associés à des psammophytes dans le cas où le terrain est recouvert de sables.

Les principaux types d'occupation du sol reflètent les conditions écologiques précises du milieu. Les principales unités de végétation présentes dans la wilaya sont les suivantes:

- **Les groupements forestiers et pré-forestiers** sont développés sur les montagnes à la faveur d'un climat "tempéré" par l'altitude. Il s'agit surtout de jeunes forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) introduit dans le cadre du barrage vert et des forêts très dégradées à *Quercus rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus* en association avec *Stipa tenacissima*

- **Les formations steppiques non salées**, basses et plus ou moins ouvertes, sont caractérisées par la dominance de graminées (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*...) et/ou de chamaephytes (*Artemisia herba alba*, *Artemisia campestris*...) auxquelles s'ajoute un cortège important et varié d'espèces annuelles. A ces formations sont rattachées les peuplements de jujubier (*Zizyphus lotus*) et pistachier (*Pistacia atlantica*).

La steppe à alfa (*Stipa tenacissima*) occupe les parties du terrain qui sont en relief. Le sol est fortement caillouteux et la terre fine est à prédominance limoneuse. La steppe à alfa est physionomiquement homogène mais trois faciès peuvent être distingués:

"Une mer d'alfa" (selon les anciens écrits) ou vaste nappe d'alfa ou u moins ce qui peut ressembler à une nappe régulière avec un cortège floristique composé d'annuelles, se développe entre 200 et 300 mm de précipitations annuelles;

Dans les secteurs montagneux au voisinage des régions boisées, la formation précédente s'enrichit en espèces ligneuses basses (*Rosmarinus* sp., *Cistus* sp., *Helianthemum* sp...)

Quand le terrain devient favorable à l'installation "d'espèces sahariennes" (*Arthrophytum scoparium*, *Farsitia occidentalis*, *Anabasis articulata*...), des groupements présahariens se substituent progressivement à la nappe l'alfa en allant vers le sud.

La steppe à sparte (*Lygeum spartum*) occupe essentiellement les alluvions (qui forment à la base des reliefs des glacis à pente faible et régulière), les zones dépressionnaires (oueds et dayates) et les accumulations éoliennes. Cette steppe, très hétérogène, présente à côté de la forme principale plusieurs faciès (faciès à *Atriplex halimus*, faciès à *Peganum harmala*, faciès à *Artemisia campestris*..)

La steppe à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) occupe les dépressions non salées. Le sol, formé d'éléments arrachés aux pentes par le ruissellement, est plus ou moins argileux. L'armoise blanche forme une steppe basse assez lâche et s'accompagne d'un cortège floristique très peu significatif.

La steppe à drinn (*Aristida pungens*) est localisée sur les dunes. La végétation, très clairsemée, est caractérisée par des graminées et un ensemble d'espèces telles que *Retama retam*. Le sable est fixé çà et là par des plantations de tamarix (*Tamarix africana*).

Les peuplements de jujubier (*Zizyphus lotus*) est de bétoum (*Pistacia atlantica*) sont localisées dans les dépressions argileuses et les talwegs. Les buissons de jujubier forment des "boules" de plusieurs mètres de diamètre souvent rapprochées et retenant le sable. La flore compagne appartient entièrement à celle des hauts plateaux (contrairement aux peuplements de jujubier du tell).

- **La végétation des sols salés** forme une frange d'une largeur très variable autour des dépressions salées (chott). En fonction de la salure (teneur en chlorure décroissante) différentes "zones" peuvent être distinguées :

- Ceinture à *Halocnemum strobilaceum*
- Ceinture à *Suaeda fruticosa*
- Ceinture à *Salsola vermiculata* et *Atriplex halimus*

- **Les jachères et les cultures**

Il s'agit de cultures annuelles (céréales) avec des jachères pâturées plus ou moins anciennes. Certaines jachères se présentent comme des peuplements assez denses à *Peganum harmala*, *Zizyphus lotus*...

La wilaya d'El-Bayadh est une région essentiellement pastorale .Cependant ses disponibilités en eau lui ont permis le développement d'une agriculture vivrière dans des zones spatiellement limitées notamment les ksours .

L'élevage est la principale activité économique ;15.900 éleveurs sont propriétaires de :

- 1,5 millions têtes d'ovins (déclarés).
- 1.100 têtes de bovins (race locale améliorée).
- 29.000 têtes de caprins.
- Des équins et des camélins.

Concernant l'agriculture, la wilaya compte une SAU (surface agricole utile) de 23.360 ha soit une moyenne de 0,14 ha/habitant.

L'alfa, deuxième richesse locale après le mouton est soumise à une continuelle régression (1.400.000 ha en 1975 à 417.000 ha actuellement).

A.3- Choix de la méthodologie générale d'inventaire de la flore, de la végétation et des caractères écologiques

L'approche méthodologique d'inventaire de la flore et de la végétation et des conditions écologiques dont ils dépendent repose sur le principe de choix de stations d'observation en fonction de la variable altitude, la géomorphologie et de la physionomie de la végétation ; Ces facteurs semblent déterminant quant aux changements des phytocénoses et par conséquent des taxons intervenant dans leur structuration et leur composition spécifique.

Cette approche méthodologique nous permet de définir au préalable quels sont les moyens les plus adaptés et les plus appropriés pour analyser et expliquer la valeur écologique des données collectées sur le terrain en faisant un bon diagnostic afin de tirer les meilleurs enseignements en terme de mesures.

Cette démarche fait ressortir et dresser une image la plus exacte possible de la réalité du terrain ; Par conséquent, elle doit être appliquée aux trois niveaux suivants : l'analyse, le diagnostic et les mesures. En quoi consistent ces trois niveaux ?

A.3.1- Analyse

Cette partie du travail est essentielle. C'est à ce stade que les données collectées sont analysées pour dresser un tableau qui reflète, de la manière la plus fidèle, la réalité du terrain avec le plus de crédibilité et le plus de justesse. C'est donc une lecture de la situation et de l'état de la biodiversité dans le temps et dans l'espace. Cette justesse dans l'analyse des données permettra aux gestionnaires de prendre les décisions les plus urgentes et les plus appropriées pour élaborer un plan de gestion et définir les actions nécessaires pour atteindre les objectifs d'aménagement et de préservation de la biodiversité. En fonction des objectifs du plan de travail préalablement établi et de la qualité des données récoltées, l'analyse confortera ou non les hypothèses relatives à la situation de la biodiversité émises au départ.

Dans le cas du bassin versant du barrage de Brézina, la problématique posée est celle de la préservation et de l'utilisation durable de la diversité biologique d'intérêt national. En termes plus clairs, il est demandé de répondre aux questions suivantes : est-ce que ces ressources biologiques sont réellement d'intérêt national ? Est-ce que cette biodiversité est menacée ? Quel est le statut de ces espèces ? Quelles sont les espèces déjà disparues, menacées d'extinction, endémiques ou qui ont un intérêt pour les populations locales ? Est-ce que les populations et les effectifs des espèces végétales les plus affectées par le surpâturage sont à un niveau encore appréciable et viable ? Les données récoltées devront permettre d'approfondir un peu plus l'analyse pour comparer la situation actuelle de la biodiversité à celle des années précédentes. Cette comparaison est importante pour évaluer et mesurer l'évolution de la diversité biologique dans l'espace et dans le temps.

L'analyse des données relatives aux menaces et aux contraintes permet d'identifier les sources de pressions qui pèsent sur ces ressources naturelles.

A.3.2- Diagnostic

Le diagnostic est une deuxième étape importante dans l'analyse des informations scientifiques collectées sur le terrain ; il permet de faire un constat réel de la situation en intégrant toutes les données écologiques ayant un déterminisme dans la répartition de la flore et de la végétation dans un écosystème donné. Le diagnostic doit être réalisé, dans un premier temps, par facteur écologique isolé. La superposition des différentes couches d'informations devra faire ressortir, par déduction logique, d'autres informations. Un bon diagnostic permet de situer avec précision le mal, les dysfonctionnements des espèces et des habitats, les enjeux et les intérêts des populations locales.

Le diagnostic écologique servira dans un premier temps à démontrer la pertinence du choix des stations d'observation. Il permettra de conclure à ce sujet s'ils sont réellement représentatifs de toute la zone, s'ils se caractérisent par des particularités telles que la rareté des espèces, l'endémisme ou au contraire l'abondance. Ce diagnostic permettra de mettre en évidence les fonctionnements et l'interaction des différentes composantes de la diversité biologique et de démontrer quels sont les éléments les plus déterminants.

Un diagnostic de la situation relative aux menaces et aux contraintes induites par l'homme donnera une image exacte de ses actions sur le milieu naturel et une évaluation de son impact. Le diagnostic doit être une analyse cohérente de l'état des milieux au niveau habitats et écosystèmes. Cette cohérence est essentielle pour les gestionnaires qui seront amenés à concevoir des projets intégrés de préservation et de gestion durable des espaces. C'est une méthode rigoureuse qui permet d'éviter les erreurs dans les choix des programmes d'aménagement et des actions de restauration et de préservation de la diversité biologique (Mederbal, 2002).

Les dysfonctionnements écologiques des systèmes naturels seront mis en évidence avec plus de réalisme dans le diagnostic ; ce dernier fera ressortir, par analyse et déduction, d'autres indicateurs supplémentaires pour caractériser l'état de la biodiversité.

A.3.3- Mesures

L'approche et la méthodologie de planification des mesures à prendre pour la préservation de la biodiversité et son utilisation durable est un volet important. Une bonne analyse et un bon diagnostic équivalent à une série de bonnes mesures pour préserver, restaurer protéger les espèces et les habitats.

Les mesures à prendre dans le cadre de la préservation et de l'utilisation durable de la biodiversité d'intérêt national représentent les résultats obtenus dans la phase du diagnostic. Le choix des mesures à prendre et leur hiérarchisation déterminent la réussite des actions de préservation et du plan d'aménagement.

Les actions à entreprendre au sujet des espèces concernent toutes les mesures et les méthodes de réintroduction des espèces disparues et la préservation des espèces menacées.

Au niveau des écosystèmes et des habitats, les mesures qui seront préconisées se rapportent à la réhabilitation des milieux dégradés, à la préservation des habitats des espèces phares et à la restauration de ceux qui sont dégradés.

D'autres mesures nécessitent la prise en charge effective de certains aspects réglementaires et organisationnels tel que le surpâturage. A ce sujet, il sera proposé l'application effective de la réglementation existante et la mise en œuvre d'une réglementation complémentaire pour assurer un ancrage juridique aux actions spécifiques de préservation, de contrôle, d'aménagement en faveur des sites et des espèces.

Les aspects socio économiques feront l'objet de mesures spécifiques dans le but de proposer des actions d'écodéveloppement pour atténuer la pression sur les ressources naturelles et juguler les contraintes autant que possible.

D'autres types de mesures concernent les études complémentaires qui seront menées dans d'autres sites pour constituer des banques de données, acquérir des connaissances supplémentaires et dresser un état des lieux qui se rapproche le plus possible de la réalité du terrain.

B- Caractérisation floristique de la zone d'étude (Figures 8 à 11)

B.1-Introduction :

Résistant à d'importantes accumulations de sels dans le milieu extérieur, certaines halophytes se comportent normalement sur des sols non salés et ne sont donc que des « halophytes facultatives » (certaines espèces d'*Atriplex* par exemple). Par contre, d'autres halophytes ne peuvent se développer complètement qu'en présence de fortes concentrations salines ; ce sont des « halophytes obligatoires » (*Salicornes* par exemple).

Les halophytes s'opposent aux glycophytes, plantes des milieux non salés, par leur morphologie proche de celles des xérophytes (*Succulence* des tiges ou des feuilles, réduction des appareils foliaires) et par des caractères physiologiques : pression osmotique, résistance à la nature et à la concentration des sels ; cette faculté de résistance conduit souvent du reste à la formation de ceintures de végétation caractéristiques.

Les études floristiques des milieux halomorphes ont fait l'objet de nombreux travaux dans le bassin méditerranéen.

En Algérie et au Maroc, citons à titre d'exemple :

Simonneau (1961), Bendaanoun (1981), Aidoud (1983), Chaabane (1993), Benchaabane (1996), Benabadji (1991, 1995), Benabadji et al. (2004), Aboura et al. (2006).

D'autres travaux ont été menés dans le cadre des mémoires de fin de cycle. Citons ceux de Magistères : Adi (2000), Ghezlaoui (2001), Larafa(2004), Benmoussat (2004) et Sari Ali (2004).

Dans cette partie qui ne prétend pas être un travail phytosociologique au sens du terme, nous donnerons un aperçu bibliographique sur la végétation steppique et pré-saharienne suivi d'une analyse de la composition floristique des formations végétales des différentes stations ; puis on essaiera d'apprécier la diversité floristique de ces formations pour comprendre écologiquement les différentes situations où se trouvent ces formations végétales.

La végétation actuelle résulte de l'interaction de facteurs très diversifiés, relevant de la topographie, la géologie, la climatologie et surtout par une longue et profonde action anthropozoogène.

La sécheresse des années 1990 qu'a connue la région a profondément perturbé la nature entraînant chez les végétaux d'importants phénomènes de stress hydrique et d'adaptation.

A travers ce chapitre, nous nous proposons d'analyser la flore vasculaire localisée dans la région d'El-Bayadh.

A ce titre 60 relevés floristiques ont été effectués, ils feront l'objet d'une analyse multidimensionnelle (AFC).

B.2-Méthodologie de l'inventaire floristique:

Nous avons porté une attention toute particulière aux espèces végétales steppiques et pré-sahariennes ; pour cela nous avons entamé notre travail en réalisant plusieurs relevés floristiques selon la méthode de Braun-Blanquet (1951). Ces relevés ont été effectués durant la saison printanière afin d'obtenir le maximum d'espèces ; pour chaque espèce inventoriée on note deux caractères : l'abondance-dominance et la sociabilité.

La détermination des taxons a été faite à partir de la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques de Quézel et Santa (1962, 1963) et de la flore du Sahara (1984) ; ce travail a également permis la réalisation d'un herbier électronique permettant l'identification de 137 taxons.

B.2.1-- Spécificités écologiques des trois (03) stations échantillonnées (Figures 8 et 9)

Nous avons réalisé un échantillonnage stratifié selon un transect Nord – Sud. Plusieurs descripteurs ont été retenus (position topographique, végétation dominante, type de sol) ; pour une étude plus élargie nous avons préféré ajouter une troisième station localisée plus au sud au niveau de la région de Brézina ; au niveau de chacune des trois (03) stations que nous avons retenu, l'emplacement des relevés floristiques est dicté par l'interprétation des images satellites Landsat TM ; en effet, au niveau de chaque zone isophène de la composition colorée de l'image satellite, nous avons réalisé un relevé floristique au minimum.

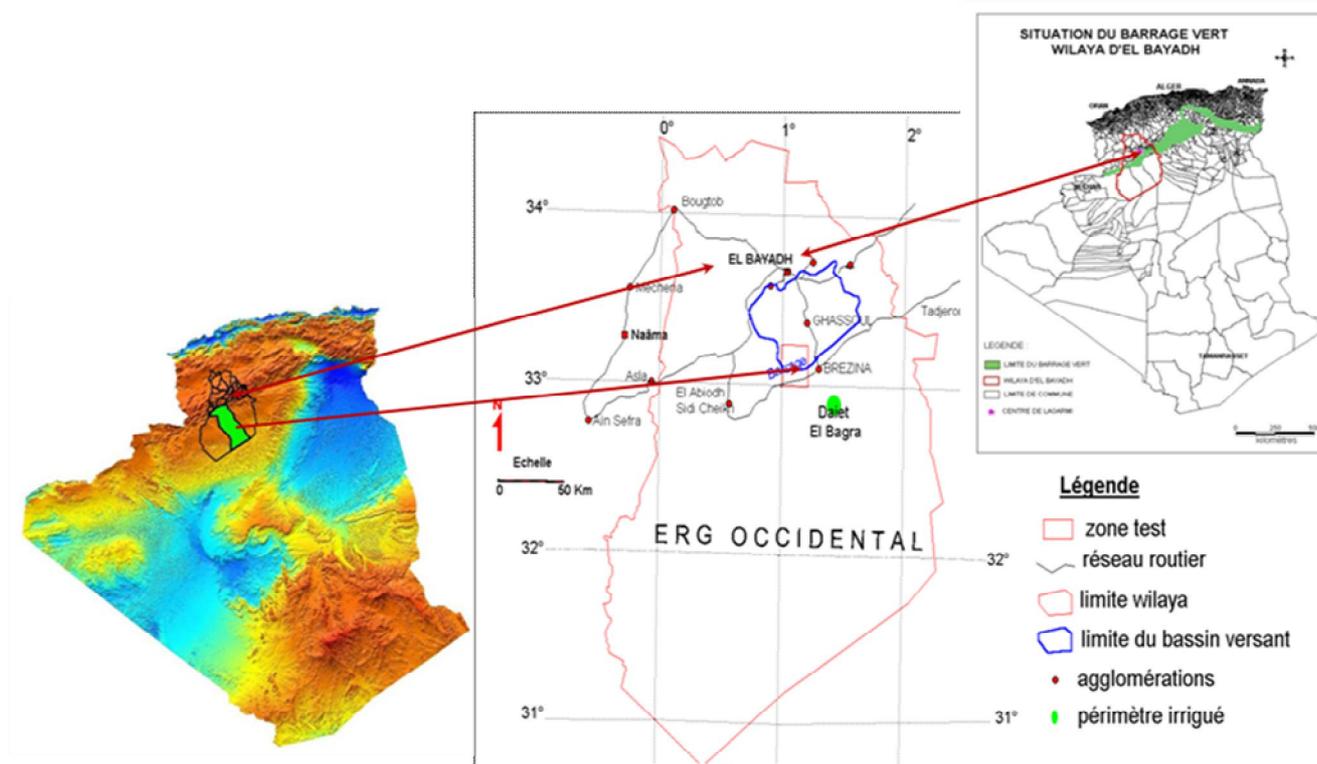


Figure 8 : Carte de localisation de la zone d'étude (région d'El Bayadh, Algérie)

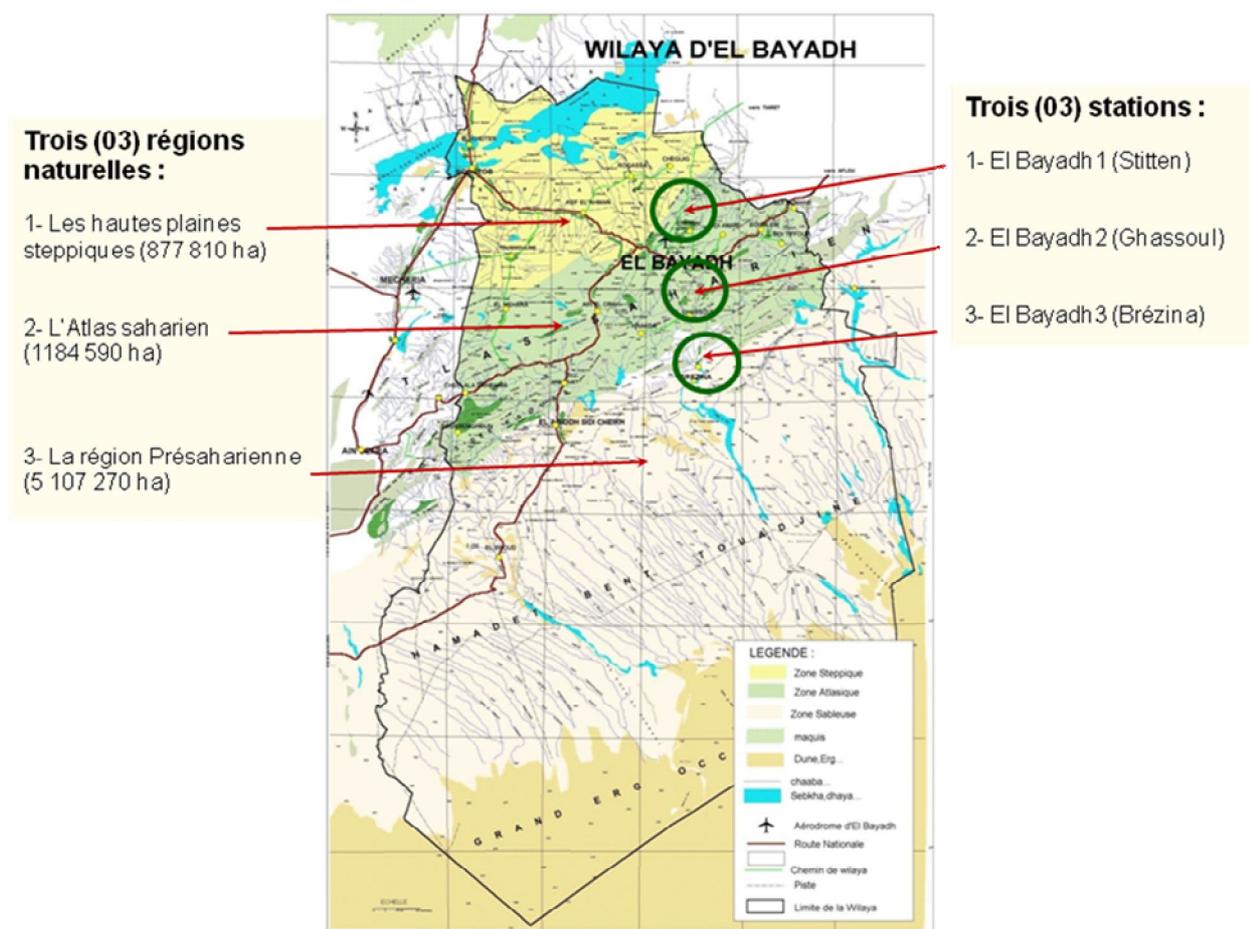


Figure 9 : Carte de localisation des trois (03) stations échantillonnées au niveau de la région d'El Bayadh (Algérie) : 1- station El-Bayadh1 (Stitten), 2- station El-Bayadh2 (Ghassoul) & 3- station El-Bayadh3 (Brézina)

Une première station échantillonnée (Stitten) est localisée au Nord, au niveau de l'interface Hautes Plaines Steppiques – Atlas Saharien ; les deux autres stations échantillonnées (Ghassoul et Brézina) sont localisées au niveau du bassin versant du barrage de Brézina qui s'étend dans la partie sud de l'Atlas saharien ; ce bassin versant est entouré par les montagnes qui délimitent nettement son impluvium. La superficie du bassin de l'oued Seggueur dans le profil du barrage Kheneg Larouia est de 3680Km².

La station climatique d'El Bayadh à 1209 m d'altitude, située au Nord du bassin versant, soit au même niveau que la station de Stitten, reçoit plus de 150 mm/an ; à 47 km au Sud, la station d'El Ghassoul reçoit 110 mm/an. La différence devient de plus en plus importante au fur et à mesure qu'on s'approche des régions sud du bassin. La station de Brézina qui se trouve à la limite Sud du bassin, n'enregistre que 30 mm/an. On note également une sensible dégradation de l'Ouest à l'Est. La station d'Aïn Orak reçoit une hauteur de pluie moyenne de 100 mm, alors qu'à la limite Est du bassin, la station de Sidi Ahmed Bel-Abbes enregistre 80 mm. Cette dégradation pluviométrique est remarquable sur tous le bassin versant. La quantité de pluie précipitée sur le côté Ouest est donc plus importante que sur le côté Est même pour une même altitude.

Concernant le relief, la pente est un élément très important qui influence le ruissellement dans la région d'étude avec sa forme, son inclinaison et sa longueur.

- **Station El-Bayadh1 (Stitten) :**

La station d'El-Bayadh1 (Stitten) s'élève à une altitude de 1200m environ, avec une pente de 10 à 15%. Le taux de recouvrement par la végétation est de 20 à 25%, parmi les strates, il y a en premier lieu la strate **herbacée** représentée par : *Stipa tenacissima* suivie de *Lygeum spartum*.

On peut remarquer aussi une forte présence d'*Atriplex halimus* et de *Calycotome spinosa* parmi la strate arbustive. La hauteur moyenne de la végétation atteint 50 à 60cm.

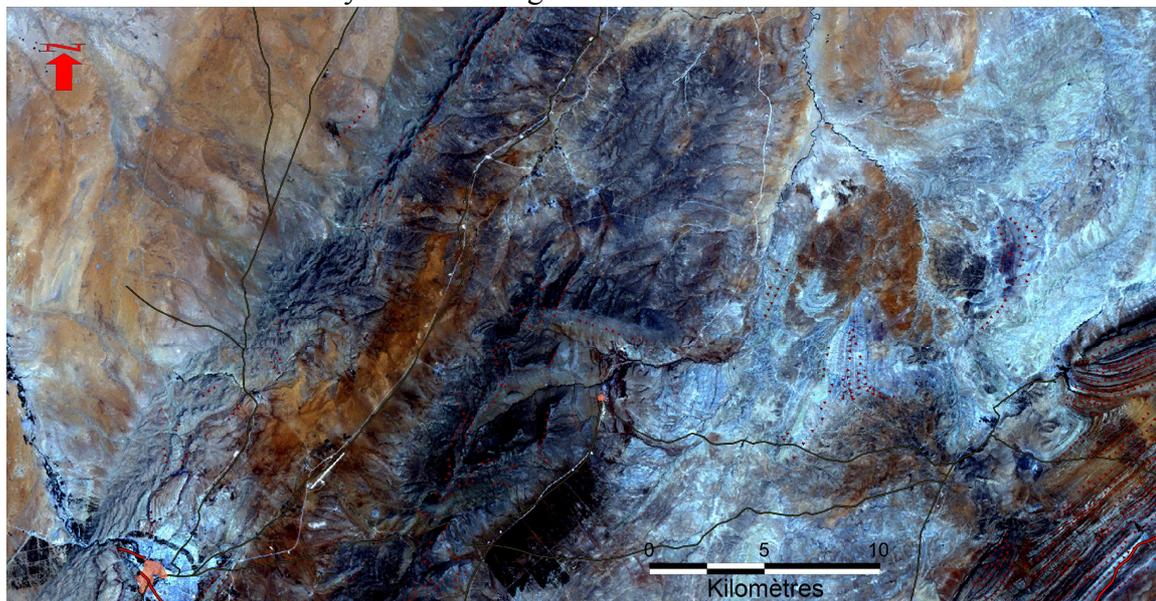


Figure 10 : Composition colorée de l'image Landsat ETM du 22/05/2001 de la station El-Bayadh1 (Stitten)

- **Station El-Bayadh2 (Ghassoul) :**

Elle se trouve localisée à une altitude de 1000m s'exposant au Sud. Son taux de recouvrement par la végétation est assez important avec 60 à 75%. La pente est de 5 à 10% elle se trouve sur un substrat sol comprenant essentiellement des dépôts fins. Nous remarquons en cette station une présence élevée d'*Atriplex halimus* parmi la strate arbustive.

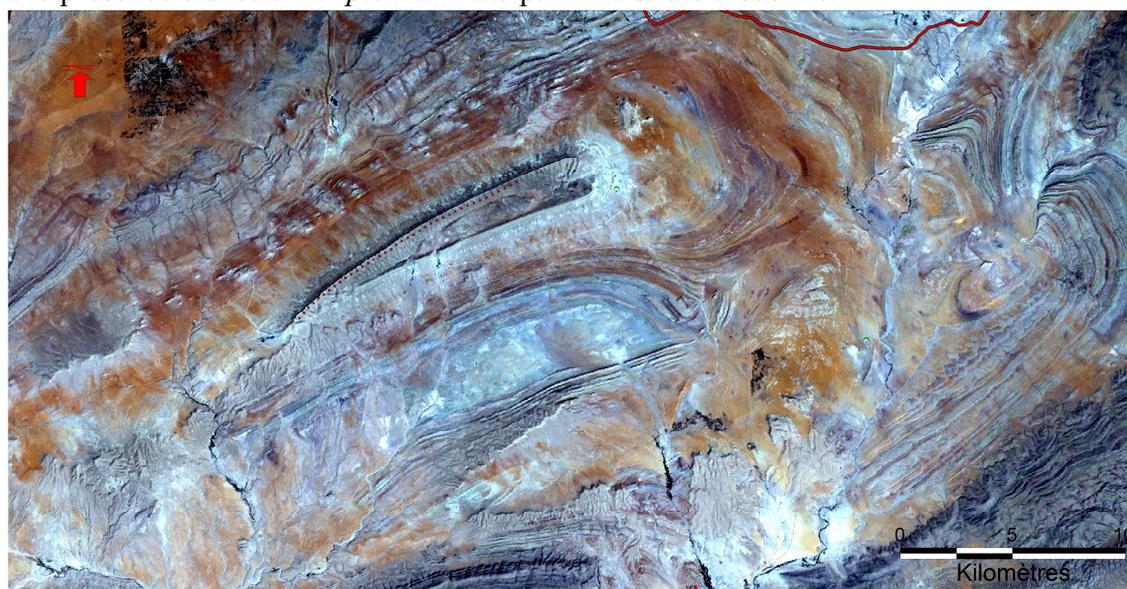


Figure 10 b: Composition colorée de l'image Landsat ETM du 22/05/2001 de la station El-Bayadh2 (Ghassoul)

- **Station El-Bayadh3 (Brézina) :**

Cette station présente une exposition générale Sud ; elle se trouve à une altitude moyenne de 900m. Son taux de recouvrement est de 25 à 30%. La pente est assez faible avec 5% qui se déposent sur un substrat siliceux. La hauteur moyenne de la végétation est estimée entre 1,5 à 2m.

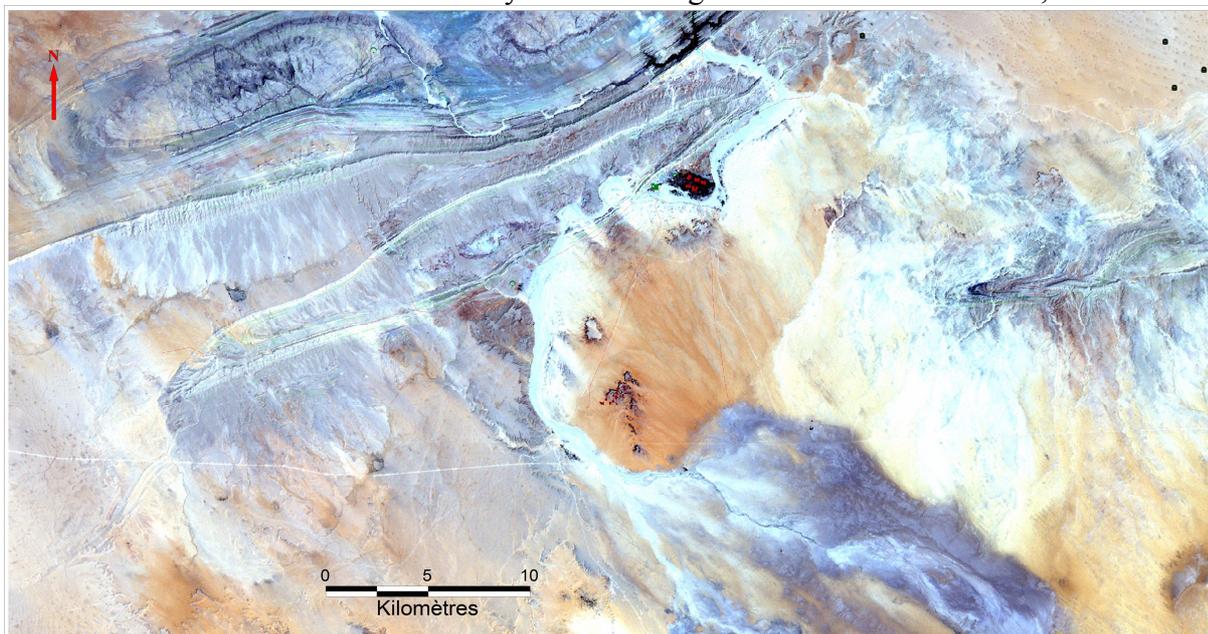


Figure 11 : Composition colorée de l'image Landsat ETM du 22/05/2001 de la station El-Bayadh3 (Brézina)

B.2.2-Méthode d'exécution des relevés de surface :

- **Méthode Braun-Blanquet**

Elle consiste essentiellement en l'aire minimale. Nous avons effectué relevés floristiques, chacun de ces relevés comprend des caractères écologiques d'ordre stationnel, recensés ou mesurés directement sur le terrain, il s'agit de :

- L'altitude ;
- L'exposition ;
- La pente ;
- La nature du substrat ;
- La surface du relevé ;
- La strate de végétation ;
- Le recouvrement.

La méthode de l'aire minimale décrite par Braun-Blanquet (1951), Gounot (1969), Ghinochet (1973), consiste à dresser la liste des espèces sur une placette de 1m², ensuite celle-ci sera doublée et sont alors ajoutés les espèces nouvelles qui apparaissent. Par dédoublement successifs, on est supposé arrivé à une surface (1+2+3+.....+n) à partir de laquelle il n'y a plus d'espèces qui apparaissent.

Caractères analytiques :

- **Coefficient d'abondance dominance :**

L'abondance exprime le nombre approximatif des individus de chaque espèce entrant dans un relevé d'association tandis que la dominance est la surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce considérée sur la surface étudiée.

Pratiquement on estime conjointement les deux caractères abondance et dominance car ils sont évidemment liés à l'autre. On utilise donc une échelle mixte, l'échelle de Braun-Blanquet (1951).

- + : Nombre d'individus et degré de recouvrement très faible ;
 - 1 : Individus assez abondants mais le degré de recouvrement faible ($< 1/20$) ;
 - 2 : Nombre quelconque d'individus ou recouvrant $1/20$ à $1/4$ de la surface étudiée ;
 - 3 : Nombre quelconque d'individus ou recouvrant $1/4$ à $1/2$ de la surface étudiée ;
 - 4 : Nombre quelconque d'individus ou recouvrant $1/2$ à $3/4$ de la surface étudiée ;
 - 5 : Nombre quelconque d'individus ou recouvrant $< 3/4$ de la surface étudiée ;
- **Coefficient de sociabilité :**

Dans un relevé pour une même abondance dominance, 3 par exemple ($1/4$ à $1/2$ de la surface couverte) la répartition des individus peut être différente selon que les individus soit isolés les uns des autres. Qu'ils forment de petites ou de grandes touffes ou encore des peuplements compacts.

La sociabilité est un élément analytique concernant cette disposition, elle s'exprime également de 1 à 5 échelles proposées par Braun-Blanquet (1951) :

- 1- Individus isolés ;
- 2- Individus formant de petits groupes
- 3- Individus en troupes ;
- 4- Individus en petites colonies
- 5- Peuplement compacts.

Méthode aire minimale :

Pour contrôler la représentativité de l'échantillon, la procédure la plus courante est celle de la courbe « aire espèce » (Godron, 1984). La surface des relevés doit être suffisante pour l'obtention de la quasi-totalité des espèces présentes dans la surface floristique homogène et qui correspond à la notion d'aire minimale (Braun-Blanquet, 1951 ; Gounot 1969 ; Guinochet, 1973).

Pour ce qui est de notre cas, sur la station 1 et 3, l'aire minimale est de 64m^2 , par contre pour la station 2 elle représente le double (128m^2).

B.2.3-Méthode d'interprétation (caractérisation botanique) (Tableaux 10a à 13 et Figures 12a à 22)

B.2.3.1-Classification biologique des plantes :

Comme toute classification, elle permet d'établir le spectre biologique du groupement, donc de fournir un élément complémentaire à sa définition. Les formes de vie des végétaux représentent un outil privilégié pour la description de la physionomie et de la structure de la végétation. Elles sont considérées selon Raunkier (1904-1907) comme une expression de la stratégie d'adaptation de la flore et de la végétation, aux conditions de milieu.

Parmi les principaux types biologiques, définis selon Raunkier (1904), on peut évoquer les catégories suivantes :

- **Phanérophytes (phanéros= visible) :**

Plantes vivaces, principalement arbres et arbrisseaux, les bourgeons pérennes sont situés sur les tiges aériennes dressées et ligneuses, à une hauteur de plus de 25cm au-dessus du sol.

On peut les subdiviser en Nanophanérophytes avec une hauteur inférieure à 2m ; en Microphanérophytes chez lesquels la hauteur peut atteindre 2 à 8cm et les Mésophanérophytes qui peuvent arriver à 30cm et plus.

- **Chamaephytes (chamai= à terre) :**

Herbe vivace et sous-arbrisseau dont les bourgeons hibernants sont à moins de 25cm au dessus du sol.

- **Hémicryptophytes (cryptos= caché) :**

Plante vivace à rosettes de feuilles étalées sur le sol. Les bourgeons sont au ras du sol ou dans la couche superficielle du sol. La partie aérienne est herbacée et disparaît à la mauvaise saison.

- **Géophytes :**

Plantes à organes vivaces (bulbes, tubercules ou rhizome). Les organes sont bien ancrés dans le sol et ne sont pas exposés aux saisons défavorables. Elles sont très communes dans les régions tempérées.

- **Thérophytes (théros= été) :**

Plantes annuelles à cycle végétatif complet, de la germination à la graine mure. Elles comprennent une courte période végétative et ne subsistent plus à la mauvaise saison qu'à l'état de graines, de spores ou d'autres corps reproducteurs spéciaux.

Le dénombrement des espèces par types biologiques est effectué sur la totalité des espèces inventoriées dans chaque partie et la liste globale nous donne les compositions ci après (Voir figures portant les types biologiques).

Le nombre d'espèces thérophytiques varie entre 49 et 63% selon les stations. La station 1 comprend le plus grand pourcentage de cette catégorie de végétation. Les autres types biologiques viennent après, on peut remarquer successivement par ordre d'importance : les chamaephytes (variant entre 21 à 23%), les hémicryptophytes (variant entre 9 et 14%), les géophytes variant entre 4 et 6% et enfin les phanérotophytes avec 7% sont présents dans la station 3.

B.2.3.2- Caractérisation morphologique :

La forte dégradation agit sur la régénération des espèces. La non-régénération des vivaces entraîne ainsi des modifications qui donnent des parcours non résilients et entraîne aussi un changement dans la production potentielle et la composition botanique (Wilson, 1986 in Mederbal, 1990).

Les formations végétales étudiées sont marquées par leurs hétérogénéités entre les ligneuses et les herbacées, d'une part, et les vivaces et les annuelles d'autre part (tableau).

Les herbacées annuelles sont les dominants avec des taux oscillant entre 60 et 63%, les ligneux vivaces entre 20 et 28%, et enfin les herbacées vivaces avec des pourcentages oscillant entre 9 et 20%.

B.2.3.3 Caractérisation biologique :

Les types biologiques sont conditionnés par les facteurs du milieu. Nous avons déterminé les spectres biologiques des formations halophytes des hautes plaines.

Ces types biologiques, dans ces formations, restent très hétérogènes. Ces spectres montrent une réduction, voire même l'absence totale des phanérophytes due essentiellement à des phénomènes de dégradation et une augmentation des thérophytes surtout au niveau de certaines stations.

La composition du spectre de la partie étudiée accuse une prédominance des thérophytes sur les chamaephytes, hémicryptophytes et phanérophytes. Elle confirme le caractère steppique.

Les schémas de l'ensemble des stations sont de type :

Thérophytes < chamaephytes < géophytes < hémicryptophytes < phanérophytes

Les hémicryptophytes sont très faibles, représentées par un nombre de 2 à Sidi Djilali et 3 à Nedroma, ceci peut être expliqué par la pauvreté du sol en matière organique. Ce phénomène a été confirmé par Barbero *et al.* (1989) : « en effet l'abondance des hémicryptophytes s'explique par une richesse en matière organique en milieu forestier et par l'altitude ».

Malgré l'importance des thérophytes, les chamaephytes gardent une place importante dans les formations végétales psammophiles. Ils sont mieux adaptés à l'aridité.

Les rigueurs climatiques et l'instabilité structurale du sol favorisent le développement des espèces à cycle court, plus ou moins exigeant en besoins hydriques et trophiques.

Aidoud (1983) signale que dans les hauts plateaux algériens, l'augmentation des thérophytes est en relation avec un gradient croissant d'aridité.

B.2.3.4. Caractérisation phytogéographique :

Il est connu depuis la première synthèse phytogéographique de Maire (1926), que les territoires botaniques de l'Algérie appartiennent à l'empire holarctique, à la région méditerranéenne et à la région saharienne. Cependant, de nombreux auteurs ; citons principalement Eig (1932), Quézel et Santa (1962) et Zohary (1971) ; se sont penchés sur les problèmes des subdivisions de la région méditerranéenne à propos de la zone de transition assurant le passage à l'empire paléotropical. Cette zone a été qualifiée de zone saharo-sindienne (Gaussen, 1963), de région saharo-sindienne Quézel (1965) et enfin de sous-région saharo-sindienne pour Barry *et al.* (1974).

L'étude phytogéographique constitue également un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier *et al.* 1995 ; in Mederbal *et al.* 1999). Pour Quézel (1983) une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

La biogéographie des flores actuelles est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de leur mise en place, en particulier aux données paléo-historiques.

Zohary (1974) a attiré l'attention des phytogéographes sur l'hétérogénéité des origines de la flore méditerranéenne.

Quézel (1983) explique la diversité biogéographique de l'Afrique par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène. Ce qui entraîne la migration d'une flore tropicale.

Sur le plan phytogéographique, la végétation halophile de la région étudiée est constituée par un ensemble hétérogène d'éléments de diverses origines : méditerranéenne, septentrionale et méridionale.

L'analyse montre la prédominance des espèces de type biogéographique méditerranéen avec un pourcentage variant entre 18 et 29%, viennent en deuxième position les espèces de l'ouest méditerranéen avec 24% et les espèces ibéro-mauritaniennes avec 6%.

Le reste (monospécifique) représente une faible participation, mais contribue à la diversité et la richesse du potentiel phytogénétique de cette région steppique.

L'élément méditerranéen autochtone est le plus important. Il est représenté par les thérophytes (entre 49 et 63%) et les chamaephytes (21 et 33%).

Les géophytes, les hémicryptophytes et les phanérophytes représentent un pourcentage respectif de 4,5%, 8,16% et 6,86%. Elles sont représentées surtout par :

Les éléments irano-touraniens correspondent généralement à des espèces de steppe dont l'aire actuelle est centrée sur les zones arides, mais toujours liées à la zone isoclimatique méditerranéenne. Parmi ces espèces nous avons :

- *Avena sterilis* ;
- *Avena alba*

B.2.3.5. Composition systématique des steppes d'El-Bayadh :

La composition systématique de ces hautes plaines montre la dominance de deux familles (les Poacées 18% et les Brassicacées 16%) qui ont les plus importants genres, viennent ensuite les Astéracées 15%, Malvacées 7%, Cistacées 6%, les familles restantes sont mono spécifiques ne dépassent pas 3%.

Ces deux premières familles représentent à elles seules plus de 30% de la flore étudiée. Les familles mono spécifiques (Dipsacées, Euphorbiacées, Plantaginacées, Papavéracées, Chénopodiacées) présentent un pourcentage très faible.

La dominance et la répartition de ces familles à travers la région étudiée semble être conditionné par le changement climatique, le relief et la position géographique des stations étudiées.

B.2.3.6. Conclusion :

L'étude floristique des hautes plaines steppiques d'El-Bayadh nous a permis de ressortir les résultats suivants:

Le groupe des Poacées, Brassicacées, Astéracées, Malvacées et Chénopodiacées dominent largement le terrain.

Le type biologique « thérophytes » est le plus représenté dans les stations étudiées de ces steppes, viennent en deuxième position les chamaephytes, les hémicryptophytes et enfin les géophytes, selon Barbero *et al.* (1989) ces deux dernières exigent un milieu riche en matière organique et une forte altitude, ce qui n'est souvent pas notre cas.

Les phanérophytes, par contre sont faiblement représentées dans les stations.

Selon certains travaux effectués, l'indice de perturbation est proportionnel à la dominance des espèces thérophytiques dans l'ensemble des stations étudiées. La dominance du caractère thérophytisation est liée à l'envahissement des espèces annuelles, disséminées par les troupeaux surtout dans la zone d'étude. A ce sujet, Barbero *et al.* (1989) expliquent la thérophytisation par le stade ultime de dégradation des écosystèmes avec des espèces sub nitrophiles liées au surpâturage.

La répartition biogéographique montre la dominance surtout d'éléments méditerranéens, ensuite les ouest-méditerranéens et enfin les Eurasiatiques.

B.3- Analyse numérique des données floristiques

B.3.1-Introduction

L'analyse biostatistique de la végétation dans le circum Méditerranéen et en Algérie particulièrement ont fait l'objet de nombreux travaux sous forme d'essais de synthèse ; citons quelques uns d'entre eux : Molinier (1975), Bonin et Roux (1975), Loisel (1976), Djebaili (1984), Dahmani (1997), et récemment, Benabadji *et al.* (2004), Aboura *et al.* (2006), Merzouk (2010). Il s'agira de mettre en évidence les différents facteurs écologiques responsables de l'installation des taxons inventoriés dans les plans factoriels.

L'étude a été effectuée sur la base des relevés phytosociologiques afin de déterminer les affinités étroites des différents groupes végétaux. Certainement la connaissance de la flore inventoriée et traitée statistiquement nous permettra t-elle de faire des propositions conduisant à la préservation et l'amélioration de ces milieux fragilisés ?

B.3.2-Méthodologie

L'analyse statistique porte les peuplements végétaux ; réalisés durant la saison printanière, les relevés floristiques ont été traités par l'AFC ; ensuite, les ensembles ont été floristiquement individualisés sur les cartes factorielles. L'AFC permet de rechercher les affinités qui existent entre les espèces et / ou les relevés. La classification ascendante hiérarchique (CAH) permet d'élaborer des groupements de relevés et d'espèces afin de faciliter l'interprétation des contributions de l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

B.3.3-Interprétation des plans factoriels (Figures des plans factoriels : pp. 101-107) :

L'AFC nous a permis d'individualiser des ensembles des relevés à travers des trois stations d'études qui présentent en générale les même affinités, notamment la précision des structures de végétations différencier au niveau de ces peuplements. Elle nous a permis d'analyser également les espèces comprenant de forte contribution et mettre en relief les différents facteurs écologiques responsables de la dispersion des populations végétales sur les plans.

Nous avons porté l'ensemble des espèces végétales par axe. Tous les facteurs écologiques ont été reportés sur les plans factoriels avec les dendrogrammes.

Station El-Bayadh1 :

Axe 1 : valeur propre : 3,3054

Coté positif :

Adonis dentata

Atractylis humilis

Malva sylvestris

Coté négatif :

Ziziphus lotus

Helianthemum hirtum

Bromus rubens

L'axe 1 se caractérise par un gradient croissant (humidité) allant du pôle négatif au pôle positif ; ceci justifie la présence d'espèces préforestières (*Malva sylvestris*) De l'autre coté nous décelons un gradient de steppisation et même de thérophytisation du pôle positif au pôle négatif ; ceci est bien prouvé par la présence des espèces rappelant les pelouses steppiques (*Bromus rubens*, *Micropus bombycinus*).

Axe 2 : valeur propre : 3,3505

Coté positif :

Erucaria uncata

Micropus bombycinus

Vicia faba

Coté négatif :

Scorzonera undulata

Echinaria capitata

Alyssum scutigerum

Cet axe 2 montre un gradient surpâturage évoluant du coté négatif vers le coté positif de l'axe ; ce facteur écologique est bien souligné par la présence d'une espèce caractéristique ; il s'agit de *Micropus bombycinus*. On constate que du côté opposé, nous avons un facteur écologique lié à l'anthropisation (culture). Ce facteur est croissant du pôle positif au pôle négatif.

Axe 3 : valeur propre : 3,9910

Coté positif :

Echinaria capitata

Atractylis humilis

Adonis dentata

Coté négatif :

Ziziphus lotus

Bromus rubens

Helianthemumhirtum

Sur ce dernier axe nous remarquons un gradient croissant d'humidité et vraisemblablement de matière organique du côté positif au côté négatif de l'axe ; ceci peut justifier, bien entendu, la présence, du côté négatif, d'un certain nombre d'espèces liées au matorral (*Salvia verbenaca*, *Helianthemum Virgatum*) ; en outre, nous pouvons constater la présence d'un gradient d'anthropisation (cultures) du pôle positif au pôle négatif ; ce facteur anthropique est bien illustré par la présence des espèces végétales post culturales (*Avena sterilis*, *Scorzonera laciniata*).

B.3.4-Conclusion :

L'analyse Factorielle des Correspondances, dédiée à la discrimination et à la caractérisation des peuplements végétaux des trois stations du territoire d'El Bayadh, a permis de mettre en évidence des gradients écologiques Nord-Sud et de suggérer les éléments de conclusion suivants :

- Pour la station « El Bayadh1 » (Stitten), au Nord, elle se caractérise par un gradient croissant d'humidité, allant du pôle négatif au pôle positif ; ceci justifie la présence d'espèces préforestières (*Malva sylvestris*) ; en outre, nous décelons de l'autre côté un gradient de steppisation et même de thérophytisation du pôle positif au pôle négatif ; ceci est bien prouvé par la présence des espèces rappelant les pelouses steppiques (*Bromus rubens*, *Micropus bombycinus*) ;

Pour la station « El Bayadh2 » (Ghassoul), au centre, elle se caractérise par un gradient « surpâturage » évoluant du côté négatif vers le côté positif de l'axe ; ce facteur écologique est bien souligné par la présence d'une espèce caractéristique ; il s'agit de *Micropus bombycinus*. On constate que du côté opposé, nous avons un facteur écologique lié à l'anthropisation (culture). Ce facteur est croissant du pôle positif au pôle négatif ;

Pour la station « El Bayadh3 » (Brézina), au Sud, elle se caractérise par un gradient croissant d'humidité et vraisemblablement de matière organique du côté positif au côté négatif de l'axe ; ceci peut justifier, bien entendu, la présence, du côté négatif, d'un certain nombre d'espèces liées au matorral (*Salvia verbenaca*, *Helianthemum Virgatum*) ; en outre, nous pouvons constater la présence d'un gradient d'anthropisation (cultures) du pôle positif au pôle négatif ; ce facteur anthropique est bien illustré par la présence des espèces végétales post culturelles (*Avena sterilis*, *Scorzonera laciniata*).

bayad1

Codes	Axe1	Axe2	Axe3
Zl	-1,75551537	0,69276338	-0,35221998
Ga	0,13354409	-0,94990295	-0,0885014
Ls	0,16161144	-0,07787358	-1,08820024
St	-0,08459432	-1,56467787	-0,04180024
Aha	-1,12123227	0,07261583	-1,7382786
Ml	-1,31683526	-0,16169134	0,36691822
Sv	-0,81315853	-0,77584757	-1,72422023
Ss	-0,55024333	0,5149809	0,46843198
Mb	-1,18547357	1,34280956	-0,98749855
Hh	-1,52287526	0,18627157	0,83870642
Br	-1,49344938	-0,47936766	0,55759625
Ah	1,76389566	1,00150029	-0,45809819
Ma	0,75725144	0,82669675	0,67691859
Paa	-0,10629778	-0,93984966	1,47044882
Ms	1,36638851	0,08868208	-1,18264208
As	0,53839055	-2,35512515	1,35292074
Ap	-1,23441352	-0,78794198	0,99660291
Eu	0,76514979	1,44369144	0,59291496
Ef	0,49971274	0,5626041	-0,3568718
Ec	1,65272459	-2,01676886	-0,6197523
Asc	-0,78897798	0,64410319	0,99157059
Cp	-0,02116376	0,41089361	1,20962361
Po	-0,39555714	0,84643653	1,04196868
Sl	0,70680195	0,87992244	1,35052792
Ad	-1,06439566	-0,7972767	-0,23087231
Hp	0,35307139	1,22239186	-0,13836642
Adi	1,83895792	-0,02130397	-0,30062443
Ep	-0,03424076	-0,50375671	-2,10011005
Tep	1,24817331	0,3801761	0,28870008
Hv	-0,29318014	-0,2485727	-1,73812846
Su	0,71265608	-1,9713676	0,93696323
Vf	0,65874592	1,23290606	0,99204004
Gt	-0,08355009	0,47005707	-0,34169829
Bn	0,70807876	0,8318215	-0,64496945

bayad2

Code	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Tc	0,13887216	1,35529569	-0,50091324
Sv	-0,01064411	1,16640241	0,76558653
Zl	-1,82635783	-0,25752541	0,06826976
Ah	-0,22275847	-0,37964159	-0,85233361
Mb	-0,91579693	-0,05254724	-0,46014948
Br	-1,52636849	-0,84713677	1,71503434
Fc	0,40264213	1,44938885	-0,86640082
Su	-0,93869324	0,60864847	-1,02053089
Sf	0,40264213	1,44938885	-0,86640082
Bd	-0,58968317	1,32720326	0,8986797
Sl	0,90994524	1,06047546	-1,12551812
As	0,50184108	-0,34655307	1,14511173
Hm	0,27468485	-0,4501654	-0,80836191
Ss	-0,41720863	-1,7871705	-0,54714671
Paa	1,05323223	-0,52027511	-0,14773207
Al	-1,28670972	-0,44811819	-0,65854203
Sb	1,84370483	0,16660857	0,61017021
Nm	-1,12162384	-0,51079249	0,12708695
Eu	2,00287869	-1,59210242	-0,27065953
Pb	0,15603405	1,37756278	1,90503148
Alp	0,38007757	-1,0773186	-1,40932362
Ma	-0,61725642	0,85190975	1,02762283
Pb	0,79693257	0,2151032	-1,19125088
Pla	1,37806995	-1,38358875	1,56027441
Aha	-0,84990785	0,2043684	-0,57723711
Kp	0,40357286	-0,65855411	-0,78455734
Ea	1,5589479	0,45473613	0,05312168
Ser	0,35062878	-1,40263638	1,58174422
Tg	-1,19875353	-0,54270964	-1,28561307
Ba	0,03929237	1,45770201	1,04575036
Ph	-1,07223717	-0,88795817	0,86918707

bayad3

Code	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Pa	1,34949593	0,0460934	0,32177598
Ls	1,06380155	0,31052618	1,43456122
Aha	-0,94851625	1,5337978	-0,12552923
St	0,68880912	-0,96204243	-0,93025583
Br	-0,86434871	0,94826244	0,87712681
Ah	-1,68229972	-0,69420748	0,17681974
Ad	0,31013083	0,24011394	1,97836543
Pb	-1,53011163	-0,67437004	0,92177486
Sv	0,58475915	-1,37893441	0,05928076
Mp	1,44048912	0,00627376	0,86352063
Ef	1,60907688	0,19347569	0,91003043
Em	-1,23993329	-1,06689302	0,34237613
Hm	1,50968151	0,28810788	-0,9531679
Sr	-0,81334178	0,8543191	1,03013753
Ev	-0,77415417	-0,13253417	0,19373211
At	-0,55904955	1,35638449	0,20470161
Mv	-0,69649917	-1,54890167	-1,11287642
Tp	0,19009173	0,95151622	-1,17681769
Ec	1,0938748	0,21670414	-0,93916613
Mt	-0,34226937	1,0541128	0,52759099
Ap	-1,10963854	-1,98571979	-1,01363686
Ee	0,41614771	0,71091408	-1,96094685
Mm	-1,1331472	1,01815086	1,49076886
Ep	0,80965792	0,38718186	-0,30753481
Ha	0,26001107	1,7188875	-0,88465172
Hh	0,1393048	-1,19450523	0,1837251
Bd	0,71686388	-1,63609281	1,56682686
Ca	-0,57825311	1,3813009	-1,40628682
Cc	1,3626758	-0,03327629	0,50181678
Gt	-1,71271922	0,20368383	-0,37537135
Fv	0,4939911	-1,07602552	-0,05003523
Bm	0,20963767	-0,21714231	-1,54422518
Nm	-0,26421888	-0,81916171	-0,80442982

Localisation : El-Bayadh Altitude : 920 m Exposition : Taux de recouvrement : 20-25% Surface : 100m ² Substrat : Dalle calcaire	Tableau 10 a: Relevés floristiques de la station 3 d'El-Bayadh																				Présence
	Numéros des relevés																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Genres et espèces																					
Strate arborée																					
<i>Pistacia atlantica</i>	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1	.	.	2.1	2.2	1.1	1.1	++	++	1.1	.	.	1.1	1.1	++	++	16
Strate herbacée	2.1	.	.	++	.	1.1	++	++	2.1	2.1	2.2	1.1	1.1	++	++	.	.	1.1	1.1	++	15
<i>Lygeum spartum</i>	.	1.1	++	++	.	.	.	++	1.1	++	++	1.1	1.1	2.1	2.1	.	.	++	++	++	14
<i>Artemisia herba-alba</i>	1.1	++	.	1.1	++	.	.	++	.	.	.	.	++	++	2.1	2.1	1.1	1.1	.	.	11
<i>Stipa tenacissima</i>	1.1	.	++	.	++	1.1	++	.	.	.	++	++	1.1	1.1	.	.	1.1	1.1	2.1	2.1	13
<i>Bromus rubens</i>	1.1	1.1	2.1	2.1	.	.	++	++	.	.	.	1.1	1.1	2.1	1.1	++	++	.	.	.	12
<i>Atractylis humilis</i>	++	.	.	.	++	2.1	++	++	.	1.1	.	.	1.1	.	.	++	++	.	.	.	9
<i>Adonis dentata</i>	1.1	1.1	++	.	.	.	++	++	++	.	.	++	++	1.1	1.1	2.1	2.1	++	++	++	15
<i>Poa bulbosa</i>	++	++	.	.	.	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	1.1	.	.	.	++	++	++	.	.	.	11
<i>Salvia verbenaca</i>	2.1	++	.	1.1	++	1.1	2.1	2.2	++	1.1	2.1	1.1	1.1	.	.	.	++	1.1	1.1	++	16
<i>Muricaria prostrata</i>	1.1	1.1	++	.	.	.	1.1	.	2.1	1.1	++	++	++	1.1	1.1	.	.	++	1.1	1.1	14
<i>Euphorbia falcata</i>	++	1.1	1.1	++	.	.	.	2.1	++	1.1	1.1	++	++	1.1	.	.	.	2.1	1.1	1.1	14
<i>Erodium moschatum</i>	1.1	++	2.1	.	.	++	1.1	++	.	.	++	++	.	.	.	++	++	.	.	.	10
<i>Hordeum murinum</i>	2.1	1.1	1.1	++	++	1.1	.	.	1.1	++	1.1	2.1	2.1	1.1	1.1	.	.	++	++	++	16

<i>Sisymbrium runcinatum</i>	++	++	.	.	.	1.1	1.1	++	++	.	.	.	++	1.1	++	.	.	.	.	.	9
<i>Eruca vesicaria</i>	1.1	2.1	1.1	++	++	1.1	1.1	++	++	2.1	2.1	.	.	++	++	1.1	1.1	.	.	++	16
<i>Aegilops triuncialis</i>	++	.	.	++	2.1	.	.	++	1.1	.	.	.	++	++	++	.	.	.	.	.	8
<i>Marrubium vulgare</i>	.	.	.	++	++	1.1	1.1	1.1	.	.	1.1	1.1	.	.	++	.	1.1	1.1	.	++	11
<i>Trigonella polycerata</i>	2.1	1.1	++	++	1.1	.	.	.	.	1.1	++	2.1	2.1	++	1.1	.	++	.	.	.	12
<i>Echinaria capitata</i>	++	2.1	++	1.1	.	1.1	.	.	.	1.1	1.1	2.1	1.1	++	++	.	2.1	++	1.1	1.1	15
<i>Medicago truncatula</i>	.	.	++	.	.	.	.	++	.	1.1	.	.	++	++	1.1	.	1.1	1.1	.	.	8
<i>Astragalus pentaglottis</i>	.	.	.	.	1.1	1.1	++	.	.	1.1	1.1	1.1	.	.	++	++	++	.	.	1.1	10
<i>Euphorbia exigua</i>	.	1.1	++	1.1	++	1.1	.	.	.	.	++	++	1.1	2.1	1.1	.	.	++	.	.	11
<i>Medicago minima</i>	2.1	1.1	1.1	++	.	.	++	++	1.1	1.1	.	.	.	1.1	1.1	++	++	.	.	.	12
<i>Echium pycnanthum</i>	1.1	1.1	.	.	.	++	.	.	1.1	.	1.1	1.1	++	++	1.1	.	.	++	++	.	11
<i>Helianthemum apertum</i>	++	++	++	++	1.1	++	.	.	1.1	++	.	.	1.1	++	++	.	.	1.1	.	.	12
<i>Helianthemum hirtum</i>	.	.	.	++	++	1.1	1.1	++	1.1	1.1	1.1	1.1	2.1	1.1	++	++	.	.	++	++	15
<i>Brachypodium distachyum</i>	.	.	1.1	.	.	.	1.1	++	++	1.1	1.1	2.1	++	.	.	.	.	.	++	++	10
<i>Cupressus arizonae</i>	1.1	2.1	2.1	1.1	++	++	.	.	.	1.1	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	9
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	++	.	++	.	++	.	.	1.1	++	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	.	.	++	++	++	14
<i>Genista tricuspidata</i>	.	.	.	2.1	1.1	++	++	1.1	.	.	.	.	++	1.1	1.1	++	++	.	.	.	10
<i>Ficaria verna</i>	.	.	.	2.1	1.1	++	1.1	1.1	1.1	++	1.1	++	++	1.1	1.1	.	.	.	++	++	14
<i>Bassia muricata</i>	++	.	++	2.1	1.1	++	++	.	.	1.1	2.1	2.1	1.1	++	.	.	++	++	.	.	13
<i>Noaea mucronata</i>	++	1.1	.	2.1	.	++	.	.	.	.	++	++	.	.	++	++	.	.	1.1	1.1	10

Localisation: El-Bayadh Altitude : 100 m Exposition : Sud Ouest Taux de recouvrement : 30-35% Surface : 100m ² Substrat : Dalle calcaire	Tableau 10b: Relevés floristiques de la station 1 d'El-Bayadh																				Présence	
	Numéros des relevés																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Genres et espèces																						
Strate arbustive																						
<i>Ziziphus lotus</i>	1.1	++	++	.	.	.	++	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	11	
<i>Globularia alypum</i>	.	1.1	.	++	++	1.1	.	.	++	++	.	.	++	++	.	.	1.1	.	.	.	9	
Strate herbacée																						
<i>Lygeum spartum</i>	1.1	1.1	++	2.1	1.1	++	.	1.1	2.1	2.2	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	.	.	++	.	16	
<i>Stipa tenacissima</i>	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	1.1	++	++	1.1	.	.	.	.	++	++	1.1	1.1	.	++	.	14
<i>Artemisia herba-alba</i>	2.1	2.1	1.1	++	++	.	.	++	++	1.1	2.1	2.1	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	12	

<i>Mathiola longipetala</i>	.	.	++	++	.	.	1.1	++	1.1	1.1	1.1	2.1	++	++	1.1	1.1	++	.	.	.	13
<i>Salvia verbenaca</i>	1.1	1.1	1.1	++	++	.	.	1.1	++	.	.	2.1	2.1	.	.	1.1	1.1	.	++	.	12
<i>Scabiosa stellata</i>	2.1	2.1	.	.	++	1.1	1.1	++	++	.	++	++	++	.	.	2.1	1.1	.	++	.	13
<i>Micropus bombycinus</i>	1.1	++	1.1	1.1	.	.	1.1	.	.	1.1	1.1	2.1	2.1	.	++	1.1	2.1	.	.	.	12
<i>Helianthemum hirtum</i>	.	++	1.1	.	.	++	1.1	++	++	1.1	++	++	1.1	.	++	++	1.1	.	.	.	13
<i>Bromus rubens</i>	2.1	1.1	++	.	.	++	1.1	1.1	++	1.1	.	.	++	.	++	++	2.1	.	.	.	12
<i>Atractylis humilis</i>	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	++	.	.	.	1.1	2.1	1.1	++	++	.	.	++	++	++	15
<i>Malva aegyptiaca</i>	2.1	1.1	.	.	++	++	1.1	1.1	++	1.1	2.1	1.1	++	++	++	.	.	.	1.1	1.1	15
<i>Paronychia argentea</i>	.	.	++	.	++	1.1	1.1	2.1	1.1	1.1	2.1	2.1	.	.	++	1.1	1.1	++	.	++	14
<i>Malva sylvestris</i>	1.1	++	2.1	2.1	++	1.1	.	.	1.1	2.1	1.1	1.1	++	++	1.1	2.1	.	++	++	++	17
<i>Avena sterilis</i>	.	.	1.1	.	++	1.1	1.1	++	++	.	.	.	.	++	.	++	.	1.1	1.1	.	10
<i>Alyssum parviflorum</i>	.	.	++	1.1	.	++	1.1	++	1.1	1.1	++	++	.	.	++	1.1	1.1	.	.	.	12
<i>Erucaria uncata</i>	++	++	.	.	.	++	1.1	.	.	1.1	1.1	1.1	2.1	++	++	1.1	1.1	2.1	++	++	15
<i>Euphorbia falcata</i>	1.1	1.1	2.1	.	++	++	++	.	1.1	1.1	++	++	++	.	.	.	.	++	++	.	13
<i>Echinaria capitata</i>	.	1.1	++	2.1	1.1	1.1	.	.	++	++	.	.	.	1.1	1.1	.	.	++	++	++	12
<i>Alyssum scutigerum</i>	.	++	++	.	.	1.1	++	++	.	.	1.1	2.1	++	++	.	.	++	.	.	.	10
<i>Ctenopsis pectinella</i>	1.1	.	.	1.1	1.1	++	++	++	.	.	.	2.1	2.1	++	++	1.1	1.1	.	.	.	12
<i>Plantago ovata</i>	1.1	.	2.1	.	.	1.1	++	.	1.1	1.1	2.1	1.1	++	++	1.1	1.1	.	.	.	.	12
<i>Scorzonera laciniata</i>	++	.	.	.	1.1	++	1.1	.	1.1	.	2.1	2.1	1.1	1.1	++	++	.	++	.	.	12
<i>Adonis dentata</i>	1.1	1.1	++	.	.	++	.	1.1	++	++	++	.	.	.	++	++	.	.	.	.	10
<i>Hypocoum pendulum</i>	++	1.1	++	1.1	1.1	++	++	.	.	.	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	.	.	.	.	13
<i>Atriplex dimorphostegia</i>	.	.	1.1	++	++	2.1	.	.	.	++	2.1	1.1	2.1	++	++	.	.	++	++	++	13
<i>Echium pycnanthum</i>	++	++	1.1	2.1	1.1	.	.	.	1.1	1.1	++	++	.	.	1.1	1.1	1.1	++	++	.	14
<i>Teucrium polium</i>	1.1	.	.	++	2.1	1.1	1.1	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	++	++	.	9

<i>Helianthemum virgatum</i>	++	++	1.1	++	.	.	.	1,1	.	.	++	.	1.1	1.1	2.1	++	++	1.1	1.1	.	13
<i>Scorzonera undulata</i>	.	.	++	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	1.1	1.1	.	1.1	.	2.1	.	1,1	1,1	++	++	++	15
<i>Vicia faba</i>	++	1.1	.	.	++	1.1	1.1	.	.	++	.	++	2.1	1.1	1.1	.	1.1	.	.	++	12
<i>Genista tricuspidata</i>	++	++	++	1.1	1.1	++	++	.	.	++	1.1	++	.	.	.	1.1	.	.	.	.	11
<i>Brassica nigra</i>	++	++	1.1	++	1.1	1.1	++	.	.	++	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1	1.1	.	17

Localisation : El-Bayadh	Tableau 11 : Relevés floristiques de la station 2 d'El-Bayadh																				
Altitude : 100 m																					
Exposition : Plane																					
Taux de recouvrement : 0 - 15%																					
Surface : 100m ²																					
Substrat : Dalle Calcaire																					
	Numéros des relevés																				Présence
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Genres et espèces																					
Strate arbustive																					
<i>Thymus ciliatus</i>	1.1	++	++	2.1	.	.	++	1.1	1.1	++	++	2.1	1.1	++	++	1.1	1.1	++	.	.	16
<i>Salsola vermiculata</i>	1.1	1.1	++	1.1	1.1	.	.	++	.	.	.	.	1.1	1.1	++	++	.	.	.	.	10
<i>Ziziphus lotus</i>	.	.	++	.	++	1.1	1.1	++	++	++	++	.	.	++	++	1.1	1.1	.	.	.	12
Strate herbacée																					
<i>Atractylis humilis</i>	1.1	++	2.1	2.1	++	++	1.1	.	1.1	2.1	1.1	1.1	.	.	++	++	1.1	2.1	.	.	15
<i>Micropus bombycinus</i>	++	.	.	1.1	1.1	++	.	++	++	1.1	2.1	2.1	++	++	++	1.1	1.1	++	.	.	15
<i>Bromus rubens</i>	1.1	.	.	.	++	1.1	.	++	++	1.1	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	8
<i>Frankenia corymboza</i>	++	1.1	1.1	++	.	.	1.1	++	++	.	++	++	1.1	1.1	2.1	2.1	++	++	.	.	15
<i>Scorzonera undulata</i>	.	.	++	1.1	++	.	.	1.1	++	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	2.1	2.1	++	.	.	14
<i>Suaeda fruticosa</i>	++	++	1.1	++	.	.	1.1	++	++	.	2.1	2.1	++	++	++	1.1	1.1	1.1	.	.	15

<i>Brachypodium distachyum</i>	1.1	1.1	2.1	++	.	.	1.1	2.1	++	++	.	.	.	++	++	1.1	1.1	.	.	.	12
<i>Scorzonera laciniata</i>	1.1	1.1	++	1.1	.	.	1.1	.	.	.	1.1	++	++	1.1	1.1	2.1	++	++	.	.	13
<i>Atractylis serratuloides</i>	++	++	.	.	.	++	1.1	1.1	++	++	1.1	++	1.1	2.1	2.1	1.1	.	.	++	++	15
<i>Hordeum murinum</i>	1.1	.	.	++	++	1.1	1.1	.	.	.	++	++	1.1	1.1	2.1	++	++	.	.	++	13
<i>Scabiosa stellata</i>	.	.	.	++	++	1.1	1.1	++	++	++	1.1	1.1	.	.	.	++	.	1.1	1.1	.	12
<i>Paronychia argentea</i>	++	++	1.1	.	.	.	1.1	.	.	++	++	++	.	.	++	++	++	2.1	2.1	1.1	13
<i>Aeluropus litoralis</i>	.	.	++	1.1	1.1	++	++	++	1.1	1.1	1.1	.	.	++	1.1	1.1	++	2.1	1.1	.	15
<i>Schismus barbatus</i>	1.1	++	++	1.1	.	.	1.1	++	1.1	++	1.1	++	++	1.1	.	.	.	++	++	1.1	15
<i>Noaea mucronata</i>	2.1	.	++	.	++	1.1	1.1	++	++	2.1	1.1	.	.	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	.	15
<i>Erucaria uncata</i>	1.1	1.1	2.1	1.1	++	++	1.1	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	++	++	++	12
<i>Phalaris bulbosa</i>	++	1.1	1.1	++	.	.	.	++	1.1	1.1	.	.	++	++	2.1	.	.	.	.	.	10
<i>Alyssum parviflorum</i>	.	.	.	1.1	1.1	++	++	.	.	.	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	++	++	1.1	1.1	14
<i>Malva aegyptiaca</i>	++	++	1.1	.	.	1.1	++	++	++	++	.	.	++	1.1	1.1	++	++	1.1	.	.	14
<i>Poa bulbosa</i>	.	2.1	++	1.1	.	.	1.1	++	++	.	++	++	1.1	.	.	1.1	++	++	1.1	.	13
<i>Plantago albicans</i>	++	++	.	.	1.1	++	1.1	.	++	++	.	2.1	2.1	1.1	.	.	.	++	++	++	13
<i>Artemisia herba-alba</i>	.	.	++	1.1	++	++	.	.	1.1	.	.	++	++	1.1	1.1	++	++	.	.	.	11
<i>Koeleria phleoides</i>	2.1	++	++	1.1	++	++	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.	.	++	++	.	.	.	10
<i>Evax argentea</i>	1.1	1.1	1.1	++	.	.	.	.	.	.	++	++	1.1	1.1	++	++	.	.	++	++	12
<i>Sedum rubens</i>	++	1.1	1.1	.	.	++	.	.	++	++	.	.	.	.	.	1.1	.	++	++	1.1	10
<i>Thapsia garganica</i>	.	.	++	2.1	++	1.1	1.1	++	1.1	1.1	++	++	.	.	1.1	1.1	++	++	.	.	14
<i>Bellis annua</i>	++	1.1	++	++	.	.	++	1.1	++	1.1	.	.	1.1	2.1	1.1	++	++	.	.	++	14
<i>Peganum harmala</i>	.	.	.	.	.	++	.	.	.	++	++	.	.	++	++	1.1	.	.	.	.	6

Tableau 12 : Répartition des types biologiques au niveau des trois stations d'El Bayadh

Types biologiques	Station 1		Station 2		Station 3	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Thérophytes	272	63	197	49.5	225	56
Chamaephytes	92	21	129	32.5	88	22
Hémicryptophytes	39	9	55	14	36	9
Géophytes	30	7	15	4	27	6.5
Phanérophytes	/	/	/	/	25	6.5

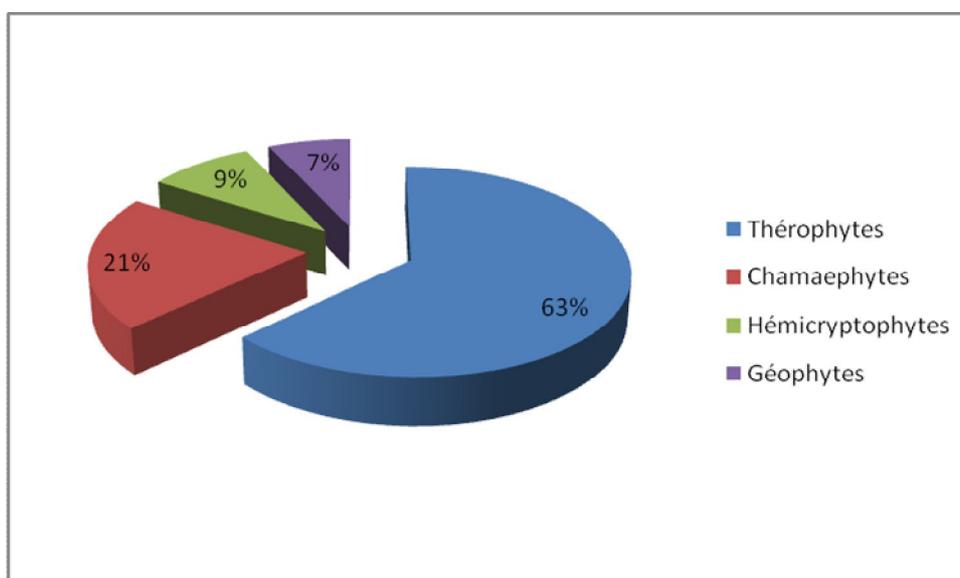


Figure 12a: Types biologiques (station 1)

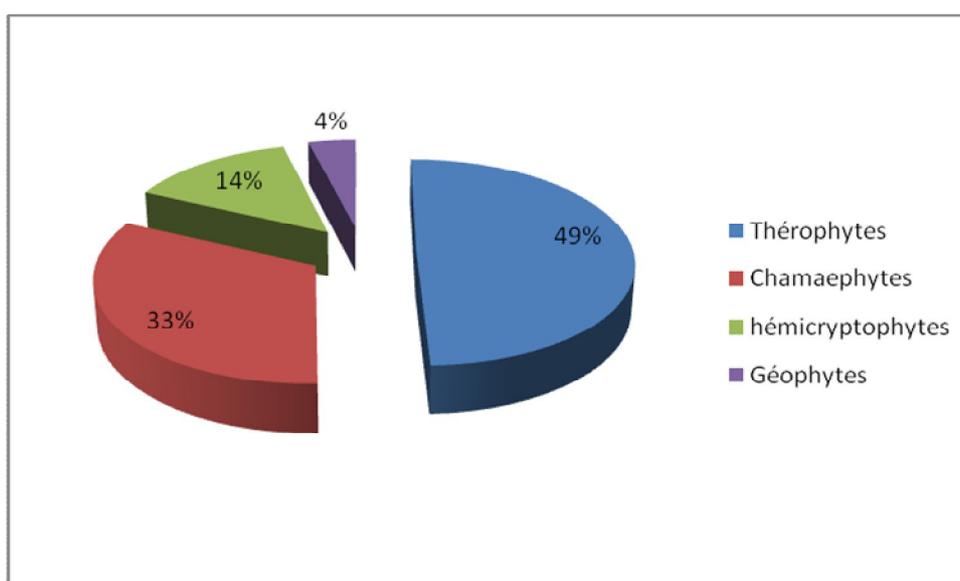


Fig. 12b: Types biologiques (station 2)

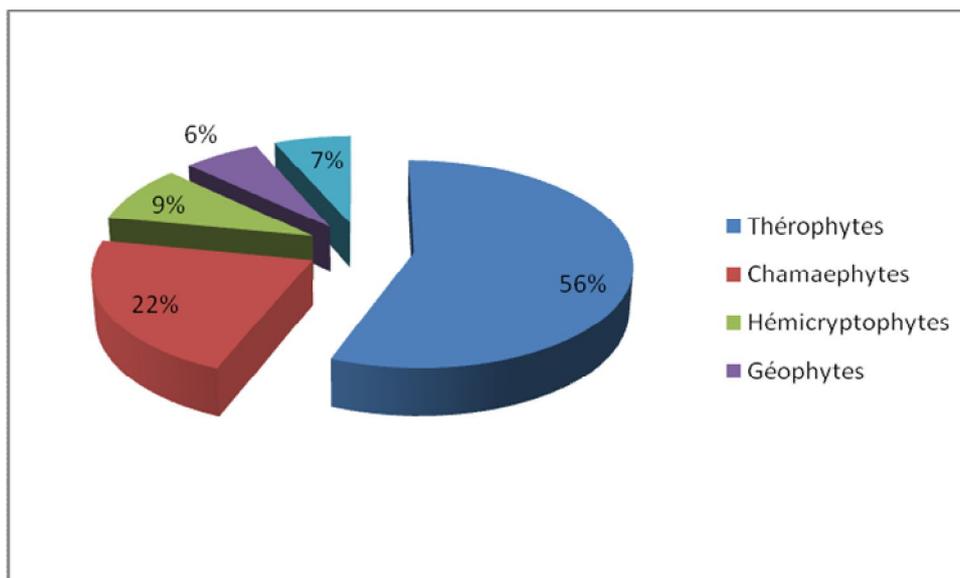


Figure 13: Types biologiques (station 3)

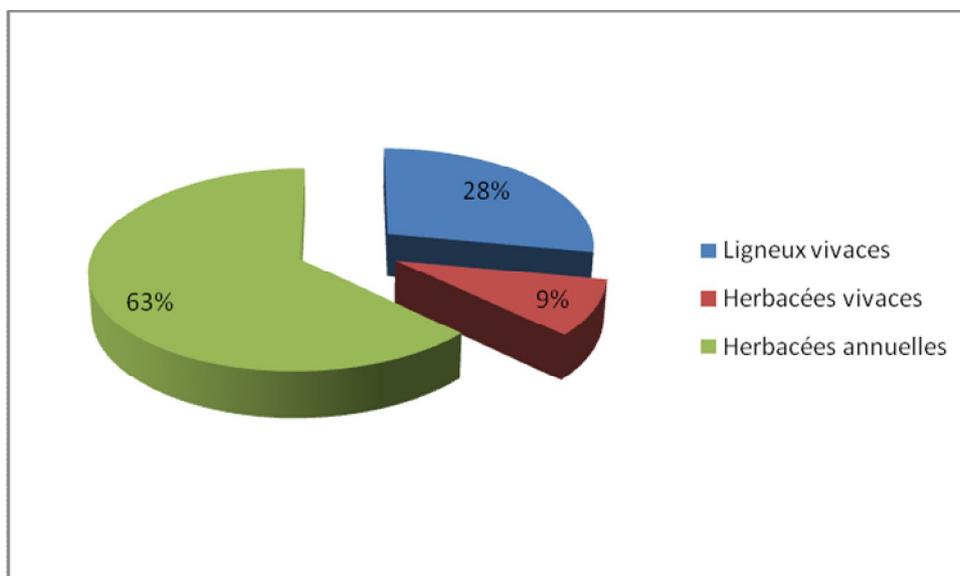


Figure 14: Répartition des types morphologiques au niveau de la station 1 d'El Bayadh

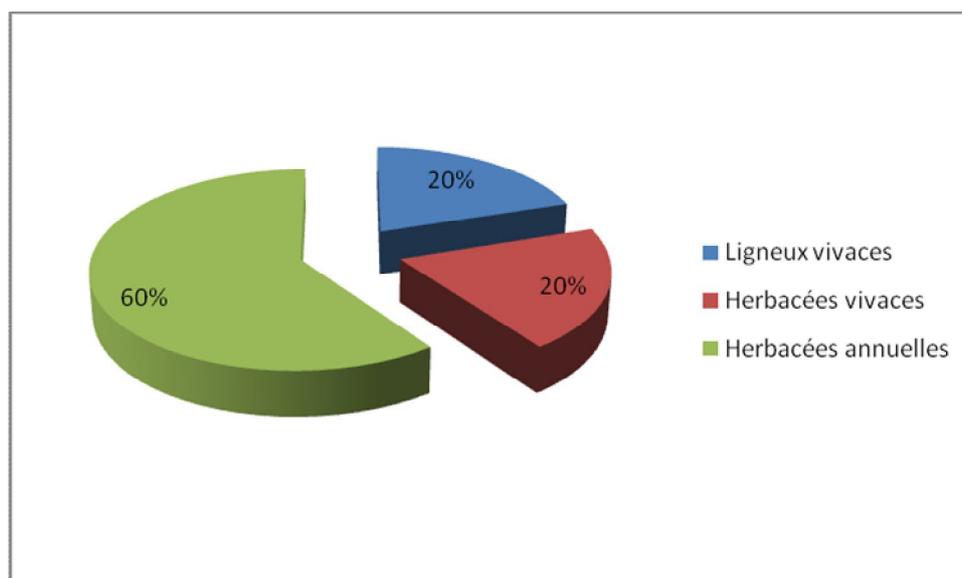


Figure 15: Répartition des types morphologiques au niveau de la station2 d'El Bayadh

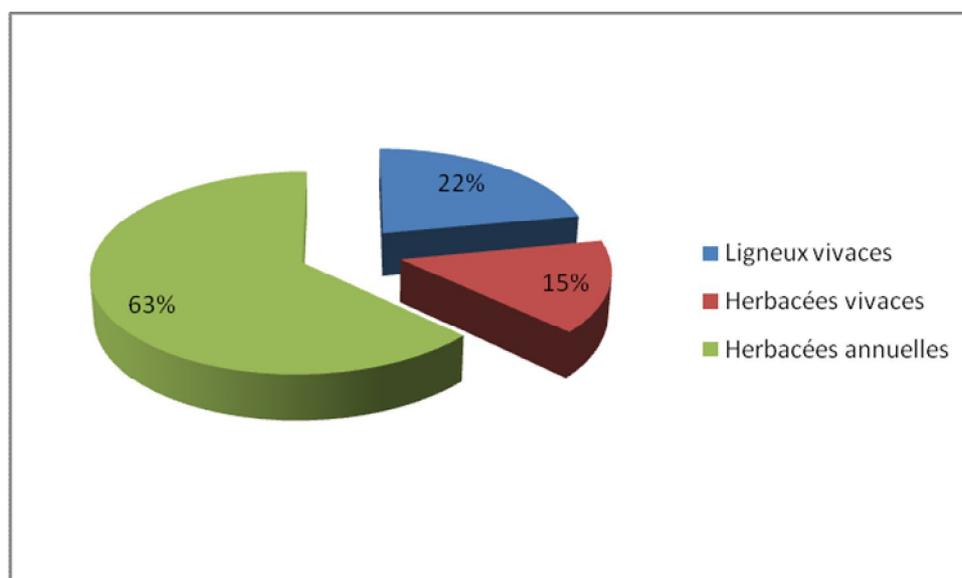


Figure 16 : Répartition des types morphologiques au niveau de la station3 d'El Bayadh

Tableau 12 : Répartition des familles au niveau des trois stations d'El Bayadh

Familles	Station 1		Station 2		Station 3	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Anacardiacees	/	/	/	/	16	4
Amaryllidacees	/	/	/	/	/	/
Apiacees	/	/	14	3.5	/	/
Arctotidées	/	/	/	/	/	/
Astéracées	66	15	109	28	34	9
Boraginacées	14	3	/	/	11	2.5
Brassicacées	67	16	26	6.5	23	6
Caryophyllacées	14	3	13	3	/	/
Chénopodiacées	13	3	40	10	23	5.5
Cistacées	26	6	/	/	27	6.5
Convolvulacées	/	/	/	/	/	/
Crassulacées	/	/	10	2.5	/	/
Crucifères	/	/	/	/	16	4
Cuprécacées	/	/	/	/	9	2
Cynarées	/	/	/	/	/	/
Dipsacacées	13	3	12	3	/	/
Euphorbiacées	13	3	/	/	25	6
Fabacées	12	3	/	/	42	10.5
Fagacées	/	/	/	/	14	3.5
Frankéniacées	/	/	15	4	/	/
Géraniacées	/	/	/	/	10	2.5
Globulariacées	9	2	/	/	/	/
Malvacées	32	7	14	3.5	/	/

Tableau 12 : Répartition des familles au niveau des trois stations d'El Bayadh (suite)

Familles	Station 1		Station 2		Station 3	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Mimosées	/	/	/	/	/	/
Moracées	/	/	/	/	/	/
Myrtacées	/	/	/	/	/	/
Labiées	9	2	/	/	/	/
Lamiacées	12	3	16	4	27	6.5
Liliacées	/	/	/	/	/	/
Oléacées	/	/	/	/	/	/
Oxalidacées	/	/	/	/	/	/
Palmacées	/	/	/	/	/	/
Papavéracées	13	3	/	/	/	/
Papilionacées	11	2.5	/	/	10	2.5
Paronychioidées	/	/	/	/	/	/
Pinacées	/	/	/	/	/	/
Plantaginacées	12	3	13	3	/	/
Plumbaginacées	/	/	/	/	/	/
Poacées	76	18	96	24.5	99	25
Renonculacées	10	2	/	/	15	4
Rhamnacées	11	2.5	12	3	/	/
Résédacées	/	/	/	/	/	/
Rosacées	/	/	/	/	/	/
Ruppiacées	/	/	/	/	/	/
Scrofulariacées	/	/	/	/	/	/
Solanacées	/	/	/	/	/	/

Tableau 12 : Répartition des familles au niveau des trois stations d'El Bayadh (suite et fin)

Tamaricacées	/	/	/	/	/	/
Térébinthacées	/	/	/	/	/	/
Violacées	/	/	/	/	/	/
Zygophyllacées	/	/	6	1.5	/	/

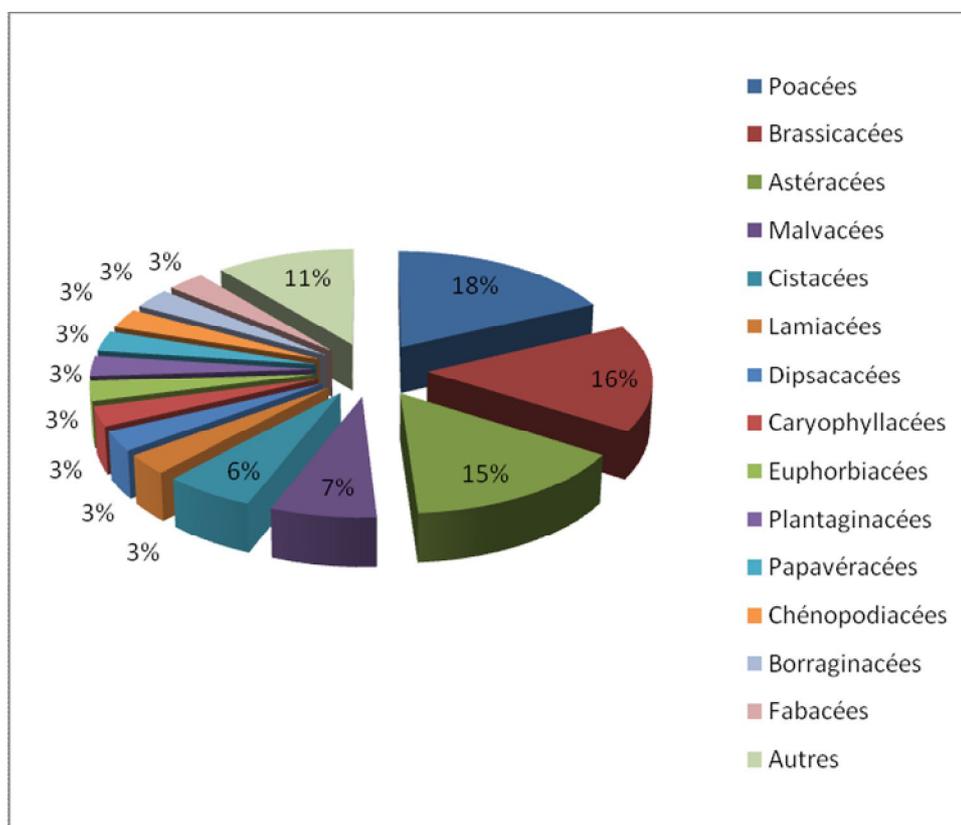
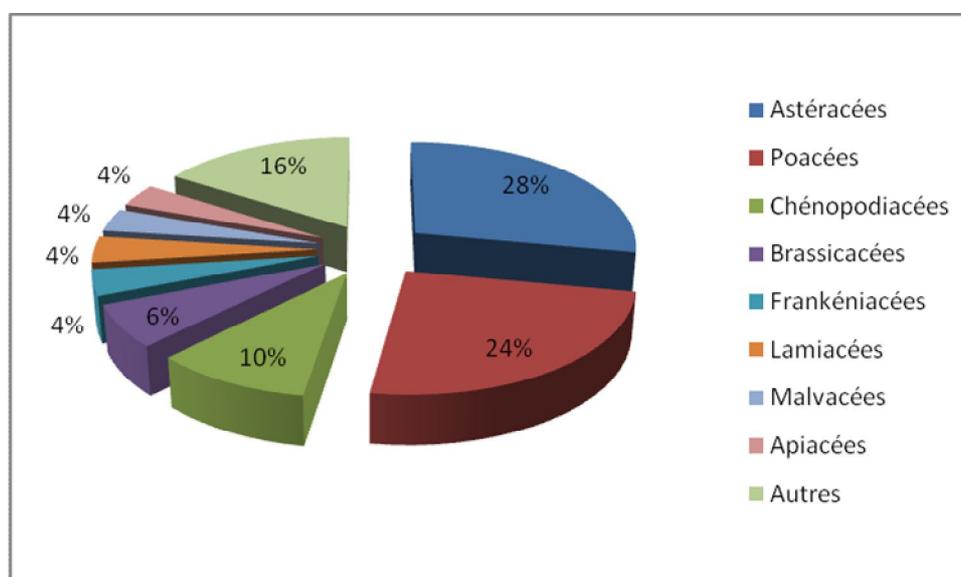
**Fig. 17 :** Composition des familles (station 1)

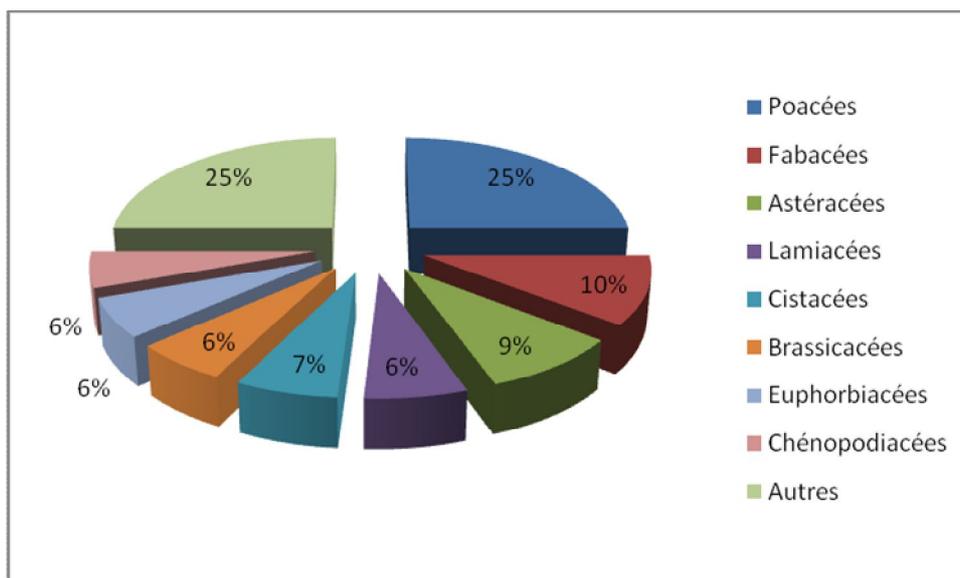
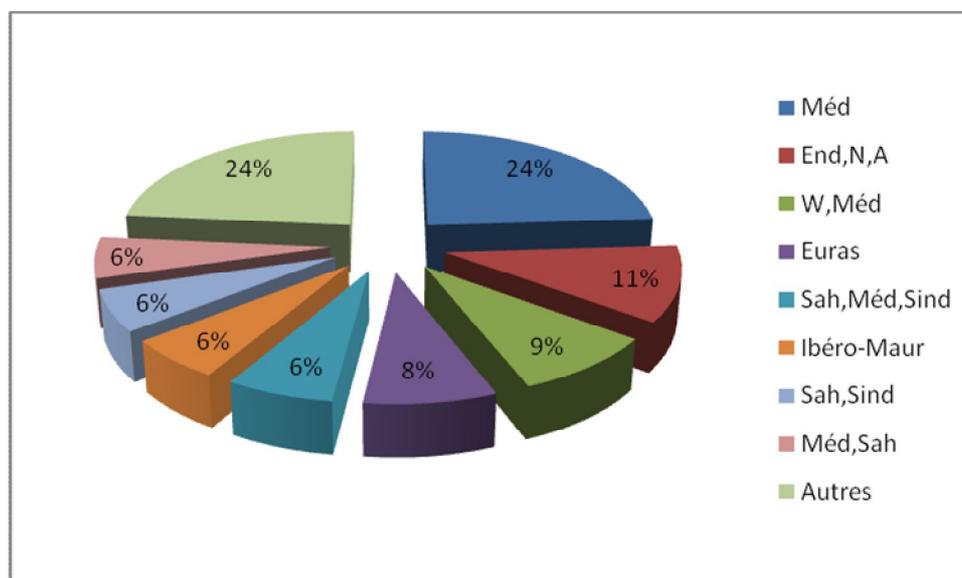
Fig. 18 : Composition des familles (station 2)**Fig. 19** : Composition des familles (station 3)

Tableau 13 : Les types biogéographiques des 3 stations d'El Bayadh

Types biogéographiques	Station 1		Station 2		Station 3	
	Nbre p	%	Nbre p	%	Nbre p	%
Méd	105	24	115	29	73	18.5
Atl,Circum,Méd	/	/	/	/	/	/
End,N,A	47	11	16	4	67	17
W,Méd	38	9	12	3	14	3.5
Esp,des Canaries à l'Egypte,Assie occ,	12	3	11	2.5	11	2.5
Ibéro-Maur	27	6	/	/	34	8.5
Paléo,Sub,Trop	12	3	20	5	22	2.5
Paléo,Temp	/	/	13	3.5	11	2.5
Méd,Atl	24	5.5	/	/	31	8
Méd,As	13	3	/	/	14	3.5
Circumbor	/	/	13	3	16	4
Méd,Iran,Tour	/	/	15	4	27	7
Cosm	/	/	15	4	11	2.5
Méd,Eur	/	/	/	/	23	6
Mar	/	/	/	/	/	/
Méd,Sah	26	6	10	2.5	11	2.5
Iran,Tour,Eur	/	/	6	1.5	/	/
Macar,Méd	/	/	25	6	/	/
Sah	15	3	30	7.5	13	3
Ibéro, Maur, Malt	/	/	/	/	/	/
Sah,Sind,Méd	28	6.5	14	4	/	/
Circum,Méd	/	/	29	7	/	/

Tableau 13 : Les types biogéographiques des 3 stations d'El Bayadh (suite)

Euras,N,A,Trip	12	3	15	4	/	/
Euras	34	8	/	/	14	3
Austra,Tasm	/	/	/	/	/	/
Mérid,A,N	/	/	/	/	/	/
Euras,Afr,Sept	/	/	/	/	/	/
W,N,A	/	/	/	/	/	/
N,Trop	/	/	/	/	/	/
Afr,Trop	/	/	/	/	/	/
Sah,Sind	28	6	12	3	/	/
Sub,Méd,Sid	12	3	13	3	/	/
N,A,Trop	/	/	12	3.5	/	/
Sub,Méd	/	/	/	/	/	/
Oro,Méd	/	/	/	/	/	/
End	/	/	/	/	9	2.5
Esp,Natur	/	/	/	/	/	/

**Fig. 20 : Types biogéographiques (station 1)**

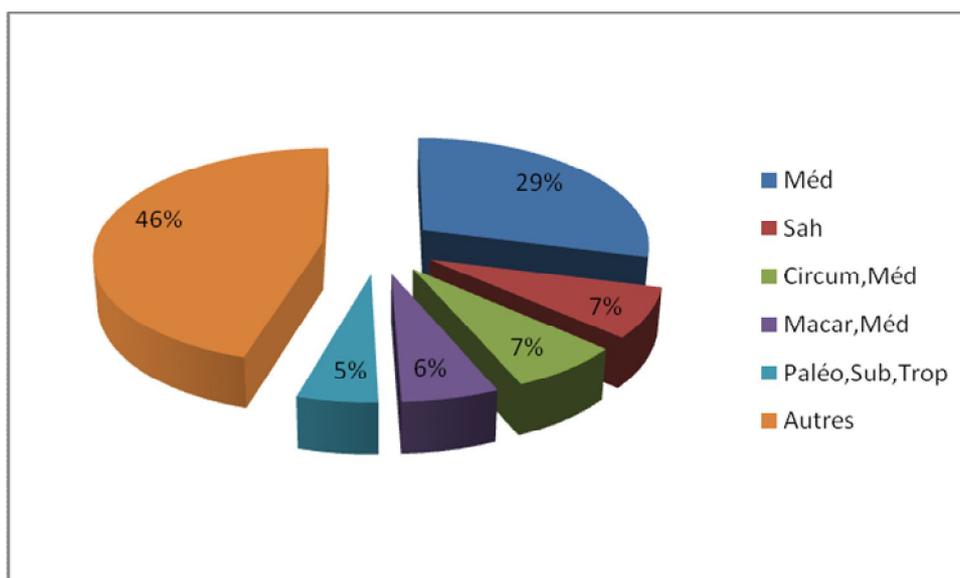


Fig. 21 : Types biogéographiques (station 2)

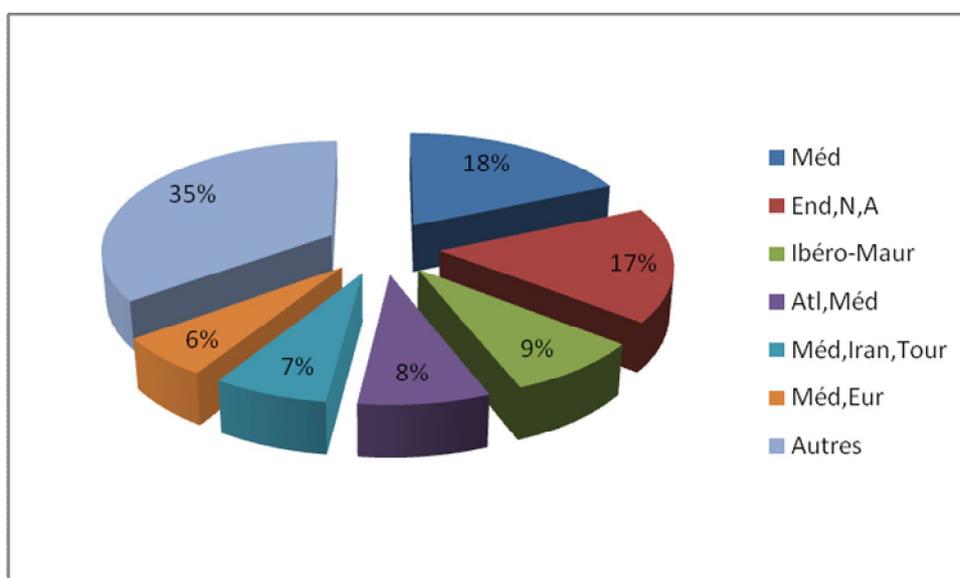
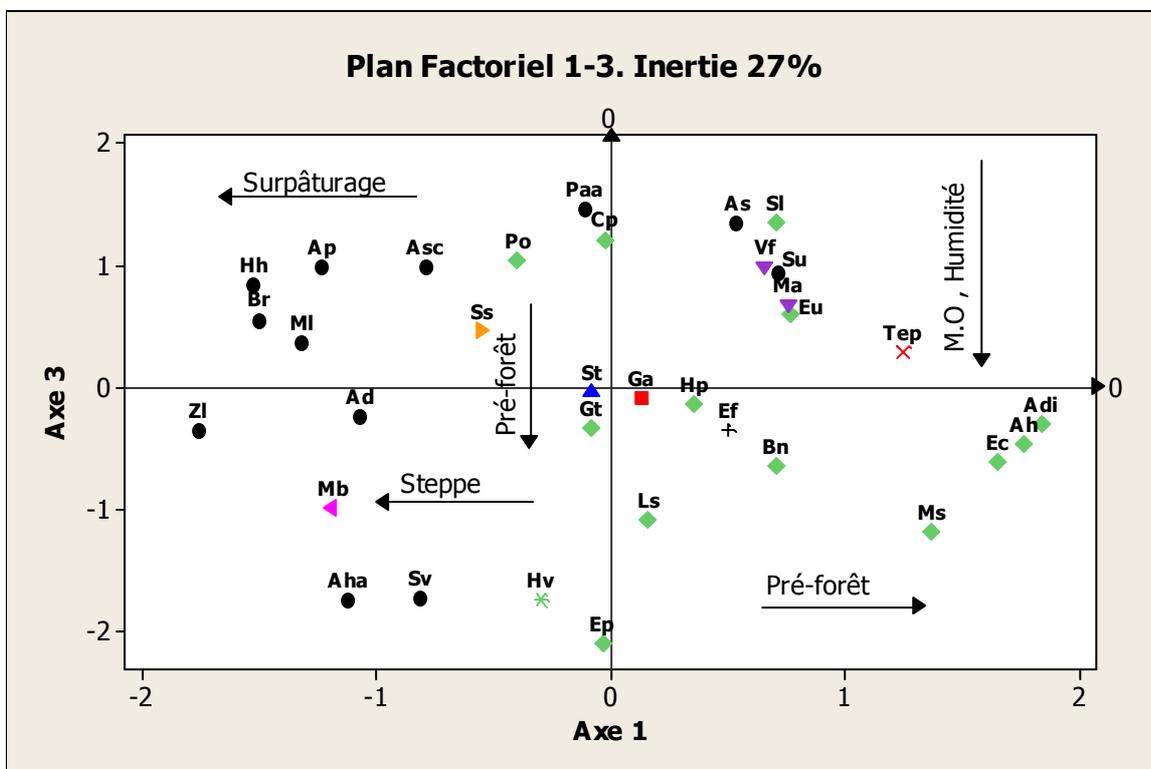
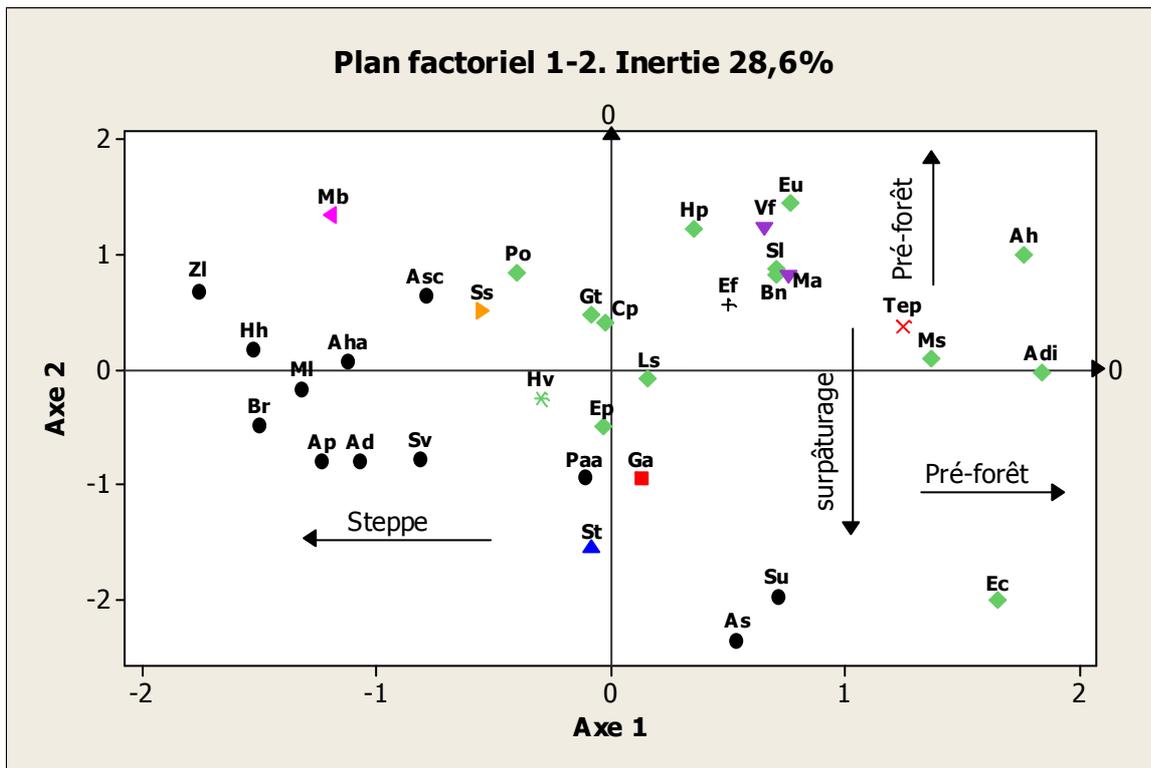
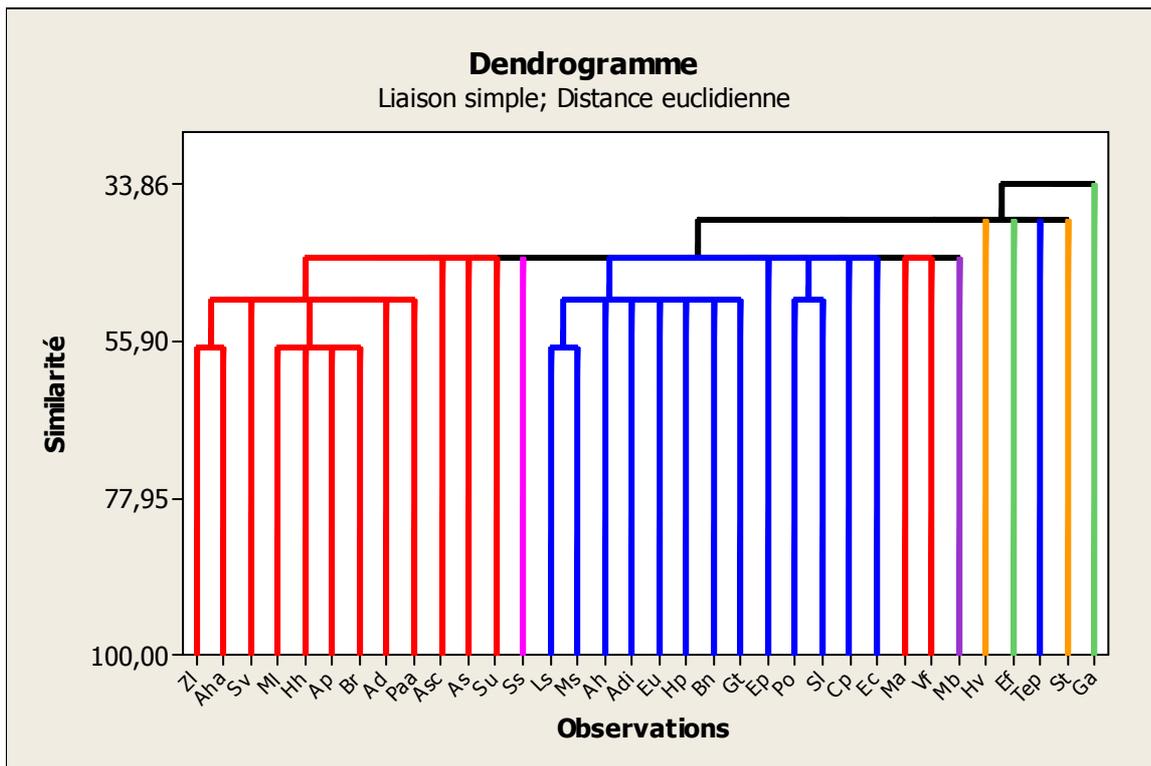
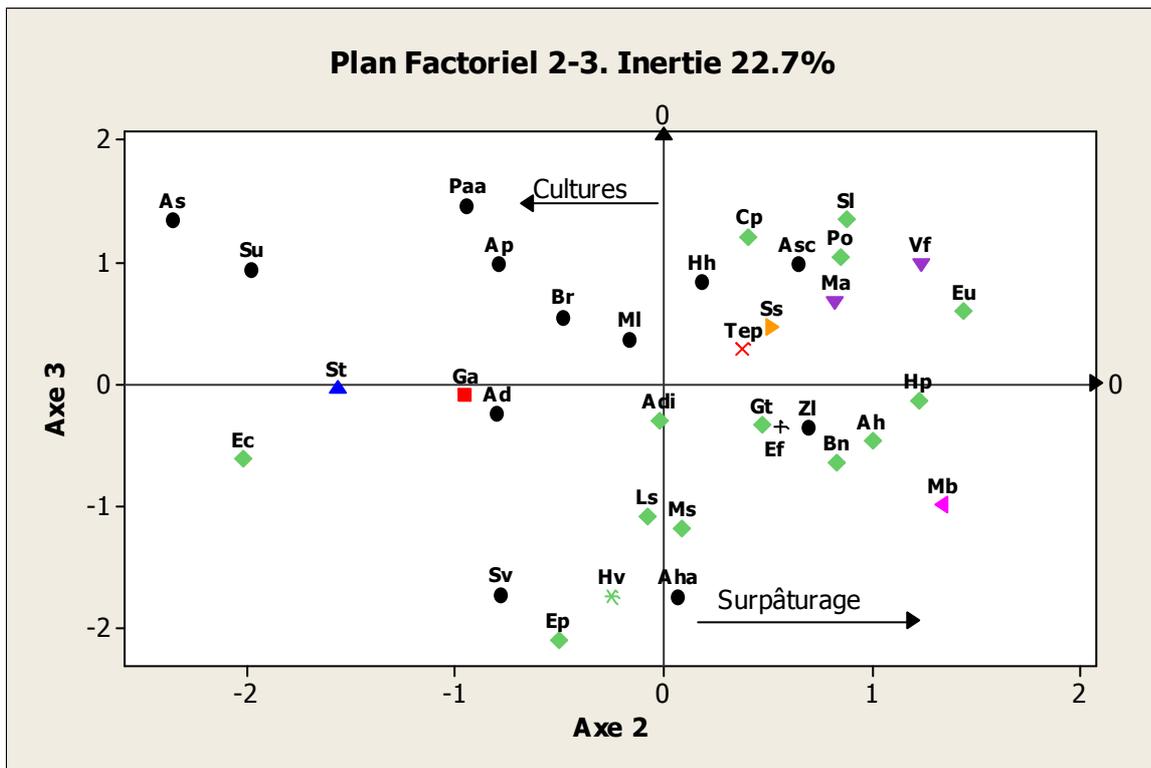


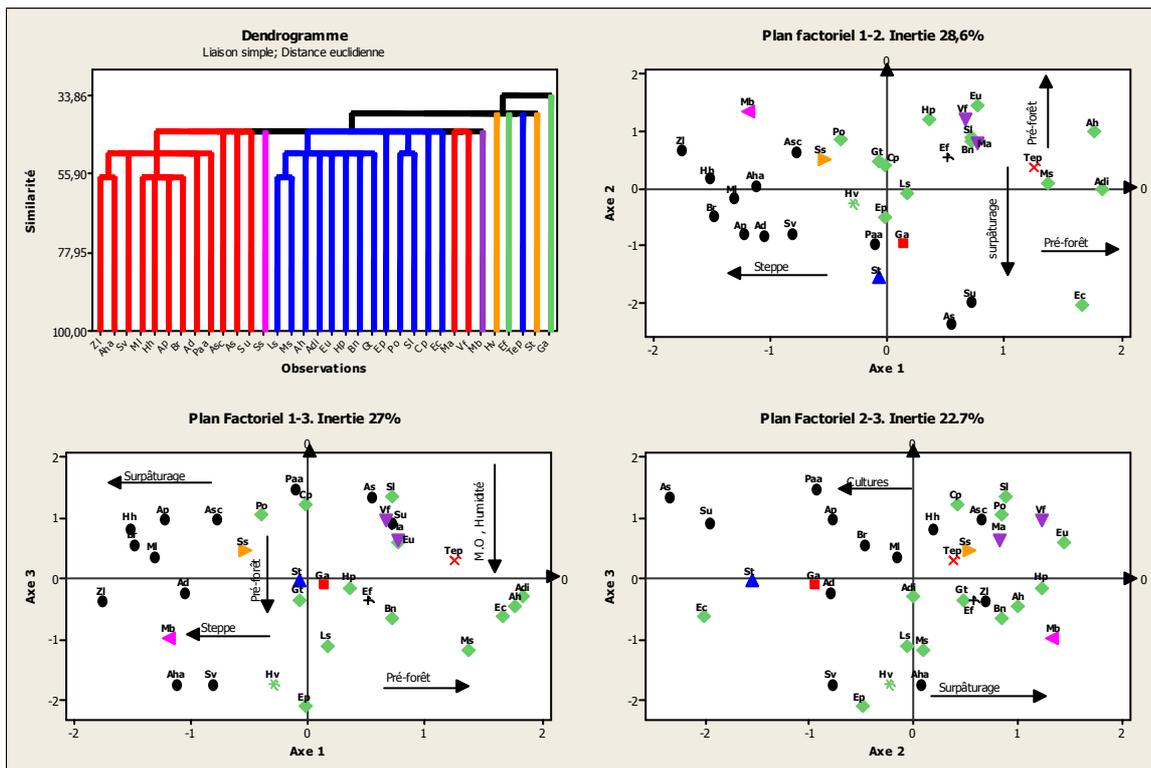
Fig. 22 : Types biogéographiques (station 3)

El Bayad 1

Variance	3,3054	2,4139	2,1294	7,8487
% var	0,165	0,121	0,106	0,392

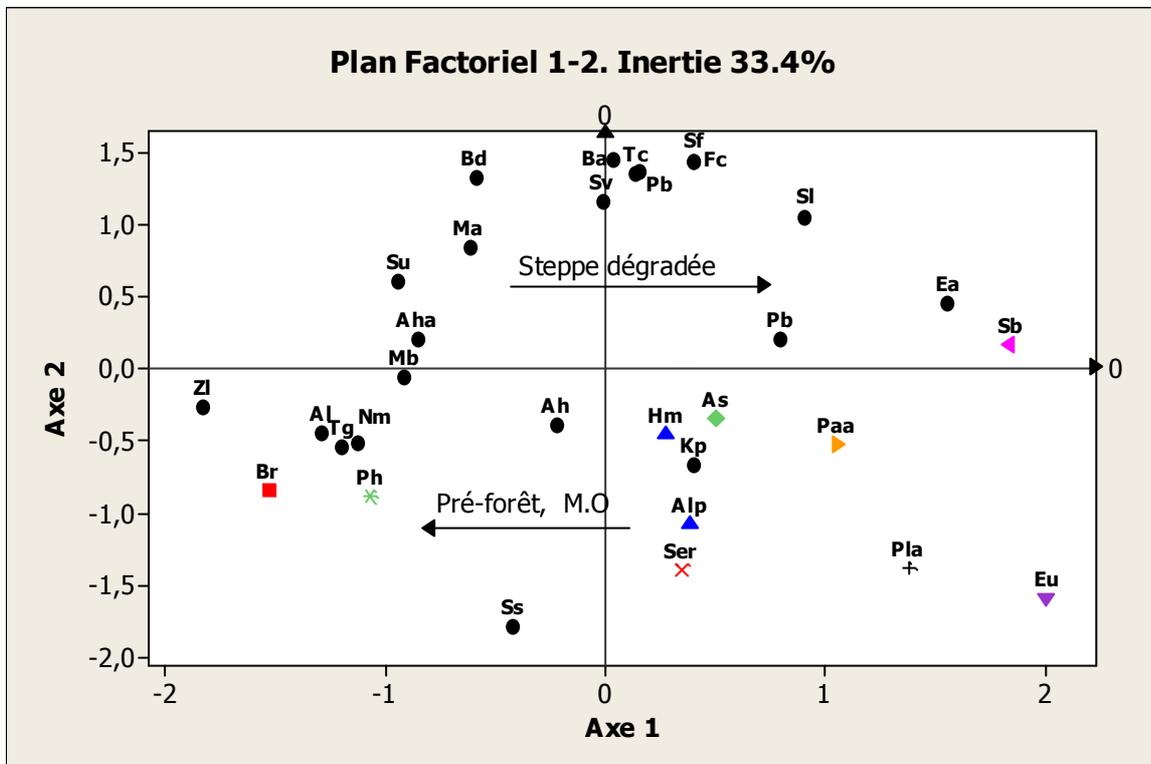




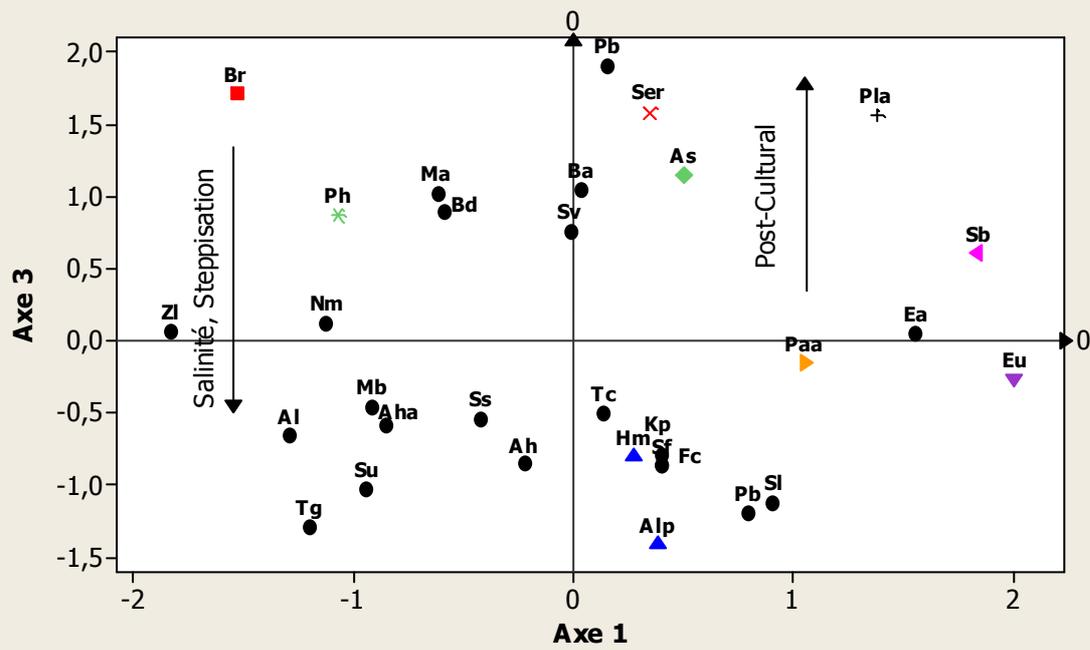


El bayad 2

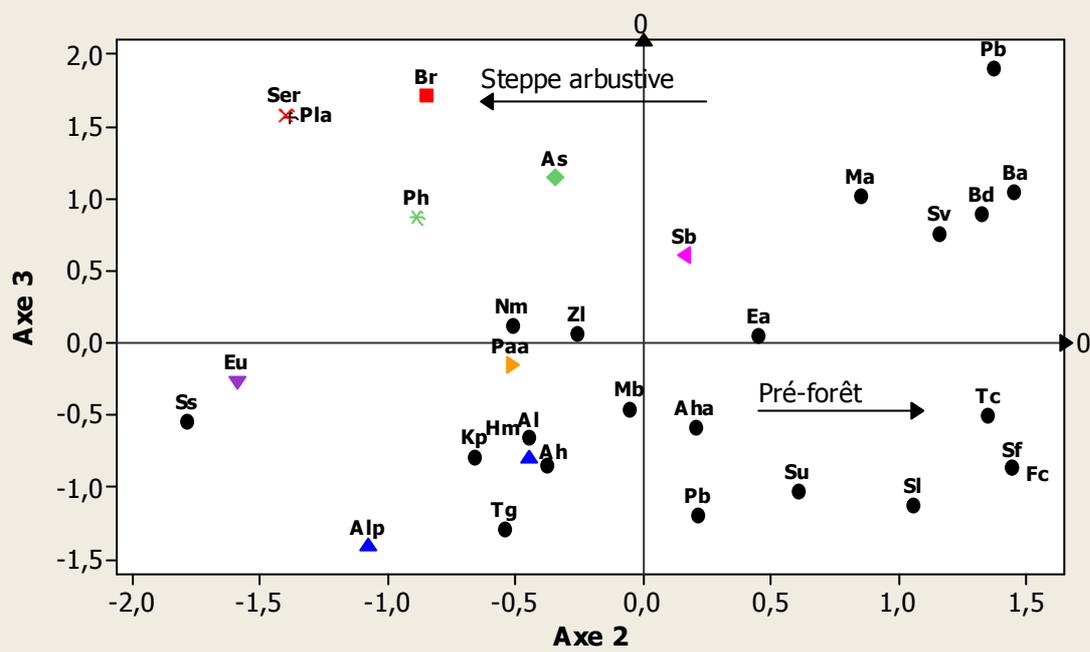
Variance	3,3505	3,3271	2,7300	9,4076
% var	0,168	0,166	0,136	0,470

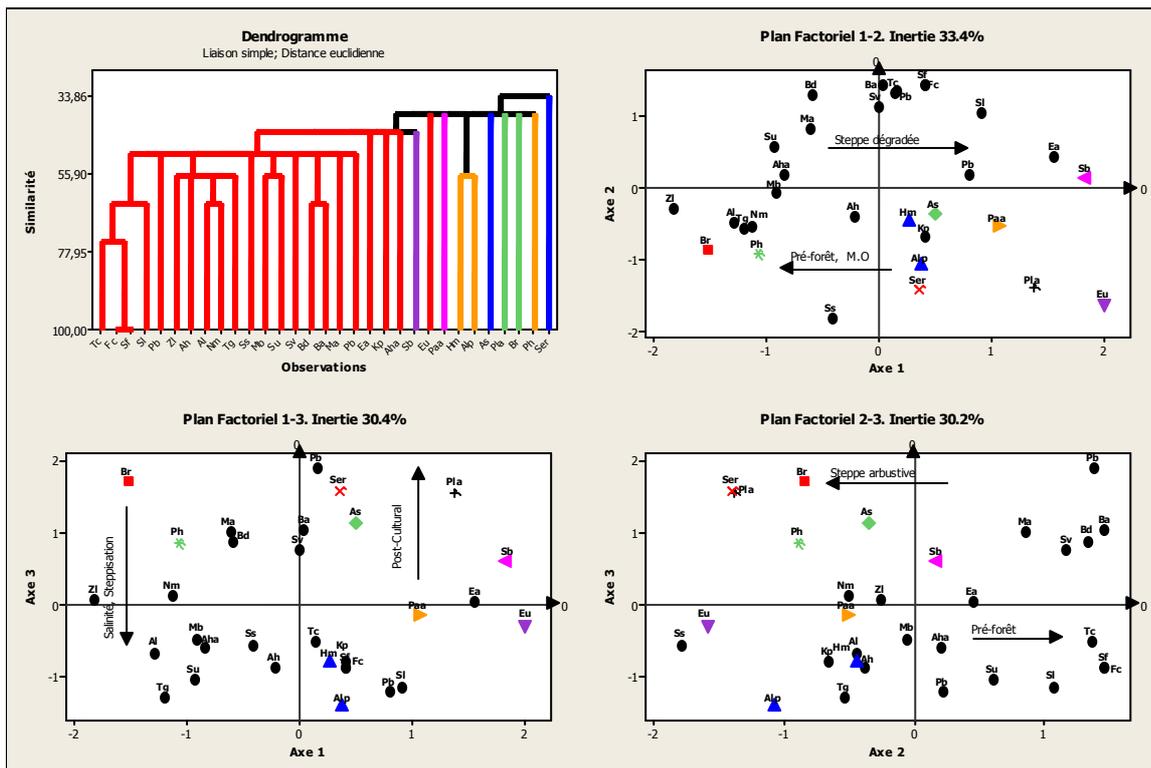
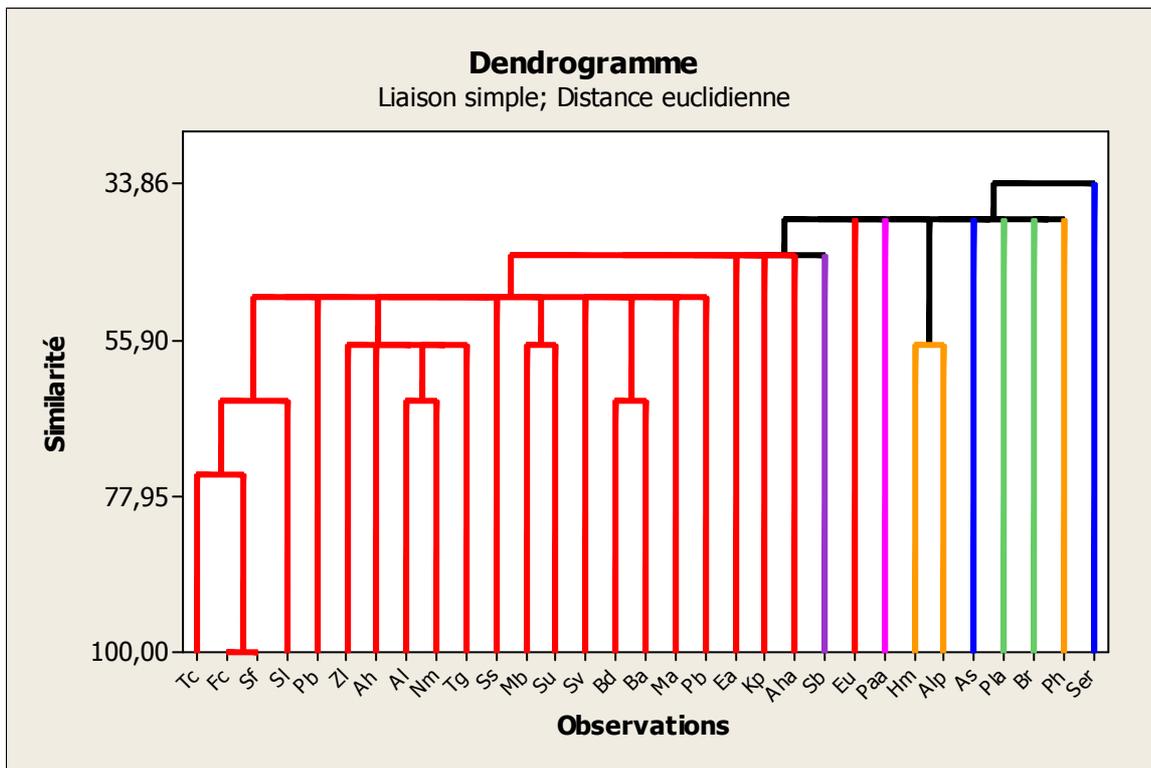


Plan Factoriel 1-3. Inertie 30.4%



Plan Factoriel 2-3. Inertie 30.2%

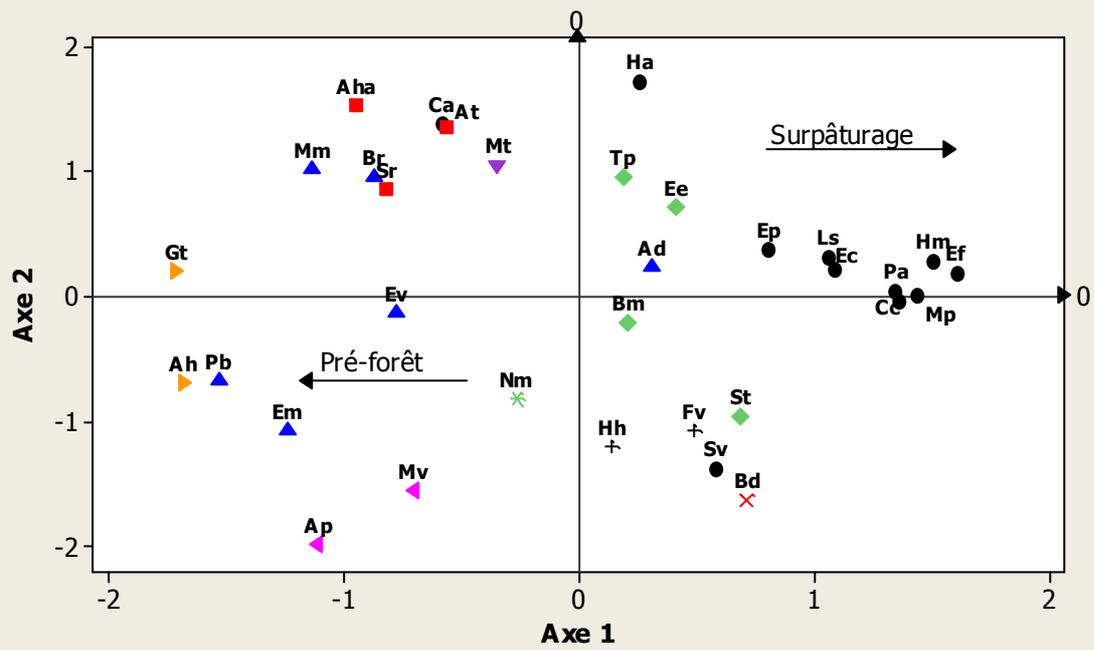




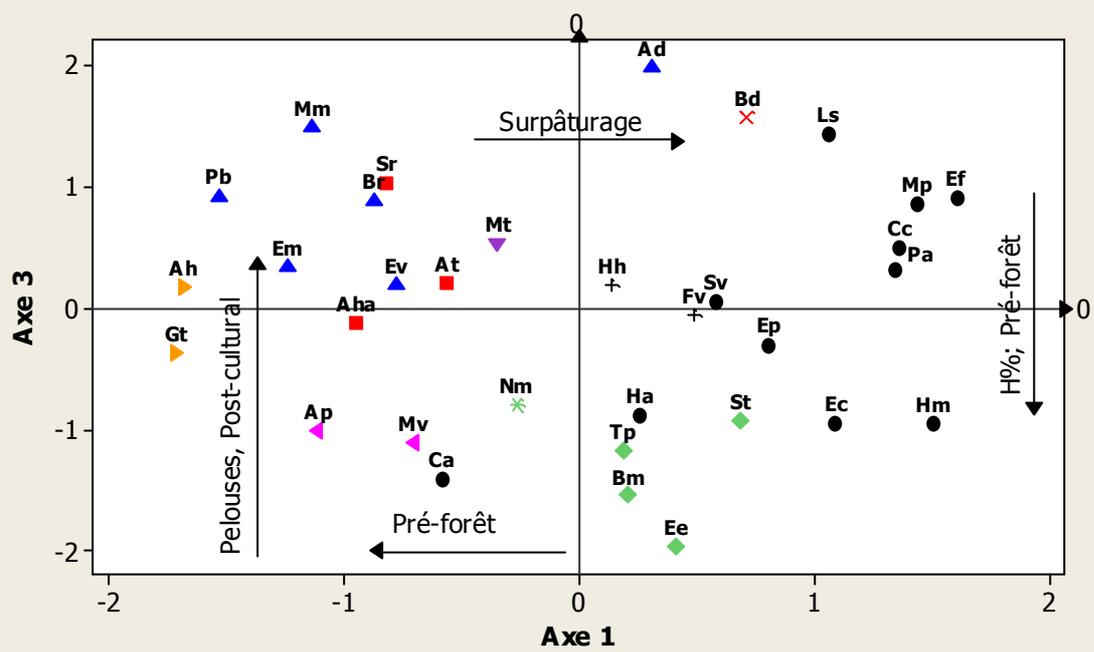
El bayad 3

Variance	3,9910	2,8996	2,1544	9,0449
% var	0,200	0,145	0,108	0,452

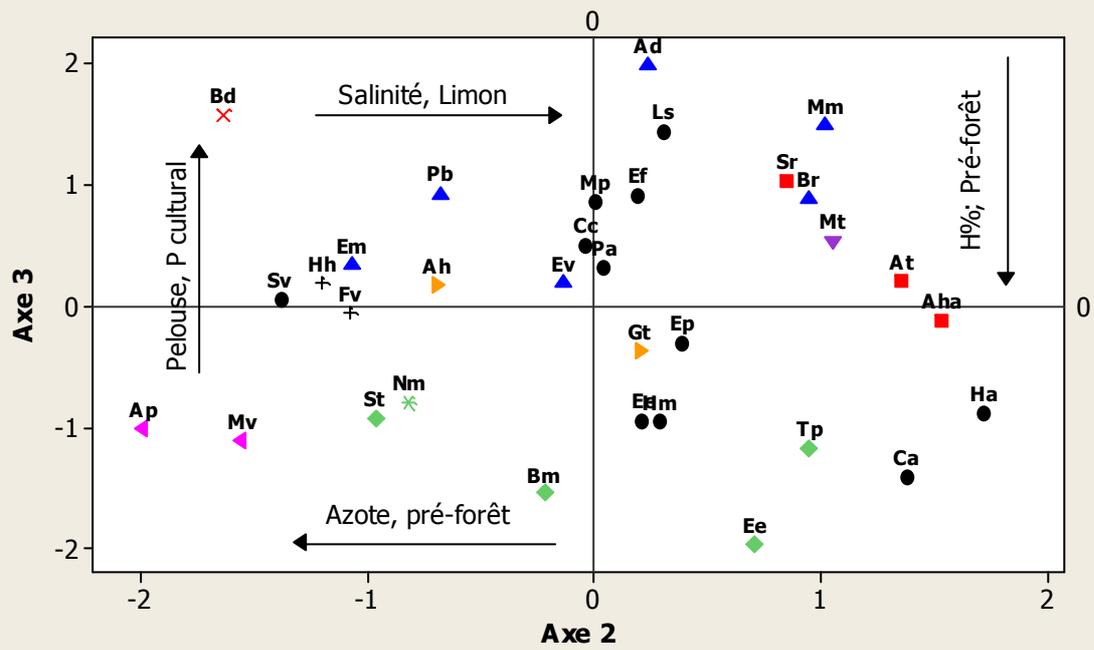
Plan Factoriel 1-2. Inertie 34.5%



Plan Factoriel 1-3. Inertie 30.8%

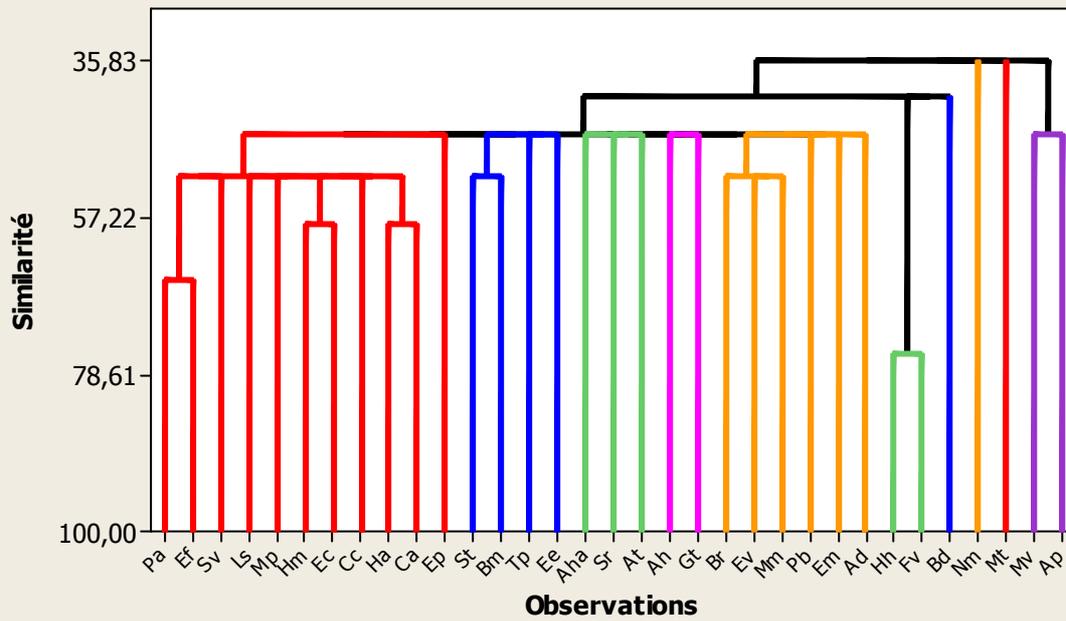


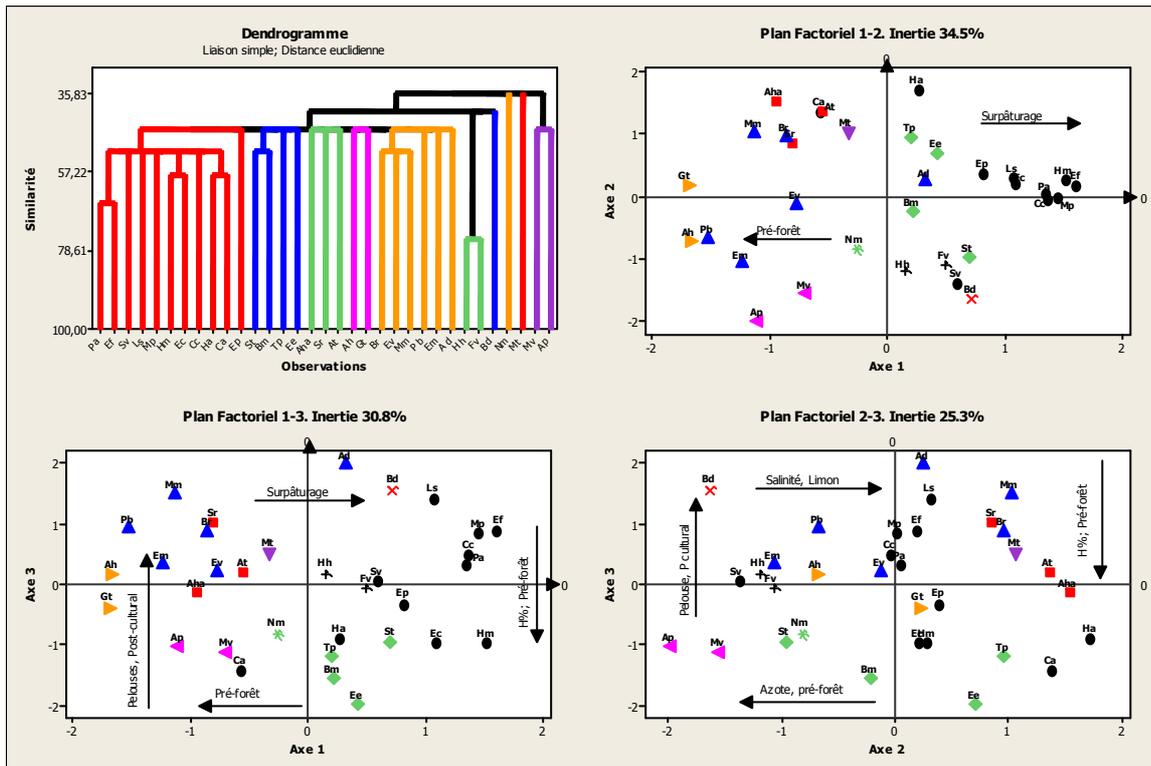
Plan Factoriel 2-3. Inertie 25.3%



Dendrogramme

Liaison simple; Distance euclidienne





2.3- Analyse écologique et synthèse des données du milieu à l'aide de la télédétection spatiale et des Systèmes d'Informations Géographiques

La zone test, retenue pour faire l'objet d'une étude plus fine à l'aide de l'outil géomatique (télédétection et SIG), présente plusieurs atouts:

- Un grand intérêt écologique : interface région steppique - région saharienne ;
- Une urgence et une priorité pour les aménagements.

L'analyse et la synthèse des données du milieu se réalisent en deux phases:

1. Phase analyse : Pour l'analyse des données du milieu, il s'agit d'une délimitation, à l'aide de l'imagerie satellitaire, des zones homologues et d'une interprétation des résultats sur le terrain ;

2. Phase synthèse : La synthèse des données du milieu consiste en la mise en place d'un SIG (Système d'Informations Géographiques) intégrant plusieurs types de données (géographiques, phytoécologiques...) provenant de plusieurs sources. Le SIG, ainsi élaboré, permettra de combiner plusieurs variables écologiques entre elles et par conséquent présenter les informations sous une forme compatible avec les problèmes posés par l'aménagement du milieu.

2.3.1- Analyse écologique à l'aide de la télédétection spatiale

2.3.1.1- Méthodologie

L'occupation du sol de la région d'El Bayadh avait fait d'objet d'études soit assez générales sur l'ensemble du territoire (carte de végétation à 1/500 000 de Celles, 1975) ou d'études intégrées sur des zones spatialement limitées : étude écologique et propositions de mise en valeur dans le synclinal d'El Bayadh (Belouam *et al.*, 1974); étude écologique de la ZDIP (Zone de Développement Intégré du Pastoralisme) des Arbaouets (Beraud *et al.*, 1975) et étude écologique de la ZDIP d'El Biod (Belouam *et al.*, 1975).

C'est pour cela que l'un des objectifs de la phase analyse consiste d'abord à inventorier les différents types d'unités écologiques homogènes à l'aide, notamment, des techniques de la télédétection.

Dans ce but, nous avons mis au point une méthodologie de cartographie des grandes unités écologiques homogènes de notre territoire test en préconisant l'utilisation de l'imagerie satellitaire Landsat TM.

En effet, à l'intérieur du thème « unité écologique » et compte tenu des objectifs de l'étude on peut définir les critères à remplir par l'utilisation des données satellitaires:

- Etude écophysologique tel que l'évapotranspiration ;
- Discrimination entre des différents types d'unités ;
- Discrimination de l'état de dégradation de ces unités ;
- Rapidité d'élaboration de cette analyse.

A cause des anomalies, dues à l'environnement et au vecteur utilisé (satellite), des pré-traitements de nature radiométrique et géométrique, ont été effectués.

Pour notre application, nous avons utilisé l'image Thematic Mapper LANDSAT 5 du 11 avril 1988. La résolution au sol est de 30 m x 30 m. et les images NOAA de 1998 pour une étude écologique et une étude écophysologique, avec une résolution de 1Km

La trichromie a été établie à partir de la combinaison des canaux TM4, TM3 et TM1.

Tableau 14 : Combinaison des canaux pour l'élaboration de la trichromie RVB TM 4, 3 & 1

Canaux	Longueur d'onde	Rendu photographique
Canal 4	Proche infra rouge	En rouge
Canal 3	Visible	En vert
Canal 1	Visible	En bleu

Pour l'interprétation, l'analyse de l'image s'est effectuée selon un triptyque de travail bureau terrain bureau :

- D'abord, une analyse globale a abouti à une typologie des différentes unités rencontrées (groupements steppiques et sols nus) ;
- Ensuite, la délimitation plus précise des unités de végétation dominées par une espèce végétale donnée, puis leur caractérisation sur le terrain, ont été effectuées;
- Enfin, une carte inventoriant ces différentes unités de végétation, une phase à notre sens indispensable pour notre problématique, a été élaborée en se basant entièrement sur l'analyse visuelle des images satellitaires.

Cette analyse s'est effectuée selon les étapes successives suivantes:

- Dans un premier temps, une "lecture globale" de l'image fournit le cadre de l'unité de paysage dans lequel le signal prend une signification biunivoque. Ce cadre permet également de passer à une recherche explicative de la répartition des différents types d'occupation du sol;
- Dans un deuxième temps, les zones isophènes (qui présentent le même aspect sur l'image) sont délimitées. Ce zonage, s'appuyant sur le repérage des discontinuités qu'elles soient spectrales ou texturales, a permis de tracer de proche en proche les frontières. Cette délimitation des zones homogènes s'est également basée sur des critères exogènes tels la morphologie du terrain, la situation géographique de la zone etc... Deux unités thématiquement différentes, peuvent présenter le même aspect sur l'image; inversement deux unités, thématiquement identiques, peuvent se présenter différemment sur l'image (Mederbal, 1992). Toutefois la couleur a été une variable essentielle de décision de frontière: sur compositions colorées, le ton de couleur rend instantanément compte du type d'occupation de sol. Pour certaines unités qui présentent des mosaïques de paysage, le tracé des frontières s'est avéré parfois délicat;
- Par la suite, après confrontation de l'interprétation - image avec les observations - terrain qui a débouché sur des clés d'interprétation, une généralisation de l'analyse - image a ainsi été établie. Cette généralisation a par conséquent abouti sur une typologie des principales unités permettant la réalisation de la carte de végétation.

2.3.1.2- Résultats

Treize (13) unités ont été identifiées dans le cadre de notre démarche :

- Chaque unité recensée est caractérisée par une ou plusieurs espèces dominantes données;
- Les couleurs, proches du système de "**Gaussen**", traduisent les conditions écologiques du milieu de chaque unité représentée cartographiquement ;
- La position relative des principales unités sur la carte de végétation ainsi que leur comparaison avec d'autres documents thématiques (hypsométrie, pente géologie et pluviométrie), permet d'appréhender les questions d'état et de déterminisme écologique des écosystèmes steppiques et présahariens;
- La limite sud du bassin versant du barrage, qui coïncide avec la limite Atlas Saharien - Sahara, divise la zone test en deux régions phytogéographiques distinctes:
- La partie supérieure est occupée par les unités 1, 2, 3 et 4 où dominent *Stipa tenacissima* (St), *Artemisia inculta* (Ai);
- La partie inférieure est occupée par les unités 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11 où dominent *Arthophytum scoparium* (As), *Thymelae microphylla* (Tm), *Tamarix* sp. (T), *Aristida pungens* (Ap), *Retama retam* (Rr)
- Les sols nus, qui correspondent aux zones où le couvert végétal a totalement disparu, occupent 14187 Ha soit 7.27% de la surface totale de la carte.

Tableau 15 : Importance spatiale des différentes unités de végétation

Unités de végétation	Surface (Ha)	Pourcentage	Aptitude
Unité 1- <i>Stipa tenacissima</i> (St)	22393,82	11,47	2
Unité 2- <i>Stipa tenacissima</i> (St) et <i>Artemisia inculta</i> (Ai)	23515,48	12,04	1
Unité 3- <i>Stipa tenacissima</i> (St) et <i>Arthophytum scoparium</i> (As)	25750,49	13,19	3
Unité 4- <i>Lygeum spartum</i> (Ls), <i>Stipa tenacissima</i> (St) et <i>Artemisia inculta</i> (Ai)	9798,82	5,02	1
Unité 5- <i>Lygeum spartum</i> (Ls) et <i>Thymelaea microphylla</i> (Tm)	2307,55	1,18	2
Unité 6- <i>Thymelaea microphylla</i> (Tm)	21149,64	10,83	3
Unité 7- <i>Arthophytum scoparium</i> (As) et <i>Thymelae microphylla</i> (Tm)	8674,01	4,44	3
Unité 8- <i>Arthophytum scoparium</i> (As)	23870,47	12,23	3
Unité 9- <i>Arthophytum scoparium</i> (As), <i>Thymelae microphylla</i> (Tm) et <i>Lygeum spartum</i> (Ls)	36781,68	17,81	3
Unité 10- <i>Aristida pungens</i> (Ap), <i>Retama retam</i> (Rt)	4767,76	2,44	2
Unité 11- <i>Tamarix</i> sp. (T) et <i>Retama retam</i> (Rr)	2240,94	1,15	1
Unité 12-Sol nu et lit d'oued	14187,03	7,27	1
Unité 13-Banc rocheux	1820,20	0,93	4
Superficie totale :	197 257,89	100%	

2.3.2- Synthèse des données écologiques à l'aide des SIG (Systèmes d'Informations Géographiques)

2.3.2.1- Méthodologie

La synthèse des données du milieu se heurte au problème d'échelle des cartes factorielles, du poids de chaque facteur et d'actualisation des données pour leur croisement.

Les SIG offrent une gamme importante de possibilités pour la manipulation et l'analyse des données spatialement référencées.

Les données, gérées par le logiciel MapInfo et son propre Système de Gestion de Base de Données (SGBD), mettent en relation différents fichiers géographiques : carte de végétation, carte lithologique, carte des pentes dérivées du MNT.

La combinaison est rendue possible en référençant toutes les cartes dans un même système pour les rendre superposables.

Pour le croisement des données, qui a pour objectif la délimitation des zones écologiquement homogènes, les grands principes méthodologiques suivants ont été adoptés (Regagba, 1999) :

- Les unités homogènes du point lithologie (couche géologie) et morphologie (couche pentes) ont été discriminées, par combinaison de ces deux couches, selon une matrice de décision prenant en considération l'aptitude du milieu physique pour l'aménagement (carte d'aptitude physique du milieu pour l'aménagement) ;
- Ces unités homogènes physiquement sont croisées avec les unités de végétation, selon, également, une matrice de décision prenant en considération l'aptitude du milieu biotique (la végétation) pour l'aménagement délimitant ainsi les zones écologiquement homogènes et par conséquent les unités spatiales d'aménagement (carte d'aptitude biophysique du milieu pour l'aménagement).

Tableau 16 : Matrice de décision pour la détermination de l'aptitude physique du milieu pour l'aménagement

Pente Lithologie	< 3% 1 : T. Bonne	3 – 6 2 : Bonne	6 – 12,5% 2 : Bonne	12,5 – 25% 3 : Moyenne	>25% 4 : T. Mauvaise
Alluvion, Quater. Cont. 1 : T. Bonne	1 T. Bonne	2 Bonne	2 Bonne	3 Mauvaise	5 T. Mauvaise
Pontien (M cont.), Pliocène cont. 2 : Bonne	1 T. Bonne	2 Bonne	2 Bonne	3 Mauvaise	5 T. Mauvaise
Jurassique, Turtonien, Crétacé inférieur 3 : Mauvaise	3 Moyenne	3 Moyenne	3 Moyenne	3 Mauvaise	5 T. Mauvaise
Trias 4 : T. Mauvaise	3 Moyenne	4 Mauvaise	4 Mauvaise	5 T. Mauvaise	5 T. Mauvaise

Tableau 17 : Matrice de décision pour la détermination de l'aptitude bio-physique du milieu pour l'aménagement

Aptitude Biotique Aptitude Physique	Unités : 2, 4, 1, 12 1 : T. Bonne	Unités : 1, 5, 10 2 : Bonne	Unités : 3, 6, 7, 8, 9 3 : Moyenne	Unité : 13 4 : Mauvaise
1 : T. Bonne	1 Très Bonne	1 Très Bonne	1 Très Bonne	2 Bonne
2 : Bonne	1 Très Bonne	2 Bonne	2 Bonne	2 Bonne
3 : Moyenne	2 Bonne	2 Bonne	3 Moyenne	3 Moyenne
4 : Mauvaise et Très Mauvaise	4 Mauvaise	4 Mauvaise	4 Mauvaise	4 Mauvaise

Dans notre démarche nous avons privilégié ces trois facteurs (géologie, pente et végétation) que nous considérons comme étant très révélateurs de la valeur écologique de l'unité homogène et de ses potentialités pour l'aménagement. Néanmoins, la prise en compte d'autres données, telles que l'hypsométrie, l'exposition et le climat ont été géoréférencées mais n'ont pas été inclus dans notre modèle. Par ailleurs, la socio-économie, très pertinente pour l'aménagement, fera, ultérieurement, l'objet de nos recherches pour être spatialement référencée et combiné avec les données biophysiques du milieu.

2.3.2.2- Résultats

La lecture, d'une part, de la carte d'aptitude physique et biophysique du milieu pour l'aménagement et, d'autre part, l'examen du tableau 4 nous permet de tirer les enseignements suivants:

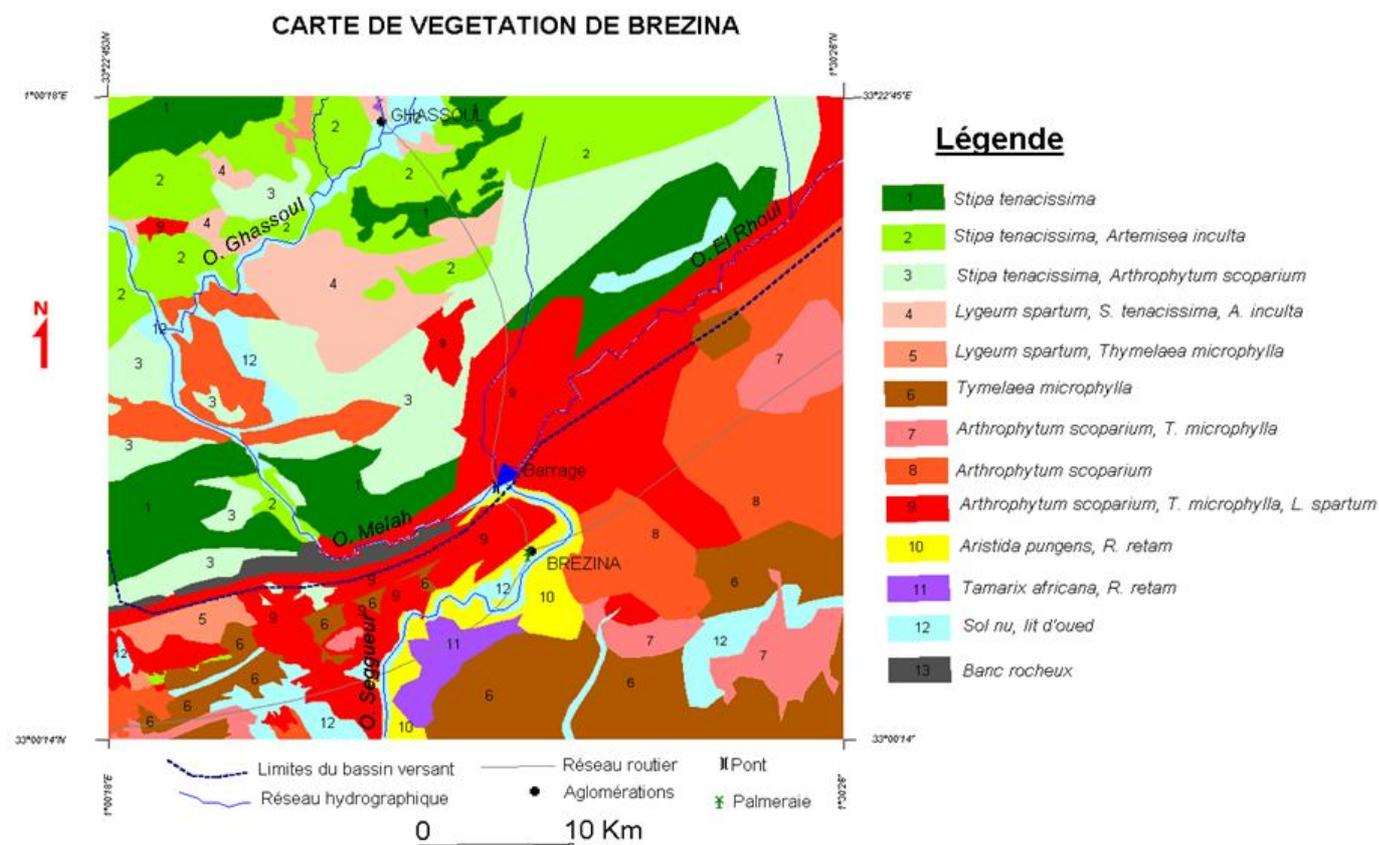
- Le milieu physique est favorable pour des actions d'aménagement futures;
- Globalement, la zone test de Brézina, retenue pour notre expérimentation, présente plus de 1/3 de sa superficie bonne ou très bonne pour l'aménagement. Les surfaces, considérées comme moyennement aptes bio-physiquement à la mise en valeur, représentent 58% de la superficie totale.

Tableau 18 : Importance relative des quatre classes d'aptitudes des unités spatiales d'aménagement (USA)

Classes	Aptitude		Aptitude biophysique		
	Physique	Biotique	Aptitude	Surface (Ha)	Pourcentage
1 : TB	1, 2	1, 2, 3	très bonne	33327,9506	16,895624
2 : B	2, 3	2, 3, 4	Bonne	36057,5142	18,2793778
3 : Moy.	3	3, 4	moyenne	115091,748	58,3458285
4 : M	4	1, 2, 3, 4	mauvaise	12780,6732	6,47916971
Superficie totale:				197257,89	100%

2.3.2.3- Conclusion

La steppe algérienne se caractérise par une grande diversité bioclimatique, géomorphologique, édaphique, floristique. Là, nous ajouterons également la diversité des activités anthropiques, positives et négatives. Depuis des siècles, la steppe est par excellence le domaine des nomades avec quelques petits centres de sédentarisation. Cette steppe a subi une modification des systèmes anciens, notamment pendant la période coloniale. Pendant la période de libération, l'Algérie steppique a été perturbée par des actions d'aménagement inadaptées. Ces dernières sont les principales causes de dégradation des écosystèmes naturels qui ont amené à l'accélération des processus de désertification et de désertisation. D'après ces résultats on a élaboré ces cartes comme support pour l'aménagement de cette région tampon.

**Figure 24:** Carte de végétation de la zone de Brézina, El Bayadh, Algérie

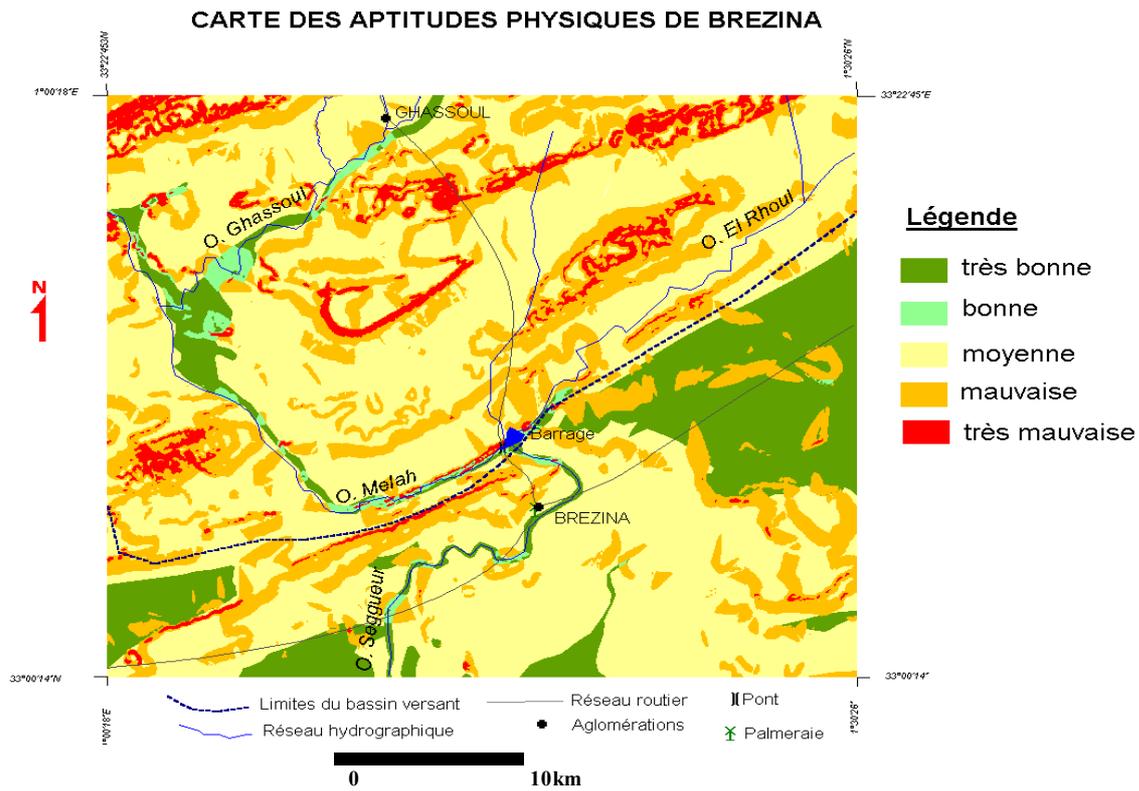


Figure 25 : Carte d'aptitude physique du milieu pour l'aménagement

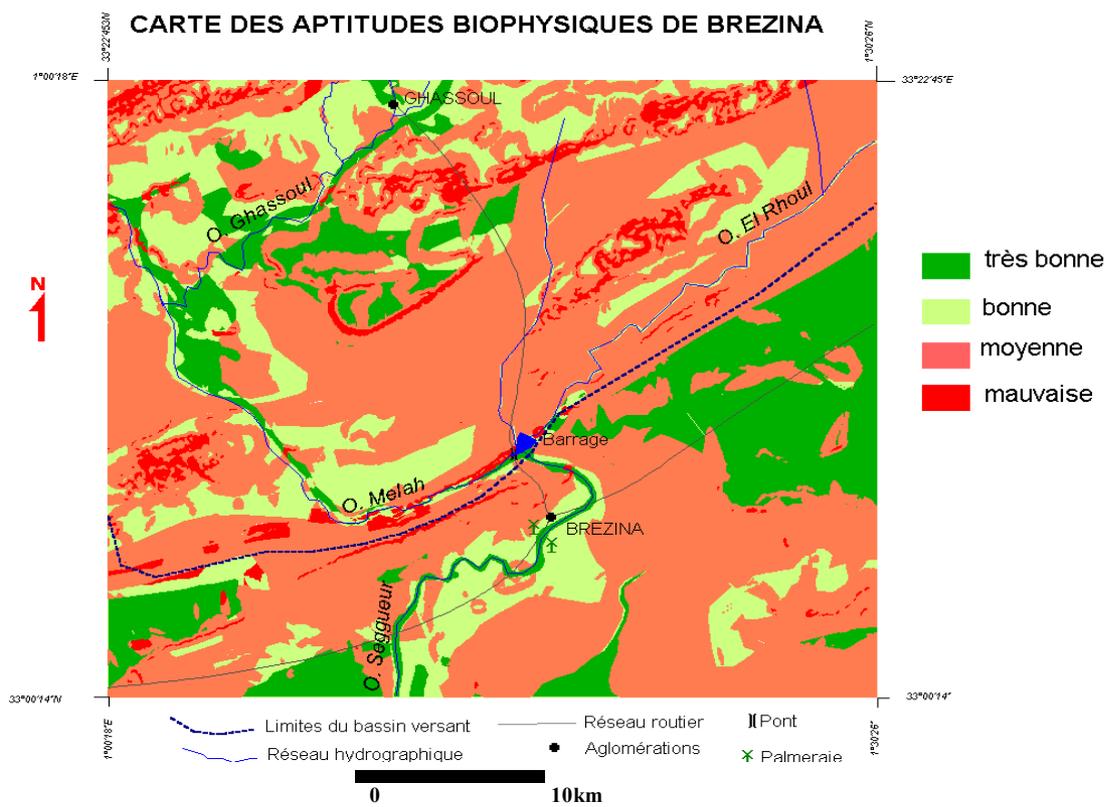


Figure 26 : Carte d'aptitude biophysique du milieu pour l'aménagement

2.3.3- Dynamisme de la végétation

Introduction

Les travaux sur la dynamique végétale ont préoccupé plusieurs botanistes, phytoécologues, aménagistes notamment dans les régions steppiques en Algérie citons quelques uns d'entre eux : Haddouche (1998) , Haddouche *et al.* (2006 et 2007), Benabadji *et al.* (2009).

Les associations végétales ne sont pas des états indéfiniment stables à moins qu'une cause particulière (érosion permanente du sol, vent, surpâturage, action de l'homme) ne contrarie leur évolution ; Elle (l'association végétale) présente en général une transformation spontanée et lente, au cours de laquelle des groupements végétaux différents se succèdent en chaque point : cette transformation à été appelée «dynamisme de la végétation ». (Ozenda, 1982).

2.3.3.1- Concept et méthodes d'étude de la dynamique de la végétation

La succession d'un couvert végétal peut être positive ou négative, donc progressive ou régressive :

2.3.3.1.1- Evolution progressive

Une évolution naturelle qui aboutit au climax est dite progressive ; C'est elle qui se produit sans intervention de l'homme.

2.3.3.1.2- Evolution régressive

Une évolution est dite régressive quand un phénomène naturel ou anthropique intervient pour reconduire une végétation vers des stades antérieurs. La dégradation anthropique d'un sol peut être un facteur grave d'évolution régressive et le processus est même parfois irréversible.

2.3.3.1.3- Méthodes d'observation de la dynamique

L'évolution de la végétation est généralement très lente et les cas d'observation directe sont rares ; Le plus souvent, la dynamique de la végétation se déduit indirectement d'une comparaison minutieuse entre les groupements végétaux et de la recherche des intermédiaires entre les différents stades d'une série (Ozenda, 1982). Plusieurs méthodes sont appliquées pour observer la dynamique de la végétation.

A-Méthode diachronique

Celle-ci n'est utilisable que lorsque la succession est rapide (strates herbacées) à l'échelle de la vie humaine ; C'est le cas de l'assèchement des marais après drainage ou de la fixation des dunes. L'observation directe se fera par la méthode des carrés ou transects permanents (Ozenda, 1982), ou par comparaison des cartes ou des photographies prises à intervalles réguliers.

B- Méthode synchronique

L'étude des documents anciens, comme les cartes, plans cadastraux, photographies aériennes et images satellites, donnent des renseignements précieux.

2.3.3.2- Analyse de la végétation actuelle

Généralement c'est l'étude comparée des groupements vivants côte à côte qui permet de reconnaître le dynamisme de la végétation. On peut rechercher s'ils sont liés par des états intermédiaires et, grâce à l'examen du degré de développement ou de la vitalité de certaines espèces, il est possible de déterminer si celles-ci constituent les restes du groupement précédent ou, au contraire, l'amorce de l'évolution vers le stade suivant.

2.3.3.2.1- Méthodes d'échantillonnage pour l'étude de la végétation sur des bases dynamiques

L'échantillonnage est une opération qui a pour objet le repérage, au niveau d'une grande superficie, d'une partie de cette surface constituant l'échantillon. En général, la question se pose de la façon suivante : étant donné un ensemble constitué d'éléments on ne désire pas étudier l'ensemble entier, trop volumineux, mais seulement un certain nombre de ces éléments ; L'objectif de l'échantillonnage consiste à choisir ces éléments de façon à obtenir des informations d'une précision reproductible sur l'ensemble.

L'échantillonnage des communautés végétales doit donc comprendre deux phases :

- La première est constituée par l'analyse des échantillons eux même pour vérifier s'ils satisfont aux critères d'homogénéité et de représentativité suffisante ;
- La deuxième correspond à la comparaison des échantillons pour tirer des conclusions valables sur la communauté entière ou pour comparer les communautés (Gounot, 1969).

A-Les méthodes d'interprétation floristique

Les méthodes utilisées pour définir la végétation sont nombreuses. On peut, arbitrairement, les grouper en trois rubriques: critères physiologiques, critères écologiques et critères phytosociologiques.

A.1- L'approche phytosociologique

La phytosociologie est la science qui étudie les communautés végétales, la détermination des associations de végétaux permettant de caractériser un écosystème. Donc elle présente une analyse détaillée de la végétation. Cette méthode s'appuie sur la technique du relevé phytosociologique de Braun-Blanquet qui consiste à dresser la liste des plantes présentes dans un échantillon représentatif et homogène du tapis végétal.

La méthode phytosociologique repose sur le principe que la végétation est l'élément qui synthétise le mieux les conditions du milieu (microclimat et sol). Elle permet à partir de relevés (notion concrète) de définir des types phytosociologiques (notion abstraite) appelée associations végétales. (Godron, 1968)

Les phytosociologues ont ainsi créé le concept d'individu d'association. Il s'agit d'une « communauté végétale floristiquement homogène représentative, sur le terrain, d'une association végétale » (Delpech *et al.*, 1985 in Gaudin, 1997).

Cette méthode est désignée sous le nom de méthode de l'école zuricho-montpelliéraine. Selon Braun-Blanquet (1959), on peut distinguer trois phases du travail quand on opère dans une région inconnue où le problème de recherche des groupements se pose donc dans son intégralité.

A.1.1- Reconnaissance préliminaire

La délimitation d'une surface floristiquement homogène est une condition nécessaire pour la réalisation de relevés floristiques (Bouazza *et al.* 2004).

Une reconnaissance des facteurs du milieu (climat, type de sol, topographie ... etc.) est indispensable avant de réaliser un échantillonnage.

A.1.2- Technique des relevés

- Le choix de l'emplacement des relevés

Un relevé de végétation a pour but de décrire au mieux l'individu d'association présent. Ainsi, on doit faire la liste des plantes d'une communauté végétale floristiquement homogène, représentative sur le terrain d'une association végétale. Pour que le relevé soit homogène, on travaille le plus souvent « à choix raisonné », c'est-à-dire qu'on fixe la zone sur laquelle on va faire un relevé en essayant qu'elle soit le plus homogène possible.

Alors, le choix de l'emplacement du relevé ne se fait pas au hasard, mais en fonction des plantes rencontrées (avec un peu d'habitude, un phytosociologue connaît des groupes de plantes que l'on trouve d'ordinaire ensemble), de la topographie, de la géologie, de la pédologie, des facteurs anthropiques... etc.

Un relevé bien fait doit être comme un véritable portait du groupement, une fiche signalétique très complète à laquelle on peut ensuite se reporter pour le travail de synthèse qui consiste à comparer les groupements végétaux entre eux. (Ozenda, 1982).

- La surface des relevés

L'emplacement du relevé étant choisi, la question qui se pose est celle de la surface à inventorier. La réponse apportée par les phytosociologues a été celle de l'aire minimale. On peut calculer celle-ci en effectuant des relevés de plus en plus grands et en totalisant le nombre d'espèces rencontrées.

Cette aire est sensiblement constante pour les divers relevés d'un groupement déterminé, mais varie beaucoup d'un groupement à l'autre : 20 à 50 m² pour les groupements de prairies et de pelouses (quelques mètres carrés seulement pour ceux qui sont denses et homogène), 100 à 400 m² environ pour les forêts (Ozenda, 1982).

- Les informations relevées pour chaque espèce

Lors d'un relevé de végétation, on construit la liste exhaustive des plantes présentes. Après chaque plante, on peut adjoindre divers coefficients ou informations qui complètent l'information apportée par les relevés.

a) Abondance dominance : Elle permet de quantifier la présence d'une espèce donnée sur le relevé.

b) Sociabilité : La sociabilité correspond à la faculté de certaines plantes à vivre en groupes plus ou moins denses. Un coefficient a été créé pour coder la sociabilité des espèces présentes dans un relevé

5 : espèces couvrant plus de $\frac{3}{4}$ de la surface ;

4 : de $\frac{3}{4}$ à t/z ; 3 : de $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$;

2 : espèces abondantes mais couvrant moins de $\frac{1}{4}$;

1 : espèces bien représentées mais couvrant moins de 1/20 ;

+ : espèces présentes mais d'une manière non chiffrable.

c) Vitalité : Le manque de vitalité des espèces présentes peut se traduire non seulement par la présence d'individu dépérissant ou mort, mais aussi par des réductions de croissance ou des absences de floraison. La vitalité, ou le manque de vitalité d'une espèce peuvent également être notés lors d'un relevé.

- Comparaison des relevés

Elle se fait au moyen de la méthode des tableaux. Celle-ci a été décrite par (Ellenberg 1956), on peut distinguer six (06) phases dans l'élaboration des tableaux (Gounot, 1969).

a) Tableau brut

C'est un tableau à double entrée les colonnes correspondent aux relevés pris dans un ordre quelconque et les lignes aux espèces inscrites dans l'ordre où elles se présentent dans le premier relevé. On y ajoute à la suite les espèces du deuxième relevé qui ne figurent pas dans le premier et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les relevés et toutes les espèces aient été inscrites. Dans la case à l'intersection d'une ligne et d'une colonne on indique l'abondance- dominance et la sociabilité de l'espèce dans le relevé. Si l'espèce n'est pas représentée dans le relevé, la case reste vide.

Dans le tableau brut relevé et espèces sont placés sans ordre. La méthode des tableaux a pour but de modifier l'ordre de relevés et des espèces de façon à les regrouper de la manière la plus logique possible.

b) Tableau de présence

Dans ce tableau les espèces sont ordonnées selon leur degré de présence décroissant (c'est à dire du nombre de relevés dans lesquelles elles sont présentes). Pour la suite des opérations, les espèces très rares ou a degré de présence très élevées (donc présentes dans tous les relevés ou presque) sont peu intéressantes. Elles ne permettent pas en effet de différencier deux groupes de relevés (l'un ou elles sont présentes. L'autre ou elles sont absentes). On n'inclut donc dans le tableau de présence que les espèces de degré de présence ni trop grand ni trop petit.

C'est sur ce tableau de présence que l'on va effectuer l'opération essentielle de la méthode. Elle consiste à rechercher s'il n'y a pas des groupes d'espèces qui se rencontrent généralement ensemble dans une partie des relevés et sont généralement simultanément absentes des autres se sont les « espèces différentielles ». Cette opération est compliquée du fait que c'est une opération qui se fait empiriquement car les espèces et les relevés sont placés au hasard dans le tableau et que rien n'indique quelles espèces ou quels relevés doivent être rapprochés.

Le même auteur propose de considérer comme espèces différentielles les espèces présentes dans au moins 50% des relevés.

c) Tableau partiel

Dans cette étape on ne garde que les espèces différentielles et on regroupant les espèces qui appartiennent à un même groupe de différentielles. On fait en bas de ce tableau le total pour chaque relevé des espèces différentielles des différents groupes qu'il contient.

d) Tableau partiel ordonné

Sur ce tableau on réécrit les relevés de manière à mettre ceux qui contiennent le plus de différentielles de l'un ou l'autre groupe aux deux bouts. Les relevés ayant peu d'espèces différentielles ou un mélange de différentielles de plusieurs groupes étant situés dans la partie médiane.

e) Tableau différentiel

Dans lequel sont inscrits en tête les groupes différentiels des groupements distingués, puis les autres espèces ou espèces compagnes par ordre de présence décroissante, puis on supprime les relevés aberrants. En particulier on élimine les relevés comprenant peu d'espèces différentielles et beaucoup d'espèces rares, qu'on interprète comme des relevés appartenant à des groupements autres que ceux figurants dans le tableau, on élimine aussi les relevés comportant des différentielles de deux ou plusieurs groupes qui s'excluent en général l'un l'autre.

A.1.3- L'approche phytoécologique

Cette méthode est basé sur l'inventaire écologique de la végétation est devenu l'instrument du diagnostic phyto-écologique du milieu naturel qui en à remplacer les études purement phytosociologiques considérées comme étant de moindre intérêt pour les applications à l'aménagement du milieu rural. (Long, 1974).

- *Notion de groupe écologique*

Duvigneaud (1946) définit le groupe écologique comme un groupe d'espèces à affinités sociologique. «L'affinité sociologique résume toutes tendances écologiques, géographiques ou autre, qu'on certaines plantes à se regrouper ». (Gounot, 1969)

Un groupe écologique est « un ensemble d'espèces végétales ayant approximativement la même amplitude par rapport à un ou plusieurs facteurs ou descripteurs écologiques » (Delpech et al., 1985 in Gaudin, 1997).

- *Profils écologiques*

Sont les diagrammes de fréquence d'une espèce en fonction des classes ou segments d'un facteur.

- *Profils bruts*

Pour chacune des espèces suffisamment représentées on comptera le nombre de fois ou elle était présente dans des relevés présentant cette classe du facteur. On déduira alors son pourcentage de fréquence dans les différentes classes des facteurs. On dresse alors profil figurant en ordonnée les pourcentages de fréquence et en abscisse les classe du facteur il s'agit du profil brut.

- *Profils élaborés*

Se profil est établis pour chaque espèce en fonction de chacun des facteurs considérés et comprenant :

- Le profil des fréquences relatives : le nombre de présences (ou des absences) de l'espèce, dans chacune des classes de facteur divisé par le nombre de relevés effectués dans chaque classe ;
- Le profil des fréquences corrigées : fréquence relative de présences (ou des absences) de l'espèce, dans chacune des classes de facteur divisé par la fréquence moyenne des espèces dans l'ensemble des relevés ;
- Le profil des fréquences pondérées : il tient compte non plus de la présence ou de l'absence de l'espèce, mais d'un critère sociologique (abondance, recouvrement).

- **L'information apportée par un profil**

La fréquence des espèces dans l'ensemble des relevés, les profils d'ensembles et les profils écologiques sont considérés comme des matrices de probabilités permettent de calculer une estimation de la quantité de l'information apportée par ces profils. (Godron, 1968).

- **Entropie relative à un facteur écologique**

A partir du profil d'ensemble relatif à un facteur, qui indique le nombre de relevés effectués dans les différentes classes de ce facteur. La valeur de l'entropie relative $H(L)$ d'un facteur (L) présentant un nombre (NIA de classes estimée par la formule suivante :

$$H(L) = \sum_1^{NK} \frac{R(K)}{NR} \log_2 \frac{NR}{R(K)}$$

Où :

- $R(K)$ = nombre de relevés effectués dans la classe K - NR = nombre total de relevés

- Information mutuelle entre une espèce et un facteur

Elle est estimée par la formule suivante

$$I(L, E) = \sum_1^{N(K)} \frac{U(K)}{NR} \log_2 \frac{U(K)}{R(K)} \cdot \frac{NR}{U(E)} + \sum_1^{NK} \frac{V(K)}{NR} \log_2 \frac{V(K)}{R(K)} \cdot \frac{NR}{V(K)}$$

NK = nombre de classes distinguées pour le facteur L

NR = nombre total des relevés

U(K) = nombre de relevés de la classe K et ou l'espèce E est présente. _

V(K) = nombre de relevés de la classe K et ou l'espèce E est absente

V(E) = nombre total de relevés dans lesquels l'espèce E est absente

U(E) = nombre total de relevés dans lesquels l'espèce E est présente.

R(K) = nombre total de relevés dans lesquels le facteur étudié a été codé K

Tous les éléments de cette formule sont donnés dans le tableau des profils écologiques.

A.1.4- Approche physiognomique

Cette approche a longtemps été utilisée avant que d'autres, plus précises, ne viennent la supplanter (Ozenda, 1982).

L'aspect global d'une végétation, sa physiognomie, peut être appréhendée grâce à plusieurs éléments

- dimension et forme de croissance : la taille dépend des conditions stationnelles, de la nature des espèces et de la forme de croissance ;

- densité et abondance relative des espèces la densité de la végétation permet de séparer la végétation fermée, qui couvre le sol de façon continue, et la végétation ouverte lorsque le peuplement est discontinu. L'abondance relative ajoute un trait qualitatif qui précise la description une seule espèce peut être dominante, deux ou plusieurs espèces peuvent être codominantes ; - stratification : la disposition de la végétation dans l'espace vertical est également un critère physiognomique. Quatre strates (étages) sont généralement retenues : la strate arborescente, la strate arbustive, la strate herbacée et la strate muscinale ;

- activité humaine l'action de l'homme modifie certaines végétations à un point tel qu'une référence à ses interventions se révèle parfois indispensable.

- Approche par télédétection spatiale

Introduction

La télédétection satellitaire, considérée comme un puissant outil d'inventaire et de suivi des processus de dégradation de la végétation, constitue indiscutablement un outil d'aide à la décision rapide et efficace. Par contre, les SIG n'ont pas les outils qui les rendent producteurs de connaissance spatiale. Ainsi, il y a plusieurs raisons qui font que l'image de télédétection soit une composante intégrale d'un SIG.

Les images de télédétection sont toujours analysées via une interprétation concernant le positionnement des objets et leur nature. Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'information attachés à une localisation géographique, d'où la possibilité d'intégrer ces éléments dans un SIG. Ce pas

permet, donc, d'utiliser les données de la télédétection dans un processus de gestion des ressources en les combinant avec des données pluri-thématiques et multi-sources.

C'est dans cette intégration des données que le potentiel de développement des applications de télédétection est le plus important.

Le concept de base de la télédétection multispectrale (à plusieurs bandes ou canaux) repose sur le fait que les différents éléments des surfaces terrestres réfléchissent le rayonnement solaire de façon inégale selon les longueurs d'onde : c'est la notion de signature spectrale. Les sols, les roches, la végétation, ont des signatures spectrales différentes.

- Importance de l'image satellite dans l'étude de la phytodynamique

La possibilité d'offrir une couverture complète d'une région est réalisable à l'aide des données images en provenance des satellites de télédétection.

Il est important de souligner qu'une image satellite peut être utilisée telle qu'elle si l'on y recherche simplement des objets identifiables par leurs formes. Dans certains cas simples, il est aussi possible de déterminer grossièrement le contenu des pixels, par exemple en termes de présence ou d'absence de végétation dense (contraste visuel entre canaux visibles et proche infrarouge). Mais pour déterminer ce contenu plus avant, il faut identifier les composants des pixels d'après leurs valeurs relatives dans les différentes bandes.

Les images sont descriptives et elles apportent une information visuelle beaucoup plus importante par rapport à l'homme. L'aspect multispectral des données de télédétection offre un atout supplémentaire dans la caractérisation des objets dans une large bande spectrale.

Actuellement, les observatoires de L'IRD⁶ (Projets ROSELT⁷) implantés dans la plupart des pays touchés par la désertification en Afrique (Pays du Sahel et Afrique du Nord), donnent lieu à de nombreuses recherches où l'apport essentiel de l'image satellitaire pour le suivi et l'évaluation de la désertification est présent.

Un Système d'Information sur l'Environnement à l'échelle Locale (Le SIEL) a été conçu par les chercheurs de l'IRD pour évaluer le risque de désertification. Il se base sur une approche spatiale interdisciplinaire considérant l'espace comme le lieu des interactions homme/milieu et le paysage, en tant que portion de l'espace, comme leur résultante observable à un instant donné. Cherchant à évaluer le niveau de vulnérabilité des ressources sur un territoire rural à l'échelle locale, il considère le paysage comme territoire ressource. Il se base sur une approche pluridisciplinaire combinant des savoirs et des compétences relatifs aux sciences liées à l'étude des processus biophysiques et socio-économiques de la désertification et à la modélisation environnementale du point de vue thématique (géographie, écologie du paysage) mais aussi informatique, statistique et mathématique, afin d'établir des bilans ressources/usages.

Toutefois, les images satellitaires peuvent engendrer des informations incertaines qui ne peuvent être levées que par un renforcement d'observations et de mesures de terrain. Ces travaux de terrain, qui peuvent être envisagés selon les méthodes exposées plus haut, restent toutefois indispensables et complémentaires aux méthodes d'étude de la dynamique de la végétation par télédétection.

- Choix des méthodes de traitement des images satellitaires

Une grande variété de méthodes et de techniques d'analyse d'images satellitaires multidates ont été développées afin de détecter les changements de la surface terrestre. Notre travail présente les principales méthodes et techniques de télédétection présentées dans la littérature en indiquant leurs applications, limites et avantages.

Les méthodes de détection de changements utilisant les images satellitaires se basent toutes sur l'hypothèse que les changements de l'occupation du sol se traduisent en variations de la radiance et

⁶ Institut de Recherche pour le Développement

⁷ Un réseau d'observatoires locaux

que ces variations sont importantes en comparaison de celles causées par d'autres facteurs (conditions atmosphériques, inclinaison solaire, humidité du sol ou état phénologique de la végétation). L'influence de ces facteurs est d'ailleurs réduite par le choix d'images acquises à la même époque de l'année.

Ces variations radiométriques peuvent être mises en valeur en utilisant plusieurs types de traitements d'images. On peut diviser les méthodes de télédétection du changement en trois grands groupes :

- Les méthodes préclassifications qui consistent, par accentuation à créer une nouvelle image où les changements sont mis en valeur, cette accentuation d'images étant obtenue par la mise en œuvre d'opérations ponctuelles (pixel à pixel) et / ou globales (prenant en compte toute l'image) ;
- Les méthodes de classifications multidates dans lesquelles une image multirate est classée visuellement ou numériquement ;
- Les méthodes postclassificatoires qui consistent à comparer des classifications indépendantes d'images de dates différentes.

Les principales techniques utilisées dans les trois groupes de méthodes de télédétection sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Récapitulatif des principales techniques de télédétection de changement (source : Haddouche, 2008)

Catégorie	Sous-catégorie	Technique
Les méthodes préclassifications (accentuations d'image)	Opération ponctuelle	Différence d'images
		Différences d'indices de végétation
		Division d'images
		Analyse par vecteur de changement
	Opération globale + ponctuelle	Régression d'images
		Transformations «Tasseled cap »
Opération globale	Analyse en composantes principales (ACP)	
Classification multirate	Classification multirate directe	Classification non dirigée
		Classification dirigée
		Classification visuelle
Postclassification	Comparaison d'images classifiées indépendamment	Classification non dirigée
		Classification hiérarchique
		Classification dirigée
		Classification visuelle
	Images classées / autres sources	Comparaison avec cartes thématiques

La majorité des méthodes de télédétection du changement appartiennent à la première catégorie, c'est à dire préclassificatoire. Elle consiste à mettre en valeur les changements radiométriques entre deux images acquises à des dates différentes mais d'une même période annuelle.

- Application de la méthode des indices de végétation dans l'étude de la phytodynamique

Différentes pistes ont été explorées pour l'étude de la dynamique de la végétation de notre terrain d'expérimentation. L'objectif visé concerne, d'une part, une méthodologie simple permettant de distinguer la couverture végétale des sols nus (information qualitative) et d'autre part, de mettre en relation l'image satellitaire avec les données de terrain (information quantitative concernant la mesure de biomasse, le taux de recouvrement, ...etc.).

Aussi, le suivi de la dynamique de la végétation de la région de Brézina a été abordé à partir d'un ensemble de traitements numériques des images satellitaires bi-dates (Landsat TM 1987 et 2001).

La végétation est sans aucun doute le composant des surfaces terrestres le plus intensivement surveillé par satellite dont une grande partie des études environnementales est basée sur le suivi de l'abondance de la végétation verte. Mais dans le cas des régions arides où le taux de couvert végétal est souvent très faible, les méthodes utilisées actuellement tel que le NDVI ; LAI (*Leaf Area Index* : Indice foliaire;...etc.) trouvent leurs limites.

Néanmoins, la végétation naturelle est plus difficile à détecter dans les régions arides, dans la mesure où elle ne présente un feuillage vert que pendant des périodes assez courtes, et ce dernier est peu couvrant, donc peu représenté dans les éléments de surface correspondant aux pixels dans l'image. « *Les indices de végétation y sont à manier avec prudence lorsqu'on cherche à détecter des couverts faibles, notamment à cause de leur altération par les caractéristiques spectrales du sol ou des algues à sa surface* » (Escafadal, 2007).

La recherche d'indices de végétation appropriés aux conditions biophysiques de notre zone d'étude a été la première étape pour l'étude de l'état de la végétation à partir des images satellitaires (TM Landsat 1987 et 2001).

« L'indice de végétation est une réduction de l'information de type radiométrique contenu dans le capteur. Les types d'indices sont souvent de bons indicateurs de la densité de la végétation mais doivent être manipulés avec prudence et après une étude attentive de leurs valeurs relativement à des données de terrain » (Deshayes et Maurel, 1990).

Selon (Caloz et al. 2001), la création d'indices de végétation vise plusieurs objectifs :

- L'estimation de la masse végétale verte recouvrant le sol ;
- La description de l'état phénologique et la couverture végétale ;
- La prévision des récoltes ;
- L'inventaire de cultures par segmentation de l'indice ;
- L'évolution de la couverture végétale à l'échelle continentale (Afrique sahélienne, forêts boréales).

Comme un grand nombre d'indices de végétation a été proposé, leurs informations sont souvent redondantes. Leur emploi requiert un examen attentif de la situation et une définition claire des renseignements que l'on souhaite extraire. « Les nuances que les auteurs ont parfois voulu apporter sont souvent occultées par le "bruit" statistique qui affecte l'image » (Caloz et al. 2001).

2.3.3.3- Résultats de l'étude de la dynamique de la végétation steppique

A- Analyse synchronique de la végétation

Pour rappel, treize (13) unités (figure3, tableau2) ont été identifiées dans le cadre de notre démarche:

- chaque unité recensée est caractérisée par une ou plusieurs espèces dominantes données; en outre, pour chaque unité cartographiée il est précisé ses potentialités ou aptitudes pour la mise en valeur par un code de 1 à 4 (1: très bonne; 2: bonne; 3: moyenne; 4: mauvaise); la valeur écologique de chaque unité, exprimée par ce code, a été identifiée selon une matrice de décision intégrant le type de végétation, le type de sol et la géomorphologie;
- les couleurs, proches du système de "Gaussen", traduisent les conditions écologiques du milieu de chaque unité représentée cartographiquement ;
- la position relative des principales unités sur la carte de végétation ainsi que leur comparaison avec d'autres documents thématiques (hypsométrie, pente géologie et pluviométrie), permet d'appréhender les questions d'état et de déterminisme écologique des écosystèmes steppiques et présahariens;
- La limite sud du bassin versant du barrage, qui coïncide avec la limite Atlas Saharien - Sahara, divise la zone test en deux régions phytogéographiques distinctes:

- La partie supérieure est occupée par les unités 1, 2, 3 et 4 où dominent *Stipa tenacissima* (St), *Artemisia inculta* (Ai);
- La partie inférieure est occupée par les unités 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11 où dominent *Arthophytum scoparium* (As), *Thymelae microphylla* (Tm), *Tamarix* sp. (T), *Aristida pungens* (Ap), *Retama retam* (Rr)
- Les sols nus, qui correspondent aux zones où le couvert végétal a totalement disparu, occupent 14187 Ha soit 7.27% de la surface totale de la carte.

B- Analyse diachronique de la végétation

Les unités de végétation (figure 4) ont été définies selon un critère floristique. Les résultats montrent que le territoire est couvert par des groupes physiologiques (espèces steppiques en association, des cultures, du matorral, reboisement...etc.) où les types de végétation occupent en 2001 de petites surfaces et elles sont nettement fragmentées par rapport à ceux de 1987.

De la carte de l'indice de végétation de 2001, il ressort que la végétation se trouve dans un état de dégradation très avancé. La végétation entre l'axe Ghassoul et El Bayadh, autrefois présentant un bon taux de recouvrement (carte de la végétation de 1987), a disparu et cédé la place à l'extension des espèces de production énergétique pastorale médiocre et des accumulations sableuses. Par ailleurs, sur l'axe Ghassoul et Brézina, un bon taux de recouvrement, indiquant une bonne remontée biologique, est observé.

C- Interprétation écologique des résultats

Globalement, les résultats réalisés sont d'ordre méthodologique, avec la mise au point d'une méthode d'étude simple de la végétation dédiée principalement aux praticiens du terrain pour, notamment, le suivi et la surveillance des écosystèmes steppiques et pré-sahariens.

Au terme de cette approche écologique, dédiée à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes d'une zone méditerranéenne aride, les causes et les conséquences de la dégradation du milieu sont appréhendés et, plus particulièrement, les principales caractéristiques suivantes sont esquissées :

- la zone est classée comme étant très sensible à la désertification à cause de l'importance de l'aridité climatique, la répartition inégale de l'eau, une forte sensibilité des sols à la désertification, une démographie importante et des contraintes liées à la situation socio-économique des populations (surpâturage) ;
- ces processus de la désertification se traduisent par la réduction des nappes alfatières (espèce dominante) et une réduction des disponibilités fourragères ne couvrant que 40% des besoins des cheptels existants ;
- l'érosion tant hydrique que éolienne (ensablement) menace toutes les infrastructures (barrage, routes, habitations) ;
- la rupture de l'équilibre du système de l'organisation pastorale traditionnelle induit des problèmes socio-économiques importants (pauvreté, exode) ;
- les solutions favorisant la remontée biologique s'orientent vers la restauration et la réhabilitation des parcours steppiques.
- pour la remontée biologique, deux (02) méthodes efficaces de régénération de la végétation steppique ont été mises en œuvre : la mise en défens et la plantation d'espèces ligneuses (*Atriplex canescens*, une espèce introduite d'Australie).

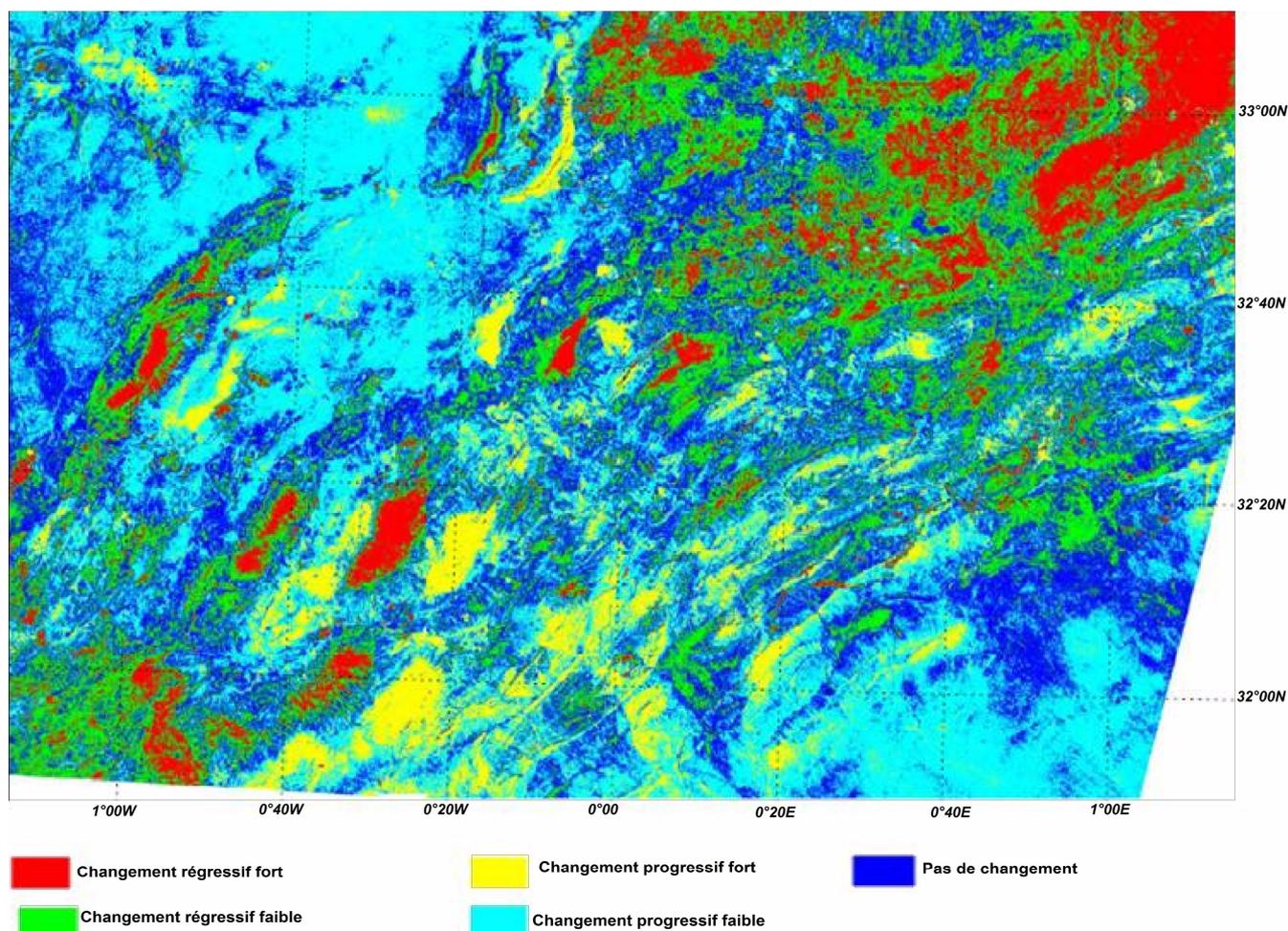


Figure 27: Carte des changements de la végétation d'une zone du territoire d'El Bayadh, Algérie

2.3.3.4- Conclusion et perspectives

L'état actuel des écosystèmes steppiques et pré-sahariens, leur importance écologique et socio-économique, la dégradation du milieu et la nécessité d'un développement durable sont autant d'éléments qui justifient cette présente étude.

L'analyse phytoécologique, selon une démarche synchronique, a permis de caractériser la végétation sur le plan spatiale; les résultats réalisés montrent une diversité phytoécologique très importante. En outre, l'analyse phytoécologique, selon une démarche diachronique, a mis en évidence une dynamique régressive de la végétation.

En effet, l'analyse synchronique de l'image satellite de l'année 1987, a permis de montrer la prédominance de treize unités de végétation ; sur le plan floristique, 100 espèces d'angiospermes ont été identifiées et du point de vue communautés végétales, les principales unités sont dominées par les parcours à *Stipa tenacissima* dégradé, les parcours à *Lygeum spartum*, les plantations à *Atriplex canescens* et les groupements à *Arthrophytum scoparium*.

Par ailleurs, pour des fins de compréhension de la dynamique de la végétation, l'analyse diachronique des images satellites Landsat TM des années 1987 et 2001 a mis en évidence une évolution régressive des écosystèmes.

De point de vue écologique et d'après nos résultats, la région d'étude, même si elle est sérieusement exposée au phénomène de la désertisation, présente des potentialités pastorales à ne pas négliger.

Aussi, il est important de souligner que, si actuellement la région steppique et pré-saharienne présente un niveau de dégradation, tant environnemental que socio-économique, très inquiétant, ce territoire restera, indiscutablement, un patrimoine naturel et culturel qu'il faut obligatoirement préserver.

Enfin, au vu de la démarche adoptée, une méthode d'étude spatio-temporelle de la végétation a été testée ; en outre, pour des fins de veille écologique et environnementale, il se dégage la perspective de la mise en place d'un Système d'Observation et de Surveillance des Ecosystèmes Steppiques et Sahariens qu'on peut baptiser « SOS-EcoSS » ; ce système de suivi apportera, sans aucun doute, une aide indiscutable aux gestionnaires et aux chercheurs.

2.4- Valorisation et écophysiologie et des espèces végétales phares

2.4.1- Ecophysiologie et possibilités de valorisation des plantes steppiques d'intérêt médicinale

La maigre végétation qui se développe dans ces zones arides a été utilisée depuis les âges les plus reculés, comme source d'alimentation pour la faune sauvage, pour les animaux domestiques ainsi que pour d'autres usages comme le cas des plantes médicinales.

On a choisi les plantes médicinales dans le but d'une valorisation. Ces plantes sont des espèces rares en voie de disparition elles sont utilisées d'une manière intensive par la population. Par conséquent, notre objectif est de préserver cette ressource phytogénétique.

2.4.1.1- Méthodologie d'inventaire et de valorisation de quelques plantes médicinales

- L'inventaire est limité seulement sur les plantes médicinales.
- La méthode de l'inventaire est la méthode classique (pied par pied).
- Les plantes présentés si dessous dites médicinales, soit par enquête*E* (voie orale), soit par enquête + référence *E+R* (livre).
- La superficie de la zone inventoriée est de 1.00km² dans les environs du barrage de Larouia (Brezina, El Bayadh).

Tableau 19 : Listing de la végétation spontanée de la zone test : les végétaux pérennes et les thérophytes

Nom scientifique	Nom français	Nom vernaculaire	Famille
<i>Nerium oleander</i>	Laurier rose	Defla	Apocynacées
<i>Echium trigohizum</i>	Vipérine	El wachame	Boraginacées
<i>Arthrophytum scoparium</i>	-	Remt	Chénopodiacées
<i>Atriplex halimus</i>	Atriplex	Guttafe	Chénopodiacées
<i>Noaea mucronata</i>	-	Zireg	Chénopodiacées
<i>Salsola siberi</i>	-	Adjrem	Chénopodiacées
<i>Artemisia inculata</i>	Armoise	Chih	Composées
<i>Atractylis humilis</i>	-	Tesqueur	Composées
<i>Calendula aegyptiaca</i>	-	-	Composées
<i>Echinops spinosus</i>	-	-	Composées
<i>Convolvulus supinus</i>	-	-	Convolvulacées
<i>Farsetia ramosissima</i>	Turra	Marguget	Crucifères
<i>Moricandia arvensis</i>	-	Kromb el djemel	Crucifères
<i>Sinapis arvensis</i>	Moutarde des champs	Harra ,kherdel	Crucifères
<i>Colocynthis vulgaris</i>	-	Hadja	Cucurbitacées
<i>Erodium triangulare</i>	- L'héritier	-	Geraniacées
<i>Erodium glaucophyllum</i>	-	-	Geraniacées
<i>Aristida pungens</i>	Drinn	Drinn	Graminées
<i>Bromus garamas</i>	Brome	-	Graminées
<i>Cutandia dichotoma</i>	-	Chafour	Graminées
<i>Cynodon dactylon</i>	Chiendent	Nedjem	Graminées
<i>Lygeum spartum</i>	Sparte	Sennagh	Graminées
<i>Phragmites communis</i>	Roseau commun	Oçab	Graminées
<i>Polypogon monspeliensis</i>	-	Sboul el far	Graminées
<i>Stipa parviflora</i>	Alfa	Zouai	Graminées
<i>Stipa tenacissima</i>	Alfa	Halfa	Graminées
<i>Marrubium deserti</i>	-	-	Labiées
<i>Saccocalyse satureioides</i>	-	-	Labiées
<i>Astragalus sinaicus</i>	Astragale	-	Légumineuses
<i>Médicago laciniata</i>	Luzerne	Nefla	Légumineuses
<i>Retama retam</i>	Rtem	Rtam	Légumineuses
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Rtem	Merkh	Légumineuses
<i>Malva ssp</i>	-	Khoubize	Malvacées
<i>Oléa europea</i>	Olivier sauvage	Zeboudj	Oléacées
<i>Plantago ssp</i>	Plantain	Lalma	Plantaginacées
<i>Limoniastrum feii</i>	-	-	Plombaginacées
<i>Limoniastrum guyonianum</i>	-	-	Plombaginacées
<i>Randonia Africana</i>	-	Boukhlal	Résédacées
<i>Réséda ssp</i>	-	Qaua el kherouf	Résédacées
<i>Zizyphus lotus</i>	Jujubier	Sderr	Rhamnacées
<i>Tamarix gallica</i>	Tamarier	Ferssig	Tamaricacées
<i>Pistacia atlantica</i>	Pistachier d'atlas	Betoum	Thérébinthacées
<i>Rhus triparitus</i>	-	-	Thérébinthacées
<i>Thymelea microphylla</i>	-	Methnan	Thyméléacées
<i>Parietaria officinalis</i>	Paniétaire	Foutat el hadjar	Urtiacées
<i>Fagonia ssp</i>	-	El dosima	Zygophyllacées
<i>Peganum harmala</i>	Harmal		Zygophyllacées

Tableau 20 : liste des plantes médicinales de la zone du barrage de LAROUIA

Nom scientifique	Nom français	Nom barbare	Famille
<i>Artemisia herba-alba</i>	Armoise blanche	Chih	Composées *E+R*
<i>Parietaria officinalis</i>	Pariétaire	Foutat el hdjar	Urtiacées *E+R*
<i>Anacyclus valentinus</i>	-----	Guertoufa	Composées *E*
<i>Limoniastrum feei</i>	-----	Melfa-Ras el khadem	Plombaginacées *E*
<i>Fagonia tatifolia ssp isotrica</i>	-----	El dosima	Zygophyllacées *E*
<i>Gymnocarpos decander</i>	-----	Djefna	Paronychioidées *E*
<i>Marrubium deserti</i>	-----	Djaidi	Labiées *E+R*
<i>Calligonum comosum</i>	-----	Larta	Polygonacées *E*
<i>Traganum nudatum</i>	-----	Domrane (hamed)	Ronculacées *E*
<i>Helianthemum sp</i>	-----	Rekika	Cistacées *E*
<i>Malcomia aegyptiaca</i>	-----	El hema	Plombaginacées *E*
<i>Tamarix galica</i>	Tamarix	Tarfa-Ferssig	Tamaricacées *E+R*
<i>Phillyrea anagusrifolia</i>	-----	Qtem	----- *E*
<i>Rumex vesicarius</i>	Oseille	Homaidia	Polygonacées *E+R*
<i>Colocynthis vulgaris</i>	-----	Hdedj	Curubitacées *E*
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retam	Merkh	Léguminacées *E*
<i>Pistacia atlantica</i>	Pistachierdel'Atlas	Betoum	Thérébinthacées *E+R*
<i>Peganum harmala</i>	-----	Harmel	Zygophyllacées *E+R*
<i>Limonium bonduelli</i>	-----	El khada	Blombaginacées *E*
<i>Marrubium bulgar</i>	Marrube blanc	Meriouat	Labiées *E+R*

Tableau 21 : Les espèces cultivées introduites

Nom scientifique	Nom français	Famille
<i>Agave ssp</i>	Agave	Agavacées
<i>Vitis vinifera</i>	Vigne	Ampélidacées
<i>Schinus molle</i>	Faux poivier	Anacardiées
<i>Casuarina ssp</i>	-	Casuarinacées
<i>Cupressus sempervirna</i>	Cyprès	Cupressacées
<i>Ricinus communis</i>	-	Euphorbiacées
<i>Rosmarinus tournifortii</i>	Romarin	Labiées
<i>Altea rosea</i>	-	Malvacées
<i>Ficus carica</i>	Figuier	Moracées
<i>Eucalyptus ssp</i>	Eucalyptus	Myrtacées
<i>Olea laperrini</i>	Olivier de laperrine	Oléacées
<i>Phoenix dactylifera</i>	Palmier dattier	Palmacées
<i>Pinus halepensis</i>	Pin d'Alep	Pinacées
<i>Punica granatum</i>	Grenadier	Puniacées
<i>Persica vulgaris</i>	Pêcher	Rosacées
<i>Prunus armeniaca</i>	Abricotier	Rosacées

2.4.1.2- Valorisation de quelques plantes d'intérêt médicinal

Pour les besoins de l'expérimentation, les plantes médicinales suivantes ont été retenues :

- *Artemisia herba alba* : Chih.
- *Peganum harmala* : Harmel.
- *Marrubium bulgar* : Marrube blanc.
- *Anacyclus valentinus* : Guertoufa

Ces plantes ont été choisies à cause de leur vaste connaissance chez la population Algérienne notamment la population steppique et Saharienne. Elles ont une valeur thérapeutique dans la médecine traditionnelle et elles occupent une place importante dans les herboristeries mondiales. Zn outre, sur le plan systématique, ces plantes appartiennent à des familles différentes ce qui leur confère des caractéristiques différentes.

On note que, parmi ces plantes étudiées, l'*Anacyclus valentinus* est très connue chez la population steppique comme plante médicinale, mais peu connue à l'Est et à l'Ouest de l'Algérie, et encore moins dans le monde.

A- Extraction et analyse de la matière végétale

Le choix de la technique dépend de la localisation histologique de l'essence dans le végétal (Takao, 1989) ; Les principales méthodes d'extraction peuvent être représentées comme suit :

- La distillation

C'est un procédé de séparation consistant à chauffer un liquide (eau ou solvant organique) jusqu'à ce qu'il entraîne avec lui les constituants les plus volatils ; Les constituants, dont le point d'ébullition est le plus bas, passent alors en phase vapeur ; Cette vapeur est ensuite condensée par un système de réfrigération pour récupérer les constituants devenus liquides.

- Extraction par entraînement à la vapeur d'eau :

C'est la méthode séculaire, découverte par les arabes entre le VIII et le X^e siècle, et développée par les égyptiens.

- Extraction par les solvants organiques

Certaines huiles ont une densité voisine de l'eau et le procédé par distillation à la vapeur d'eau ne peut être utilisé dans ce cas. Le principe consiste à faire macérer la plante dans le solvant à froid afin de faire passer les substances odorantes dans le solvant.

- L'enfleurage

L'enfleurage est une méthode qui n'est plus guère utilisée car le rendement est faible et nécessite par ailleurs une importante main d'œuvre. Il s'agit de déposer les fleurs sur un corps gras (graisse animal) et de laisser les substances volatiles pénétrer. On renouvelle périodiquement les fleurs dix à quinze fois jusqu'à saturation du corps gras. On obtient ainsi une pommade à laquelle on ajoute de l'alcool : au bout de 24 heures, le corps gras et les huiles essentielles sont séparés. Il ne reste plus qu'à recueillir la précieuse huile essentielle (Regagba, 1999).

- La pression à froid

La pression à froid est réservée aux écorces aromatiques. Elle consiste à extraire les huiles essentielles de l'épicarpe de certains fruits en les soumettant à de fortes pressions, à chaud et à froid, à la main ou mécaniquement (Duquenois, 1984 in Regagba, 1999).

- L'incision

C'est une opération très utilisée. Elle est spécifique à l'écorce des arbres. Il suffit de fendre l'écorce pour en récolter le suc (Salle, 1991 in Regagba, 1999).

- Les formes extractives :

Les produits obtenus par les différents modes d'extraction des matières végétales portent plusieurs appellations comme le montre la figure ci-dessous.

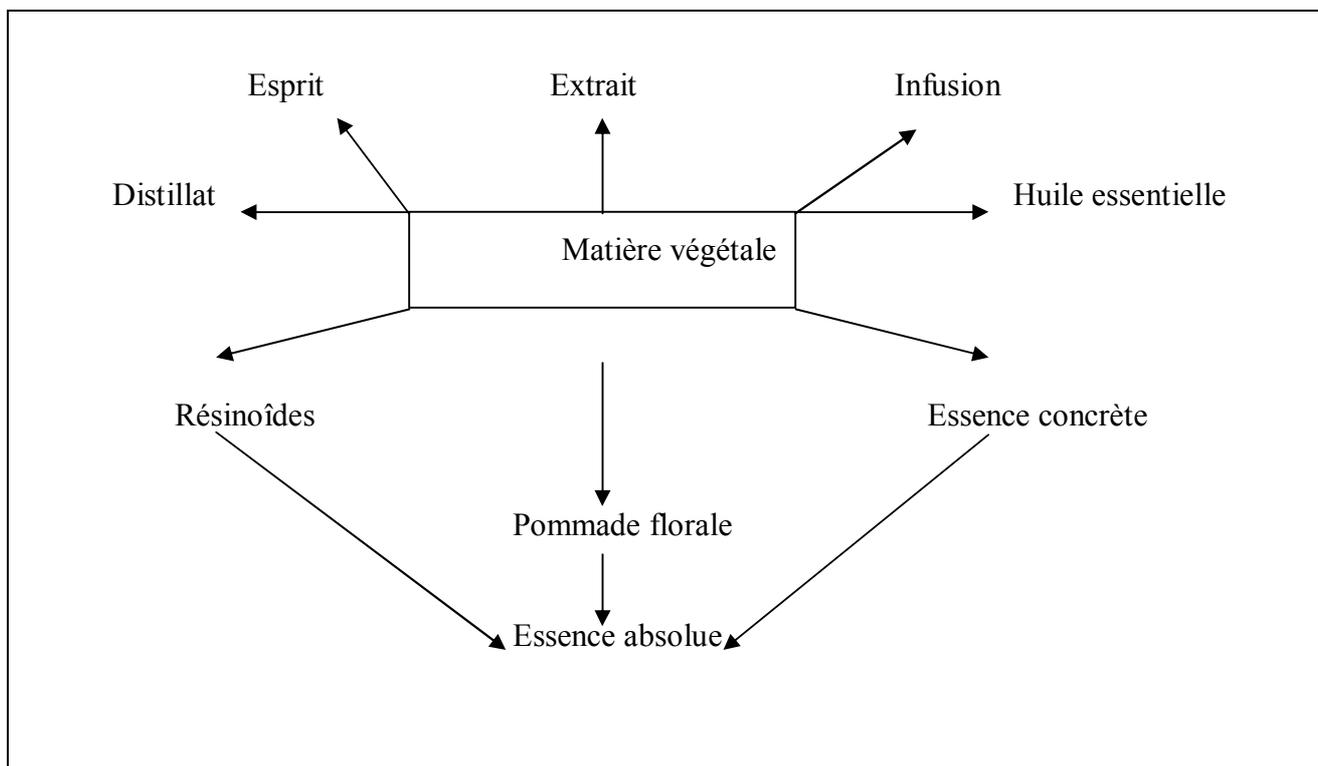


Figure 28 : Dénomination des produits obtenus selon les différents modes d'extraction des matières végétales

- Les méthodes chromatographiques

La chromatographie est une technique d'analyse chimique utilisée pour séparer les constituants d'un mélange. Cette technique est fondée sur le principe de l'absorption sélective des différents constituants (phase mobile) sur une phase fixe, ou sur leur partage en présence de phases liquides ou gazeuses. Elle fut découverte en 1906 par le botaniste russe, Mikail Tswett mais il fallut attendre les années 1930 pour qu'elle soit largement utilisée. Tswett avait constaté la séparation des constituants colorés de la chlorophylle brute lorsque sa solution montait le long d'un papier filtre (De Graeve et *al.* 1986 in Regagba, 1999).

La chromatographie est largement utilisée en laboratoire et dans l'industrie pour l'analyse des aliments, des produits pétroliers et des produits de fission radioactive.

Il existe différents mécanismes de chromatographie qui se distinguent sur une base théorique par la nature des forces agissant entre support et molécules à séparer (Audige et *al.* 1983 in Regagba, 1999).

Il existe plusieurs types de chromatographie tel que : la chromatographie en phase gazeuse CPG, la chromatographie en phase liquide, la chromatographie d'adsorption (chromatographie de partage, chromatographie d'exclusion, chromatographie d'affinité et chromatographie d'échange ionique).

- Techniques de la valorisation

a) Les différentes étapes de la valorisation des plantes médicinales :

Les différentes étapes peuvent être résumées comme suit :

- La médecine classique ou original : Il s'agit de préparer les remèdes médicaux de façon traditionnelle à partir quelques plantes choisies ;
- La médecine moderne Comprend les étapes suivantes :
 - 1- La chromatographie (phase liquide).
 - 2- Extraction de la matière végétale.

b) Connaissance botanique

- l'armoise blanche :

Synonymes : Thym des steppes, semen contra de barbarie.

Nom botanique: *Artemisia inculta*.

Noms vernaculaires: chih, chiha, alala, ifsi, seri, abelbel, azzeré, zezzeri, odessir.

Famille : Composées.

Description: l'armoise représente des buissons très ramifiés de 30 à 80 cm de haut. Les feuilles sont blanches laineuses et les rameaux sont pétiolés ; Sur les rameaux stériles, très découpées, capitules ovoïdes à involucre scarieux, deux à quatre fleurs par capitule. Le fruit est un akène, à divisions longues, étroites et espacées.

Odeur : forte, aromatique.

Saveur : chaude, amère, très aromatique.

Biotopie : très répandue sur les hauts plateaux, et le Sahara (c'est une plante steppique).

Récolte : Printemps, Été.

Parties à utiliser : Feuilles et sommités fleuries.

Composants chimiques : on a pu y déceler la présence de santonine, elle renferme un principe résineux et une substance odorante et volatile, ainsi que la thuyone dans son essence découverte par Alinari en 1924.

Propriétés : Vermifuge, antispasmodique, stomachique, emmenagogue, antidiarrhéique, sédatif nerveux.

- le harmel :

Cette plante commune dans les steppes, et qu'on le retrouve de la méditerranée occidentale jusqu'au Iran et au-delà, envahit les pâturages aussi bien que les friches ou les décombres, et bord route et chemin de grandes touffes vertes étoilées de fleurs blanches, ont se dégage malheureusement une odeur forte et très déplaisante.

Synonymes : Armel, rue sauvage, harmale.

Nom botanique: *Peganum harmala*.

Noms vulgaires: Harmel, Harmel sahari.

Famille : Zygophyllacées.

Floraison : Printemps.

Récolte : Eté.

Aire géographique : méditerrané, Asie occidentale.

Description : plante vivace, rameuse, à tige très feuillée, atteint 80 cm de haut. Feuilles alternes, sessiles, à profondes, et nombreuses divisions linéaires, se terminant en pointe. Fleurs solitaires au sommet des rameaux, dépassées par les 5 pétales à division linéaires. Corolle d'environ 30 cm de diamètre, à 5 pétales ovales, blancs à l'intérieur, verdâtre à l'extérieur. Etamines, jusqu'à 15 à longues anthères jaunes. Ovaire verdâtre surmonte du style. Fruit capsulaire.

Partie utilisée : Graine.

Composant chimiques : la graine renferme trois alcaloïdes indoliques : l'harminine (ou binestérine) $C_{13}H_{12}NO_2$, l'hermaline $C_{13}H_{14}N_2O$ et l'hermalo $C_{12}H_{12}N_2O$.

Propriétés : enivrante, sudorifique, anthelminthique, antipadulique, antispasmodique.

- Le marrube blanc

Synonymes : Herbe vierge, marrochemin, bonhomme, prassium, prassion des grecs.

Nom botanique: *Marrubium bulgar L.*

Noms vernaculaires: Marriout, meriouat et kelb, achebet el kelb, frassioun, oum er roubia, temriout, ifzi, aferkizoud.

Famille: Labiées.

Description: plante vivace ligneuse, elle atteint jusqu'à 60 cm de hauteur.

Tige rameuse, dure, presque carrée, velue et grisâtre, peu ou pas ramifiée.

Feuilles arrondies, faiblement dentées, tomenteuses, vert blanchâtre.

Fleurs petites, blanches, en glomérules compacts à l'aisselle de bractéoles linéaires, pointues, à sommet crochu.

Odeur : légèrement aromatique.

Saveur : chaude et amère.

Biotopie : commun dans toute l'Algérie.

Parties à utiliser : feuille.

Composants chimiques : un principe amère : marrubine, une huile essentielle, choline, saponine, nitrate de potasse, acide gallique, pectine, fer...

Propriétés : fébrifuge, stomachique, pectoral, antitoxique, antiseptique, tonicardiaque, amaigrissant, diurétique, favorisant des règles.

- L'anacyclus valentinus

Nom botanique : *Anacyclus valentinus*.

Nom vernaculaire : Ghertoufa.

Famille : Composées.

Description : petites capitules ne dépassant pas 1 cm de diamètre, discoïde ou subiscoïde à ligules jaunes dépassant très peu le péricline. Feuilles pinnatipartites. Akènes du disque parfois à aile très étroite.

Odeur : forte- aromatique.

Saveur : amère.

Biotope : très répandue sur les hauts plateaux, et le Sahara (c'est une plante steppique).

Récolte : Printemps Été.

Partie à utilisée : fleurs feuilles.

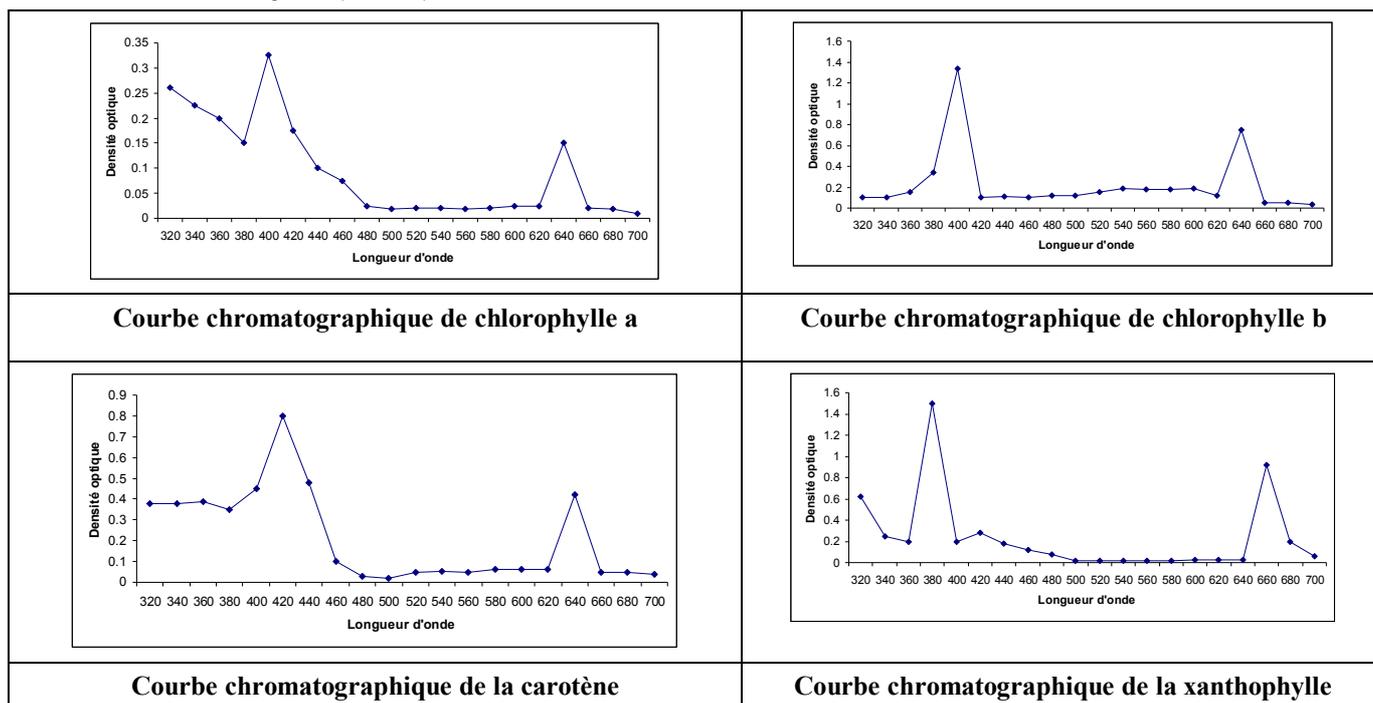
Propriété : stomachique, facilite la digestion et stimule l'intestin.

La photosynthèse est une activité physiologique très importante dans la vie des êtres vivants et c'est elle qui exprime la productivité primaire des écosystèmes assuré par des pigments assimilateurs qui absorbent l'énergie lumineuse dans différentes longueurs d'ondes. La télédétection peut quantifier aussi cette productivité à partir des images spatiales de grande résolution spatiale telles que les images NOAA. Dans notre étude, on a étudié les pics d'absorption des pigments assimilateurs de la photosynthèse.

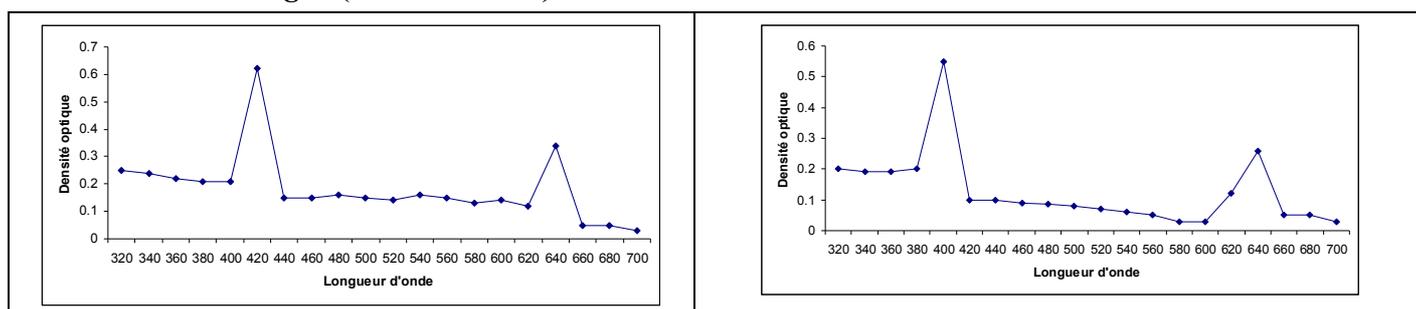
c) Résultats

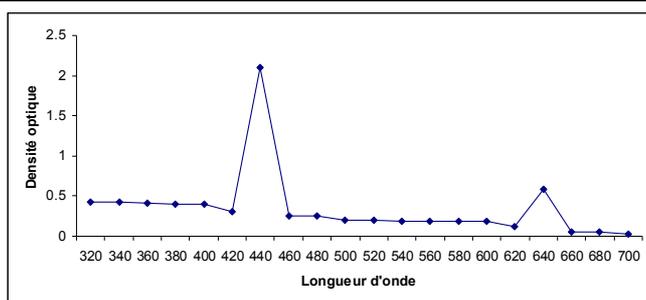
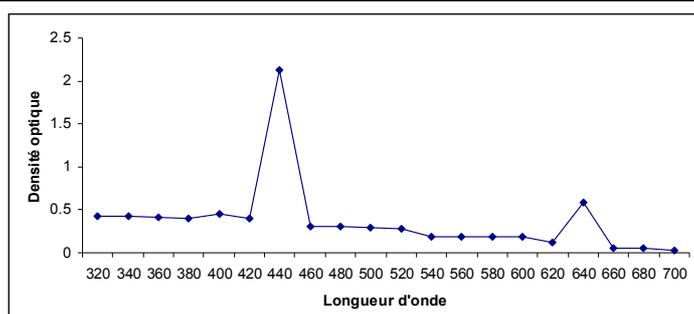
- Séparation des pigments assimilateurs de la photosynthèse par chromatographie :

- *Limoniastrum feei* (Melfa):

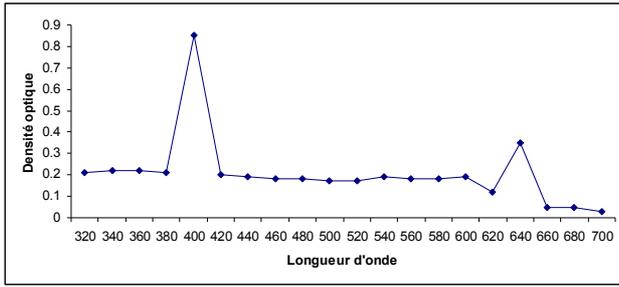


- *Marrubium bulgar* (Marrub blanc):

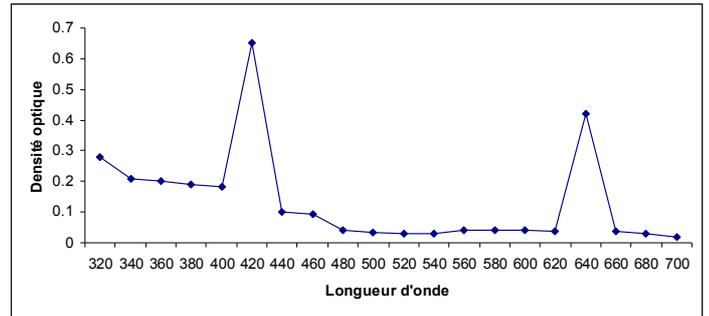


Courbe chromatographique de chlorophylle a**Courbe chromatographique de chlorophylle b****Courbe chromatographique du carotène****Courbe chromatographique de la xanthophylle**

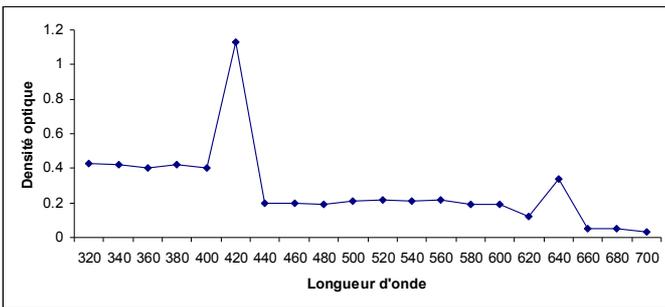
- *Anacyclus valentinus* (Guertoufa) :



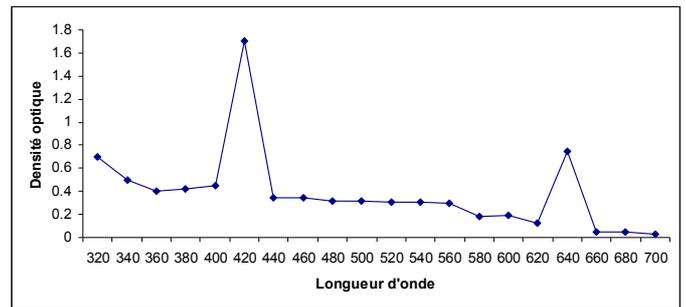
Courbe chromatographique de chlorophylle a



Courbe chromatographique de chlorophylle b

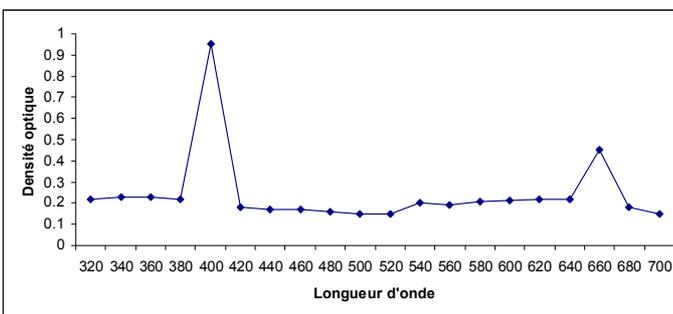


Courbe chromatographique du carotène

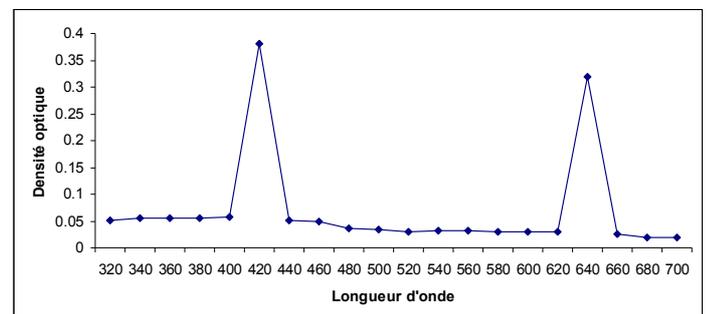


Courbe chromatographique de la xanthophylle

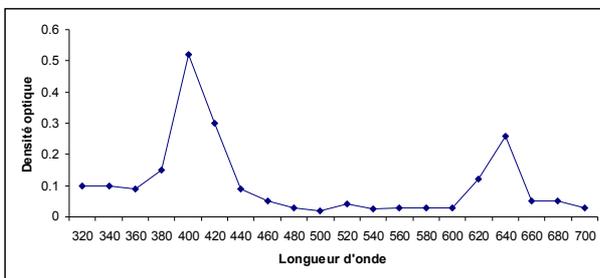
- *Artemisia herba-alba* (chih):



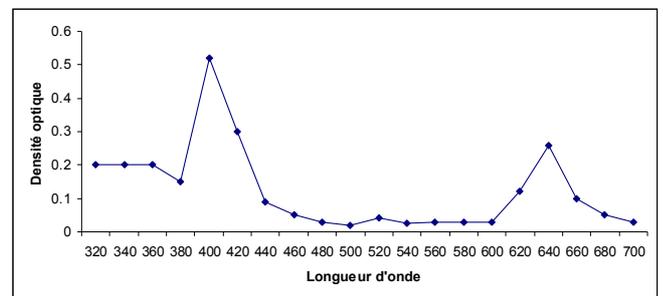
Courbe chromatographique de chlorophylle a



Courbe chromatographique de chlorophylle b



Courbe chromatographique du carotène



Courbe chromatographique de la xanthophylle

2.4.2- Ecophysiologie et possibilités de multiplication des espèces végétales steppiques d'intérêt écologique et pastoral

- Exigences écologiques et intérêt fourrager des espèces phares :

✚ *Stipa tenacissima* :

L'Alfa, est une hémicryptophyte vivace, qui appartient à la famille des Poacées (Graminées).



Figure 29 : Physionomie de l'Alfa (*Stipa tenacissima*)

❖ Description botanique

Stipa tenacissima L est une graminée vivace méditerranéenne à racine. Elle peut atteindre 1.5m de hauteur, formant des touffes à feuilles junciforme aiguës et piquantes. L'inflorescence se fait en panicules étroites, plus au moins haché, dépassant 30cm, appelé Gousse (Farid BARa, 1999). Les touffes sont denses, leur partie aérienne est toujours composée par une base sèche plus au moins abondante à partir de laquelle jaillissent des brins d'un vert foncé (Aidoud, 1983).

❖ Origine et habitat

Les nappes alfatières occupent de grandes surfaces en Afrique du Nord, particulièrement sur les hauts plateaux, ces limites se définissent au Nord par les isohyètes 400mm/an, et au Sud par 100mm/an (Djebaili, 1988).

❖ Ecologie

L'alfa colonise de très grandes étendues. Il se trouve sur des croûtes et les parties élevées à l'abri des débordements des oueds, car ses racines craignent stagnante. L'alfa ne tolère pas non plus l'humidité atmosphérique et ne se trouve pas au voisinage de la mer.

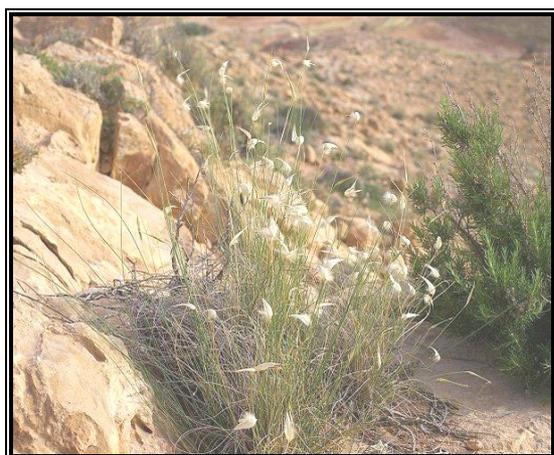
❖ Intérêt fourrager

C'est une plante de grande valeur économique (artisanal local, vannerie, industrie papetière...) qui fournit une pâture d'hiver pour les bovins alors qu'en général les ovins ne consomment que les jeunes feuilles (trois semaines par ans). C'est essentiellement un aliment de survie extrêmement précieux en périodes de disette et une ressource d'appoint dans les steppes du Maghreb.

Les pièces florales de cette plante aient une bonne valeur fourragère. L'alfa est peu apprécié des animaux. Ce sont les plantes compagnes qui constituent le principal apport fourrager : on considère souvent que l'alfa lui-même n'apporte que 20 à 40 UF.ha⁻¹, mais s'y ajoute la production des espèces accompagnatrices (graminées. Crucifères, etc.) Pour atteindre 40 à 100 UF.ha⁻¹.

🚩 *Lygeum spartum* :

Le sparte, cryptophyte, appartient à la famille des Poacées (Graminées).



Touffe de *Lygeum spartum*



Fruits de *Lygeum spartum*

Figure 30 : Physionomie du sparte (*Lygeum spartum*)

❖ Description botanique

Plante possédant un fort rhizome rampant émettant des tiges nombreuses érigées formant de belles touffes qui atteignent 50 à 90 cm. Toute la plante est glabre. Les longues feuilles sont enroulées sur elles-mêmes ce qui leur donne un aspect cylindrique. Les fleurs sont au bout de la tige, par deux ou trois soudées entre elles, entourées de longs poils et contenues dans une grande spathe. La floraison du *Lygeum spartum* se situe, entre Mars et Avril (flore du Sahara). Les graines sont disséminées très vite après leur maturation. Ces graines volumineuses, une fois détachées de la plante mère, se trouvent en grande quantité dans les touffes, malgré la collerette de poils qu'elles présentent.

❖ Origine et habitat

Espèce méditerranéenne très commune sur les hauts-Plateaux et dans l'Atlas Saharien, pénètre un peu dans le Sahara Septentrional dans la zone présaharienne.

❖ Ecologie

Le sparte est une espèce commune de la steppe limoneuse à sableuse et des pentes argileuses qu'on trouve aussi sur sols salés ou gypseux. Il est rare sur des pâturages sableux. On le trouve en climats semi-arides où il pleut moins de 200 mm, à variante au moins tempérée dans lesquelles la température hivernale ne descend pas au-dessous de 2°C. C'est une espèce rustique qui se propage facilement. C'est une psammophyte et gypsophyte, en expansion dans les sables d'Afrique du Nord après dégradation des nappes alfatières. Le sparte est mélangé à l'armoïse et la remplace en régions gypseuses.

❖ Intérêt Fourrager

La valeur nutritive du sparte varie beaucoup au cours de l'année, il est surtout consommé un mois avant la floraison et à l'automne-hiver. Les bourgeonnements du rhizome sont très appréciés. En pleine croissance, en Mai, la plante peut avoir une valeur énergétique élevée de l'ordre de 0.8 UF/kg. MS. Mais cette valeur baisse rapidement avec l'augmentation rapide de la teneur en cellulose brut qui peut atteindre plus de 45%, tandis que la digestibilité peut passer de près de 60% à près de 20%.

La plante constitue alors un aliment de secours. Les steppes de sparte sont considérées comme de bons pâturages à cause des nombreuses autres plantes qui l'accompagnent.

❖ Intérêt économique :

Connue en arabe sous le nom de Sennagh, c'est une espèce broutée, utilisée pour faire des cordes, des paniers...

✚ *Atriplex canescens*

L'Atriplex canescens, est une chaméphyte vivace, qui appartient à la famille des Chénopodiacées.



Vue d'ensemble de l'Atriplex



Inflorescence et fruits de l'Atriplex

Figure 1 : Physionomie de l'Atriplex (*Atriplex canescens*)

❖ Description botanique

L'Atriplex canescens est un arbuste de 1 à 3 mètres de hauteur. Et dont la circonférence varie de 2 à 7m avec une proportion importante de phytomasse lignifiée. Les rameaux florifères sont des feuilles allongées de 1 à 3cm de longueur et de couleur verte. Les inflorescences dioïques sont réunies en épis simples ou panicule au sommet des rameaux, pour les mâles est axillaires ou en épis et subterminaux pour les femelles (Cherfaoui, 1993).

❖ Origine et habitat

Originaire du Mexique, du Canada et des USA, *L'Atriplex canescens* est introduite en Afrique du Nord et au moyen orient, l'espèce est spontanée dans les étages bioclimatiques semi-arides supérieur et moyen à hiver chaud à froid et s'adapte dans diverses régions. L'Afrique du Nord, Amérique, moyen- orient et l'Australie) (Benrebiha, 1987).

❖ Ecologie

C'est une espèce qui se repartit sur les sols sableux, situés à altitude moyenne d'environ 860 mètres. Il présente une bonne résistance au froid et à la sécheresse (supporte les températures de -6°C à + 35°C) comme il se développe sur les sols sableux et argileux. En général, il s'adapte à toutes les variétés de sols (Benrebiha, 1987).

En général les *Atriplex* peuvent être multipliés par graines, bouturages et par éclat de souche (Zaafour., 1983). Leur installation se fait soit directement sur place, soit après pépinières.

- Semis : La destruction des valves fructifères permet un meilleur taux de germination, celui-ci reste toutefois, faible et semble être lié à des phénomènes de dormance propre aux valves.

Selon les techniciens du Haut Commissariat au développement de la steppe (HCDS), ce taux peut être amélioré par suite de traitements spécifiques.

- Éclat de souche : cette méthode reste aléatoire. Il est déconseillé d'effectuer ce mode de multiplication par temps froids, reprise lente suivie d'un dessèchement des organes (Bouhraoua, 1988).

❖ Intérêt agronomique et fourrager

Les *Atriplex* semblent être les plus adaptés pour la valorisation des ententes salées. Ce sont des plantes très rustiques, leur plantation dans les zones d'étude, a déjà montré ses preuves. Ils sont riches en protéines et appréciés par les éleveurs des régions steppiques. Les nappes d'*Atriplex* servent de pâturage aux moutons, aux caprins et aux dromadaires surtout en période de disette. Leur disponibilité durant toute l'année, surtout durant les périodes critiques (l'été et l'automne) fait d'eux un outil irremplaçable comme réserve fourragère réduit le surpâturage.

✚ *Peganum harmala* :

Le harmal (*Peganum harmala*), est une Chaméphyte vivace, qui appartient à la famille des Zygophyllacées.



Vue d'ensemble de *Peganum harmala*



Inflorescence de *Peganum harmala*

Figure 32 : Physionomie du Harmal (*Peganum harmala*)

❖ *Description botanique*

Le harmal est une plante herbacée, vivace, glabre d'un vert bleuté, buissonnante de 30 à 90 cm de hauteur à (rhizome) épais, à odeur forte, désagréable qui rappelle celle de rue. Les tiges dressées, très rameuses disparaissent l'hiver, elle porte des feuilles alternes, découpées en lanières étroites. Stipules de 1,5 à 2,5 cm de long. Les fleurs sont solitaires, assez grandes (25 à 30 mm), d'une couleur blanche jaunâtre veinée de vert à cinq pétales et dix à quinze étamines. Le fruit est une capsule sphérique entourée par les longs sépales. La capsule s'ouvre en trois ou quatre valves Les graines sont noirs nombreuses, petites, anguleuses, subtriangulaires, de couleur marron foncée, dont le tégument externe est réticulé, ont une saveur amère ; on les récolte en été. La plante disparaît en hiver.

❖ *Origine et habitat*

Espèce cosmopolite présente au Sahara septentrional, sur les Hauts-Plateaux et dans les montagnes du Sahara Central. Originaires du Moyen-Orient, D'Afrique du Nord particulièrement réponde dans les zones arides méditerranéennes (Maroc oriental, Sahara septentrional et les hauts plateaux algériens et Tunisie et la steppe de la Libye et le désert d'Egypte et l'Europe du Sud, dans les zones sèche de l'Asie : elle est réponde dans les steppes de l'Iran et du Pakistan, jusqu'au Tibet et Sibérie et acclimaté dans d'autre région, telle l'Australie (Derdiri M., 2007).

❖ *Ecologie*

Très répandue sur les sols sableux et un peu nitrés.

❖ *Intérêt thérapeutique*

Plante très toxique qui n'est pas broutée par les animaux. Les graines et racines renferment des alcaloïdes qui peuvent provoquer de graves intoxications.

De nombreux usages des graines en décoction ou pilées : laryngites, mal de tête, rhumatismes, réduction de la fièvre dans la malaria. La fumée dégagée par la plante brûlée est un antiseptique pour les blessures. Les propriétés hallucinogènes de *Peganum harmala* lui ont valu d'être utilisée dans des filtres magiques.

✚ *Retama retam* :

Le Retama retam, est une Chaméphyte vivace, qui appartient à la famille des papilionacées (Fabacées)



Vue d'ensemble de *Retama retam*



Fruits de *Retama retam*

Figure 33 : Physionomie du Retam (*Retama retam*)

❖ *Description botanique*

Retama retam forme de gros buissons atteignant 2m de hauteur; Arbrisseau à l'aspect de genêt à longs rameaux verts crénelés et couverts de petits poils blancs soyeux. Les rameaux deviennent jaunes en vieillissant. Les feuilles linéaires petites sur les jeunes rameaux en hiver et tombent tôt en saison chaude ce qui permet à la plante de résister à la sécheresse car elle offre peu de surface pour l'évaporation, laissant les branches nues; grosses fleurs blanches en petits groupes de 5 à 10 fleurs, les fruits sont des gousses ovoïde peu allongées, terminées par un long bec.

❖ *Origine et habitat*

Espèce saharo-arabique commune au Sahara septentrional, également en Palestine et Syrie, commun au Sahara où il occupe surtout les dunes. (Glossaire du maroc Lexiq...).

❖ *Ecologie*

Retama retam aime les fonds d'oueds sablonneux et fréquente souvent les ergs, *Retama retam* est une espèce de l'aride que l'on retrouve également au niveau du bioclimat saharien supérieur froid (Le Houerou, 1969 ; Djellouli et al. 1987).

Intérêt écologique : espèce très bonne fixatrice des sables du désert.

✚ ***Arthrophytum scoparium* Pomel :**

Autres noms pour *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin. = *Haloxylon articulatum* Boiss = *Haloxylon tamariscifolium* Pau = *Haloxylon scoparium* Pomel (flore du sahara).

Le *Hammada scoparia*, est une chaméphyte vivace, qui appartient à la famille des Chénopodiacées



Touffe de *Hammada scoparia*



Fruits de *Hammada scoparia*

Figure 34 : Physionomie de *Hammada scoparia*

❖ **Description botanique**

Plante de taille 20 à 40 cm aux rameaux grêles et charnus, articulés, dressés, très nombreux. Les rameaux foncent et noircissent en séchant. Les rameaux âgés sont gris-brun et les rameaux nouveaux sont d'un vert légèrement blanchâtre. Feuilles opposées très petites en triangle. Les fleurs sont généralement solitaires à l'aisselle des feuilles, elles donnent un fruit entouré de 4 à 6 ailes de taille identique généralement vivement coloré (jaune, rose ou rouge). Le style est long.

❖ **Origine et habitat**

Espèce méditerranéenne très commune au Sahara Septentrional jusqu'au Tademaït. La steppe *Arthrophytum scoparium* recouvre en Afrique du Nord, de vastes superficies sous forme d'une bande allongée depuis la région du Zemmour en Mauritanie jusqu'en Tunisie. En Algérie, le groupement à remth, assure la transition entre, d'une part les steppes à alfa, sparte et armoise blanche, végétation typique des Hautes Plaines steppiques où prédominent l'élément floristique méditerranéen et d'autre part la végétation du Sahara où les taxons saharo-arabiques deviennent majoritaires

❖ **Ecologie**

Limitée aux zones comprises entre 50 et 100 mm de précipitations annuelles Le groupement à *Arthrophytum scoparium* se développe sur des sols calcimagnésiques xériques à texture moyenne. Ces sols correspondent aux habitats caractérisés par un développé sur des croûtes calcaires souvent en forme de dalles et sur des glacis d'érosion plats, pierreux et rocailleux, souvent encroûtés en surface, sur des regs caillouteux et sur des hamadas et regs.

✚ *Artemisia inculta*

L'armoise est une sous arbuste chaméphytique à cryptophytes, appartenant à la famille des astéracées



Touffe d'*Artemisia inculta*



Feuille d'*Artemisia inculta*

Figure 35 : Physionomie d'*Artemisia inculta*

❖ *Description botanique*

Artemisia herba alba L est une ligneuse qui se développe en touffe 30 à 80 cm bien individualisée très ramifiée dès la base. Les feuilles blanches et laineuses sont très polymorphes, les premières qui se développent (en hiver en général) sont grandes et découpées, les suivantes sont de taille de plus en plus réduites et sont de moins découpées (Aidoud, 1988). Fleurs roses rougeâtre en capitules ovoïdes. Plante à odeur agréable, nommée Chih en arabe. *Artemisia herba-alba* Asso. Est également appelée *Seriphidium herba-alba*.

❖ *Origine et habitat*

Plante steppique très abondante sur les hauts plateaux, plus rare au Sahara septentrional en altitude dans le Sahara central (au dessus de 1400 m dans le Hoggar). Espèce Saharo-arabique et méditerranéenne.

❖ *Ecologie*

Du point de vue synécologique, le groupement à *Artemisia herba-alba* est, particulièrement, liée aux zones où les eaux pluviales se concentrent plus ou moins longtemps (cuvettes et dépressions limono-argileuses et plaines alluviales) d'où *Stipa tenacissima* se trouve au contraire éliminé. Sur le plan dynamique, ces groupements sont les plus vulnérables du fait de leur localisation géomorphologique (dépressions et des zones d'épandages) et de leur caractéristique édaphique.

Intérêt thérapeutique : On extrait d'*Artemisia herba-alba* des huiles essentielles.

- Essais de germination des graines des espèces végétales phares

À ce stade, il est possible de retenir les points essentiels suivants :

On signale que la germination est un préalable nécessaire à la préparation et à la production du matériel végétal juvénile pour les besoins de l'expérimentation in vitro. Cette étude nous a permis d'examiner le comportement germinatif de *Peganum harmal*, *Lygeum spartum*, *Atriplex canescens*, *Retama retam*, et *Stipa tenacissima* vis-à-vis des diverses conditions thermiques.

L'expérimentation était conduite au laboratoire dans des germoirs sous conditions thermiques différentes, réglables à l'aide d'une chambre de germination, les températures sont favorisées dans cette dernière par la vapeur due au refroidissement ou du réchauffement de l'eau qui en existe, ce qui aide à créer une certaine humidité atmosphérique.

✚ Effet de la température sur le taux de germination des espèces

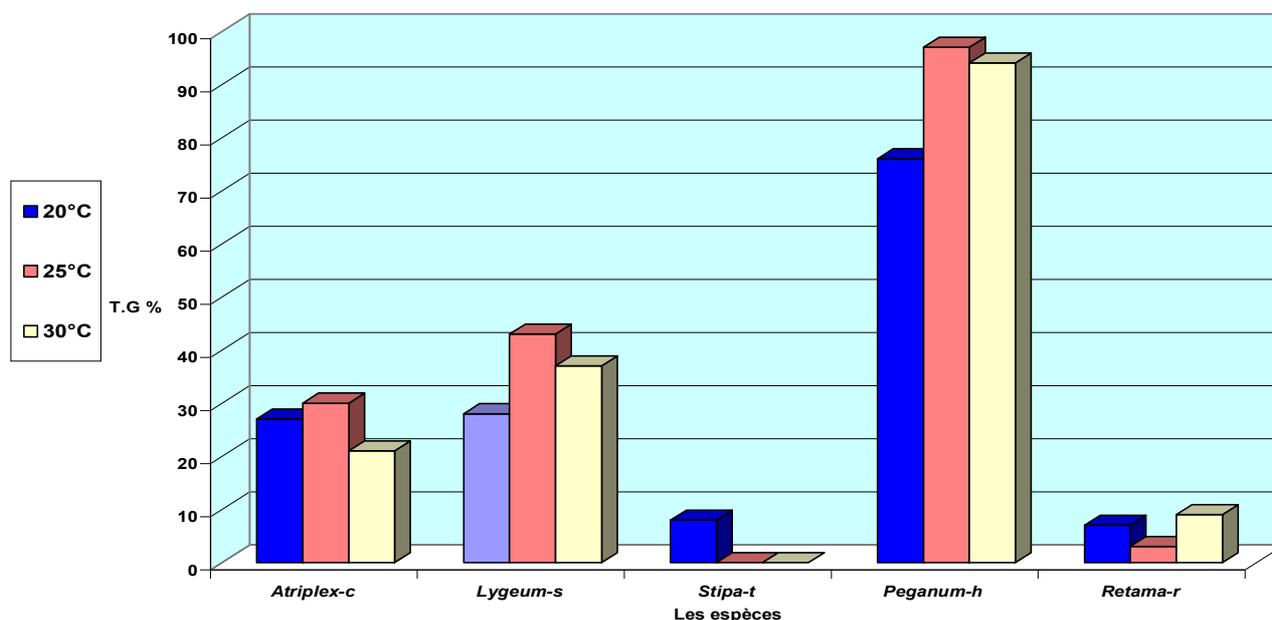


Figure 36: Evolution du taux de germination des graines étudiées de en fonction de la variation de la température

Les résultats concernant le comportement germinatif des différentes espèces étudiées en terme de taux de germination sous l'effet des différentes températures apparaissent sur la figure ci-dessus ; Sur cette figure on peut noter que, à l'exception de *Stipa tenacissima* dont la capacité germinative reste nulle à toutes les températures testées sauf pour la température 20°C mais avec un taux faible (8%), toutes les autres espèces ont manifesté des réponses, plus ou moins différentes, vis à vis de ce facteur. *Retama retam* a un taux de germination plus au moins élevé à 20 °C et 30 °C). Les graines germées à la température de 25 °C ont présenté le meilleur taux de germination pour *Atriplex canescens* (30%), *Lygeum saprtum* (43%) et *Peganum harmala* (97%),

Ce taux a été légèrement supérieur à celui obtenu à 30 °C (94%) chez *Peganum harmala*, (37%) chez *Lygeum spartum* et (21%) chez *Atriplex canescens*.

Les taux de germination ont été proportionnels à l'accroissement de la température entre 20 et 25 ° C pour *Atriplex canescens* *Lygeum spartum* et *Peganum harmala* et sont passés respectivement de (de 27 à 30%), (de 28 à 43%), (de 76 à 97%), pour des températures respectives de 20et 25 °C. Cela est bien représenté pour les températures 20 à 25°C par contre à 30°C où l'on note une diminution du taux de germination de ces espèces.

Quant au *Ratama retam*, le taux de germination a passé de 3 jusqu'à 9% pour les températures respective 25 et 30°C ; Par contre, pour les températures 20 et 25°C, le taux de germination a connu une chute de 7 à 3% (respectivement pour les températures citées ci-dessus).

✚ *Vitesse de germination des espèces végétales phares :*

Diverses formules ont été proposées pour exprimer la vitesse de germination d'un lot de semences. Pour la comparaison de plusieurs testes, il est plus faciles de se rapporter au temps moyen de germination proposé par J.Harrington (1962) : $N1T1+N2T2+...+NnTn / N1+N2+...+Nn$

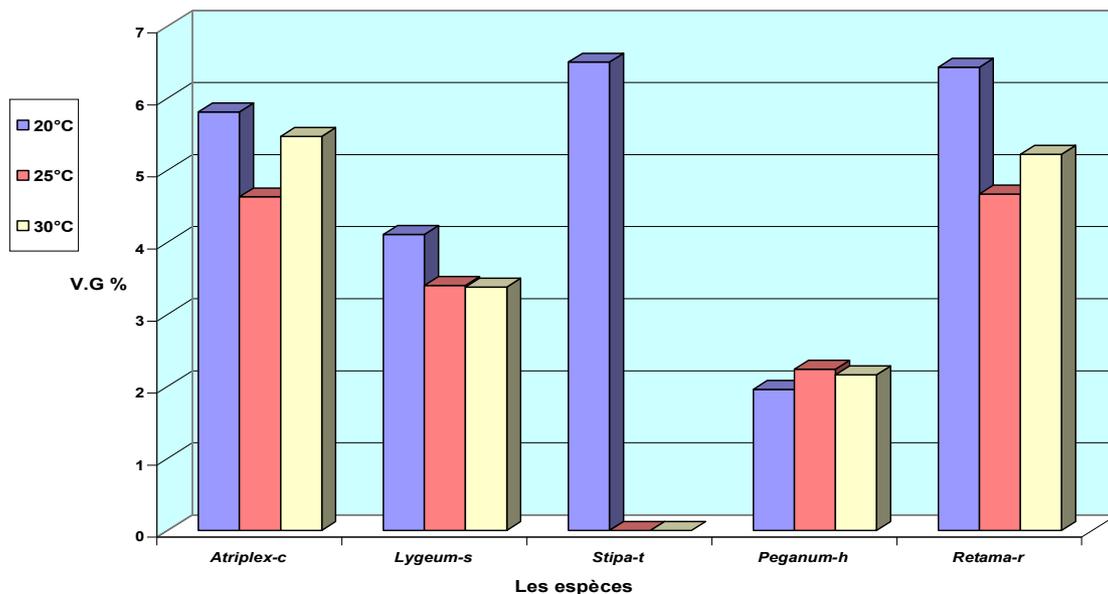


Figure 37 : Variation de la vitesse de germination des espèces étudiées en fonction de la température d'incubation.

Il s'avère ainsi que la plupart des espèces étudiées sont à optimum thermique faible et à germination lente, cela corrobore nos résultats à température 20°C, à laquelle la majorité des espèces étudiées ont marqué une germination lente, et que la vitesse de germination de l'unique espèce qui est *Atriplex canescens* à optimum thermique (30°C) élevé est également élevée. Sinon au température 25°C, la plus part des graines des espèces étudiées ont su une germination rapide. Sauf que de *Stipa tenacissima* (0) et de *Peganum harmala* qui a passé respectivement de 25 °C à 30 °C de 2.24 à 2.16.

Il est intéressant de signaler que la vitesse de germination ou la capacité de germination ne donne qu'une idée inexacte de l'aptitude à la germination de certaines semences. En effet, selon les conditions de germination, la capacité de germination peut être inchangée alors que la vitesse de germination est très différente, ou bien les semences germent vite mais en petit nombre.

Pour mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des espèces étudiées nous avons adopté la classification utilisée par Neffati (1994) et fondée sur la valeur relative à des deux principaux facteurs de germination (espèce et température) ; à savoir la vitesse de germination en rapport avec la température permettant d'obtenir le plus fort taux de germination.

Tableau 19 : Répartition des espèces étudiées en fonction de leur taux de germination, vitesse de germination aux températures optimales (Selon la classification de Neffati, 1994 in Regagba, 1999)

Température	Taux de germination	Espèces	Vitesse de germination	Espèces
20°C	Faible ($\leq 20\%$)	- <i>Stipa tenacissima</i> - <i>Retama retam</i>	Lent ≥ 5 jours	- <i>Stipa tenacissima</i> - <i>Retama retam</i>
	Elevé ($> 20\%$)	- <i>Peganum harmala</i> - <i>Lygeum spartum</i> - <i>Atriplex canescens</i>	Elevé < 5 jours	- <i>Atriplex canescens</i> - <i>Lygeum spartum</i> - <i>Peganum harmala</i>
25°C	Faible ($\leq 20\%$)	- <i>Stipa tenacissima</i> - <i>Retama retam</i>	Lent ≥ 5 jours	- <i>Stipa tenacissima</i> - <i>Retama retam</i>
	Elevé ($> 20\%$)	- <i>Peganum harmala</i> - <i>Lygeum spartum</i> - <i>Atriplex canescens</i>	Elevé < 5 jours	- <i>Peganum harmala</i> - <i>Lygeum spartum</i>
30°C	Faible ($\leq 20\%$)	- <i>Stipa tenacissima</i> - <i>Retama retam</i>	Lent ≥ 5 jours	- <i>Stipa tenacissima</i> - <i>Atriplex canescens</i> - <i>Retama retam</i>
	Elevé ($> 20\%$)	- <i>Peganum harmala</i> - <i>Lygeum spartum</i> - <i>Atriplex canescens</i>	Elevé < 5 jours	- <i>Peganum harmala</i> <i>Lygeum spartum</i>

D'après les résultats présentés dans ce tableau, nous avons remarqué que les taux de germination ont été inversement proportionnels à l'accroissement de la vitesse de germination pour les divers températures et pour la majorité des espèces étudiées Témoin graines d'*Atriplex canescens*, *Lygeum spartum*, et *Retama retam*. Sauf que pour les graines de *Peganum harmala* ou leurs taux de germination ont été proportionnels à l'accroissement de la vitesse de germination.

✚ Effets sur le taux cumulé des espèces germées :

On appelle généralement « courbe de germination » l'évolution des pourcentages de germination cumulés, en fonction du temps. Elles donnent seules une idée exacte de l'aptitude à la germination des semences.

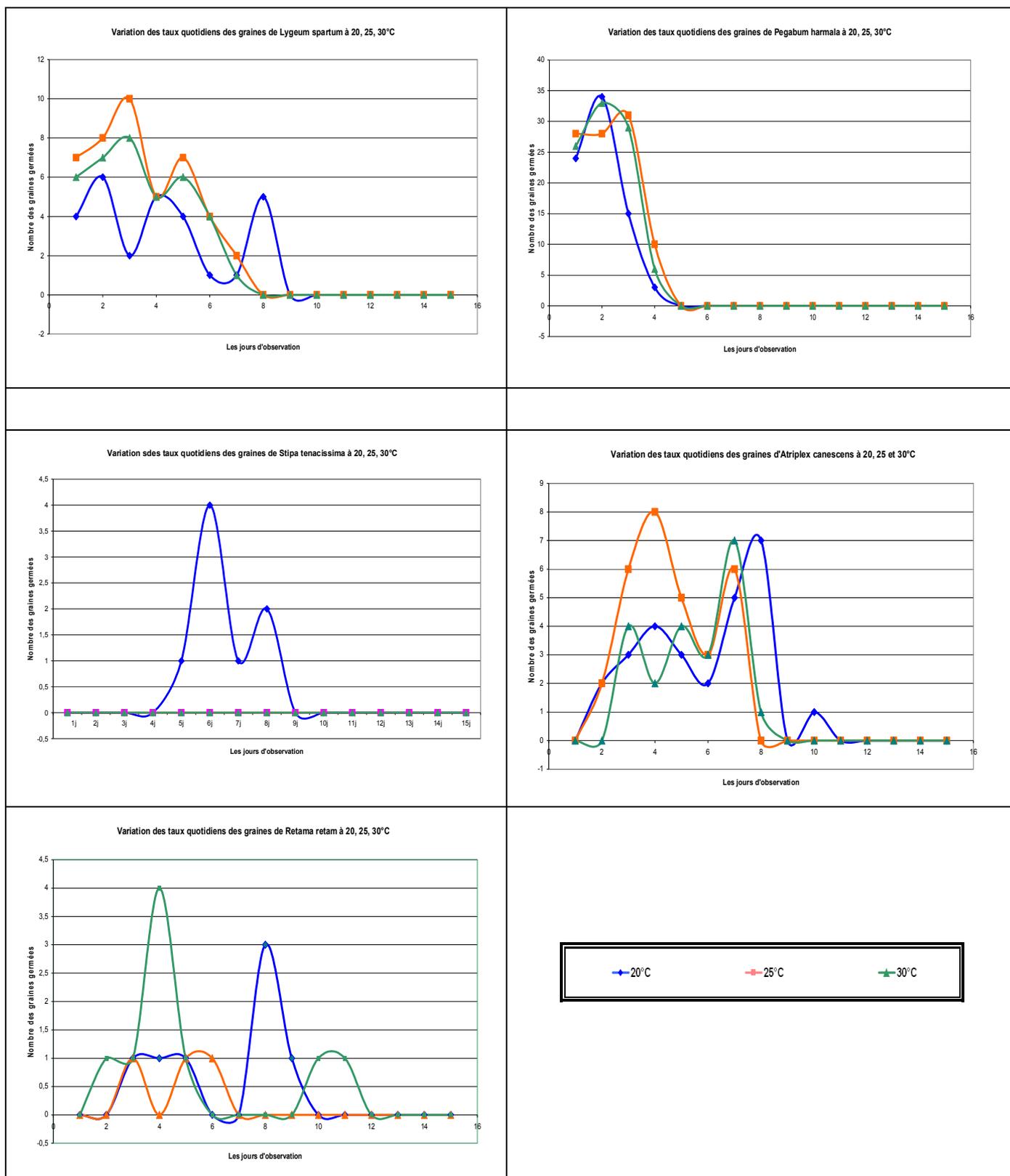


Figure 38 : Profils des germinations chez les graines étudiées représentant les variations de la germination des espèces étudiées en fonctions du temps (en jours) sous différentes conditions thermiques

Un lot de semences n'est jamais homogène, même si toutes les précautions possibles ont été prises pour limiter son hétérogénéité. Celles-ci se manifestent par le fait que les semences ne germent pas simultanément ou qu'elles ne germent pas toutes ensemble.

La figure visualise les taux cumulés de la germination des graines des espèces étudiées incubées aux températures 20, 25 et 30°C. D'après les observations sur la germination en germoirs durant 15

jours, il est à remarquer que la cinétique d'évolution de la germination varie distinctement selon la température et l'espèce. Les résultats montrent que les graines ne germent pas toutes en même temps.

1- Toutefois, les graines de *Peganum harmala* et sous l'effet de toutes types de température, ont germé un jour après semis et s'achèvent le quatrième jour. Celles incubées à 20 et 30 °C ont atteint deux jours après semis leur taux maximal des graines germées, Les graines incubées à 25°C, germent à des taux très proches entre le premier et le deuxième jour; et c'est qu'au troisième jour ou ils ont atteint le taux maximum de la germination.

2- Pour les graines de *Lygeum spartum*, la germination se manifeste un jour après le semis avec un taux plus au moins élevé, passant au troisième jour à un taux maximal à 25 et 30°C. Au-delà, et jusqu'au huitième jour, la germination évolue avec des faibles taux à 25 et 30°C, quant elle à atteint sont maximum le deuxième jour après le jour du semis à 20°C.

3- Les graines de *Stipa tenacissima* incubées à 20°C n'ont germé qu'au cinquième jour, avec seulement 1/8 de graines germée le sixième jour du semis ont atteint le maximum 4/8, suivis de 2/8 le huitième jour, alors qu'aucune graine ne réagit jusqu'à la fin de l'essai. Il convient d'indiquer qu'aux températures 25 et 30°C, les graines n'ont manifesté aucune germination.

4- Il faut remarquer que la germination des graines de *Retama retam* incubées à la température 30°C se poursuit jusqu'au 11^e jour, et jusqu'au neuvième jour à température 20°C, alors que celle incubées à 25°C s'achève vers le sixième jour. Néanmoins, les taux quotidiens des graines germées enregistrés varient selon les températures, nous avons enregistré un taux maximal des graines germées le quatrième jour avec de 4/9 à 30°C, à 20°C nous avons enregistré un maximum de 3/7 le huitième pour se maintenir à des valeurs inférieures jusqu'au neuvième jour. A 25°C nous avons enregistré la germination que de trois graines réparties en trois jours.

5- Les graines d'*Atriplex canescens* incubées à 20 et 25°C (figure) démarrent leur germination deux jours après le semis en germeoir. Les graines incubées à 30°C germent jusqu'au troisième jour. Au huitième jour et à température 20°C, la germination atteint 7/21 pour se maintenir autour de 1/21 de graines germées jusqu'au dixième jour. A 25°C un taux de 8/30 ; le quatrième jour ce taux baisse rapidement à 4/30 de graines germées, puis progression remarquablement à 6/30 le septième jour. La température 30°C a provoqué un ralentissement de la germination. En effet, la germination s'exprime avec 4/21 de graines germées le troisième jour, puis s'étale jusqu'au dixième jour avec un taux maximal de 7/21, le taux est sensiblement identiques le cinquième jour, la germination s'achève vers le sixième jour, avec des taux de 1/21

✚ Effets sur l'aptitude de la germination des espèces :

Les semences d'un même lot ne germent pas au même moment, on exprime généralement des résultats des essais de germination par des pourcentages ou des vitesses de germination.

La courbe de Harrington exprime l'aptitude germinative des espèces étudiées germées en fonction de la température.

Pour calculer l'aptitude germinative (X)

$$X = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_nT_n}{N_g * N_g/N_t}$$

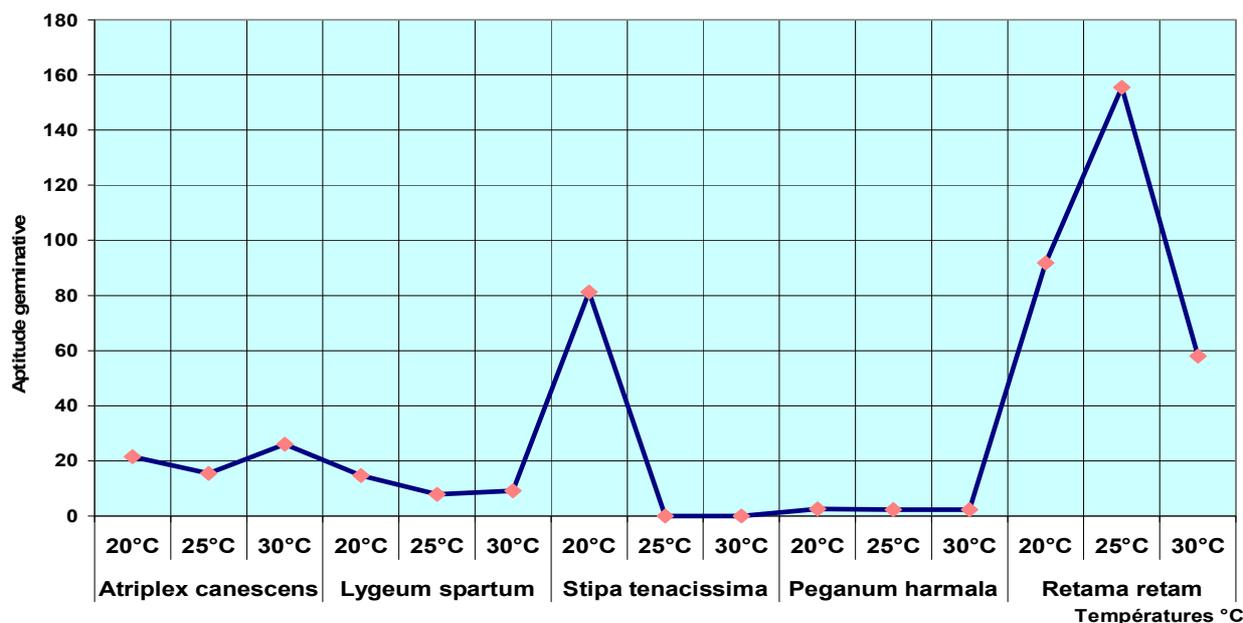


Figure 39 : Aptitude germinative des graines des espèces étudiées en fonction de la température et de l'espèce

L'aptitude germinative des graines sous conditions thermiques pourrait permettre de déterminer les comportements germinatifs des graines des espèces étudiées sous des conditions thermiques différentes.

D'après les résultats présentés sur la figure ci-dessus, nous avons classé nos espèces étudiées selon leurs aptitudes germinatives du plus apte jusqu'à l'espèce qui ne présente aucune aptitude comme suit :

- Les graines de *Peganum harmala* présente une aptitude très élevée dans toutes les conditions thermique.
- les graines de *Lygeum spartum* ont une aptitude élevée et elle est maximale à 25°C.
- Les graines de *Atriplex canescens* présentent une aptitude moyenne avec un maximum à 25°C et un minimum à 30°C.
- Pour les graines de *Stipa tenacissima*, nous avons enregistré une faible aptitude à 20°C, et une inaptitude totale à 25 et 30°C.
- En dernier lieu, les graines de *Retama retam* qui selon la figure présente une très faible aptitude à toutes les températures et elle est minimale à 25°C.

Interprétation :

Deux facteurs (externe et interne) sont à l'origine de la variation du comportement germinatif : le facteur espèce et le facteur température.

- La température influence très clairement la germination des graines, elle stimule les activités enzymatiques et active aussi la vitesse de la germination. La température règle l'apport d'oxygène à l'embryon. Les exigences thermiques varient d'une espèce à l'autre.
- Bien que des différences dans le délai de germination des graines (intervalle de temps entre le semis et les premières graines germés) s'expriment entre les espèces, les taux les plus élevés sont enregistrés pour les graines de *Peganum haramala* de *Lygeum spartum*, ont germé un jour après le semis et à toutes les températures. Alors que la phase de latence était plus au moins lente pour le *Retama retam* et *Atriplex canescens* varie de deux et trois jours après semis
- La germination est plus au moins étalée pour les graines de *Retama retam*, *Atriplex canescens* *Lygeum spartum*, *Stipa tenacissima* et *Peganum harmala* classées successivement selon le nombre

de jours nécessaire à la germination. Cela selon la rigidité des membranes des graines des espèces étudiées, car les téguments séminaux gênent fortement la germination

- Les phénomènes qui ont été considérés par Neffati (1994) en accord avec ce qui est connu sur le rôle du facteur thermique dans l'activation des réactions métaboliques constituent un grand atout pour l'adaptation des espèces aux conditions du milieu aride.

- Le taux de germination chez les graines de *Peganum harmal*, *Lygeum spartum*, *Atriplex canescens*, est plus de 20% à toutes conditions thermiques testées.

- Par contre le taux de germination des graines de *Retama retam* et de *Stipa tenacissima* est beaucoup moins de 20%.

Les résultats obtenus par Neffati et Akrimi (1994) concernant d'autres espèces de la Tunisie méridionale, avec d'autres auteurs constatent que la majorité de ces espèces est capable de germer à 20°C même si certaines d'entre elles préfèrent germer à des températures plus élevées ou plus basses. Quant au Ismail, (1990) ; Jordan et Haferkamp, (1989) ; Williams et Ungar, (1972) ont révélé qu'une alternance de températures provoque une germination plus élevée et plus rapide.

- La température 25°C s'avère favorable pour la germination de la majorité des graines des espèces étudiées qu'à la température 20°C mais aussi par rapport à la température 30°C, sauf que pour le *Retama retam*. Alors que *Stipa tenacissima* n'a pas germé ni à 25°C ni à 30°C.

L'hétérogénéité de la germination des graines, et d'après ces résultats est due à plusieurs facteurs :

- Pour le *Stipa tenacissima* la cause est peut être due aux conditions de germination notant bien que cette espèce ne supporte pas l'humidité atmosphérique, et cette dernière était favorisée dans la chambre de germination (plus la température est élevée plus l'évaporation augmente). La non germination de cette espèce à 30°C est peut être liée à la tolérance de l'espèce vis-à-vis cette température. Car d'après Boudjada S. et BenDjafar A., Djebaili, 20°C est la température optimale pour la germination de l'Alfa, Tazairt a prouvé ainsi que, la régénération de l'alfa par semis est tout à fait possible pourvu qu'on détermine les bonnes conditions de germination ou les bons traitements afin de lever les inaptitudes à la germination, il a alors obtenu un taux de germination à température de 27°C qui se situe entre 85% et 90%.

- Pour le *Retama retam*, la cause est peut être due à des inhibitions tégumentaires ou à des dormances (embryonnaires), ou bien leur maturation n'est pas atteinte car la durée de stockage était courte après la récolte (environ une année). Ou bien aux inhibitions due aux champignons (existantes dans l'air libre), installé dans la chambre de germination vue les conditions favorable à leur multiplication (température est humidité) durant les jours de la germination ça malgré le prétraitement effectué avant le semis des graines dans les germoirs. Cette probabilité peut être l'explication du comportement des graines de *Retama retam* à 25°C.

- Pour l'*Atriplex canescens*, Son taux germinative était plus au moins faible par rapport à ce qu'elle tolère, sachant que cette espèce tolère des températures moins de de -6°C, et plus de 35°C. Cela est dû probablement à la valve de la graine, et semble être lié à des phénomènes de dormance propre aux valves. Selon les techniciens du Haut Commissariat au développement de la steppe (HCDS), ce taux peut être amélioré par suite de traitements spécifiques.

- Le taux élevé de la germination de *Peganum harmala* et *Lygeum spartum* est peut être due aux téguments externes des graines, chez les graines de *Peganum harmala* les téguments sont réticulés, ce qui aide à une dissémination très vite après leur maturation. Chez le *Lygeum spartum*, ces graines volumineuses sont faciles à germer, malgré la collerette de poils qu'elles présentent, notant que ces poils aide à leur dissémination dans la nature, car une fois détachées de la plante mère, elles se trouvent en grande quantité dans les touffes.

Conclusion

Les conclusions concernant l'influence thermique sur la germination des graines des espèces steppiques étudiées, ont montré une certaine hétérogénéité. Cette hétérogénéité indique que l'inaptitude à la germination des graines des espèces étudiées est due à des mauvaises conditions de germination. La réussite de la germination dépend de la qualité des semences ; Pour des inhibitions tégumentaires ou des dormances (embryonnaires), leur maturation n'est pas atteinte.

Un tel résultat montre qu'il est difficile de relier l'effet de la température au moment de la germination à l'écologie de l'espèce ou à son effet au stade plante adulte.

Ces résultats préliminaires sont des marqueurs intéressants pour élucider davantage la relation entre l'effet de la température sur les espèces et l'écologie des espèces trouvées fréquentes dans les parcours steppiques. Cela permettra d'élaborer une classification des seuils de tolérance à la température, critère important pour connaître les facteurs de la dissémination des espèces et leurs choix à retenir dans un programme de mise en valeur des zones arides.

Partie 3 : Synthèse des résultats pour la proposition d'un modèle d'aménagement

Introduction

L'accroissement de la pression démographique en Algérie s'est accompagné des modifications des pratiques de gestion de l'espace rural et des ressources naturelles. Le nomadisme a laissé la place à la sédentarisation ; il s'en est suivi une accélération très importante de la mise en culture et un surpâturage intense sur des espaces pastoraux de plus en plus restreints. L'inefficacité de la céréaliculture sur certains milieux, suite en particulier à la dégradation progressive des sols, a induit l'abandon de cette culture sur des surfaces aujourd'hui désertifiées.

Le barrage de Larouia (capacité de 120 millions de m³), au niveau de l'interface région steppique – région saharienne et, en aval, la mise en culture du périmètre irrigué de Dhaiet El Bagra (1000 ha) offrent une possibilité pour renverser cette dynamique régressive des systèmes écologiques analysés dans notre modeste contribution.

En effet, la synthèse bibliographique sur la désertification (1^{ère} partie) et l'analyse des systèmes écologiques du versant méridional de l'atlas saharien (2^{ème} partie) nous ont permis de tester l'efficacité de certains outils d'investigation (la télédétection spatiale et les systèmes d'informations géographiques) pour cerner les potentialités d'un milieu extrêmement riche mais très fragilisé.

Dans cette troisième partie de notre mémoire nous précisons d'abord quelques particularités de notre terrain d'étude pour ensuite proposer un modèle d'aménagement pour le bassin versant du barrage puis le périmètre irrigué.

1- Etat actuel du milieu

1.1- Etat actuel des écosystèmes forestiers

Les écosystèmes forestiers, très peu représentés dans l'extrémité nord du bassin versant, se présentent comme un milieu très perturbé surutilisé par l'homme comme terrain de parcours pour les troupeaux.

A ces problèmes d'utilisation irraisonnée de cet espace et de manque de surveillance se greffe celui de la régénération des espèces forestières et préforestières ; si la régénération sur souche s'effectue en général dans de bonnes conditions, la régénération par graine reste problématique, ce qui entrave le rajeunissement des peuplements existants.

1.2- Etat actuel des écosystèmes steppiques

Selon le Ministère d'agriculture en 1974, sur 20 millions d'ha de steppe, 15 millions sont palatables (dont 8 réellement palatables, les autres manquent de pistes d'accès et de points d'eau) ; 1,5 million d'ha en culture, 1,4 million d'ha en forêts et 2,5 millions d'ha en terres improductives.

Vingt ans plus tard, en 1994, (O.S.S, 1996 in Kadi-Hanifi-, 1997), les 20 millions d'ha ont perdu 1,1 million d'ha au profit des terres cultivées et 0,4 million d'ha au profit des zones improductives ; ce dernier chiffre représente des terres anciennement cultivées devenues des champs de cailloux, des dalles de roche mère ou des dunes de sable vives. Les pertes de superficie palatable se sont faites au détriment des steppes à alfa, à armoise et à sparte. Le potentiel de production fourragère se serait réduit de 75% entre 1975 et 1985 (Le-Houerou, 1985).

Aidoud (1994) signale la baisse de la productivité de la steppe à Rogassa (wilaya d'El Bayadh) et précise que la couverture de l'alfa est passée de 40% à 13% entre 1976 et 1991. Egalement, il démontre, lorsqu'il y a surpâturage, la réduction de la biomasse d'alfa ; cette dernière passe 1500 Kg MS/ha en 1975 à 50 Kg MS/ha en 1992. Nos observations sur le terrain, durant ces

quatre dernières années, nous permettent d'affirmer qu'il y a un appauvrissement certain de la steppe en plantes pérennes palatables.

Notons, toutefois, que les parcours et leur qualité, dans notre territoire d'étude, ont diminué mais le cheptel a augmenté. Naturellement, le troupeau aurait été décimé mais les progrès en prophylaxie ont rendu la population ovine insensible aux aléas climatiques. Les unités fourragères perdues ont été compensées par l'orge et les aliments concentrés à bon marché.

Ces faits expliquent parfaitement l'état désastreux des parcours de notre espace steppique et pré-saharien.

2- Bilan des actions entreprises pour résoudre les problèmes de dégradation du milieu

Dans le cadre de notre mémoire d'ingénieur (Regagba, 1995), nous avons tenté de dresser un bilan écologique des reboisements du barrage vert, localisés dans notre territoire test. Pour avoir des données sur les actions d'aménagement antérieures, la principale difficulté a été le manque d'informations auprès des administrations concernées. Un nombre important de projets envahit les bureaux des services contrairement à la rareté des résultats de suivi des aménagements.

2.1- Bilan du reboisement de Stitten (Nord du bassin versant)

Face à la désertification, l'état algérien a lancé, en 1969, une opération d'aménagement intégré (agro-sylvo-pastorale) dénommée 'barrage vert' avec comme objectifs :

- La reconstitution du patrimoine forestier disparu ;
- Le reboisement des terres à vocation forestière ;
- La mise en valeur des terres pastorales et agricoles ;
- La lutte contre l'ensablement ;
- La mobilisation des ressources en eau superficielles et souterraines.

Le bassin versant du barrage de Brézina est limité au nord par le périmètre de reboisement de Stitten (2144 ha).

En 1995 (*Loc. Cit.*), nous avons tenté de dresser un bilan écologique de ce reboisement.

Il s'avère que le taux de réussite varie selon la topographie du terrain :

- sur les buttes (très peu représentées dans le périmètre) où les croûtes sont très compactes et les sols très peu épais, le taux d'échec dépasse les 75% ;
- en bas de versant, au niveau des chenaux d'oueds et des dépressions, le taux de réussite est très élevé (supérieur à 95%) et les pins d'Alep sont de belle venue. A ce niveau, les sols sont plus profonds et présentent un encroûtement calcaire sous forme nodulaire.

Il est important de signaler que cette expérience acquise en matière de reboisement, au niveau de notre territoire test, présente un intérêt inestimable pour d'autres réalisations.

2.2- Actions entreprises dans les nappes alfatières

De nombreuses petites expérimentations ont été entreprises par des institutions nationales (HCDS, INRF et Universités) ; néanmoins l'impact est nul en raison d'un manque de coordination et l'absence d'un programme national adapté au milieu alfatière.

Les différentes actions menées sont :

- Les essais de mise en défens ;
- Les essais de régénération par fauchage, arrachage ou récolte mécanisée ;
- Les techniques de récolte de l'alfa par fauchage, arrachage ou récolte mécanisée .

Les résultats obtenus par ces différents essais sont quelque peu prometteurs mais discutables et ils révèlent que le mode de restauration varie selon l'état de dégradation de la nappe alfatière.

L'élaboration de la carte de l'évapotranspiration annuelle de la zone d'étude explique que l'évapotranspiration est fonction d'une part de la couverture végétale et d'autre part de l'altitude. Une forte évapotranspiration est observée dans les zones denses. Elle atteint 68 mm/an. Cette valeur diminue du Nord au Sud où se trouvent les zones nues (Sud-ouest du bassin). Ces résultats montrent très bien que tous les paramètres du bilan énergétique sont intimement liés.

D'après l'étude de l'évapotranspiration la région d'étude est exposée à une sécheresse et un manque des ressources en eau ce qui aggrave le problème de l'érosion éolienne et par conséquent la désertification.

Pour évaluer la teneur moyenne en éléments minéraux on a calculé l'indice minéral rapport minéralomasse / phytomasse. D'après les résultats enregistrés dans le tableau on constate que l'alfa présente les indices les plus élevés. Alors que pour les valeurs faibles sont enregistrées chez sparte et l'armoïse.

Cette faiblesse de la phytomasse, reflète la teneur faible du sol en matière organique généralement N, P et K (azote, phosphore et potassium) et reflète aussi la réduction des surfaces de parcours steppique et extension de la désertification.

3- Proposition d'un modèle d'aménagement

Au terme de cette analyse écologique, à l'aide, notamment, de la télédétection spatiale et des SIG, et en tenant compte d'autres données exogènes, quelques orientations d'aménagement peuvent être suggérées.

Diverses actions d'aménagement sont possibles au niveau du bassin versant du barrage et au niveau du périmètre irrigué projeté.

Ces actions s'appuient sur l'idée d'un modèle d'aménagement intégré, agro-sylvo-pastoral, qui se veut à la fois économiquement et écologiquement rentables.

3.1- Schéma d'aménagement du bassin versant du barrage de Brézina

3.1.1- Problèmes posés et grandes lignes d'action pour l'aménagement du bassin versant

3.1.1.1- Problème biologique de l'amélioration des parcours steppiques

Avant d'aborder l'étude des améliorations possibles, il convient d'examiner ce que devraient être les parcours avant le développement des pratiques actuelles, ou du moins parce qu'elles datent certainement de plusieurs millénaires. Il est à peu près certain que le sol était couvert à plus de 75%. Un équilibre était réalisé entre les différents constituants (arbres, arbustes, herbacées) de la phytocénose.

Les actuels parcours sont, comme on l'a précisé plus haut, très loin de cet état d'équilibre. L'homme est le principal artisan de cette situation. Si l'élevage nomade paraît en effet bien adapté, il mérite cependant deux très graves critiques : il ne ménage ni la régénération du parcours, ni les réserves fourragères, l'exploitation étant poussée au maximum tant que le troupeau broute ; peu à peu le capital est ainsi consommé.

A cette action directe, s'ajoute l'altération des milieux par les labours occasionnels. Ceux-ci, non seulement ne produisent qu'une maigre récolte (au plus deux fois la semence), mais encore et surtout, interdisent le développement de l'hacheb ; tout en livrant le sol à l'érosion éolienne.

Régénérer de tels parcours est très difficile à résoudre d'autant plus qu'on ne dispose pas d'une expérimentation préalable. L'entreprise est presque surhumaine. Jusqu'ici, aucune des tentatives entreprise dans le monde pour régénérer des parcours sous une pluviométrie inférieure à 200 mm par an n'a produit de résultats appréciables. Aux difficultés techniques, presque insurmontables, se sont ajoutées l'indiscipline ou l'incompréhension des populations. Tenter et réussir une remontée biologique des pâturages sera une œuvre de longue haleine nécessitant de gros crédits, de la persévérance et de la coopération des autorités et des populations locales.

Les méthodes à utiliser ne pourront être partielles ; seul un plan d'ensemble réalisant progressivement les objectifs aura quelque chance de réussite. Ce plan devra respecter les quelques règles générales ci-dessous.

Toutes les mesures préconisées devront être réalisées simultanément. N'en mettre en œuvre que certaines, serait gaspiller inutilement des sommes importantes.

Les solutions qui vont être proposées ne sont évidemment pas les seules, mais parmi toutes celles qu'on pourrait envisager, ce sont celles qui paraissent les meilleures eu égard aux conditions de milieux.

3.1.1.2- Grandes lignes d'action

3.1.1.2.1- Principes

- La nature sans l'homme est équilibrée. L'homme intervenant détruit les équilibres naturels. Sans vouloir les reconstruire, il faut arriver à en créer d'autres dans lesquels ce qui reste du sol pourra assurer une production régulière faisant face à nos besoins et à ceux de la nature. Le pâturage bienvenant devra donc comporter non seulement des espèces palatables, mais aussi des plantes qui, sans être absolument rejetées par le bétail, font office de môle de résistance, de centre de reproduction et de dispersion, fixent le sol et en fabriquent.

- Les parcours actuels, très appauvris en plantes herbacées vivaces, reviendra à un état plus naturel par multiplication de ces dernières. On activera le dynamisme en introduisant d'autres espèces vivaces, susceptibles de remplacer les annuelles. Ces plantes couvriront plus longtemps le sol et, par la matière organique commenceront à améliorer ses propriétés physiques.

- L'introduction d'espèces utilisera surtout des souches locales (saharo-tropicales et méditerranéennes), très bien adaptées aux variations climatiques de la zone.

- Le sol étant fortement dégradé et soumis à l'action de l'eau et du vent, des travaux mécaniques seront nécessaires pour lui rendre son rôle d'éponge et protéger le barrage contre l'envasement afin de lui garantir une durée de vie importante ;

- Faute de végétation naturelle, le sol ne pouvant plus servir de réservoir d'eau, les reboisements seront effectués au niveau des zones favorables pour diminuer voire freiner l'érosion hydrique et par conséquent faire jouer à la couverture végétale son rôle de protection, de pompe à eau et de condensateur d'humidité. Peu à peu le climat local se modifiera, d'abord insensiblement bien sûr, mais le cycle sol – végétation – climat, actuellement rompu sera réamorcé ;

- Le vent sera également utilisé "positivement" pour assurer la dissémination des plantes introduites et déposer sur les zones, où la roche mère affleure, une première couche de substrat meuble.

Toutefois, la mise en œuvre de ces principes ne sera efficace que si sont levées certaines contraintes.

3.1.1.2.2- contraintes à lever pour la réussite de l'aménagement du bassin versant

- Interdiction des labours ;
- Contrôle rigoureux de la charge pastorale ;
- Respects des périodes de germination, de reproduction et de dissémination des diverses catégories de végétaux ;

- Il faut prendre conscience que les pâturages doivent être établis, comme les cultures, sur de bonnes terres ;

- Toute amélioration ne pourra être durable que si la surexploitation actuelle des systèmes écologiques est arrêtée. Pour que ce coût d'arrêt puisse être en même temps le point de départ de la remontée biologique, il doit comprendre une importante phase de protection absolue. Cette mise en défens sera échelonnée dans l'espace et dans le temps. Néanmoins, elle se traduira par une perte de

productivité. Celle-ci sera compensée grâce à une meilleure conception des troupeaux et par l'attribution de fourrages d'appoint. Une partie de ces derniers pourra d'ailleurs être fournie au niveau du périmètre irrigué de Brézina ;

- A l'intérieur des mises en défens doivent être aménagées des parcelles de régénération, de multiplication, de dissémination placées sous le vent et à traitement agro-pastoral particulier ;

- Hors des parties réservées au pâturage ou aux mises en défens, une série de parcelles seront réservées aux plantations d'arbustes fourragers et aux reboisements.

3.1.1.2.3- Travaux d'aménagement préliminaires

L'érosion sévère de l'aire du bassin versant menace de colmatage le barrage de Brézina destiné à l'irrigation du périmètre. Il a été estimé que les matériaux déposés par les trois oueds, qui convergent pour alimenter le barrage, seraient de 1 million de tonnes annuellement.

Les travaux d'aménagement se proposent donc de traiter d'abord mécaniquement, puis biologiquement, une vaste superficie nue, dégradée et érodée du bassin versant orographique (368000 ha) en vue de stabiliser l'environnement, prévenir l'érosion future et réduire les débits solides des oueds.

Par conséquent, avant d'aborder l'amélioration des parcours steppiques par la voie biologique, il est impératif d'exécuter certains travaux mécaniques tels que la confection des digues et le travail du sol.

3.1.1.2.4- Travaux d'aménagement pour la diversion et l'épandage des eaux

L'épandage des eaux est une technique qui consiste à faire dévier la crue du lit normal de l'oued et à lui permettre de submerger une superficie de terrain adjacent. C'est l'un des moyens les plus efficaces pour utiliser à la production végétale des débits de cours d'eau intermittents.

- Le système le plus simple se présente sous forme d'une série de barrages de terre peu élevées qui retiennent une partie de l'écoulement provoqué par un orage, comme le montre la figure ci-dessous. Les plantations seront installées directement dans les alluvions en amont des barrages ;

- On peut utiliser également un système plus complexe qui consiste en un ouvrage de diversion pour acheminer l'eau hors de son chenal naturel jusqu'à la zone inondable, par une série de digues cascades en zigzag en travers de la pente, complété, pour éliminer les risques en cas de gros ruissellement, par un système de restitution de l'écoulement au lit normal de l'oued. Les sillons isohypses peuvent être utilisés pour assurer un épandage égal et prévenir la formation de rigoles.

De nombreux sites peuvent convenir à ce type d'aménagement, notamment au niveau des formations hydrologiques horizontales (O. Ghassoul...). En effet, à ce niveau, les sols d'apport alluvial sont profonds et perméables ; ils absorbent rapidement l'eau et la libéreront sur une durée plus longue.

Ce type de système hydraulique d'épandage peut fonctionner indéfiniment sans perdre une part importante de sa capacité de stockage. Au fur et à mesure de l'accumulation des atterrissements, on pourra surélever les digues, de manière à faire retrouver à ces ouvrages leur capacité de retenue, ou même l'augmenter.

3.1.1.2.5- Travail du sol

La céréaliculture en sec doit diminuer au profit de la culture en irriguée, notamment fourragère. Les façons culturales, complémentaires au premier type d'aménagement vu ci-dessus, ont pour but d'accroître la pénétration de l'eau dans le sol.

A priori, une surface de mottes grossières se révèle meilleure qu'un sol travaillé plus fin, qui se colmate rapidement.

Par ailleurs, la technique de labour, actuellement appliquée, est très érosive ; elle consiste à recouvrir les semences jetées sur un sol non préparé par le passage d'une charrue à disque qui pulvérise l'horizon profond plus structuré.

Par conséquent, en raison de la nature dénudée du sol et de la puissance incidence des pluies, les opérations culturales doivent être exécutées par bandes selon les courbes de niveau. Comme précaution supplémentaire contre la formation des ravines, toutes les bandes de culture doivent être fractionnées en maintenant la charrue sur une vingtaine de mètres puis en le soulevant sur 6 à 7 mètres. Chaque rang successif sur la pente couvre, au dessus et au dessous, la bande interrompue. Les bandes de 5 à 6 mètres de largeur sur 20 mètres de longueur seront disposées en quinconce.

Ce système discontinue augmentera beaucoup la pénétration de l'eau, en obligeant celle-ci à séjourner plus longtemps sur la pente et à permettre à l'excédent de s'échapper, mais à vitesse réduite.

3.1.1.2.6- Actions agro-sylvo-pastorales

Ces actions doivent être entreprises dans les parcours quelque soit leur nature et leur degré de dégradation :

- Amélioration naturelle des parcours

La mise en défens, première mesure d'intervention, conduira à la restauration pastorale.

Les parcours dégradés nécessitent une mise en défens de 2 à 3 années. L'effet des mises en défens est unanimement reconnu par les techniciens et bien souvent les éleveurs eux-mêmes. Ce type de mise en défens existait dans certaines structures pastorales traditionnelles telles le "Gdal". Ceci montre que le milieu peut réagir de façon très favorable et relativement rapide à la mise en défens, même en zone présaharienne. Toutefois, cette technique reste valable pour les sols perméables et profonds ; sur les sols squelettiques, la désertification est souvent irréversible (Le Houérou, 1980).

Dans les parcours de notre terrain d'étude (steppes à *Stipa tenacissima*, steppes à *Lygeum spartum*, steppes à *Artemisia inculta*, steppes à *Thymalea microphylla*, steppes à *Artrophytum scoparium* et les steppes mixtes) les potentialités résident surtout dans le développement que peuvent prendre les espèces de l'hacheb, à la fois en taille et en nombre. Dans l'état actuel de dégradation extrême où en sont actuellement ces parcours, il serait vain d'espérer une multiplication rapide des thérophytes et un accroissement important de leur couverture. On a remarqué, en particulier dans la mise en défens de Rogassa (au nord de notre zone d'étude), que la mise hors pâturage permettait à l'alfa de fleurir et à des espèces, réduites à quelques centimètres, comme *Linaria aegyptiaca*, ici petite plante annuelle de 5 cm, peut redevenir vivace et accroître son volume plus de 50 fois.

D'abord, une mise en défens totale de 3 années consécutives permettrait d'obtenir un premier pallié d'amélioration. Ensuite, celle-ci pourrait être suivie, en automne, d'une ouverture au pacage modéré (un mouton par hectare) de 15 jours de manière à rajeunir les touffes âgées de graminées, à tailler les plus longs rameaux des arbrisseaux leur permettant une repousse plus vigoureuse dès l'hiver suivant. La fermeture au troupeau devrait alors se maintenir jusqu'au 15 avril pour permettre la croissance normale de l'hacheb et sa consommation au maximum de productivité jusqu'au 15 mai. L'épiaison des graminées et leur semis serait à nouveau protégés entre 15 mai et le

30 juin. L'ouverture serait permise du 30 juin au 31 juillet. La protection serait reprise jusqu'au 1^{er} octobre pour favoriser la montée biologique des géophytes. Le même cycle serait ensuite repris les années suivantes.

Il est bien évident que ce schéma général admettra quelques modifications. Une analyse floristico-écologique plus fine de notre terrain d'étude pourra être menée pour découper notre espace pastoral en parcelles et arrêter un programme de rotation plus précis avec comme objectif principal, disposer en toute saison d'une productivité convenable.

- Amélioration artificielle des parcours

Afin de respecter un des principaux principes d'amélioration définis plus haut, l'amélioration artificielle utilisera non des espèces isolées, dont l'emploi engendre souvent des déséquilibres, mais des mélanges d'espèces – autant que possible autochtones – équilibrés vis à vis du rôle biologique (pédologie, concurrence intraspécifique) et vis à vis de la productivité. N'étant pas monspécifiques, ces mélanges constitueront des strates différentes qui se recouvriront mutuellement.

Rappelons que, pour l'aménagement du bassin versant, deux types de travaux mécaniques sont préconisés : confection des digues en terre au niveau des oueds et travail du sol en bandes.

A/ mélanges fourragers extensifs

Au niveau de ces ouvrages (en amont des digues en terre et à l'intérieur des bandes) et au niveau des différentes unités écologiquement homogènes, des mélanges fourragers extensifs sont proposés selon, essentiellement, la nature des éléments granulométriques du sol en place.

- Cas des sables grossiers et fins, fixés ou peu mobiles, non salés :

Ligneuses et vivaces :

25% *Pennisetum dichotomum*
25% *Panicum turgidum*
10% *Aristida obtusa*
15% *Salsola flavescens*

Herbacées (annuelles ou pérennes) :

5% *Diplotaxis harra*
2% *Mathiola livida*
5% *Centaurea dimorpha*
3% *Medicago laciniata*
5% *Plantago albicans*
5% *Cleome arabica*

- Cas des sables très fins et limons grossiers, non salés :

Ligneuses et vivaces :

20% *Pituranthos chloranthus*
20% *Pituranthos tortuosus*
20% *Helianthemum lippii*

Herbacées (annuelles ou pérennes) :

20% *Plantago albicans*
15% *Farsetia aegyptiaca*
5% *Silene villosa*

- Cas des limons et sables fins compacts, légèrement salés :

Ligneuses et herbacées vivaces uniquement (en proportions variables) :

<i>Atriplex halimus</i>	<i>Pennisetum elatum</i>	<i>Salsola microphilla</i>
<i>Atriplex parvifolia</i>	<i>Phalaris tuberosa</i>	<i>Salsola flavescens</i>
<i>Atriplex numularia</i>	<i>Panicum repens</i>	<i>Salsola vermiculata</i>

- Cas des sables mobiles :

<i>Aristida pungens</i>	<i>Lasiurus hirsutus</i>
<i>Polygonum equisetiforme</i>	<i>Cyperus conglomeratus</i>
<i>Sporobolus spicatus</i>	

B/ Mélanges fourragers intensifs

- A faucher, en irrigué :

50% *Panicum turgidum*

50% *Pennisetum dichotomum*

- A paturer :

Cynodon dactylon

Diploaxis harra

Linaria aegyptiaca

Medicago sp.

Centaurea dimorpha

- Actions de reboisement

Cette action est souhaitable dans les steppes à alfa arborées (au nord du terrain d'étude) où les sols ne présentent pas une accumulation calcaire indurée et au niveau de certaines zones favorables (les digues et les bandes de terrain travaillé).

L'introduction d'espèces forestières telles que *Pinus halepensis*, qui a donné de bons résultats, et d'arbustes fourragers sont recommandés.

La pépinière Sidi Taiffour peut être retenue pour la production et l'approvisionnement des chantiers en plants.

- Exploitation des nappes alfatières

Dans les nappes alfatières non dégradées, l'exploitation manuelle au bâton est recommandée avec une année de repos, tous les trois ans, pour maintenir une bonne productivité. Ces steppes doivent être soumises à un pâturage modéré parce que le broutage stimule la production (KADI-HANIFI-ACHOUR, 1997).

3.2- Schéma d'aménagement du périmètre irrigué de Brézina

Dans la plupart des cas les périmètres irrigués et les oasis sont voués aux cultures vivrières, maraîchères et fruitières. Les fourrages y sont généralement pratiqués de façon tout à fait marginale. Pourtant de nombreux essais à grandeur réelle ont montré que les cultures fourragères irriguées sont une spéculation économiquement intéressante, par le biais de l'embouche de jeunes animaux, et écologiquement utile en induisant une diminution de la pression sur les parcours steppiques.

Pour la mise en culture d'un périmètre en région trois conditions sont nécessaires :

- l'eau pour l'irrigation ;
- un sol équilibré et riche ;
- un matériel végétal adapté.

Si l'eau, avec les possibilités du barrage, ne pose pas de problèmes, le sol et le végétal méritent quelques orientations.

3.2.1- Amélioration des propriétés chimiques des sols

Les sols sahariens sont généralement riches en calcium potassium magnésium soufre et micro - éléments.

Certains risquent d'être toxiques pour les plantes parcequ' ils sont chlorurés et carbonatés .

Cette richesse des sols est due à la présence de colloïdes minéraux qui forment le complexe adsorbant.

Tout simplement c'est au niveau des colloïdes que s'effectuent les réactions physiques et chimiques du sol donc plus les particules sont de petites dimensions plus la surface de contact sera grande.

Exemple :

Argile illite : 65 à 100m²/g

Argile montmorillonite : 600 à 800m²/g

Matière organique : 500 à 800m²/g

(D'après WELBEN ET COL., 1966)

Dans certains sols (salins d'origine ou irrigués par des eaux salées la conductivité à 25°C est de 750 à 2250 micromhos cm/cm de 3,5 à 9g d'extrait sec/litre dont la production agricole pose des problèmes.

(Sodium se fixe sur les colloïdes argileux en rendant le sol imperméable)

Dans le Sahara les ions sodium sont éliminés par le drainage (échange Na/Ca)

Calcium qui débarrasse l'argile des cations sodium.

Dans les sols lourds :

Amendement de sable 50 à 70t/ha

Amendement de fumier 30 à 50t/ha.

Argile feuilletés, la potasse est répandue à peu près partout dans les sols sahariens.

3.2.2- Amélioration de la vie biologique du sol

La fertilité du sol est liée à l'activité microbienne (bactéries, algues, champignons, protozoaires) ont besoin d'humidité, de chaleur, d'oxygène et d'apports nutritifs pour mener leur action de prolifère.

Ces microbiens décomposent la matière organiques et la minéralisent plus vite lorsque le sol est humide et la température est élevée ce ci explique la faiblesse de la teneur en humus dans les zones sahariennes.

Jenny (1930) démontre que chaque montée de T° de 10° double le taux de décomposition de la matière organique.

Certains groupes de micro organismes dénitrificateurs sont actifs dans les sols alcalins et mal drainés (Arnon, 1972) ; les azotobacters fixent l'azote de l'air ainsi que les clostridium)

3.2.3- Amélioration des sols par les cultures

Il faut parler d'engrais vert en palmeraies ; La culture intensive nous oblige à utiliser le fumier. Il sera donc nécessaire d'entretenir des troupeaux dans des oasis entourés de désert et de cultiver des plantes fourragères : luzerne, orge, maïs roquette, ou bien des cultures vivrières : blé, orge, sorgho, mil, légumes.

Les fortes quantités d'eau d'irrigation très salées utilisées apportent par hectare et par an 315kg d'azote, 13kg d'acide phosphorique et 2600kg de potasse qui sont divers sur un sol léger équipé d'un bon système de drainage.

En ce qui concerne les amendements, c'est le fumier, on analysant ce dernier, sec poudre on trouve une richesse en éléments fertilisants pour 10 tonnes, en relève une moyenne de 80 unités d'azote, 15unités d'acide phosphorique, 110 unités de potasse, 35 unités de magnésium et 100 unités de chaux.

- sols argilo - sableux ; capacité de rétention de 20

- ETP ; 1900mm. Irrigation de 16000m³/ha/an.

- Eau douce : moins de 2,5g de sels par litre.

Besoin en fumier des cultures de la microexploitation phoenicicole.

114 palmiers dattiers recevront : 2280t

6 ares luzernes à 80t/ha : 4800t

6 ares henné à 80t/ha : 4800t

6 ares potagers à 60t/ha : 3600t

36 ares céréales à 30t/ha : 10800t

Les palmiers dattiers doivent recevoir en moyenne 2000kg de fumier par hectare.

- Amélioration de la texture des sols

✚ Sols légers sableux - graveleux à grosses particules :

Caractéristiques	Corrections
basse capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs. Peu de capillarité infiltration facile peu ou pas de cohésion et de plasticité bonne aération échauffement facile.	Amendements chimiques et argileux. Fumier engrais minéraux (apport fractionnés) Irrigation abondante, rythme des irrigations rapprochées. Amendements chimiques et argileux. Couverture du terrain quasi permanent par les cultures.

✚ Sols moyennement lourds (sablo - argilo - limoneux, argilo - sableux) à particules de faibles dimensions :

Caractéristiques	Corrections
Haute capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs. Haute capillarité et faible infiltration Grande cohésion et réchauffement plus lent	Fumier et engrais Amendements de sable, système de drainage d'autant plus efficace que le sol est lourd et salé rotation de cultures complémentaires (enracinement) amendements sableux et humiques. Drainage efficient pour empêcher la remontée éventuelle de nappes phréatiques asphyxiantes.

- Effets de la végétation sur la relation pluie-débit

Les conditions propres d'un bassin versant, c'est à dire les sols, la végétation, la géologie et la topographie, en même temps, sont les facteurs majeurs influençant la quantité et la qualité de l'eau interceptée au niveau du bassin versant. Le type de végétation et sa densité ont un rôle particulièrement important, puisque ce sont les seuls facteurs que l'homme puisse aisément modifier grâce à l'aménagement. Notons aussi que l'interception par la végétation provoque des modifications dans la quantité, le taux et la durée de restitution de l'eau à la surface du sol.

La quantité des précipitations interceptées par la végétation est extrêmement variable et dépend de la densité, de l'âge et du type de la végétation ; Outre le nombre d'orages ainsi que la hauteur, l'intensité et le type des précipitations. L'emmagasiner de l'eau retenue dans la frondaison est sujette à l'évapotranspiration et varie selon le type d'essences de 0,5 à 9mm.

Tout ceci est une indication de la perte maximum possible pour un bassin versant après un orage. Là où le couvert végétal est important, l'infiltration à la surface du sol est facile et ce couvert végétal exerce un contrôle de l'érosion pluviale directement par son feuillage qui agit comme un écran protecteur contre le battage du sol et par ses racines qui fixent et filtrent la pluie indirectement en réduisant le volume et la vitesse de l'écoulement.

Conclusion générale

L'état actuel des écosystèmes steppiques et pré-sahariens, leur importance écologique et socio-économique, la dégradation du milieu et la nécessité d'un développement durable sont autant d'éléments qui justifient notre sujet de recherche.

L'objectif principal de notre travail consistait en une approche écologique débouchant sur un modèle d'aménagement du milieu. Afin de répondre à cet objectif, une analyse fine de la zone test de Brézina, au niveau du versant méridional de l'Atlas saharien a été effectuée.

Avant de dégager les principales conclusions de notre recherche, précisons d'abord que les scientifiques et les praticiens du terrain en Algérie admettent que l'élaboration de tout projet de développement des zones arides doit nécessairement passer par deux étapes indissociables :

- la connaissance des potentialités naturelles de chaque milieu écologique ;
- la caractérisation du phénomène de dégradation des ressources naturelles en tenant compte de l'ensemble des indicateurs, véritables éléments de diagnostic ;

Il s'agit donc d'une approche plurithématique qui doit reposer sur les expériences déjà acquises dans le domaine de l'aménagement des ressources naturelles, des améliorations pastorales, de l'infrastructure socio-économique, de la mobilisation des eaux. Tous les projets réalisés peuvent servir de référentiel pour les actions futures ; En outre, toute stratégie de développement, qui se veut efficace, doit s'articuler autour de deux points essentiels :

- Une approche globale du problème de dégradation des ressources naturelles dans tous ses aspects afin de définir des programmes de développement à long terme intégrant la dimension environnementale et humaine ;
- La planification écologique utilisant les méthodes de l'aménagement du territoire pour rechercher de nouveaux équilibres entre écosystème steppique, système de production et occupation humaine.

Partant donc de ces concepts, nous avons développé notre recherche selon deux approches différentes mais complémentaires :

- une approche de terrain : collecte des données nécessaires au diagnostic et à l'analyse du milieu ;
- une approche de laboratoire : application des techniques de la géomatique (télédétection et SIG) et mise en œuvre des méthodes d'analyses biologiques et écophysologiques.

Pour le volet diagnostic du milieu, que nous considérons comme essentielle dans notre démarche, nous avons fait appel, pour la discrimination des différentes unités de végétation, à la télédétection spatiale et, pour l'identification des unités spatiales d'aménagement (USA), aux SIG en combinant des cartes thématiques (pente, géologie et végétation) géo-référencées. Globalement, nous avons constaté que les résultats obtenus sont assez cohérents et concordent avec la réalité terrain. Ainsi, avec la géomatique on peut démontrer que toutes les études thématiques nécessitent, pour leur maîtrise, une bonne gestion de l'information géographique. Ainsi, la première conclusion dégagée est que la cohérence des résultats observés tant avec les observations de terrain qu'avec la bibliographie montre qu'une telle utilisation de la géomatique semble totalement légitime, voire indispensable pour toute option de gestion pour un développement durable.

Quant aux analyses de laboratoire, nous avons œuvré vers une connaissance approfondie d'espèces végétales phares au niveau des écosystèmes steppiques et pré-sahariens. A travers ces analyses on a pu démontrer la nécessité de maîtriser la biologie voire la dynamique des composantes d'un écosystème pour mieux le gérer.

Donc, après un aperçu global sur l'état actuel de la steppe algérienne et les problèmes de dégradation des régions arides, notre étude s'est poursuivie par le diagnostic d'une zone test très représentative de la diversité écologique de l'interface région steppique – région saharienne : le bassin versant du barrage de Larouia (Brézina, El Bayadh, Algérie).

De point de vue écologique et d'après nos résultats, la région d'étude, même si elle est sérieusement exposée au phénomène de la désertisation, présente des potentialités pastorales à ne pas négliger. Toutefois, la région nécessite beaucoup d'efforts et de moyens pour stopper la désertisation.

Néanmoins, comme le font remarquer Haddouche et al. (2007), le constat d'échec au niveau de cette région repose sur deux points :

- Les stratégies successives adoptées pour le développement de la zone steppique manquaient de pertinence ;
- Les méthodes utilisées pour l'identification et la formulation des projets ainsi que pour leur mise en œuvre et leur suivi manquaient d'efficacité.

De ce constat, il est primordial d'intégrer la planification participative qui doit impliquer l'ensemble des parties prenantes du développement durable : éleveurs, décideurs, agents de développement...

Cette démarche permet, à travers l'élaboration d'un diagramme, l'identification des principales causes de la dégradation de l'écosystème steppique de la Wilaya d'El Bayadh et en particulier la région de Brézina : une étape préalable à la mise au point des types d'actions de protection comme la mise en défens intégrée qui a donné de bons résultats.

Ainsi, en préconise, pour le long et moyen terme, l'élaboration d'un programme homogène de gestion des steppes impliquant les populations locales. Quant au court terme, en recommande notamment le reboisement des zones dénudées, l'accroissement des réserves pastorales à travers l'ensemencement des parcours et une meilleure connaissance des écosystèmes et des espèces végétales ; A titre d'exemple, les résultats très encourageants sur la germination des espèces steppiques démontrent les grandes possibilités de remontée biologique au niveau de la région steppique et pré-saharienne.

Toutefois, il est important de souligner que, si actuellement les régions steppique et pré-saharienne présentent un niveau de dégradation, tant environnemental que socio-économique, très inquiétant, la région cependant restera, indiscutablement, un patrimoine naturel et culturel qu'il faut obligatoirement préserver.

Enfin, pour des fins de veille écologique et environnementale, il se dégage la perspective de la mise en place d'un Système d'Observation et de Surveillance des Ecosystèmes Steppiques et Sahariens qu'on peut baptiser « SOS-EcoSS » ; ce système de suivi apportera, sans aucun doute, une aide indiscutable aux gestionnaires et aux chercheurs.

Glossaire

Analyse spatiale : ensemble de méthodes mathématiques et statistiques visant à préciser la nature, la qualité, la quantité attachées aux lieux et aux relations qu'ils entretiennent, en étudiant simultanément attributs et localisations (Brunet & al, 1993 *in Mederbal, 1997*).

Base de données, système de gestion de base de données (SGBD) : structure de données permettant de stocker et de fournir, à la demande, des données à de multiples utilisateurs indépendants. Le SGBD est le système informatique assurant l'exploitation combinée de plusieurs bases de données (Denègre & Salgé, 1996 *in Mederbal, 1997*).

Biodiversité, diversité biologique : quantité et structure de l'information contenue dans des systèmes vivants hiérarchiquement emboîtés (Blondel, 1995 *in Mederbal, 1997*).

Biogéographie, zone biogéographique : la biogéographie étudie les modalités spatiales et historiques de la répartition actuelle des espèces vivantes à différentes échelles d'espace et de temps. Elle découpe le globe en régions homogènes du point de vue de l'histoire évolutive du vivant, principalement sur la base des connaissances sur la tectonique des plaques, l'histoire du climat et l'évolution passée et actuelle des écosystèmes et des espèces.

Bioindicateur : Organisme ou ensemble d'organismes très sensible à d'éventuels changements de l'écosystème et y réagissant fortement.

Biotope : Ensemble des facteurs et éléments physiques, chimiques, biologiques et climatiques constituant des ressources vitales pour un peuplement. Spatialement, le biotope est donc l'espace occupé par le peuplement exploitant ces ressources et il lui est propre (Blondel, 1995 *in Mederbal, 1997*). Voir aussi habitat.

Corridor : élément linéaire du paysage, étroit et s'individualisant de son entourage (Forman & Godron, 1986 *in Mederbal, 2002*).

Domaine vital : Champ spatial dont une espèce a besoin pour ses activités vitales.

Ecologie : étude des interactions entre les organismes vivants et le milieu, et des organismes vivant entre eux dans les conditions naturelles (Frontier & Pichod-Viale, 1998 *in Mederbal, 2002*).

Etage bioclimatique : espace considéré comme homogène selon la combinaison de critères biologiques (végétation) et climatique (précipitations, températures).

Géomatique : ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques (JO Français du 14/02/94, *in Mederbal, 1997*).

GPS : Global Positioning System (système de positionnement global).

Groupe fonctionnel : se dit d'un groupe d'espèces jouant un rôle clé dans l'écosystème et dont la disparition engendrerait celle d'autres espèces.

Habitat : Ensemble des facteurs et éléments physiques, chimiques, biologiques et climatiques constituant des ressources vitales pour une espèce. Spatialement, l'habitat est donc l'espace occupé par l'espèce exploitant ces ressources et il lui est propre (d'après Blondel, 1995 *in Mederbal, 1997*). Voir aussi biotope et domaine vital.

Information Géographique : représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné (*in Mederbal, 1997*).

Métadonnées : pour un SIG, données attributaires associées à des données et renseignant sur leur provenance, qualité, type etc...

Migrateur, migratrice : se dit d'une espèce quittant son lieu de reproduction chaque année à la même période pour aller passer la période hivernale dans une zone géographique déterminée (ex. les hirondelles).

Mosaïque paysagère : assemblage d'éléments de paysage en interactions et qui forment une combinaison identifiable qui se répète dans l'espace. La taille moyenne des éléments détermine le grain de la mosaïque (Forman & Godron, 1986 *in Mederbal, 1997*).

NDVI : Normalised Vegetation Index. Indice utilisé en télédétection afin de mieux détecter la végétation à partir d'un calcul sur les bandes du rouge (R) et du proche infra rouge (PIR) : $\text{PIR-R} / \text{PIR+R}$

Parcours : Terrains de nourrissage pour des animaux qui changent de place selon des choix et des rythmes fonction de la pousse des végétaux, de l'altitude, et de l'équilibre alimentaire des animaux (*in Mederbal, 2002*). En milieu désertique, il concerne en premier lieu des ongulés domestiques et sauvages mais aussi très probablement d'autres groupes animaux (prédateurs associés ; oiseaux).

Paysage (approche biogéographique et écologique) : «Le paysage est, sur une certaine portion d'espace, le résultat de la combinaison dynamique, donc instable, d'éléments physiques, biologiques et anthropiques qui, en réagissant dialectiquement les uns sur les autres, font du paysage un ensemble unique et indissociable » (Bertrand, 1968 *in* Mederbal, 1997). En écologie du paysage, un paysage est plus spécifiquement «une portion d'espace hétérogène composée d'un assemblage d'écosystèmes en interaction qui sont répétées selon une forme similaire» (Forman & Godron, 1986 *in* Mederbal, 1997). «le concept de paysage est indissociable de celui d'espace : le paysage est la traduction spatiale de l'écosystème (...) ».

Pixel : cellule de base d'une image numérique (contraction de picture element).

Population : ensemble des individus d'une espèce présents sur un espace donné et connaissant des échanges de gènes réguliers par la reproduction (Blondel, 1995 *in* Mederbal, 1997).

Reg : milieu naturel constitué d'une surface caillouteuse dénuée de végétation. Correspond à la dégradation de la roche en place (reg autochtone) ou à des dépôts détritiques (reg allochtone). Couvre plus de 70 % du Sahara (Demangeot & Bernus, 2001 *in* Mederbal, 2002).

Résolution spatiale : Plus petite aire pour laquelle on ne dispose que d'une donnée par variable étudiée (Girard & Girard, 1999 *in* Mederbal, 2002). Pour une image satellitale, aire au sol correspondant à un pixel sur l'image.

SIG (Système d'Information Géographique) : système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion (Denègre & Salgé, 1996 *in* Mederbal, 1997).

Systemique, théorie des systèmes : un système est un ensemble de phénomènes et d'événements interdépendants que l'on extrait du monde extérieur par une démarche intellectuelle arbitraire, en vue de traiter cet ensemble comme un tout. On considère donc qu'un ensemble est un système lorsqu'il acquiert des propriétés qui n'existent que par l'association de ses parties entre elles. La systémique est l'étude logique de tels ensembles (*in* Mederbal, 1997)).

Taxonomie, groupe taxonomique : la taxonomie est la discipline scientifique qui classe les espèces vivantes. Un groupe taxonomique désigne par exemple une famille ou un genre selon l'échelon auquel on fait référence. Les oiseaux sont un groupe taxonomique (classe), tout comme l'ordre des passereaux. Le taxon est l'élément de référence (l'espèce).

Téledétection : ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (JO Français du 11/09/80 *in* Girard & Girard, 1999).

Transect - Toposéquence : Série de relevés le long d'une ligne suivant la topographie (pente) du point le plus haut au point le plus bas ou inversement.

Trophique, niveau trophique : fait référence à un classement des organismes en fonction de leur alimentation (niveau des herbivores, des carnivores etc...).

Références Bibliographiques

- Abbas H., 1986** - Contribution à l'étude de l'aménagement des forêts de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le Sud-Est Méditerranéen Français. Analyses climatologiques, pédologiques, phytoécologiques, écodendrométrie, production sylvicole, aspect de la concurrence et dynamique de la végétation. Thèse Doct. Es-Sciences, Univ. Aix-Marseille III, Fac. Sci. de St Jérôme, 254p.
- Abdelguerfi A. et Laouar M., 2000** – Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. Options Méditerranéennes, Sér. A, N° 39, 77-87.
- Aboura R., Benmansour D. et Benabadi N., 2006** – Comparaison et phytoécologie des Atriplexaies en Oranie (Algérie). Rev. Ecol. Méd., Vol. 32, pp. 73-84.
- Achour H., 1983** - Etude phytoécologique des formations à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) du sud Oranais, wilaya de Saïda. Thèse Doct. 3^{ème} Cycle, USTHB, Alger, 216p. Annexes et tableaux.
- Achour H., Djebaili S., Aidoud F., Khelifi H., 1984** – Groupes écologiques édaphiques dans les formations steppiques du Sud-Oranais. Biocénose, 1 : 8-59.
- Adi N., 2001** – Contribution à l'étude des formations à *Salsola vermiculata* L. le long d'un gradient de salinité dans la région du chott Chergui (Sud Oranais). Mém. Mag., USTHB, Alger, 118p.
- Aidoud A., 1983** – Contribution A L'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais. Thèse 3^{ème} cycle, U.S.T.H.B, Alger, 232p.
- Alcaraz C., 1969** - Etude géobotanique du pin d'Alep dans le Tell Oranais. Thèse Doc. de Spécialité, Montpellier, 184p.
- Alcaraz C., 1982** – La végétation de l'Ouest Algérien. Thèse Doct. Etat, Univ. Perpignan, 415p. + Annexes.
- Aubert G., 1965** – Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes. Applications à l'étage Méditerranéen. Thèse Doct. 3^{ème} Cycle, Univ. Aix-Marseille III, Fac. Sci. De St Jérôme, 254p.
- Aubert G., 1978** - Méthodes d'analyses des sols, CRDP, Marseille, 189p.
- Bagnouls F., Gaussen H., 1953** – Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen. II, 1, Art. VIII, Toulouse, 47 p. 1 Carte.
- Bagnouls F., Gaussen H., 1957** – Les Climats biologiques et leur classification, Ann. Géog.Fr., 355 :193-220
- Barbero M., Loisel R. et Quezel P., 1982** - Les forêts de Pin d'Alep dans le Sud-Est Méditerranéen Français. Analyses écodendrométriques. Forêt Méd., T.VII, N°1, 35-42.
- Barbero M., Bonin G., Loisel R. Et Quézel P., 1989** – Sclerophyllus Quercus forests of the Mediterranean area. Ecological and ethological significance bieleferder. Beiter 4. Pp. 1-23.
- Bariou R., 1978** - Manuel d'utilisation de Télédétection, 2^{ème} Partie : les applications de la photo-interprétation dans le domaine des sciences de la terre, pp. 129-153.
- Barry J.P. et Celles J.C., 1973** – Le problème des divisions climatiques et floristiques au Sahara Algérien (Entre 0° Et 6° de longitude Est). Nat. Monsp. Sér. Bot., 23-24 : 5-48.
- Barry P., Celles J. C. et Faure L. 1974-** Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques, feuille d'Alger au 1/1000 000° + Notice. Soc. Hist. Nat. Afri. Nord. C.R.S.T.

- Belkhodja M. et Bidai Y., 2004** – Réponse des graines d'*Atriplex halimus* à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15(4) : 331-335.
- Belouam N. et Beraud F., 1974** - Etude écologique du Synclinal et propositions de mise en valeur d'El Bayadh. Etude DEMRH, Alger, 22p, Cartes H.T
- Belouam N., Beraud F. et Claudin J., 1975** - Etude écologique de la ZDIP d'El Biod. Etude DEMRH, Alger, 72p, Cartes H.T.
- Benabadji N., 1991** - Etude phytoécologique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie), Thèse Doctorat Sciences, Université Aix-Marseille III, Fac. Sc. St Jérôme, 119 p. + Annexes.
- Benabadji N., 1995** – Etude phytoécologique des Steppes à *Artemisia herba-alba* Asso. et à *Salsola vermiculata* L., au Sud de Sebdou (Oranie-Algérie). Thèse. Doct. Etat. Es. Sci. Univ. Tlemcen, 280p.
- Benabadji N., Bouazza M., Metge G. et Loisel R., 1996** – Description et aspects des sols en régions semi-arides et arides au Sud de Sebdou (Oranie-Algérie). *Bull. Inst. Sci. Rabat*, 20 :77-86.
- Benabadji N. et Bouazza M., 2000** – Contribution à une étude bioclimatique de la Steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. dans l'Oranie (Algérie Occidentale). *Rev. Sècheresse*, Vol. II, N° 2, 117-123.
- Benabadji N., Bouazza M., Merzouk M., et Ghezlaoui S.M., 2004** – Aspects phytoécologiques des Atriplexaies au Nord de Tlemcen (Oranie, Algérie). *Rev. Sci. et Tech.* n°22, Constantine, pp. 62-79.
- Benabadji N., Bouazza M., Merzouk A. et Ghezlaoui BE. 2004** – Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au Sud d'El-Aricha (Oranie, Algérie). *Sci. Tech.*, n° spécial, Constantine, pp. 11-19.
- Benabadji N., Aboura R. et Benchouk F.Z. 2009-** La régression des steppes méditerranéennes : le cas d'un faciès à *Lygeum spartum* L. d'Oranie. *Rev. Ecol. Med.* Vol. 35 : 45-57.
- Benchaaban A., 1997** - Biotechnologie et sécurité alimentaire. Cas De l'*Atriplex halimus* dans la production de viande de Camelins et Caprins dans la Vallée du Drâa (Maroc). *Actualité scientifique : biotechnologies, amélioration des plantes et sécurité alimentaire.* Coll. Universités Francophones. Ed. ESTEM, Paris, 169 p.
- Benchaabane A., 1996** – Organisation et utilisation des Atriplexaies à *Atriplex halimus* dans la région de Marrakech (Maroc). *Rev. Atriplex In Vivo* N°5. Rés. Int. Orsay. Paris XI.
- Bendaanoun M., 1991-** Contribution à l'étude écologique de la végétation halophile, halohygrophile et hygrophile des estuaires, lagunes, deltas du littoral Atlantique et Méditerranéen et du domaine continental du Maroc. Thèse Doct. Sci. Univ. Aix-Marseille III. 439p + Annexes.
- Benmoussat P.Z., 2004** – Relations bioclimatiques et physiologiques des peuplements halophytes. *Mem. Mag. Univ. Tlemcen.* 161p.
- Benzecri J.P. 1973** – L'analyse des données (T1 : Taxonomie et T2 : Analyse des Correspondances). Paris, Ed., Dunod, 2 Vol., 675p.
- Bisson J. et Callot Y., 1990** – Les hommes et la sécheresse autour du Grand Erg Occidental : Nord-Ouest Du Sahara Algérien. *Sécheresse*, 2 : 124-133.
- Bonnin G. et Roux M., 1975** – Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude écologique de quelques pelouses de Apennin Lucano-Calabrais. *Oecol. Plant.* 13 (2) : 121-138.
- Bonnin G. et Thinon M., 1980** – Relation entre variable du milieu édaphique et groupements Végétaux Pré Forestiers et Forestiers au Mont Ventoux. *Rev. Ecol. Fasci.* 5.

- Bouazza M., 1991**- Etude phytoécologique de la Steppe à *Stipa tenacissima* L. Asso. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse Doc. Sci., Université Aix-Marseille III, Fac. Sc. St Jérôme, 118p, 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. Méd. T 30, fasc. 2 : 219-233.
- Boulahouat N., 1993** - Etude méthodologique sur la Télédétection des sols en milieu aride, région de Djelfa, Algérie. I.N.R.A, Laboratoire de Télédétection, Montpellier, France, 24p.
- Boulaine J., 1957** – Etude des sols des plaines du Chelif. Thèse Fac. Sci. Doct. Alger, 582p.
- Bourbouz A., Donadieu U., 1987**- L'élevage sur parcours en régions Méditerranéennes. CIHEAM/IAM, Montpellier, France, 140 P.
- Braun-Banquet J., 1951** – Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetation Kunde. Ed. 2. Springer, Vienne, Autriche, 227p.
- Braun-Blanquet J., et De Bolos O., 1957** –Les Groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme. Ann. Estac. Exp. De Aula Dei, 5, 1/4, 266 p. et tabl. H.T.
- Callot Y., 1987** – Géomorphologie et paléoenvironnement de l'Atlas Saharien au Grand Erg Occidental. Mém. Sc. Terre. Univ. Pierre et M. Curie, Paris, 412 p.
- Chaabane A., 1993** – Etude de la végétation du Littoral Septentrional de la Tunisie : typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse. Doct. Es. Sci. Univ. Aix-Marseille III : 338p.
- Daget P., 1977** - Le Bioclimat Méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. Vegetatio, Vol.34 (1) 1-20.
- Dahmani M., 1997** – Diversité biologique et phytogéographique des Chênaies vertes d'Algérie. Ecol. Méd. XXII (3/4), 19-38.
- Djebaili S., 1978** – Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines Steppiques et de l'Atlas Saharien. Thèse Doct., Univ. Montpellier, 229 p et Annexes.
- Djebaili S., 1984** – La steppe Algérienne, phytosociologie et écologie, O.P.U, Alger, 127p.
- Djellouli Y. et Daget P., 1988** – Climat et flore dans les steppes du Sud-Ouest Algérien. Bull. Soc. Bot. Fr ; 134, Lettres Bot (4/ 5), 375-384.
- Djellouli Y. et Djebaili S., 1984** – Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride : cas de la wilaya de Saida. Bull.Soc. Bot. Fr., 131, Actual. Bot. (2/ 3/ 4) : 249-264.
- Dubief J., 1959** – Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sah., Alger, 1, 312 p.
- Dubief J., 1963** – Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sah. Alger, 2 Tomes, 590 p.
- Dubucq M., 1989** - Reconnaissance des sols par Télédétection et de leur comportement par rapport à l'érosion dans le Lauragais, Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 242p.
- Duchauffour Ph., 1977** – Pédologie, Pédogénèse et classification, Tome I, Ed. Mass. et Cie, 477p.
- Durand J., 1958** – Du nouveau au sujet de la formation des croûtes calcaires. Bull. Soc. Hist. Nat. Afri. Nord, 49, pp. 196-203
- Duvigneaud (P), 1980**- La Synthèse écologique, 2^{ème} Ed., Doin, 380 p.
- Eig A., 1932** – Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore Palestinienne. Regh. Veg. Beih. 63 (1) : 1-201 ; 24 (2/3/4) : 191-202.
- Emberger L., 1971** - Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson, Paris, 520 p.
- Escadafal R., 1989** - Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et par télédétection. Applications : exemple de la région de Tataouine (Tunisie). Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 317 P.

- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1960** – La défense contre l'érosion éolienne, Rome. 89 p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1980** – Conservation des ressources naturelles en zones arides et Semi-Arides, Cahiers FAO : Conservation des Sols, 135p.
- Gaucher G., 1947-** Premières observations sur la plaine des Triffa. Multi. 66p.
- Gausse H., 1963** – Ecologie et Phytogéographie. Abbayes : 952-972.
- Ghezlaoui B.E., 2001** – Contribution à l'étude phytoécologique des peuplements halophytes dans le Nord de l'Oranie (Algérie Occidentale). Thèse Mag. Ecol. Veg., Univ. Tlemcen, 94p + Annexes.
- Godron M., 1984** - Abrégé d'écologie de la végétation terrestre. Ed. Mass., 197 p
- Gounot M., 1969** – Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Mass. 314p.
- Djebaili S., Aidoud F. et Khelifi H., 1982** – Groupes écologiques édaphiques dans les formations steppiques du Sud-Oranais. Biocénose, 1 : 8-59.
- Girard M.C, 1977** – Apports de la télédétection à la cartographie des sols : possibilités et limites. Rapport du 1^{er} colloque pédologie et télédétection à Rome (1977). AISS, Rome, pp. 233-246.
- Haddouche I., 1998** - Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection (image Landsat TM). Cas de la région de Ghassoul (El Bayadh). Thèse Mag., INA, Alger, 143 p.
- Haddouche I., Mederbal K., Saidi S. et Benhanifia K., 2006.** Caractérisation d'une région steppique par télédétection. Cas de la région de Mécheria (Algérie). 1^{er} Séminaire International sur la Désertification et La Désertisation. Tiaret, 12-14 Juin 2006.
- 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 Mecheria, Algeria. Revue SFPT N°185 (2007-1), France. ISSN 1768-9791.
- Halitim A., 1985** – Contribution à l'étude des sols des zones arides des Hautes Plaines teppiques de l'Algérie. Morphologie, distribution et rôle des sols dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct. Etat, Univ. Rennes, 183p.
- Kadi-Hanifi-Achour H., 1998.** L'alfa En Algérie. Syntaxonomie, relations milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doct., USTHB., Alger, 270 P.
- Kadik B., 1983-** Contribution à l'étude du Pin d'Alep en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie, Thèse Doct. Etat Univ. Aix-Marseille III, 313p. + annexes.
- Kadik B., 1987** – Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. O.P.U, Alger, 580p.
- Kadik L. et Godron M. 2004** – Contribution à l'étude de la dégradation de la végétation dans les pineraies à *Pinus halepensis* Mill.d'Algérie et dans les formations dérivées. Jour. Soc. Bot. France, 27 : 9-19.
- Khellil M A., 1995** – Le Peuplement entomologique des Steppes à Alfa *Stipa tenacissima*. O.P.U 49 p. et Annexe.
- Le Houerou H.N., 1968** – La désertisation du Sahara Septentrional et des steppes limitrophes. Ann. Algér. de Géog., 6 : 2-27.
- Le Houerou H.N., 1969** - La Végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues d'Algérie, de Libye et du Maroc). Annales Inst. Nat. Agro. 42, 5 , Tunis, 624p.
- Loisel R., 1976** – La végétation de l'étage Méditerranéen dans le Sud-Est Continental Français. Thèse Doct. Es-Sci. Univ. Aix-Marseille III, 384p.

- Long G., 1975** - Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome 1: principes généraux et méthodes. Ed. Masson Paris, 256 p. Tome 2. : applications du diagnostic phytoécologique. Ed. Masson Paris, 232 p.
- Maire R., 1926**- Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouv. Gén. de l'Algérie, 78p, 1 carte H.T.
- Mederbal K., 1990** - Etude des milieux agricoles et steppiques à l'aide de l'outil télédétection. Séminaire Franco-Algérien de la Télédétection, 17-18 Mai 1990, Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Alger, 16p.
- Mederbal K., 1992** - Compréhension des mécanismes de transformation du tapis végétal: Approches phytoécologiques par télédétection aérospatiale et analyse dendroécologique de *Pinus halepensis* Mill., dans l'ouest Algérien. Thèse d'Etat Es-Sciences, Université d'Aix-Marseille III, 229p.
- Mederbal K., 1996** - Recherches écologiques sur les zones arides et semi-arides : la cartographie écologique, une base nécessaire pour l'écodéveloppement. Congrès International Ecodev96 « Evaluation des Méthodes d'approche de L'écodéveloppement des Zones arides et Semi-Arides », Adrar 13-16 Novembre 1996, 10p.
- Mederbal K., 1997** - Utilisation des SIG et de la télédétection pour la prévention des risques d'incendies. Séminaire International sur l'utilisation de l'Outil Spatial pour la prévention des Risques majeurs, 5-6 Mai 1997, CNTS d'Arzew, 10p.
- Mederbal K., 2002** - Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant la diversité biologique en Algérie: cas du surpâturage, du défrichement et de la désertification. Rapport d'expertise, actes de l'atelier du PNUD sur le Thème " Evaluation des Besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant la diversité biologique en Algérie", Alger 9-10 Décembre 2002, 40p.
- Mederbal K., Khaldi A., Regagba Z., 1999** - Intégration des données multisources dans un SIG pour l'aménagement des systèmes écologiques de l'Atlas Saharien Méridional : cas du Bassin versant et des terres irrigables du Barrage de Brézina (El Bayadh). Séminaire International Du CNIG "Al_SIG'99", 15-18 Novembre 1999, Ecole Militaire Polytechnique Bordj El Bahri, Alger, 12p.
- Merzouk A., 1992**. Utilisation de la télédétection spatiale dans l'étude et l'inventaire des sols en zone semi-aride. Geo-Observateur, Marisy, 1992, Rabat –Maroc, 43-50.
- Merzouk A., 2010** - Contribution à l'étude phyto-écologique et biomorphologique des peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse Doct. Es-Sci., Univ. Tlemcen, 277p.
- Merzouk A., Benabadji N., Benmansour D. et Thinson M., 2009** – Quelques aspects édapho-floristiques des peuplements halophiles de l'Algérie occidentale. Première partie : aspects édaphiques. Bull. Soc. Limn., T. 60 : 1-15.
- Molinier R., 1975** – Etude phytosociologique et écologique en Provence occidentale. SIGMA, N°35, 274p.
- Ozenda P., 1982**- Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin, Paris, 432p.
- Pouget M., 1980** – Les Relations Sol-Végétation Dans Les Steppes Sud-Algéroises. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille III, 555p.
- Quézel P. et Santa S., 1962** – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS. Paris. 2 Vol. 1170p.
- Quézel P., 1965** – La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie. Ed. Masson, Paris, 333 p.

- Quezel P., 1979** - Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour Méditerranéen. Actes Ecol. Forest., Ed. Gauthier-Villar, Paris, 61-86.
- Quézel P., 1983** – Flore et végétation de l’Afrique du Nord, leur signification en fonction de l’origine, de l’évolution et des migrations des flores et structure de végétation passées. *Bothalia*, 14: 411- 461.
- Quezel P., 2000** – Réflexions sur l’évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press Paris, 117p.
- Raunkiaer C., 1904** – Biological types with reference to the adaptation of plants to survive the unfavourable season, in Raunkiaer, 1934, 1-2
- Regagba Z., 1999** - Mise au point d’une méthode d’étude et d’aménagement des systèmes écologiques de l’Atlas Saharien Méridional : cas du Bassin Versant et des terres irrigables du Barrage de Brézina (El Bayadh). *Mém. Mag., Univ. Djilali Liabès, Sidi Bel Abbés*, 107p.
- Regagba Z., Benabdeli K., Mederbal K. et Belkhodja M., 2006** - Contribution of the spatial remote sensing and Geographical Information in the Management and planning of the natural habitat: Application in Algeria. *Egyptian Journal Of Applied Sciences*, Vol. 21, n°11, Egypt.
- Sari Ali A., 2004** – Etude des relations sol-végétation de quelques halophytes dans la région Nord de Remchi. *Mém. Mag., Univ. Tlemcen.*, 199p.
- Simonneau P., 1961** – Essai sur la végétation halophile : les problèmes de la salinité dans les Régions arides. Actes Coll. U.N.E.S.C.O, Teheran: 135-138.
- Zohary H., 1971** – Geobotanical foundation of the Middle East. Stuttgart, Fischer, 738 p.