



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES
LABORATOIRE D'ECOLOGIE VEGETALE ET ENVIRONNEMENT

THESE

Présentée à l' USTHB pour l'obtention du grade de Magister en Biologie
(Ecologie végétale ; option Sécheresse et désertification)

Par

Badia ZEMITI née LAHMAR

Mécanismes de désertification dans une steppe à armoise blanche
(*Artemisia herba-alba* Asso.) Cas de la région d'El May
(Sud- Oranais, Algérie)

Composition du jury

Mme D. NEDJRAOUI : Maître de conférence/USTHBPrésidente
Mr A. AIDOUUD : Maître de conférence/ USTHB.....Directeur de thèse
Mr. J. TOUFFET : Professeur à l'université de Rennes I..... Co-Directeur de thèse
Mme M .DAHMANI MEGREROUCHE : Maître de conférence/USTHB.....Examinatrice
Mme KADI -HANIFI : Maître de conférence.....Examinatrice

Soutenu le 10 juin 2001

**MECANISMES DE DESERTIFICATION DANS UNE STEPPE A
ARMOISE BLANCHE (*ARTEMISIA HERBA – ALBA ASSO*). CAS DE LA
REGION D’EL MAY (SUD-ORANAIS, ALGERIE)**

SOMMAIRE

INTRODUCTION -----	
-01	
CHAPITRE PREMIER : LA STEPPE D’ARMOISE BLANCHE <i>Artemisia herba-alba Asso.</i>	
Introduction -----	03
1- Présentation de l’armoise blanche-----	03
2- Aperçu sur la flore et la végétation -----	08
3- Utilisation des steppes d’armoise blanche-----	09
4- Cas particulier du site d’El May-----	12
CHAPITRE DEUXIEME : LES CHANGEMENTS EDAPHIQUES LE LONG DU GRADIENT DE PATURAGE	
Introduction-----	22
1- Caractères oro-topographiques et édaphiques des glacis d’El May-----	23
2- Méthodologie-----	25
3- Résultats -----	28
Discussion-----	29
Conclusion-----	31
CHAPITRE TROISIEME : ANALYSE QUANTITATIVE DE LA VEGETATION ET IMPLICATION PASTORALE	
Introduction -----	32
1- Méthodologie -----	32
2- Résultats -----	36
Discussion-----	40
Conclusion-----	43
CHAPITRE QUATRIEME : LES POPULATIONS ET LES COMMUNAUTES VEGETALES	
Introduction-----	44
1- Méthodologie -----	45
2- Résultats -----	51
Discussion -----	60
Conclusion-----	64
CHAPITRE CINQUIEME : SYNTHESE ET DISCUSSION GENERALE -----	
66	
CONCLUSION GENERALE -----	
78	
Bibliographie-----	83
Annexes-----	97
Liste des figures-----	99
Liste des tableaux-----	99
Table des matières-----	101

INTRODUCTION

Les parcours steppiques à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*¹ Asso.) sont reconnus depuis longtemps comme des pâturages bien appréciés par les troupeaux ovins et les éleveurs. Ils sont considérés souvent comme parmi les meilleurs parcours steppiques des Hautes Plaines d'Algérie (AIDOUD,1989). L'ensemble des steppes a été marqué durant les deux dernières décennies par une dégradation rapide et sans précédent, qualifiée de désertification (LE HOUEROU, 1985; AIDOUD-LOUNIS, 1997). Les steppes à armoise blanche du Sud-Oranais en particulier, ont subi une forte dégradation durant la décennie 1980. Deux facteurs principaux seraient à l'origine de cette dégradation : le surpâturage dont l'indicateur principal est la croissance du cheptel ovin (ONS², 1993) mais également une baisse de la pluviométrie, tendance ayant débuté dans le Sud-Oranais dès la fin des années 1960 et qui semble couvrir l'une des plus longues périodes à l'échelle du siècle (AIDOUD et *al.*, 1998).

La conférence des Nations Unies de Rio de Janeiro en 1992 définit à juste titre la désertification comme une " dégradation des terres arides, semi arides et sub-humides, sèches résultant de divers facteurs incluant les variations climatiques et les activités humaines ". A la sécheresse et au surpâturage dont l'action est directe sur la végétation, s'ajoutent un grand nombre de facteurs indirects, de nature socio-économique, situés en amont. De nombreux auteurs font ressortir la complexité de la désertification en relation avec le nombre important de facteurs mis en jeu (VERSTRAETE et SCHWARTZ, 1991; MAINGUET, 1994 ; THOMAS et MIDDLETON, 1993 ; DODD, 1994; DEAN *et al.*, 1995; HUTCHINSON, 1996).

Dans le présent travail, nous nous intéressons plus particulièrement aux effets du pâturage et du surpâturage. Celui-ci ressort comme la première cause de désertification en Afrique (UNEP, 1992). Sous climat aride, cette désertification agit par étapes successives (MILTON et *al.*, 1994). L'une des étapes les plus critiques correspond à la réduction du couvert des pérennes (VERSTRAETE et SCHWARTZ , 1991; LE HOUEROU, 1992a). La destruction de la végétation pérenne fragilise le sol (ROGNON, 1993; LE HOUEROU, 1995b) et l'expose à l'érosion plus particulièrement à l'érosion éolienne qui caractérise les milieux arides (BULLOCK et LE HOUEROU, 1996). Les travaux sur les mécanismes de désertification dans les écosystèmes des Hautes Plaines sont peu nombreux. Ceux effectués, basés sur le suivi à long terme en stations et sites permanents ont montré l'importance et les causes de cette dégradation dans la steppe d'alfa (AIDOUD et TOUFFET, 1996; SLIMANI, 1998; AIDOUD et *al.*, 1999). Ces auteurs ont montré une réduction importante du couvert et de la biomasse des pérennes, un changement de

¹ La nomenclature utilisée est celle de Quezel et Santa(1963)

² Office National de Statistique

composition floristique de même qu'une dégradation des conditions édaphiques des steppes d'alfa de plaine du Sud-Oranais.

Partant de la même problématique, le présent travail, a pour objectif l'évaluation de la désertification dans la steppe d'armoïse blanche en essayant de faire la part des effets du pâturage par rapport à ceux de la sécheresse. La steppe étudiée est celle de la région de Bordj-El May dans le Sud-Oranais. Cette steppe, située dans une ancienne coopérative d'élevage, est à l'origine caractérisée par une grande homogénéité physionomique. Les travaux de suivi du fonctionnement (production primaire) et des variations inter-annuelles de la diversité et de la composition spécifique ont été réalisés dans un site permanent depuis 1975 (AIDOUD, 1983, 1989). Ce site permanent a été choisi et installé dans le cadre des programmes de recherche initiés par le CRBT¹. La dégradation récente de la végétation a été montrée par une évaluation dans les glacis voisins du site permanent (BABASSASSI et DAOUD, 1990).

La parcelle témoin mise en défens depuis juillet 1975, a permis le maintien des principales caractéristiques du système préexistant. Le système de protection contre le surpâturage par gardiennage au voisinage immédiat de cette parcelle a permis l'installation d'un gradient de pâturage offrant une situation très proche des conditions expérimentales "*in natura*" (BARBAULT, 1992). Notre évaluation se base ainsi sur l'étude de ce gradient à travers des transects d'échantillonnage. Nous avons utilisé la technique du gradient de pression de pâturage déjà utilisée, à une échelle plus large, pour l'évaluation de la dégradation des parcours (PICKUP, 1991). S'inspirant de ce même principe, notre approche a pour objectif d'évaluer le long de transects, l'impact du pâturage sur :

- (1) la végétation à travers les changements de la composition spécifique des communautés, de la densité et de la biomasse des principales populations végétales et des ressources fourragères ;
- (2) les conditions édaphiques exprimées ici par les changements des caractères de la surface du sol, ceux de la texture et de la teneur en matière organique.

Notre travail s'articule ainsi autour des cinq chapitres :

un **premier chapitre** concerne la présentation de la steppe à Armoïse blanche ;

le **deuxième chapitre** est consacré aux changements édaphiques ;

le **troisième chapitre** traite de l'analyse quantitative de la végétation et les implications pastorales;

le **quatrième chapitre** aborde l'étude des populations et des communautés;

le **cinquième chapitre** est consacré à la synthèse et à la conclusion générale

¹ Centre de Recherche sur les ressources Biologiques Terrestres actuellement unité de recherche U.R.BT.

CHAPITRE PREMIER

LA STEPPE D'ARMOISE BLANCHE : *ARTEMISIA HERBA-ALBA* ASSO. (photo. n°1.1)

Introduction

L'armoise blanche couvre une aire de répartition (fig.1.1) allant de la péninsule ibérique à l'Afghanistan (OURCIVAL, 1992). Elle marque le paysage de vastes espaces steppiques en Iran, au Proche-Orient et dans le Nord de l'Afrique (LE HOUEROU, 1979; KAUL et AL MUFTI, 1974; THALEN, 1979; ZOHARY, 1962, 1973). L'armoise blanche est présente dans les Pyrénées, ce qui semble correspondre à sa limite Nord en région méditerranéenne occidentale (OURCIVAL, 1992).

En Algérie (Fig.1.2), la steppe d'armoise blanche couvre environ trois millions d'hectares (DJEBAÏLI *et al.*, 1995). C'est dans le Sud-Oranais où, couvrant près de 30% des parcours, elle est la mieux représentée. Formant un paysage végétal très monotone, cette steppe est à vocation essentiellement pastorale. L'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) est nommée encore « **chih** » dans pratiquement toute son aire du Nord de l'Afrique et du Proche-Orient.

La place taxinomique et phytogéographique, les descriptions de la répartition, la biologie de l'espèce dominante ont été présentées par plusieurs auteurs : LE HOUEROU, 1979; KAUL et AL MUFTI, 1974; THALEN, 1979; ZOHARY, 1962, 1973; OURCIVAL, 1992; WILLKOMM et LANCE, 1981; PELTIER, 1982; AIDOUD, 1988; OUYAHYA et VIANO, 1987; VALLES XIRAN, 1987; ZOHARY, 1962; QUEZEL *et al.*, 1987).

Ce chapitre est consacré à une présentation générale d'abord de l'espèce dominante, des groupements qu'elle constitue et enfin des divers usages auxquels cette ressource est destinée et en particulier l'usage pastoral.

1-Présentation de l'armoise blanche

1.1- Taxinomie et phytogéographie

Selon SHMIDA (1985), le genre *Artemisia* s'est récemment adapté aux régions désertiques (Pliocène et Pléistocène). Ce genre est absent des déserts de l'hémisphère sud et il s'est différencié des autres genres des Asteraceae par l'acquisition de l'anémogamie (OURCIVAL, 1992).

L'armoise blanche est décrite pour la première fois par Asso en 1779. Ce dernier en fait une seule et unique espèce alors que LAMARCK (cité par WILLKOMM et LANCE *in*. POURRAT, 1974) reconnaît deux espèces : *Artemisia aragonensis* (blanc velu) et *Artemisia valentina* (vert glabre).



Photo. 1.1- La Steppe à armoise blanche (*Artemisia herba alba*)

Sur le plan de la nomenclature, plusieurs variétés ont été citées : *incana* Boiss. (blanche et velue) et *glabrescens* Boiss. par WILLKOMM et LANCE (1981); *oranescis* Debeaux (considéré comme plus aride) par HOCHRENTNER (1903, 1904) dans le Sud -Oranais; *valentina* par DELGADO et al., (1980). PELTIER (1982) ayant travaillé dans la vallée du Souss (Maroc) cite les variétés *herba-alba* dans l'Atlas et *huguetti* sur le littoral (d'Agadir au Cap Rhir).

Le polymorphisme de cette espèce (QUEZEL et SANTA, 1962; AIDOU, 1988) est attribué à l'existence de plusieurs races chromosomiques (OUAYAHYA et VIANO, 1988; VALLES XIRAN, 1987). Selon ces auteurs, on trouve au Maroc la forme diploïde ($2n=18$), en Espagne les formes, à la fois diploïde et tétraploïde ($4n = 36$) et en Tunisie seulement la forme tétraploïde. Ce fort polymorphisme a conduit à la description de nombreuses sous - espèces.

Au plan phytogéographique, *Artemisia herba-alba* est considérée comme une espèce Irano-Touranienne (ZOHARY, 1962 et QUEZEL, 1978). L'existence de la flore Irano-Touranienne en Afrique du Nord est très discutée. QUEZEL (1978) parle de "reliques Irano- Touraniennes" et OZENDA (1977) de rameau émigré vers les hauts plateaux, d'Afrique du Nord, ce dernier place cependant, l'armoise blanche parmi les méditerranéennes et les Saharo- Sindiennes.

Les travaux récents de biosystématique distinguent le taxon méditerranéen *Seriphidium incultum* delile (OURCIVAL, 1992) des steppes du Nord de l'Afrique et d'Espagne, du taxon iranotouranien *Artemisia herba-alba*. LE HOUEROU (1995a) maintient le binôme de *Artemisia herba-alba*. C'est ce dernier que nous avons utilisé dans le présent travail.

1.2- Ecologie

Sur le plan climatique, l'armoise blanche présente une grande plasticité, elle est citée dans la tranche 200 à 600 mm de pluviosité annuelle moyenne (LE HOUEROU, 1969). Elle appartient à l'intervalle bioclimatique (au sens d'EMBERGER) allant de l'étage semi-aride supérieur à l'étage per-aride (saharien) inférieur avec des hivers chauds à froids. L'espèce trouve son optimum, en tant qu'espèce dominante dans l'étage bioclimatique aride, avec une pluviosité moyenne de 200 à 300 mm à hivers frais ou froids.

Sur le plan édaphique, les exigences de cette plante semblent plus nettes, en particulier pour la texture. Ainsi, depuis la description de MAIRE (1926) en Afrique du Nord, on reconnaît à cette espèce une préférence pour les sols relativement lourds, à texture argileuse ou limoneuse.

En Algérie, d'après les travaux les plus récents (DJBAILI, 1978; POUGET, 1980 et AIDOU-LOUNIS, 1984) la texture la plus répandue de l'armoise blanche est limono-sableuse. L'explication possible pouvant être donnée est l'extension de l'armoise blanche sur les glaciers aux dépens de l'alfa et sa disparition des dépressions argileuses que l'homme a utilisé pour ses cultures.

AIDOUD (1983) passe en revue les conditions édaphiques des sites où cette espèce est présente à travers son aire de répartition en Algérie, Irak, Maroc, Israël et le Sud Tunisien. Pour la caractérisation autoécologique de cette espèce, l'auteur a utilisé la méthode des profils écologiques de GODRON (1971) qui ont été réalisés à partir de l'échantillonnage phytoécologique de l'ensemble de la wilaya de Saïda (C.R.B.T, 1978). Ainsi, nous pouvons remarquer, dans le Sud-Oranais, la fréquence faible de l'armoise blanche dans les accumulations sableuses, les formes alluviales et les versants de Djebels. C'est une espèce qui évite les sols à texture grossière et les affleurements de roche mère.

1.3- Morphologie, biologie et adaptations

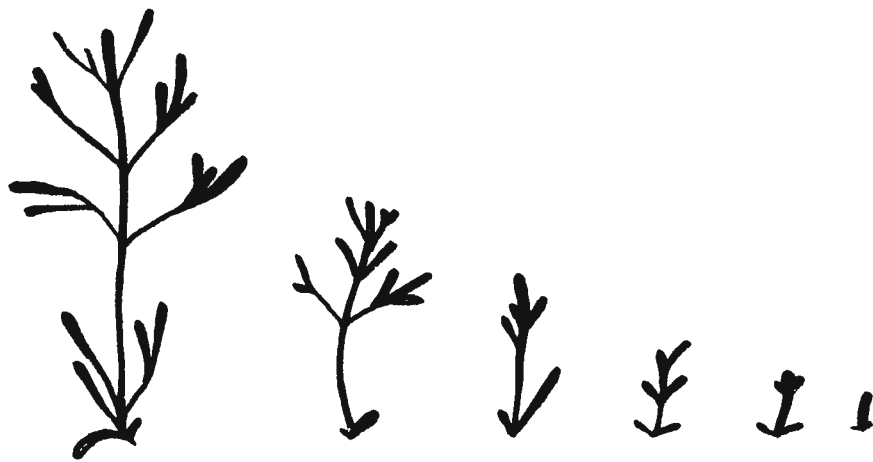
La morphologie générale de la touffe d'armoise dépend des conditions de milieu mais surtout de l'intensité de son exploitation par le pâturage. Lorsqu'elle est peu pâturée, elle se présente en touffe ronde bien développée d'une hauteur d'environ 25 à 30 cm et d'un diamètre moyen de 30 à 40 cm. La hauteur de même que le diamètre peuvent atteindre et même dépasser 50 cm lorsque la plante se trouve sur le sol profond et bien arrosé. Surpâturée, cette plante est en touffe de taille réduite et présentant souvent des tiges rampantes en raison du piétinement (fig.1.3 b).

Artemisia herba-alba fleurit au mois d'octobre - novembre, fructifie et dissémine ces graines en décembre (AIDOUD, 1988). Cette floraison d'automne constitue une stratégie adaptative adoptée par beaucoup d'espèces des régions arides. Elle permettrait aux graines d'échapper à la prédation durant la période estivale (SOLBRIG *et al.*, 1977).

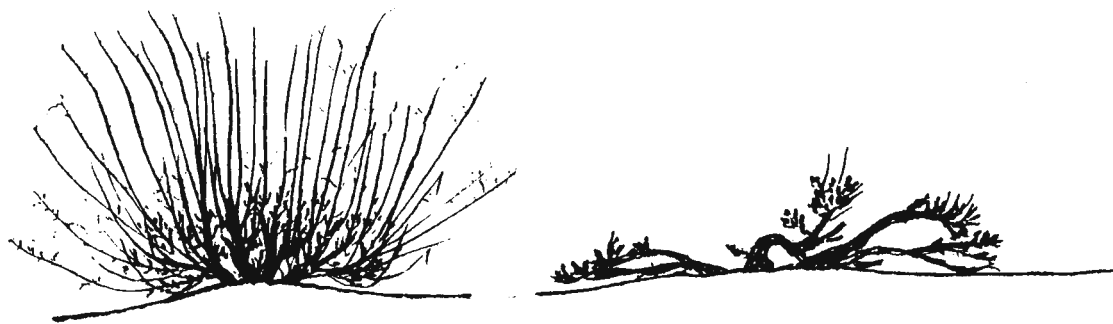
Dans son cycle annuel, les feuilles de l'armoise blanche montrent un polymorphisme saisonnier (Fig.1.3 a). Les premières qui se développent en hiver en général sont grandes et découpées. Les suivantes sont de taille de plus en plus réduite et de moins en moins découpées, ce qui permet la réduction de la surface transpirante car ce polymorphisme constitue l'un des caractères adaptatifs de l'espèce à la sécheresse (AIDOUD, 1983). ORSHAN et ZAND (1962) ont démontré que *Artemisia herba-alba* peut réduire son poids pendant la saison sèche de plus de 70%. Cette diminution abaisse considérablement la transpiration de la plante.

BOYKO et ABRAHAM (1954) *in* POURRAT (1974) ont montré chez *Artemisia herba-alba*, que la densité et la profondeur des ramifications des racines varient avec l'aridité du climat.

Dans une région désertique, cette espèce présente un système racinaire peu profond avec un grand nombre de ramifications latérales particulièrement abondantes entre 2 et 5 cm de profondeur. Cette forme et ce mode d'extension latéral des racines permet, lorsque l'aridité augmente, une meilleure interception de l'eau infiltrée.



a. Formes et tailles de la feuille chez *Artemisia herba-alba* (x2).



b. Touffe non pâturée

c. Touffe surpâturée

Fig.1.3 – Caractères morphologiques de *Artemisia herba-alba* (Aïdoud, 1983).

OURCIVAL (1992) a montré qu'une touffe d'armoise blanche est composée de sous-parties fonctionnelles (sous-individus) indépendantes du point de vue de l'alimentation en eau et qui lui permettent de maintenir, une sous - partie en vie grâce à des conditions micro -édaphiques favorables, alors que le reste de l'individu meurt. Grâce à ces sous individus autonomes, l'espèce augmente ses capacités adaptatives aux conditions d'aridité qu'elle rencontre dans la partie méridionale de son aire de répartition.

L'allélopathie se manifeste lorsque la plante produit des substances toxiques qui sont lessivées par les eaux de pluie et entraînées dans le sol (DAJOZ, 1985). L'allélopathie est un phénomène commun chez le genre *Artemisia* (FLORET et PONTANNIER, 1982; FRIEDMAN et ORSHAN, 1975; FRIEDMAN *et al.*, 1977; HANIFI, 1982).

A l'approche de la saison sèche, en raison semble-t-il du phénomène de compétition pour l'eau, une grande partie des germinations d'armoise est appelée à disparaître (FRIEDMAN et ORSHAN, 1977). Ce phénomène est le résultat chez l'armoise de l'action allélopathique exercée par les individus adultes sur les germinations de même que sur les autres espèces, essentiellement des thérophytes (FRIEDMAN et ORSHAN, 1975). Ce type d'action a été observé par HANIFI (1982) dans le site étudié (El May) au voisinage immédiat des touffes d'armoise. Il semble cependant que cette action ne s'exerce qu'en période de déficit hydrique prononcé (AIDOUD, 1989). Ce dernier a pu enregistrer, après un automne humide, une germination de thérophytes très abondante et régulièrement répartie.

Ces propriétés biologiques ne suffisent pas toutefois à protéger l'armoise blanche de la forte dégradation actuelle.

-Les graines d'armoise blanche

La taille des graines ne dépasse pas 0.3 mm, au contact de l'eau la graine développe une masse mucilagineuse qui lui permettra de se fixer dans le sol (KAUL et AL MUFTI, 1974).

Nous avons pu récolter des graines en quantité durant l'automne 1993. Des tests de germination effectués au laboratoire ont montré la viabilité de ces dernières. Les graines sont minuscules ; d'après nos comptages, 1g contient en moyenne 5900 graines, ce qui confirme les résultats obtenus par KAUL et AL MUFTI (1974) qui ont compté jusqu'à 6000 graines/g.

2- Aperçu sur la flore et la végétation

Les Hautes Plaines sud-oranaises font parties des steppes occidentales qui sont situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud. Les trois espèces dominantes les plus caractéristiques de ces steppes sont l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), l'alfa (*Stipa*

tenacissima) et le sparte (*Lygeum spartum*), mais avec des proportions qui ont subi de profondes modifications en raison d'une dégradation de plus en plus intense.

2.1- Place phyto - dynamique dans la steppe

Sur le plan phyto- dynamique, les groupements à armoise sont issus de la dégradation de ceux à alfa (CELLES, 1975; LE HOUEROU *et al.*, 1975; DJEBAILI, 1978; AIDOUD-LOUNIS, 1984; AIDOUD *et* AIDOUD- LOUNIS, 1991), qui constitueraient eux-mêmes l'ultime stade de régression des formations forestières (QUEZEL *et al.*, 1990). Sans rentrer dans le débat sur un éventuel climax steppique, nous dirons, en accord avec AIDOUD-LOUNIS (1997) que la steppe d'alfa, représenterait " le système historique indigène " (*sensu* ARONSON *et al.*, 1995), c'est à dire le système dont sont issus par dégradation, la majorité des groupements steppiques. Ces groupements, tels ceux à armoise blanche et sparte (peuvent se maintenir longtemps en équilibre, constituant ainsi des " stades alternatifs stables " au sens de WESTOBY *et al.*, 1989 *et* ARONSON *et al.* (1993).

La figure 1.4 donne le schéma dynamique des formations steppiques du bassin-versant du Chott Chergui (Sud-Oranais). Basé sur une approche synchronique réalisée par AIDOUD-LOUNIS (1984), ce schéma montre les principaux types de steppes selon les espèces physionomiquement dominante. Deux trajectoires sont mises en évidence :

- dans la trajectoire **T1**, les phénomènes d'érosion sont dominés par l'ablation. Dans ces conditions l'alfa est progressivement remplacée par *Artemisia herba-alba* qui peut être à son tour supplantée par des espèces non palatables tels que : *Noaea mucronata*, *Atractylis serratuloides* *et* *Salsola vermiculata*. L'accentuation de la dégradation peut mener dans certains cas à l'élimination totale des espèces pérennes ;

-dans **T2**, l'érosion s'accompagne de dépôts de voile sableux sur lequel, l'alfa dégradé est remplacé par le sparte. La variation de l'épaisseur du sable est indiquée par la présence des espèces suivantes : *Plantago albicans*, *Artemisia campestris*, *Thymellaea microphylla*. Lorsque le sable dépasse 50 cm, *Lygeum spartum* sera remplacé par *Stipagrostis pungens*. Notons que ce schéma dynamique peut varier selon les régions.

3- Utilisation des steppes d'armoise blanche

3.1-Utilisation pastorale

3.1.1- Les parcours pastoraux à armoise blanche

Les steppes à armoise blanche constituent des pâturages bien appréciés par les troupeaux ovins, et sont considérées souvent comme les meilleurs parcours¹ des zones steppiques.

¹ Surface occupée par une végétation naturelle susceptible de constituer une source alimentaire directement prélevable par les animaux (LE HOUEROU, 1980)

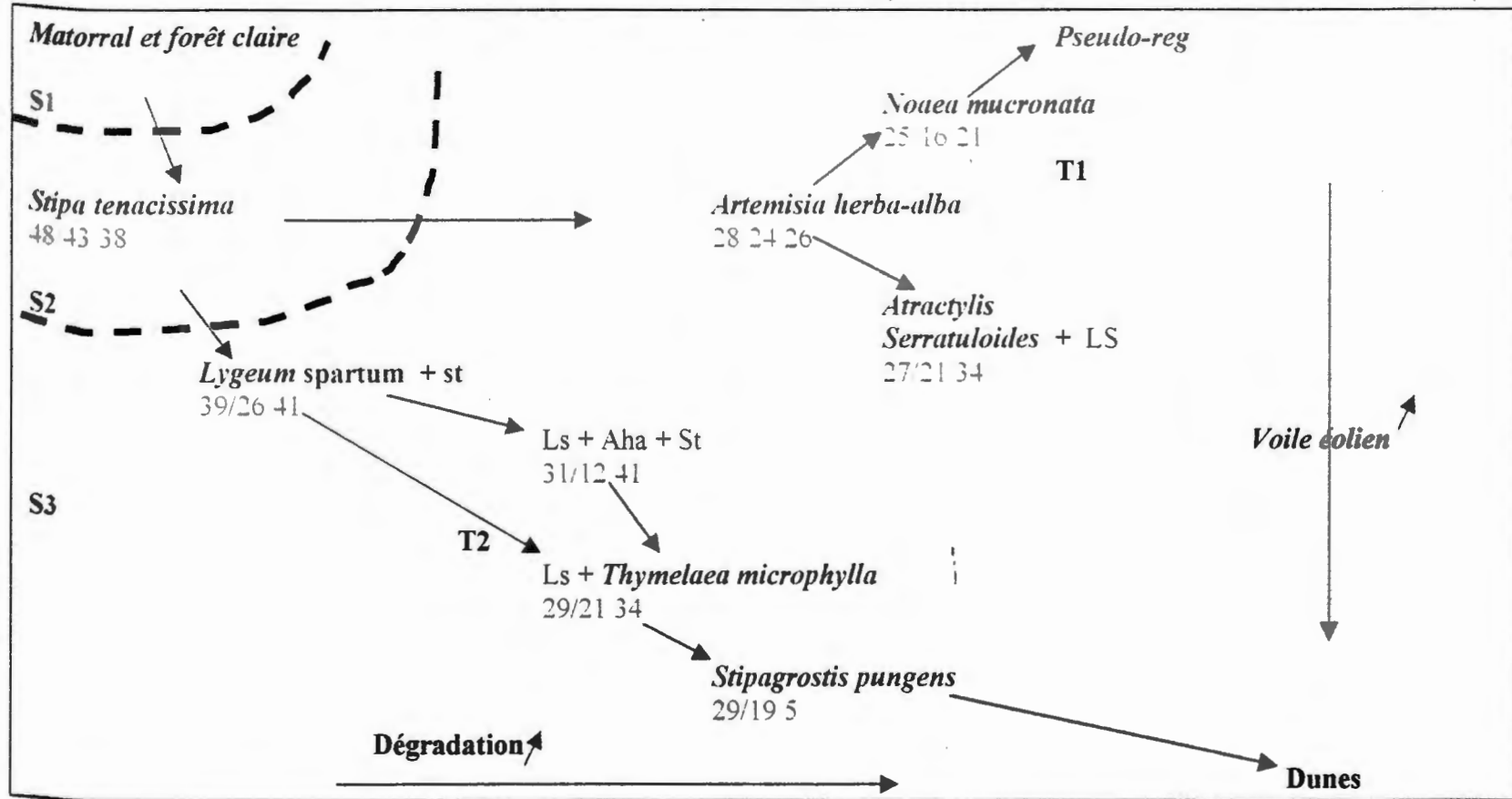


Figure 1.4 – Schéma général des successions steppiques dans la région du Chott Ech-Chergui (AIDOUUD et AIDOUUD-LOUNIS, 1991)

Légende des valeurs numériques
 RG : Recouvrement global de la végétation (%)
 RP : Recouvrement des pérennes (%)
 RS : Richesse floristique

L'armoise blanche est utilisée essentiellement comme fourrage naturel, sa composition chimique en oligo-éléments et en acides aminés, fait de l'espèce un fourrage particulièrement intéressant pour le cheptel. Cependant son exploitation pastorale se fait surtout en été et en automne en raison de la richesse en thymol des jeunes feuilles (KILLIAN, 1954).

La production pastorale, exprimée en UF est de 120 à 140 UF/ha, pour une steppe de recouvrement moyen de 25 à 30% (C.R.B.T, 1978).

Ces steppes tiennent une place de première importance en milieu steppique et dans l'économie des Hautes Plaines dont la vocation est essentiellement pastorale.

Les bonnes caractéristiques de ces parcours ont causé une pression pastorale qui a entraîné une dégradation aussi bien du couvert végétal que du sol et par voie de conséquence une extension plus grande d'espèces peu appréciées par les animaux ; *Atractylis serratuloides* en est un bon exemple (AIDOUD- LOUNIS, 1984).

3.1.2- Valeur fourragère de l'armoise blanche

L'armoise blanche est considérée comme une espèce de bonne valeur fourragère. Les résultats publiés sur la valeur énergétique de l'armoise blanche (RODIN et *al.*, 1970, BOUATTOURA, 1973; HAMROUNI et SARSON, 1974; NEDJRAOUI, 1981) montrent une hétérogénéité dans les résultats, ceci peut être lié à la période de mesure dans l'année. Selon NEDJRAOUI (1981), la valeur énergétique de l'armoise varie entre 0.85UF/Kg Ms pour les très jeunes pousses à 0,25UF/KgMs pour des pousses âgées de une année et lignifiées. Selon RODIN & VINOGRADOV (1970), c'est une espèce alibile qui contribue à l'engraissement des animaux. La composition chimique des feuilles et des pousses est très riche en protéine (16,96%), lipides (3,65%) et cellulose (20,73%). Elle renferme relativement peu de cellulose pendant une période assez longue, c'est seulement durant un été très sec, quand ses feuilles tombent et les pousses commencent à dominer, que la proportion des protéines diminue tandis que celle de la cellulose augmente. Sa valeur énergétique augmente avec le développement de nouvelles feuilles en automne (BECHET et NEDJRAOUI, 1982).

3.2-Autres utilisations

L'armoise peut être prélevée et utilisée en grande quantité comme combustible. Les rameaux peuvent servir à la confection de balais. Elle est également cueillie et vendue dans les marchés pour les très nombreuses vertus thérapeutiques dont une synthèse est présentée par LE FLOC'H (1983). L'armoise blanche est ainsi utilisée, selon les régions, pour combattre les névralgies et les maux d'estomac. Elle est employée comme pansement pour les blessures. Les feuilles et les

fleurs, en infusion, servent de vermifuge pour les enfants ; en infusion ou en cataplasmes contre le rhume et la variole ou pour activer l'évolution des abcès. L'armoise est utilisée pour de nombreuses affections digestives.

Dans le Sahara Algérien, des propriétés encore plus variées sont attribuées à cette espèce comme vermifuge, antidiarrhéique, fébrifuge, remède des troubles nerveux, de la toux, des maux de tête, et des états émotifs.

Au Maroc, RENAUD et COLIN *in*. LE FLOC'H (1983) ont rapporté que butinée par les abeilles, l'armoise blanche fournit un miel blanc comme le camphre. Cette espèce peut avoir des applications industrielles, comme l'utilisation de ses huiles comme arôme ou parfums (BENDJILALI et RICHARD, 1980).

Les labours correspondent à un autre usage des steppes. A l'échelle des zones arides méditerranéennes, l'extension des cultures est telle que la steppe a perdu une grande partie de sa réalité écologique. La végétation steppique jadis pâturée est presque partout envahie par la céréaliculture comme souligné par les travaux de LE COZ(1990); CHAIB(1991) et FLORET *et al.*,(1992) et BOUTONNET(1991) en Algérie. Cette extension des surfaces cultivées se fait surtout en années pluvieuse (CHAIB, 1991) au détriment des meilleurs zones de pâturages (JAUBER, 1993).

Notons que les steppes à armoise blanche en particulier, sont le plus souvent mises en cultures dans leur frange septentrionale et dans la quasi- totalité des dépressions (Oueds et dayates). Ce phénomène qui tend à se généraliser même dans le Sud-Oranais, réduit de plus en plus la superficie des parcours steppiques et plus particulièrement dans les meilleures conditions de leur développement. Ainsi, dans le Nord du Chott Ech - Chergui, la mise en culture généralisée d'une grande partie des Steppes à armoise blanche, instaurée en 1976-1977, a atteint l'isoyete de 200 à 250 mm (AIDOUD, 1989). Ces cultures ont recours de plus en plus à la mécanisation du travail du sol et à des techniques culturales modernes mais plus néfastes.

4-Cas particulier du site étudié d'El May

4.1- Cadre Climatique

Le site de Bordj EL May, à une altitude de 1058m, est situé à une cinquantaine de kilomètre au Sud-Est de la ville de Saida (fig.1.5), appartenant à la commune de Sidi-Ahmed. La steppe étudiée correspond à une station permanente installée en 1975 en vue d'observations et d'expérimentations sur le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes steppiques.

Le climat des steppes algériennes en général et du Sud-Oranais en particulier a été décrit au sens de l'écologie végétale, dans de nombreux travaux (DJEBAILI, 1978; LE HOUEROU *et al.*, 1979; DJELLOULI, 1981, 1990 ; ACHOUR, 1983; AIDOUD-LOUNIS, 1984; BOUZENOUNE, 1984).

Station d'EL MAY



Les principales steppes du Sud-Oranais selon leurs espèces dominantes (CRBT, 1978)

- | | | |
|---|---|---|
|  de versant |  <i>Artemisia herba-alba</i> |  Sebkha = depression salée |
|  <i>Stipa pennicissima</i> de glacis (couvert > 25%) |  <i>Lygeum spartum</i> | |
|  de glacis (couvert < 25%) |  autres steppes | |

Les données de température que nous avons utilisées ont été recueillies par l'Office Nationale de la Météorologie (O.N.M) pour la période de 1987-1993 (Station d'EL Kreider), les données de pluviosité ont été mesurées dans la station d'El May de 1976 à 1986. Suite à l'arrêt du fonctionnement de cette station météorologique en 1987 nous avons complété les données par extrapolation à partir de la station d'EL Kreider, la plus proche du site d'étude.

La moyenne annuelle de pluie à long terme, calculée par extrapolation est de 220 mm/an (AIDOU, 1989). Calculée pour la période 1976 – 1993, cette moyenne est de 208 ± 55 mm/an (tabl.1.1). Le coefficient de variation de la pluviosité annuelle ($c.v = 30\%$) exprime l'importance de variation de la pluviosité annuelle (Fig.1.6) .

La température moyenne annuelle est de 16.5 C° avec des moyennes **M** des maxima du mois le plus chaud de $35,9\text{ C}^\circ$ en juillet. La moyenne **m** des minima du mois le plus froid est de -0.8 C° en janvier (Tabl. 1.2).

Tableau 1.1 – Quantité de pluies annuelles (mm) de la station de Bordj El May

Année	76	77	78	79	80	81	82	83	84
P(mm)	203.9	290.6	201.3	174.8	244.9	311.3	191.1	172.8	120.0
Année	85	86	87	88	89	90	91	92	93
P(mm)	146.5	184.4	187.2	180.6	279.9	175.6	277.8	251.4	150.0
Moyenne pour la période 1976-1993 : 208 mm/an									

Tableau 1.2 - Températures moyennes annuelles

	T(C°)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
Kreide r	t moy	22.7	16.1	10.3	7.7	4.9	7.2	10.5	13.3	17.6	19.5	27.2	27.3
	tmin	15.6	10.0	5.0	4.0	-0.8	1.0	0.6	6.8	10.8	15.4	19.1	19.3
	t max	30.6	23.1	16.2	12.7	11.1	13.8	17.3	20.4	24.9	30.9	35.9	35.5
t moy : températures moyenne ; t min : moyenne des minimums ; t max : moyenne des maximums. m : moyenne des minima du mois le plus froid = -0.8C° M : moyenne des maxima du mois le plus chaud= 35.9C°													

L'expression synthétique du climat se fait à travers de nombreux indices et coefficients. Un des indices climatiques le plus employé en région méditerranéenne est le quotient pluvio-thermique d'EMBERGER ($Q2 = 2000P/M2-m2$). Ce quotient utilise la pluviosité moyenne annuelle exprimée en millimètres et les moyennes des maxima M et des minima m en degré Kelvin. Pour la station de Bordj El May, Q2 est de 19,5.

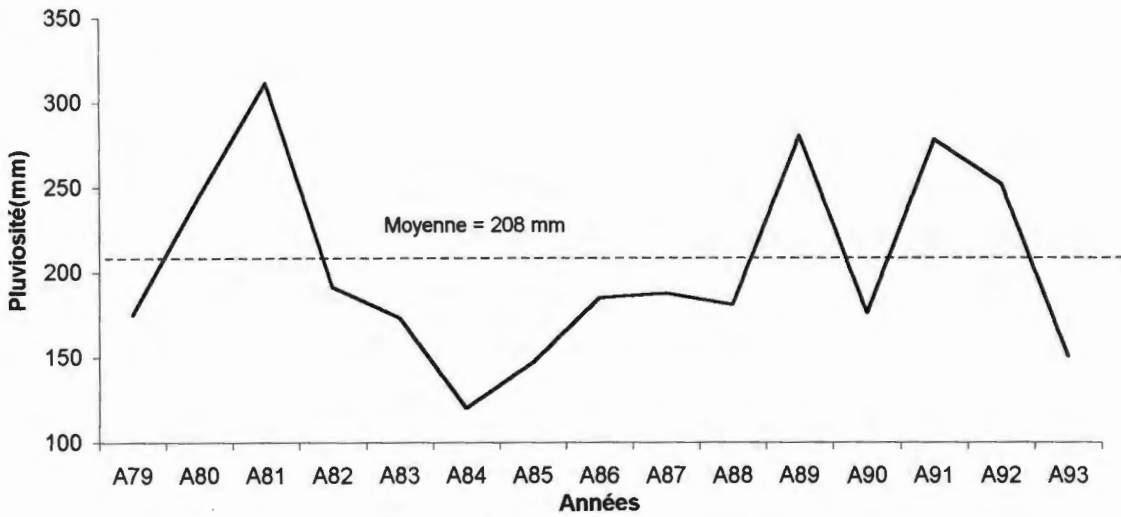


Figure 1.6- Variabilité inter-annuelle de la pluviosité(mm) de la station de Bordj EL May

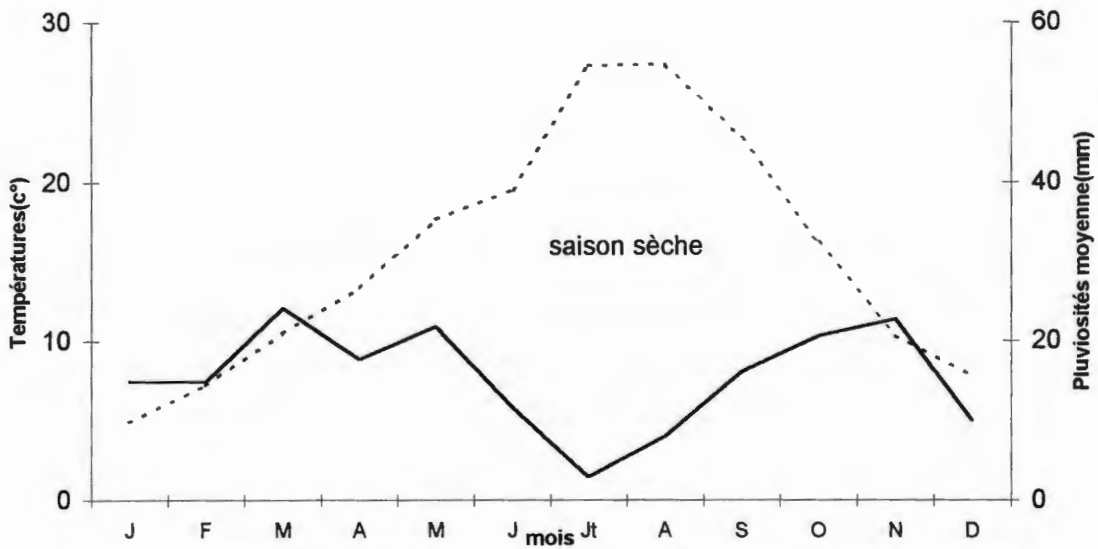


FIGURE 1.7 - Diagramme ombrothermique de la station de bordj El May. Les données utilisées sont des moyennes annuelles de la période 87-93 pour les températures et 79-93 pour les précipitations.

La combinaison de ce quotient, exprimant la sécheresse du climat (EMBERGER, 1930) et de m (moyenne des minima du mois le plus froid) permet d'établir le climagramme précisant l'appartenance d'une localité à un étage dit " bioclimatique " déterminé par la valeur du quotient et à un sous-étage ou variante thermique déterminée par la valeur de m (SAUVAGE, 1961). Selon ce climagramme, la station de Bordj El May se situe dans l'étage aride froid. Selon la carte établie par DJELLOULI (1981), notre zone d'étude appartient à l'étage aride moyen à hiver frais. Partant de la définition d'un mois biologiquement sec selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), mois dont le total des précipitations est inférieur ou égale au double de la valeur de la température moyenne, le diagramme ombrothermique permet de déterminer l'intensité et la durée de la période sèche qui s'étale ici sur environ sept mois (fig.1.7).

4.2- Système préexistant (conditions 1975-82)

La région d'El May fait partie intégrante des Hautes Plaines du Sud-Oranais. En 1975, une station permanente y a été installée afin de représenter l'une des steppes d'armoises les plus denses et les plus homogènes d'Algérie.

La végétation d'El May présente alors une structure relativement homogène. Dans la carte de l'occupation des terres au 1/200 000 établie par le C.R.B.T en 1978, elle est intégrée à l'unité 310 b

(faciès à armoise blanche) où b représente le recouvrement de la végétation b compris entre 25 et 50%.

L'armoise est largement dominante avec une densité moyenne de 30 000 touffes par hectare et une contribution à la phytomasse supérieure à 80% (AIDOUUD *et al.*, 1980; AIDOUUD, 1983).

Dans la composition floristique, outre *Artemisia herba-alba*, les autres espèces pérennes sont *Lygeum spartum* et *Noaea mucronata* mais restent très peu représentées (contributions respectives au tapis végétal inférieure à 1%). Le reste des espèces, au nombre de 56, relevées durant 10 ans (AIDOUUD, 1989), sont des petites vivaces et thérophytes regroupées sous le vocable d' " éphémères " en raison de leur cycle biologique interrompu durant les périodes sèches; ce sont les arido-passives selon EVENARI (1985). Cette catégorie comprend une cinquantaine d'espèces. La répartition de ces espèces selon les types biologiques définis par RAUNKIAER, montre de prime abord la dominance des thérophytes qui est une caractéristique connue des régions arides. Le tableau 1.3 donne les espèces les plus fréquentes classées par ordre de fréquence décroissante (AIDOUUD, 1989).

Le système pastoral de type coopératif installé à l'origine a été décrit en détail par AIDOUUD (1989). Nous en re prenons ici l'essentiel.

Tableau 1.3 - Fréquences et contributions des principales espèces végétales recensées dans la station d'El May.

Espèces	Fsi %	CSi %	Valeur fourragère (UF/KgMs)
<i>Artemisia herba-alba</i>	25.77	47.08	0.45
<i>Poa bulbosa</i>	9.03	16.49	0.28
<i>Helianthemum apertum</i>	3.43	6.26	0.31
<i>Schismus barbatus</i>	2.68	4.90	-
<i>Bupleurum semi-compositum</i>	1.60	2.92	0.34
<i>Androsace maxima</i>	1.43	2.61	-
<i>Helianthemum virgatum</i>	1.37	2.51	0.40
<i>Alyssum linifolium</i>	1.32	2.40	-
<i>Herniaria hirsuta</i>	1.26	2.29	0.25
<i>Stipa parviflora</i>	1.03	1.88	0.69
<i>Koeleria pubescens</i>	0.80	1.46	-
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	0.63	1.15	-
<i>Buffonia tenuifolia</i>	0.57	1.04	-
<i>Plantago psyllium</i>	0.57	1.04	-
<i>Noaea mucronata</i>	0.52	0.94	0.80
<i>Paronychia argentea</i>	0.40	0.73	0.05
<i>Cutandia divaricata</i>	0.34	0.63	0.57
<i>Allium cupani</i>	0.28	0.52	-
<i>Alyssum granatense</i>	0.28	0.52	-
<i>Ctenopsis pectinella</i>	0.28	0.52	0.37
<i>Spergularia diandra</i>	0.28	0.52	-
<i>Filago spathulata</i>	0.23	0.42	-
<i>Eruca vesicaria</i>	0.12	0.21	0.77
<i>Iris sisyrrinchium</i>	0.12	0.21	-
<i>Lygeum spartum</i>	0.12	0.21	-
<i>Papaver hybridum</i>	0.12	0.21	-
<i>Astragalus cruciatus</i>	0.06	0.10	-
<i>Minuartia campestris</i>	0.06	0.10	-
<i>Scorzonera laciniata</i>	0.06	0.10	-
Les fréquences, issues de mesures par points quadrats, sont des moyennes sur la base de 10 années d'observation (d'après AIDOUD, 1989). Seules les espèces les plus fréquentes sont présentées. Les valeurs fourragères sont reprises de Bechet et <i>al.</i> 1982			

Le site d'étude fait partie de la coopérative¹ d'El May qui a été installée en 1969 sur une superficie totale de 12700 Ha. La superficie utile de pâturage est évaluée à 11400 ha. La végétation y est peu hétérogène et presque exclusivement à base d'armoise blanche. Comme

¹ installée à l'origine par l'ADEP, association pour le développement du pastoralisme.

deuxième espèce physionomique, l'alfa (*Stipa tenacissima*), souvent très clairsemée, se rencontre dans le sud de la coopérative.

L'ensemble de la coopérative a fait l'objet d'une cartographie de la végétation (ACHOUBI, 1976) et d'une étude de la répartition de la biomasse et de la valeur pastorale (AIDOUD, 1983).

Malgré sa relative homogénéité, la coopérative pouvait être caractérisée au plan morphologique par deux ensembles. Un premier (ensemble A) situé au Nord est constitué par un glacis d'érosion de très faible pente (inférieur à 1%, glacis A, fig.1.8). Le second (ensemble B), dans la partie Sud, présente des ondulations accentuant la pente (1 à 3%), ce qui peut justifier la présence de l'alfa qui, en général, se maintient sur sol bien drainés.

Dans un but de gestion pastorale, la coopérative est par ailleurs subdivisée en deux parties I et II (fig. 1.8). A l'origine et jusqu'en 1976, selon cette subdivision, était pratiquée une rotation annuelle de parcours, chaque partie était pâturée pendant une année.

Sur image - satellite (Landsat de mars 1977), la coopérative se détache nettement (photo 1.2). La partie plus sombre, correspondant à peu près au glacis B, peut s'expliquer par une évapotranspiration plus grande (d'où l'absorption plus importante), conséquence directe d'une augmentation de la phytomasse. Le second ensemble morphologique (B) est presque entièrement inclus dans la partie II. Cet ensemble de par ses caractéristiques végétales, se prête moins au pâturage que l'ensemble A dont la végétation a été très vite utilisée de façon permanente.

L'étude de la variation inter-annuelle des ressources dans la station de Bordj-El-May (AIDOUD, 1989) a permis en particulier d'évaluer la productivité primaire exprimée en énergie utile pour les ovins. Les résultats donnent une productivité fourragère moyenne (sur 11 ans) de 174 ± 60 UF/ha. Cette production élevée par rapport aux autres stations à alfa et sparte serait due selon l'auteur à la valeur énergétique élevée de l'espèce dominante. Dans cette station les valeurs de production varient d'un maximum enregistré en 1980 (330 UF/ha) à un minimum de 42 UF/ha en 1984.

4.3- Evolution récente

L'évolution durant les deux dernières décennies, marquée par des changements rapides nettement appréciables au plan physionomiques (AIDOUD, 1989) peut s'expliquer *a priori* par deux facteurs :

- 1- des conditions climatiques défavorables marquées par une série d'années déficitaires au plan pluviométrique ;
- 2- des changements socio-économiques profonds se traduisant par de nouvelles pratiques d'élevage.

Au plan climatique, durant la décennie 1980 le Sud-Oranais a subi l'une des plus longues sécheresses à l'échelle du siècle (AIDOUD *et al.*, 1998). Ainsi, entre 1982 et 1986, la steppe d'El May n'a reçu en moyenne que 160 mm contre 220 mm, moyenne à long terme.

Au plan socio-économique, les années quatre-vingts ont été caractérisées par une nouvelle orientation de la politique pastorale qui a entraîné la dissolution des coopératives et l'abandon du code pastoral en 1982. La dissolution des coopératives d'élevage à partir de 1982 (BEDRANI, 1994) et parmi elles, celle d'El May, semble avoir entraîné l'arrêt brutal de la protection dont a bénéficié ce site dans la mesure où le pâturage est devenu libre et incontrôlé. Les risques de surpâturage a augmenté suite à l'accroissement rapide du cheptel à l'échelle de l'ensemble de la steppe (ONS, 1993) et ce, malgré des conditions climatiques défavorables durant la première moitié des années 80 (AIDOUD, 1994). Les effets de la surcharge pastorale est nettement apparente sur le terrain (DAOUD *et* BABASSASSI, 1990). L'adoption du " dossier steppe " en 1985 a donné lieu à la création du Haut Commissariat au développement de la steppe H.C.D.S¹. Cet organe a été chargé de mettre en place une politique de développement intégré de la steppe, en tenant compte de tous les aspects économiques et sociaux. Cependant, il convient de souligner qu'aucune étude n'a été conduite pour évaluer de façon précise la dégradation constatée sur la base d'un suivi à long terme pour les steppes d'armoise. Le présent travail tente, en se basant sur l'ensemble des données accumulées durant près d'une vingt années dans la station d'El May, de contribuer à expliciter l'évolution régressive récente de la steppe d'armoise blanche et d'en évaluer l'importance.

¹ Haut Commissariat pour le développement de la Steppe

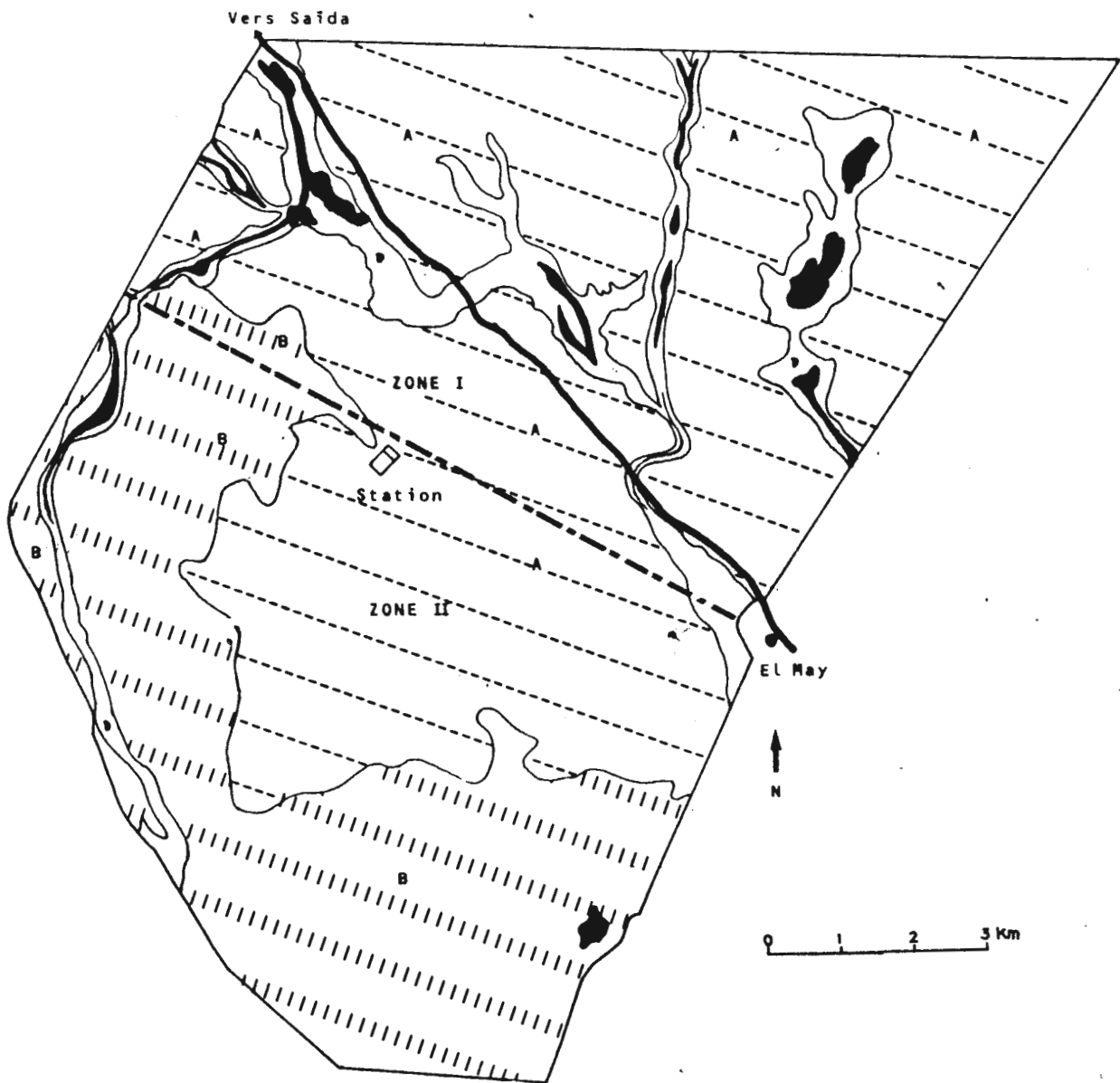


Fig.1.8- Coopérative d'élevage de Bordj El May : Répartition générale de la végétation. *in.* AIDOU (1983).

- A: glacis de pente faible (<1%) à armoise blanche bien pâturée.
- |||| B: glacis (pente de 1 à 3%) à armoise blanche dominante avec de l'alfa très clairsemé .
- D: dépressions d'oueds ou de dayas à faible couvert végétal (15%), souvent couvertes de *Pegonum hormolo*, développé après d'anciennes cultures antérieures à l'installation de la coopérative en 1969.
- : fond de dépressions, où lorsque la végétation spontanée (armoïse) existe encore, le couvert est très élevé (>45%).
- ==== : limite séparant les zones à pâturage I et II , utilisées avec une rotation annuelle jusqu'en 1976.



Photo. 1.2- Situation de la coopérative d'élevage sur image satellite (Landsat Mars 1977)

CHAPITRE DEUXIEME

LES CHANGEMENTS EDAPHIQUES LE LONG DU GRADIENT DE PATURAGE

INTRODUCTION

Les sols des steppes arides des Hautes Plaines d'Algérie, développés sur des glacis à croûte calcaire, sont de façon générale peu profonds et de faible fertilité. Leurs potentialités biologiques n'autorisent le plus souvent qu'une utilisation pastorale (LE HOUEROU, 1969). Les steppes d'armoise d'El May font partie d'un vaste ensemble géomorphologique situé au nord du Chott Chergui décrit comme un glacis du quaternaire ancien (CHADENSON, 1952; POUGET, 1980).

Selon les schémas dynamiques établis dans les steppes algériennes (LE HOUEROU, 1969; DJEBAILI, 1978), les formations d'armoise sont issues de la dégradation des steppes d'alfa sur plaine. Dans le bassin du Chott Chergui, ces formations sont situées dans une trajectoire marquée par l'érosion (AIDOUD-LOUNIS, 1984). Les sols sont squelettiques ($23 \pm 3,4$ cm en moyenne), de texture limoneuse à limono-sableuse dominante. La teneur en matière organique, de l'ordre de 1%, est relativement faible et correspond aux valeurs données par POUGET (1980) pour les steppes à chaméphytes. La faible teneur en matière organique est symptomatique de conditions édaphiques très précaires qui confèrent au système une faible résilience car les dégâts causés sont difficilement réparables (MILTON *et al.*, 1994; ALBALADEJO *et al.*, 1998).

Durant les deux dernières décennies, les steppes des Hautes Plaines algériennes ont été marquées par une dégradation rapide et sans précédent (AIDOUD, 1994; AIDOUD-LOUNIS, 1997; KADI-HANIFI, 1998). Les sols, dans ces conditions, peuvent subir une dégradation rapide (ALBALADEJO *et al.*, 1998). Dans les steppes d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) la forte dégradation du tapis végétal et en particulier de la composante pérenne a conduit à des changements édaphiques significatifs (SLIMANI, 1998; AIDOUD *et al.*, 1999).

Le taux de matière organique et la texture sont considérés comme des attributs vitaux édaphiques dont la combinaison est l'expression du niveau trophique du sol (POUGET, 1980). Leur dégradation peut constituer un seuil d'irréversibilité et donc un indicateur fiable de désertification (FRIEDEL, 1991; FLORET *et al.*, 1992; MAINGUET, 1994; MILTON *et al.*, 1994).

Notre objectif est de vérifier l'hypothèse d'un changement édaphique significatif le long de gradients de pression croissante de pâturage dans la steppe d'El May, en nous basant sur la texture et la matière organique.

1- Caractères oro-topographiques et édaphiques des glacis d'El May

Pour caractériser le site au plan édaphique, les données sont empruntées aux travaux antérieurs effectués à Bordj El May (AIDOU, 1983, 1989; HANIFI, 1979).

L'ensemble morphologique du Nord du Chott Chergui correspondrait à la Haute Surface Moulouyenne (Villafranchien supérieur) qui dans le Sud-Oranais, a très peu subi de mouvements tectoniques post-villafranchiens (POUGET, 1980). Selon cet auteur citant CHADENSON (1952), cette surface est restée durant tout le quaternaire, relativement stable en dépit des variations climatiques et des mouvements tectoniques de moindre amplitude.

Le glacis d'El May est ainsi pratiquement horizontal (pente < 3%), disséqué par des dépressions d'oueds et ponctués par de multiples dayas. Les dayas sont des dépressions circulaires de dimensions n'excédant pas quelques dizaines de mètres de diamètre. Elles représentent des formes d'origine karstique mais modelées par l'action du ruissellement (ESTORGES, 1961).

Le sol présente à l'origine une grande homogénéité. Outre le tapis végétal dont la fréquence relevée par points quadrats est en moyenne de 33 %, la surface du sol est essentiellement caractérisée par la présence d'une pellicule de glaçage (52%). Le voile sableux de surface et les éléments grossiers (3%) et la litière (12%) sont faiblement représentés. Ainsi, la présence de la pellicule de glaçage témoigne d'une plus grande richesse de la steppe à armoise blanche en éléments fins (taux d'argile et de limons fins de 34%) par rapport aux steppes d'alfa et de sparte (22 et 23%).

La pellicule de glaçage (ou de battance) en surface, de 1 à 3 mm d'épaisseur, semble être une caractéristique des faciès à armoise blanche. De nombreux travaux sur les pellicules de surface montrent la complexité et les diverses voies possibles de leur formation. Le phénomène de battance semble être lié surtout à des processus physiques (FLORET et PONTANIER, 1978; KADI HANIFI, 1998). Cette pellicule de battance est considérée en général comme un frein à l'infiltration de l'eau, favorisant le ruissellement en nappe. Elle diminue ainsi l'efficacité des pluies de même qu'elle freine la germination des graines (FLORET ET PONTANIER, 1978). Selon ces auteurs, l'eau infiltrée peut ne présenter que 56%, des pluies dans les sols battants.

Cependant, la formation de cette pellicule peut être d'origine biologique également (SKUJINS, 1977; FLORET *et al.*, 1982; CASNAVE et VALENTIN, 1989). Une telle pellicule d'origine mixte est décrite par AIDOU (1989) dans la station d'El May. Elle semble n'avoir que très peu d'effet sur l'infiltration de l'eau, et joue alors un rôle plutôt positif par notamment la protection contre l'érosion éolienne du sol, lorsque celui-ci n'est pas piétiné par les troupeaux. L'origine biologique est attestée essentiellement dans la parcelle mise en défens par la présence en

abondance d'un lichen qui, selon ESNAULT (1985), appartiendrait au genre *Aspicilia* (*Aspicilia jussufii*. Link).

Le sol est peu profond. Les 15 à 20 premiers centimètres sont de texture limono-sableuse et reposent sur la croûte calcaire épaisse, pulvérulente en profondeur, mais indurée en surface (HANIFI, 1979 ; AIDOUUD, 1983). Sur ces glaciers, la dissolution de la croûte calcaire est à l'origine de la formation des dayas.

Les principales caractéristiques physico-chimiques du sol sont données dans le tableau 2.4.

La texture est le caractère physique le plus important vis à vis du comportement hydrique du sol, en particulier sous climat aride. La station à armoise blanche avec des taux de limon et d'argile relativement élevés est peu favorisée de ce point de vue.

Tableau 2.4. Caractéristiques physico-chimiques du sol de la steppe de Bordj El May de 8 profils pédologiques effectués en 1975, repris d'après HANIFI (1979) et AIDOUUD (1983)

	moyenne	Intervalle de confiance (p=0.05)
épaisseur (cm)	18.4	1.6
granulométrie (%)		
Argile	14.3	3.4
Limon fin	17.8	3.0
Limon grossier	6.3	2.5
total limon	24.0	3.3
Argile + limon fin	32.0	2.5
Sable fin	53.9	3.8
Sable grossier	7.5	1.9
total sable	61.4	3.3
Matière organique (%)	1.1	0.1
Carbone (%)	6.4	0.8
Azote (%)	0.9	0.0
C/N	7.2	0.7
CaCO ₃ (%)	10.1	1.1
pH	8.2	0.3
Conductivité	1.1	1.1
Gypse	traces	
Ca ⁺⁺ (meq/100g)	33.9	3.3
Mg ⁺⁺	3.5	1.0
K ⁺	1.2	0.1
Na ⁺	0.7	0.3

D'après le triangle des textures (Soil Survey Manuel, 1951), le sol de la région est caractérisé par une texture limono-sableuse. Comme indicateurs de textures, nous avons retenu le taux d'argiles et limons fins (A+LF), en accord avec POUGET(1980). En fonction des classes texturales définies par cet auteur, le sol appartient à la classe des textures moyennes $20\% < A+LF < 40\%$.

La couleur générale du sol correspondant à 5YR 4/4 de la charte internationale de Munsell. Le taux de matière organique est de 1,1%, le rapport C/N = 7.2.

Le sol présente une réaction positive forte à l'acide chlorhydrique, ce qui indique sa richesse en calcaire. Il est caractérisé par un profil calcaire très différencié où le calcaire constitue le facteur déterminant. C'est ainsi que ce type de sol, tel qu'il est décrit par AIDOU (1983, 1989) est rattaché au groupe des " sols à profil calcaire différencié ", au sens de RUELLAN (1970).

2- METHODOLOGIE

L'échantillonnage a été réalisé le long de transects disposés selon un gradient de pression de pâturage.

Le Dispositif d'échantillonnage

Le dispositif d'échantillonnage réalisé en 1993, est constitué de deux transects (Fig.2.9). Le premier, long de 2600 m et de direction SSW, est constitué de 14 relevés répartis comme suit :

- (1) 03 relevés réalisés à l'intérieur d'une parcelle mise en défens depuis 18 ans,
- (2) 11 relevés réalisés à l'extérieur

Le deuxième transect (4600 m) d'orientation NW est constitué de 23 relevés, réalisés totalement, à l'extérieur de la mise en défens.

L'équidistance choisie entre les relevés est de 200 m. cette distance a été choisie en tenant compte de l'hétérogénéité de la végétation et de la surface du sol dans la zone étudiée.

Ce dispositif en transect traverse trois niveaux de pâturage :

- (1) la parcelle mise en défens ou zone (D) couvrant 12 ha, dans laquelle le pâturage est exclu depuis juillet 1975 ;
- (2) la zone modérément pâturée ou zone M (environ 350 ha) et qui correspond au voisinage immédiat de la parcelle mise en défens et dans laquelle le pâturage est exercée avec une charge de 0.25 unités ovines par hectare considérée comme la charge d'équilibre estimée lors de l'installation de la station;
- (3) la zone librement pâturée ou zone L couvre environ 7000 ha et correspond à la partie nord, relativement homogène (cf chapitre 1), de l'ex coopérative d'élevage qui a subi une forte dégradation durant les deux dernières décennies (cf. chapitre 1).

Le long du transect, 37 stations espacées de 200 m ont été échantillonnées. A chaque station, une fosse a été creusée, jusqu'à la croûte calcaire située à une profondeur variant de 10 à 25 cm. Dans chaque fosse, une seule couche d'épaisseur variable a été considérée.

La granulométrie a été pratiquée sur la terre fine (moins de 2 mm de diamètre) après dispersion des particules, par tamisage puis par prélèvement à la pipette de Robinson.

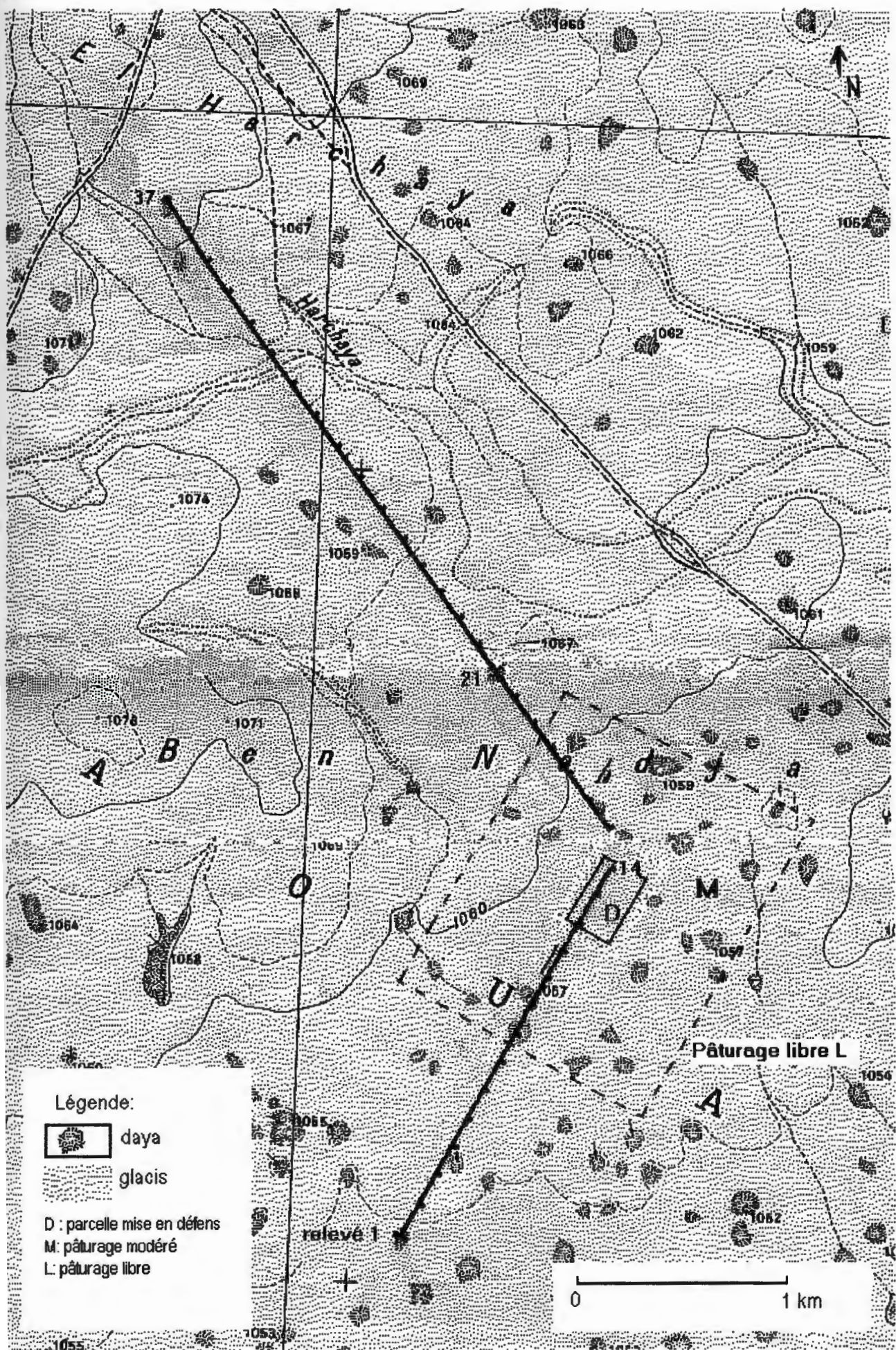


Fig 2.9_ Emplacement des deux transects étudiés : extraite de la carte topographique d'EI May , echelle 1:50.000

La texture est exprimée par la fraction fine comprenant les argiles et les limons fins selon la définition de POUGET (1980). Quant à la fraction grossière, elle est formée par les limons grossiers et les sables.

Le taux de matière organique MO est évalué par la formule (BAIZE, 1988) :

$$MO = CO \times 1.724$$

Dans laquelle CO est le taux de carbone organique dosé selon la méthode d'Anne (BONNEAU & SOUCHIER, 1979).

Les éléments de la surface du sol comprennent les fréquences en % des éléments grossiers, de la pellicule de glaçage et du sable. La fréquence de chaque élément a été évaluée à partir d'un relevé de points quadrats (200 points de lecture le long d'une ligne de 20 m) selon la technique de DAGET & POISSONET (1971). L'importance du sable en surface a été également évaluée par son épaisseur (moyenne de 10 mesures par station).

3- RESULTATS

Dans le tableau 2.5 ont été portés les résultats de l'évolution des caractères édaphiques du sol de la steppe de Bordj EL May dans les différentes zones prises en considération (mise en défens (**D**), pâturage modéré (**M**), Pâturage libre Nord (**L_n**), Pâturage libre Sud (**L_s**) et Dayas (**L_d**).

Tableau 2.5. Caractéristiques édaphiques du sol de la steppe de Bordj EL May

	Zone	D	M	L _n	L _s	L _d ⁽¹⁾	p ⁽²⁾
Éléments de la surface du sol							
Végétation (%)	Couvert global	39 ± 13	20 ± 6	22 ± 4	12 ± 4	42 ± 18	0.003**
Éléments du sol nu %	Litière	18 ± 6	12 ± 5	21 ± 6	16 ± 3	12 ± 23	0.222 ns
	Pellicule de glaçage	29 ± 5	33 ± 12	24 ± 7	20 ± 13	12 ± 20	0.242 ns
	Éléments grossiers	1 ± 1	5 ± 3	8 ± 3	9 ± 3	1 ± 2	0.026*
	Sable	13 ± 11	30 ± 9	25 ± 8	44 ± 13	34 ± 23	0.031*
Profondeur du sable (cm)		7 ± 5	5 ± 1	2 ± 1	5 ± 3	6 ± 6	0.248 ns
Sol							
Matière organique(%)		2.1 ± 0.6	1.8 ± 0.6	1.6 ± 0.6	1.5 ± 0.4	2.0 ± 0.1	0.406 ns
Argile+limon fin (%)		26 ± 6	27 ± 3	26 ± 5	28 ± 5	30 ± 7	0.090 ns
Argile (%)		13 ± 4	12 ± 2	12 ± 2	15 ± 2	16 ± 6	0.434 ns
Limon total (%)		23 ± 6	23 ± 2	21 ± 3	23 ± 5	25 ± 1	0.388 ns
Sable total (%)		64 ± 9	65 ± 4	67 ± 5	63 ± 5	60 ± 5	0.561 ns
Texture		Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne

(1) information donnée à titre indicatif compte tenu du milieu particulier que constitue une daya et du nombre réduit de relevés effectués dans ce milieu ;

(2) les changements sont ns : non significatifs ($p > 0.05$) ; * : significatifs ($0.05 > p > 0.01$), ** : hautement significatifs ($0.01 > p > 0.001$).

Les seuls caractères qui présentent une variation significative le long du transect sont ceux de surface : recouvrement globale de la végétation, les éléments grossiers et le recouvrement de sable.

Le long du transect, le recouvrement global de la végétation décroît de 39% dans la mise en défens à 22% dans la zone à pâturage libre nord, soit une diminution de près de 45%. Cette diminution atteint 70% dans la zone à pâturage libre sud. La zone des dayas est caractérisée par un recouvrement de 42%.

Les éléments grossiers sont caractérisés par une variation significative ($p = 0.026$) le long du transect. La zone des dayas et la zone protégée sont caractérisées par un taux très faible d'éléments grossiers (1%). Aux alentours de cette dernière et dans les zones abandonnées à un pâturage libre ce taux peut atteindre 8%.

La fréquence du sable varie aussi significativement ($p = 0.031$). Elle est de 13% dans la mise en défens et supérieure à 25% à l'extérieur. Nous constatons que la zone Sud à pâturage libre est caractérisée par un taux de sable plus important (43.7 %) que dans la zone Nord où la fréquence du sable est de l'ordre de 25%.

Discussion

L'étude des changements édaphiques le long de transects traduisant des gradients de pression de pâturage, nous a permis d'évaluer le degré de dégradation du sol à travers les caractères de surface ainsi que le taux de matière organique et la texture, paramètres édaphiques fondamentaux. En effet, le taux de matière organique est un indicateur important dans la mesure où il améliore à la fois les propriétés physiques (rétention de l'eau et structure) et les conditions de nutrition en éléments biogènes (POUGET, 1980). Par ailleurs, l'influence du climat étant prépondérante, l'efficacité de l'eau et la structure sont sous la dépendance quasi-exclusive de la texture. Parmi les éléments texturaux, les argiles et limons fins ont tendances à évoluer corrélativement (SLIMANI, 1998) en relation avec la dégradation. Enfin, au sein de cette fraction fine, c'est l'argile qui constitue, en raison de ces propriétés colloïdales, la fraction du sol la plus réactive (DUCHAUFOR, 1970, 1977; HALITIM, 1985).

Il convient de signaler que dans les transects retenus, les dayas sont caractérisées par une situation édaphique particulière. Avec un sol plus profond, elles bénéficient d'un appoint d'eau de ruissellement et peuvent subir une pression anthropique différente par rapport au glacis. Ces situations ont été intégrées à l'étude mais n'ont pas une signification élevée quant au gradient de pression de pâturage.

Le principal résultat de l'étude édaphique de la steppe d'El May concerne essentiellement les éléments de surface du sol (éléments grossiers et sable).

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus dans la même steppe par HANIFI (1979) et AIDOUD (1983) indique une augmentation des éléments de la surface du sol tels que les éléments grossiers et le recouvrement du sable (Tabl.2.4 et 2.5). Ces derniers étaient très faiblement représentés dans les conditions préexistantes d'une grande homogénéité.

Ces résultats confirment ceux de AIDOUD (1989) qui a montré, à l'échelle des steppes d'armoise de l'ensemble des Hautes Plaines, que la dégradation du sol s'accompagnait en surface, d'une augmentation significative des fréquences d'éléments grossiers (cailloux, graviers) et de sable.

Cependant, ces changements édaphiques le long du transect ne se traduisent pas corrélativement et nettement par une baisse de matière organique et de la fraction fine du sol (argiles et limons fins). Exprimée selon les classes définies par POUGET(1980) la texture n'a pas varié le long du transect et reste toujours une texture moyenne ($20\% < A+LF > 40\%$). L'analyse du tableau 2.5 montre bien une diminution de la matière organique le long du gradient de pâturage mais qui reste toujours non significative.

La comparaison de ces taux avec ceux donnés par HANIFI (1979) et AIDOUD(1983), semble indiquer même une légère augmentation de cette matière organique. Nous ne pouvons cependant retenir ce résultat en raison des différences d'échantillonnage et des conditions d'analyse.

Dans le cadre de nos propres mesures le long des transects, les résultats ne montrent que des changements édaphiques superficiels. Ces changements se font dans le sens d'une dégradation croissante allant de la parcelle mise en défens vers les terrains pâturés librement.

Cette dégradation en surface peut s'expliquer par la réduction nette du tapis végétal et de son rôle protecteur contre l'érosion. Elle s'expliquerait également par l'augmentation du piétinement par les ovins détruisant ainsi la structure superficielle du sol (pellicule et croûtes cryptogamiques de surface).

La steppe des Hautes Plaines steppiques d'Algérie a subi durant les deux dernières décennies une forte dégradation en relation à plusieurs facteurs climatiques mais surtout socio-économiques (LE HOUEROU, 1984; AIDOUD et TOUFFET, 1996). Les travaux effectués sur la dynamique dans la steppe d'alfa de Rogassa du Sud-Oranais montrent effectivement des changements édaphiques significatifs (SLIMANI, 1998; AIDOUD et *al.*, 1999). Dans la steppe d'alfa, la détérioration des attributs vitaux édaphiques a pu être constatée après une période relativement courte. Les résultats obtenus dans le site de Rogassa montrent que dans la steppe non pâturée, les caractères du sol sont restés proches de ceux mesurés dans le système préexistant.

Dans les parcours pastoraux, exploités librement, marqué par le surpâturage, les changements les plus significatifs sont une baisse globale de 38% du taux de matière organique et une diminution du taux des argiles et limons fins de 43%. Ces changements sont hautement significatifs mais plus importants dans la couche de surface.

La comparaison de ces résultats à ceux obtenus dans notre cas, nous permettent de conclure qu'à ce stade de la dynamique, étudiée selon les mêmes protocoles dans les deux sites, la dégradation du sol a été moins importante dans la steppe d'armoise.

Conclusion

Les changements édaphiques, analysés à travers les éléments de la surface du sol (éléments grossiers, fréquence du sable) sont significatifs. Les résultats obtenus montrent l'intérêt de l'existence de stations permanentes de surveillance et de l'étude orientée le long de transects installés suivant un gradient d'intensité de pâturage partant d'une situation de steppe soustraite au pâturage durant une vingtaine d'années, à celle où la même steppe a été soumise à un pâturage non contrôlé. Les résultats montrent un début du phénomène de désertification. Cependant, en comparaison avec les résultats obtenus suivant les mêmes protocoles d'étude, les steppes d'armoise blanche ne semblent pas très affectées par le phénomène en particulier par rapport à celles d'alfa (*Stipa tenacissima*). Ceci signifie qu'à ce stade de la dynamique, les seuils d'irréversibilité quant aux conditions édaphiques ne semblent pas avoir été franchis et que des mesures de réhabilitation demeurent possibles.

CHAPITRE TROISIEME

ANALYSE QUANTITATIVE DE LA VEGETATION ET IMPLICATIONS PASTORALES

1- Introduction

En Algérie, l'évaluation des ressources pastorales végétales, a été l'un des principaux objectifs de l'U.R.B.T (Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques et Terrestres). Plusieurs travaux ont été réalisés dans ce domaine. Citons en particulier ceux de RODIN *et al.*, 1970 et de AIDOU (1983, 1989) dans les Hautes Plaines Steppiques.

Dans le Maghreb, nous pouvons citer le travail qui a été réalisé en Tunisie présaharienne par FLORET *et* PONTANIER (1974, 1982) et NOVIKOFF (1975, 1977).

L'évaluation pastorale pour la connaissance des potentialités fourragères utilisables constitue un préalable à tout plan de gestion rationnelle. La connaissance de la valeur moyenne de ces ressources, doit permettre en particulier de fixer une charge animale adaptée (AIDOU, 1989). Les utilisations du sol et de la végétation de la steppe à armoise blanche sont nombreuses. Dans le cas présent, l'exploitation pastorale par les ovins semble être la plus importante. L'équilibre phytoécologique de ces steppes a été longtemps respecté par le passé grâce à des pratiques régulatrices comme le nomadisme ou la transhumance. Ces pratiques obéissaient à des règles strictes de gestion comme celles régissant l'accès au parcours et aux points d'abreuvement (LE HOUEROU, 1992b; BEDRANI *et al.*, 1991). Cet équilibre s'est progressivement détérioré pour diverses raisons socioéconomiques.

Dans ce chapitre, sont présentées les données quantitatives sur la végétation. La variation quantitative de la végétation est étudiée le long du gradient de pression de pâturage, l'existence d'une parcelle soustraite au pâturage par les animaux domestiques, nous permet de vérifier l'hypothèse d'une cause de dégradation de la végétation essentiellement pastorale. L'objectif est d'évaluer l'impact du pâturage et du surpâturage sur l'état de vigueur de la végétation.

2- Méthodologie

Les paramètres quantitatifs utilisés dans ce chapitre pour quantifier les changements sont :

- (1) le recouvrement de la végétation, évalué à partir de fréquences, est considéré comme un paramètre quantitatif efficace dans l'évaluation et le suivi de la désertification (LE HOUEROU, 1985) ;
- (2) la phytomasse aérienne évaluée allométriquement ;
- (3) les disponibilités fourragères.

2.1- Le relevé de fréquences

La technique utilisée est celle du relevé linéaire (technique des “ points quadrats ”) est décrite par plusieurs auteurs (GOUNOT, 1961, 1969; GODRON, 1968) et par DAGET et POISSONET (1971). C’est une technique d’évaluation quantitative bien adaptée aux écosystèmes steppiques (C.R.B.T, 1978; AIDOUD, 1983; AIDOUD-LOUNIS, 1984; NEDJRAOUI, 1990). Nous l’avons utilisé dans l’analyse des caractères de surface du sol (cf chapitre 2) et de la structure de la végétation. La lecture se fait tous les 10 cm sur une ligne matérialisée par un ruban gradué de 20 m tendu au-dessus de la végétation.

Les données enregistrées sont comme suit :

N = nombre de points de lecture = $N_v + N_{sv}$

N_v = nombre de points de végétation

N_{sv} = nombre de points sans végétation

n_i = nombre de points où une espèce i (ou tout autre élément du sol nu) a été notée

En se basant sur ces données relevées par points, un certain nombre de paramètres de la végétation et du sol nu peuvent être calculés :

- la fréquence des points de végétation (RG) est une approximation du recouvrement global de la végétation qui est un bon indicateur de l’état de la végétation (GOUNOT,1961)

$RG (\%) = 100 \cdot N_v/N$ soit dans la pratique

$RG (\%) = 100 (N - N_{sv})/N$

- la fréquence relative

i. fréquence spécifique (F_{s_i}) d’une espèce i qui exprime son recouvrement $F_{s_i} (\%) = 100 \cdot n_i/N$ Cette fréquence a été utilisée pour évaluer la phytomasse

b. fréquence d’éléments du sol nu :

L’importance de chaque élément (litière, sable, pellicule de glaçage ou élément grossier) assimilée à un recouvrement est exprimée par sa fréquence relative.

- la contribution spécifique au tapis végétal (C_{s_i}) d’une espèce i

$C_{s_i} (\%) = 100 n_i / \sum n_i$

Le recouvrement de la végétation est défini, comme le pourcentage de la surface du sol qui serait recouverte si on projetait verticalement sur le sol, les organes aériens des individus de l’espèce (GOUNOT, 1969; TOUFFET, 1982). Ce paramètre est évalué à partir du relevé linéaire de 10 à 20 m (100 à 200 points de lectures). La fréquence des points de végétation est assimilée au

recouvrement globale de la végétation.

En ce basant sur ces données relevées par points, le calcul de la fréquence spécifique (Fsi) d'une espèce permet l'évaluation allométrique de la phytomasse.

2.2- Evaluation de la phytomasse

La phytomasse représente la quantité de matière végétale, vivante ou morte dans un endroit et à un instant donné (FLORET et PONTANIER, 1982). Dans notre cas, seule la phytomasse aérienne (par opposition à la phytomasse souterraine) à été prise en considération.

Deux techniques de mesures peuvent être utilisées : destructive et non destructive ou allométrique.

2.2.1- La technique destructive

C'est une technique directe qui consiste à couper au raz du sol et à peser la végétation dans des placettes de surface déterminées, cette dernière reste l'évaluation la plus valable. Elle a été utilisée dans la végétation steppique par AIDOUD (1983), AIDOUD *et al.* (1983), MELZI (1986) et BOUGHANI(1995).

2.2.2- Les techniques non destructives

Ces techniques sont dites indirectes ou encore allométriques. Elles sont d'usage courant pour l'évaluation de la phytomasse dans les formations arborées (DUVIGNEAU, 1974).

En zone steppique, ces méthodes ont été utilisées par plusieurs auteurs (GADDES, 1978 ; FLORET et PONTANIER, 1982; AIDOUD, 1983, 1989). Cette technique permet d'évaluer la phytomasse en utilisant des paramètres qui présentent une corrélation significative avec cette dernière. Dans notre cas, il s'agit de la fréquence spécifique, déterminée par relevé linéaire et par point et qui présente une corrélation élevée avec la phytomasse. Nous avons utilisé les relations d'allométrie définies par AIDOUD (1989) pour les principales espèces ou pour des groupes d'espèces pérennes ou éphémères (tabl.3.6).

Tableau 3.6 - Relations entre fréquences spécifiques (Fs) et phytomasses (B) pour les principales espèces et catégories d'espèces steppiques.(d'après AIDOUD, 1989).

Espèces	r	régression	équation
<i>Artemisia herba alba</i>	0.854	Linéaire	B= 48.041Fs +85.7
<i>Lygeum spartum</i>	0.860	puissance	B= 5.186 Fs ^{1.583}
<i>Noaea mucronata</i>	0.865	linéaire	B= 54.082Fs-20.9
<i>Chaméphytes 1</i>	0.723	puissance	B= 48.636Fs ^{1.261}
<i>Chaméphytes 2</i>	0.875	puissance	B= 14.667Fs ^{1.074}
<i>Plantago albicans</i>	0.857	linéaire	B= 12.881Fs+2.93
<i>Stipa barbata et Stipa parviflora</i>	0.849	linéaire	B=12.628Fs-7.94
Espèces éphémères diverses	0.929	linéaire	B=3.639Fs+11.88

Les chaméphytes 1 correspondent aux chaméphytes ligneuses à phytomasse par individus élevée (exemple :Thymelaea microphylla, Atriplex sp., Salsola sp.)
Les chaméphytes 2 sont celles à faible phytomasse telles que Atractylis sp, et Helianthemum sp.

2.3- Évaluation de la production fourragère

La production pastorale fourragère est l'équivalent énergétique exprimé en unités fourragères produites par hectare et par an . Cette production pastorale au niveau d'une station échantillonnée est obtenue en faisant la somme des productivités spécifiques des espèces végétales de la station.

La production fourragère Pfi d'une espèce i est évaluée comme suit :

$$Pfi \text{ (UF/ha/an)} = Bi \times C_{pui}$$

Bi est la phytomasse de l'espèce i ;

C_{pui}, coefficient spécifique affecté à chaque espèce (AIDOUD, 1989), il intègre le coefficient de productivité Cp (ou efficacité biotique évaluée par rapport à la phytomasse de l'espèce), la valeur énergétique spécifique Vei et le coefficient d'utilisation Cui.

Le coefficient de productivité exprime la production nette de l'espèce par rapport à la biomasse sur pied, ce qui permet de tenir compte de l'état de vigueur de la population considérée. Il est par exemple de 0.43 pour l'armoise blanche et de 0.87 pour le sparte (AIDOUD, 1989). Pour les éphémères (petites vivaces et annuelles) dont la biomasse aérienne s'annule en période sèche, ce coefficient est égal à 1.

La valeur énergétique d'une espèce, exprime l'équivalent énergétique en unité fourragère (1UF=1880 Kcal) pour les ruminants d'après SOLTNER (1976).

Cette valeur énergétique dépend essentiellement de sa concentration en éléments biogènes et de la matière organique digestible. Elle est exprimée en UF/Kg Ms et a été déterminée pour les principales espèces de notre site par NEDJRAOUI (1981)

Le coefficient d'utilisation, exprime la part de production qui peut être prélevée sans entraîner de préjudices pour la plante. Ce coefficient a été déterminé expérimentalement pour les principales espèces pérennes (AIDOUD, 1983).

3- Résultats

3.1- Le recouvrement de la végétation

Le tableau 3.7 montre la variation du recouvrement global de la végétation le long du transect étudié.

Les moyennes pondérées par rapport au recouvrement global de la végétation de ces différents niveaux sont données pour le couvert des pérennes et celui des éphémères.

Tableau 3.7 - Recouvrement global de la végétation et recouvrement des espèces pérennes et éphémères dans les différents niveaux de pâturage

Recouvrement %	D*	M	L	Moyenne du transect m	CV%
Recouvrement global	44,3	20,3	21,3	24,0	53 %
Pérennes	38,9 37,5*	13,5	10,1	14,4	81%
Ephémères	07,0 06,7*	05,7	9,9	8,6	100%

D : mise en défens ; M : zone à pâturage modérée ; L : zone à pâturage libre
* : Pondération par rapport au recouvrement global de la végétation

Le recouvrement global de la végétation (pérennes et éphémères) varie tout au long du transect. Le coefficient de variation est de 53%, les espèces pérennes prennent une part plus grande dans la variance globale (c.v = 81%), ce qui est dû essentiellement à la différence entre les zones pâturées et la mise en défens. La fréquence des pérennes (représentée essentiellement par *Artemisia herba-alba*) est en moyenne de 37,5% dans la mise en défens et de 10,1% dans la zone à pâturage libre (Tableau 3.7). La fréquence de l'armoise blanche considérée seule, est de 36,9% dans la mise en défens avec un coefficient de variation de 8%, tandis que dans les zones pâturées (pâturage libre), elle est de l'ordre de 5,6% avec un coefficient de variation très important (c.v = 109%) .

La fréquence des espèces éphémères est caractérisée par une variation très importante (c.v = 100 %) le long du transect. Le coefficient de variation est de 109.2% dans la mise en défens, 105,8% dans la zone à pâturage modéré et 94.9% dans la zone à pâturage libre.

3.2- Variation de la phytomasse aérienne

La variation spatiale de la phytomasse totale, des pérennes et des éphémères est analysée dans les différents niveaux de pâturage.

3.2.1- La phytomasse totale

La phytomasse totale, est celle des différentes catégories considérées sont représentées dans le tableau 3.8. L'utilisation du coefficient de variation, nous permettra d'exposer l'importance des changements.

Tableau 3.8 - Variation de la phytomasse dans les différents niveaux de pâturage

Niveau de pâturage	Global		D		M		L	
	m	c.v%	m	c.v %	m	c.v%	m	c.v%
Phytomasse kgMS/ha								
Pérennes	787,7	79	1979,6	9,5	711,9	59,7	584,8	79
Ephémères	39,8	91	18,6	172	28,9	89	47,6	81
Totale	827,5	74	1998,2	10	740,8	55,6	632,4	72

D : Mise en défens; **M** : zone à pâturage modéré; **L** : zone à pâturage libre; m : Moyenne; c.v % : coefficient de variation

La phytomasse aérienne totale se caractérise par un coefficient de variation de 74%. Elle atteint 1998,2 Kg MS/ha dans la zone protégée et peut baisser jusqu'à 632,4 Kg MS/ha dans les zones à pâturage libre. Cette phytomasse diminue progressivement et significativement ($p < 0,0001^{**}$) de la zone protégée à la zone surpâturée. Cette dernière est caractérisée par une phytomasse moyenne de 632,4 Kg MS/ha. La phytomasse totale est dominée à 95% en moyenne par celle des pérennes.

3.2.2- Phytomasse des pérennes

En plus de la phytomasse de l'espèce dominante *Artemisia herba-alba*, nous avons pris en considération d'autres pérennes comme *Noaea mucronata*, *Lygeum spartum*, *Marrubium desertii*, *Peganum harmala*, *Heliauthemum virgatum* et *Stipa parviflora*. L'utilisation des moyennes mobiles dans l'établissement des graphes des phytomasses, nous permet de représenter la courbe de tendance générale (Fig.3.10).

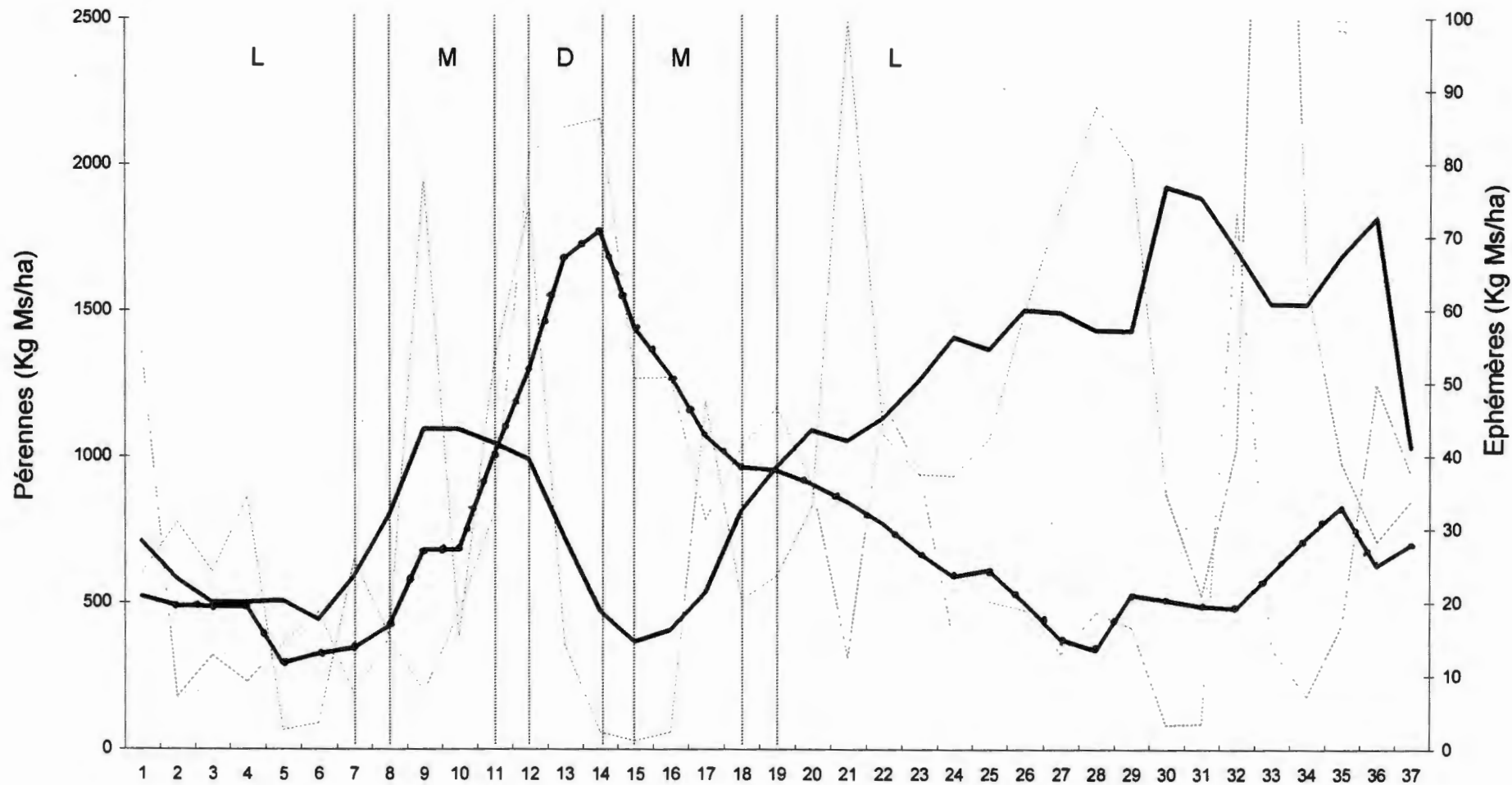


Fig.3.10- Variation de la phytomasse des pérénnes et des éphémères le long du gradient du pâturage (D: zone protégée; M: pâturage modéré; L: pâturage libre)

..... Pérénnes (Valeurs observées)
 —●— Pérénnes (Tendance)

..... Ephémères (Valeurs observées)
 —●— Ephémères (Tendance)

La phytomasse des pérennes dont la variation est très nette le long du transect, se caractérise par un coefficient de variation de 79% (Tableau 3.8) la phytomasse la plus élevée est observée dans la zone protégée et où elle atteint 1979,6. Cette phytomasse est moins variable, est caractérisée par un coefficient de variation très faible (c.v = 09,5%). Elle diminue nettement et significativement ($p < 0.0001^{**}$) de la zone protégée vers la zone à pâturage libre où elle atteint une valeur moyenne de 584,7kgMS/ha.

3.2.2.1- Artemisia herba-alba

La phytomasse de l'armoise blanche diminue progressivement avec l'augmentation du pâturage (Tableau 3.9), elle est de 1858.4 Kg MS/ ha dans la mise en défens, 691.6 Kg MS / ha dans la zone M et de 359.2 Kg MS / ha dans la zone librement pâturée. La phytomasse de l'armoise blanche est variable le long du gradient de pâturage, et se caractérise par une phytomasse maximale de 2007 Kg MS/ ha. Le coefficient de variation est de 94%.

3.2.2.2- *Noaea mucronata*

La phytomasse de *Noaea mucronata* augmente le long du transect. Elle est de 11 Kg MS/ha dans la mise en défens, 24 Kg MS/ha dans la zone M et 163 Kg MS/ha dans les zones à pâturage libre (L). Ces zones sont caractérisées par une grande variabilité (c.v = 143%).

3.2.2.3- Autres pérennes

Mise à part *Artemisia herba-alba*, *Noaea mucronata* et les éphémères, la phytomasse des autres espèces est représentée essentiellement par : *Stipa parviflora* -*Helianthemum virgatum* et *Atractylis serratuloides* qui diminue progressivement de la mise en défens vers la zone L.

Tableau 3.9 - Variation de la phytomasse des populations le long du gradient de pâturage

Niveau de pâturage	Globale		D		M		L	
	m	c.v%	m	c.v %	m	c.v %	m	c.v%
Phytomasse Kg MS / ha								
<i>Artemisia herba alba</i>	621,4	94	1858,4	7,6	691,6	62,6	359,2	83
<i>Noaea mucronata</i>	112,9	180	11,4	6,3	24,1	3,1	163,1	143
Autres preennes	8,5	231	36,9	121,1	2,8	135	5,0	189,8

D : mise en défens; M : pâturage modéré; L : pâturage libre; m : Moyenne; c.v : coefficient de variation

3.2.3- Production des éphémères

Les éphémères sont représentées par l'ensemble des thérophytes et des petites vivaces qui passent la période sèche en état de dormance avec une partie aérienne quasi-nulle. De ce fait, leur biomasse mesurée ou évaluée au pic de végétation est assimilée à une production nette.

La variation de la production des éphémères le long du transect est illustrée par la figure 3.10. Cette production est très variable par rapport aux pérennes (C.V>80%).

La phytomasse des éphémères (Tabl.3.8) montre une progression, sans être significative, de la mise en défens vers la zone surpâturée, elle passe de 18,6 Kg MS/ha à 47,6 Kg MS/ha.

3.3- Variation de la production fourragère totale

La figure 3.11 et le tableau 3.10 montrent la variation de la production pastorale totale (éphémère et pérennes) le long du transect.

Tableau 3.10 - variation de la production pastorale dans les différents niveaux de pâturage

Niveau de pâturage	Globale		D		M		L	
	m	c.v%	m	c.v%	m	c.v%	m	c.v%
Production totale (éphémères+pérennes)	87,3	59	188,0	19.0	71,7	39,8	73,3	50.2

D : Mise en défens; **M** : zone à pâturage modéré; **L** : zone à pâturage libre ; **m** : moyenne ; **c.v** : Coefficient de variation

La production annuelle globale (pérennes + éphémères) est variable le long du transect. Le coefficient de variation est de 59%. La production fourragère est de 188 Kg MS/ha/an dans la mise en défens. Cette dernière est caractérisée par un coefficient de variation faible (C.V = 19%), indiquant qu'il n'y a pas une grande variation de la production fourragère à l'intérieur de la mise en défens. Cette production est relativement élevée par rapport aux autres niveaux de pâturage.

La production fourragère diminue progressivement et significativement ($p < 0,0001$) de la zone protégée vers la zone surpâturée. Cette dernière est caractérisée par une production fourragère moyenne de 73,3 UF/ha soit une diminution de 61% par rapport à la zone protégée.

Discussion : implications pastorales

La majorité des études qui se sont succédées dans le but d'approcher les problèmes des zones arides et semi-arides, confirme la baisse sensible de la productivité de la steppe des Hauts plateaux Algériens (AIDOU, 1994). D'une manière générale, la diminution du couvert végétal concerne essentiellement les espèces pérennes. Il est dû principalement au surpâturage. Selon BELSKY (1986), la production atteint son maximum sous pâturage modéré. Cependant cette hypothèse ne cadre pas avec nos résultats.

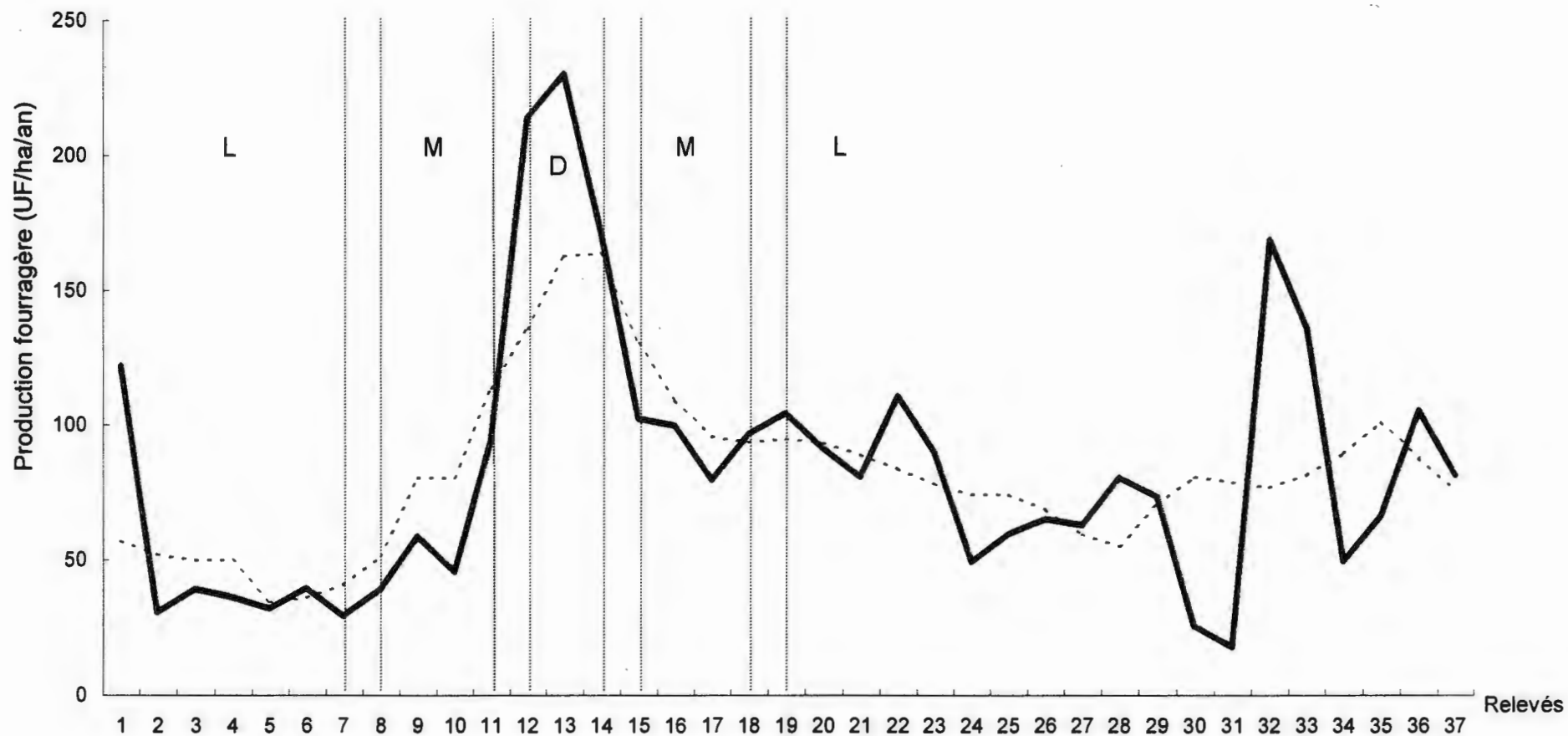


Fig.3.11- Variation de la production fourragère totale (Pérennes et éphémères) le long du gradient de pâturage (D: zone protégée; M: pâturage modéré; L: pâturage libre).

----- Production fourragère totale (valeurs observées)
 ———— Production fourragère totale (tendance)

L'effet du pâturage sur la régression de la végétation peut être modulé par les périodes de sécheresse plus ou moins longues ainsi que par l'état de la surface du sol (LE HOUEROU, 1992c). Le suivi de l'évolution saisonnière et inter-annuelle de la phytomasse aérienne montre sa grande variabilité (LE HOUEROU et HOSTE, 1977; AIDOUD, 1983, 1989 et 1991; LE HOUEROU, 1992a; AIDOUD et TOUFFET, 1996). Les variations sont liées essentiellement aux fluctuations climatiques qui présentent de fortes corrélations avec la production annuelle ou saisonnière.

Durant les deux dernières décennies, la surexploitation anthropique des ressources pastorales notamment par surpâturage, est à l'origine de la trajectoire régressive observée dans l'ensemble de ces systèmes (LE HOUEROU, 1992b; AIDOUD, 1994; AIDOUD-LOUNIS, 1997). Les contraintes du milieu et la précarité de ces zones arides ont fait que ce système se caractérise principalement par une activité pastorale. Nous pensons que la dégradation des steppes à *Artemisia herba-alba* pourrait résulter très peu de facteurs naturels mais de facteurs socio-économiques que nous retrouvons toujours en amont. La croissance démographique constitue un facteur qui peut conduire à une surexploitation des ressources naturelles et à un changement de pratique par rapport aux usages traditionnels. De 1966 à 1995, la population humaine des steppes algériennes a été multipliée par trois (KHELIL, 1997).

Les années de sécheresse successives et le maintien de la charge animale à un niveau élevé grâce à la fourniture d'orge et de concentrés aux troupeaux, ce qui a entraîné une dégradation intense des parcours steppiques. La désertification a été accentuée par une politique de subvention par l'Etat des céréales fourragères et des aliments concentrés. Selon LE HOUEROU (1985) " l'état a subventionné la destruction de la steppe ".

En Algérie, la diminution des disponibilités fourragères naturelles en raison de la régression des ressources végétales steppiques soumise à une exploitation libre, a conduit au recours à l'aliment concentré, introduit au départ, comme complément subventionné par l'Etat en période de disette. Ce mode d'alimentation des animaux est devenu rapidement la pratique dominante avec l'augmentation du cheptel ovin. Le taux de subvention a atteint 50% de la valeur de ces denrées sur le marché local. Ainsi la part du fourrage naturel dans l'alimentation des ovins a beaucoup baissé et la steppe s'est transformée en véritable « Bergerie à ciel ouvert » (BOUTONNET, 1991). Cet auteur estime que les parcours ne fournissent actuellement pas plus de 10% de la ration alimentaire du troupeau ovin qui y vit.

La généralisation de cette pratique explique la destruction très rapide de la végétation pérenne steppique en particulier les formations à *Stipa tenacissima*. Ces quelques changements de pratiques d'élevage semblent avoir des conséquences graves sur la composition des

troupeaux. Outre la destruction des espèces végétales pérennes, une conséquence de ce phénomène est la disparition presque totale de certaines races ovines locales bien adaptées au pâturage extensif. C'est le cas de la Barbarine Tunisienne (AMRI, 1992) et de la " Hamra " du sud Oranais (AIDOUD, 1994). Cette dernière race plus rustiques est peu à peu supplantée par la " Berguia ", mouton qui semble mieux rentabiliser l'aliment concentré.

Conclusion

L'analyse quantitative de la végétation le long du gradient de pâturage, nous a permis d'exprimer les changements physiologiques. Les paramètres utilisés sont le couvert végétal, la biomasse aérienne et la production pastorale de l'ensemble des espèces en distinguant éphémères et pérennes.

La diminution de la végétation et des ressources fourragères qu'elle produit le long des transects étudiés est le résultat de l'augmentation du pâturage. La croissance rapide de la population humaine peut expliquer ce phénomène. La possibilité de recours aux concentrés a permis le maintien d'un pâturage permanent avec une charge élevée. L'utilisation de cette complémentation devient une nécessité pour subvenir aux besoins des animaux fixés sur des parcours qui écologiquement ne peuvent plus produire du fourrage que pour une période limitée. Le développement de cet élevage devenu spéculatif, basé sur une alimentation concentrée, a donc fortement contribué à sédentariser l'élevage steppique.

CHAPITRE QUATRIEME

LES POPULATIONS ET LES COMMUNAUTES VEGETALES

Introduction

Une communauté correspond à un ensemble de populations vivant dans les mêmes conditions de milieu, chaque population correspondant à une espèce (BARBAULT, 1997). La dynamique d'une communauté ou d'une population végétale est retenue dans le sens d'une dynamique directionnelle ou d'une évolution (MAC MAHON, 1980) par opposition à la dynamique cyclique ou fluctuante liée à des changements à court terme saisonniers ou inter-annuels (MILES, 1987). Le terme succession est souvent utilisé pour exprimer une telle dynamique directionnelle (PICKETT *et al.*, 1987). Ces derniers auteurs distinguent d'une part le " patron temporel " de la succession qui est une description des changements d'abondance des différentes populations de la communauté et d'autre part les mécanismes de la succession qui sont les interactions contribuant aux changements, autrement dit les causes efficientes de ces changements. Dans ces derniers, les combinaisons floristiques peuvent être dues à différents facteurs qui sont soit exogènes soit endogènes (PALMER, 1994).

La plupart des modèles théoriques explicatifs des successions, traitent plus des facteurs endogènes que des facteurs exogènes. Un des modèles les plus cités, est celui de CONNELL et SLATYER (1977) qui placent les mécanismes successionnels dus aux espèces elles-mêmes dans trois alternatives : la facilitation, l'inhibition et la tolérance. Ces relations inter-spécifiques sont dictées par les possibilités qu'ont les espèces de coexister dans un même biotope et les modèles développés concernant la notion de niche écologique (HUTCHINSON, 1996; GRUBB, 1977), le non-équilibre (PICKETT, 1980) permettent d'expliquer et de comprendre certains mécanismes dynamiques des communautés. Le modèle de GRIME (1977) permet quant à lui d'intégrer explicitement les facteurs exogènes à travers les capacités des espèces à s'adapter aux contraintes et aux perturbations, les premières relatives essentiellement au milieu naturel, les deuxièmes essentiellement à l'homme.

Ce sont là quelques modèles théoriques, parmi les plus cités, qui permettent d'expliquer les mécanismes d'évolution des communautés végétales. Cela suppose une approche diachronique permettant de suivre de réels changements dans un même biotope.

Dans les steppes arides d'Algérie, les premières études dynamiques entreprises ont utilisé l'approche dite synchronique permettant d'établir des schémas dynamiques partant de liens de contiguïté entre communautés (LE HOUEROU, 1969; CELLES, 1975; DJEBAILI, 1978). Le

travail mené dans le Sud-Oranais par l'équipe de l'U.R.B.T, dans laquelle s'inscrit le présent travail, a permis d'affiner les hypothèses dynamiques (ACHOUR, 1983; AIDOUD-LOUNIS, 1984). Les relations dynamiques en particulier dans le bassin-versant du Chott-Chergui, entre les différentes formations steppiques arides à base essentiellement d'alfa (*Stipa tenacissima* L.), d'armoïse (*Artemisia herba-alba* Asso) et de sparte (*Lygeum spartum* L.) ont été interprétées par AIDOUD-LOUNIS (1984, 1989).

Un suivi à long terme en stations permanente portant sur une vingtaine d'années (AIDOUD, 1983, 1989, 1994) a permis de distinguer les fluctuations réversibles des tendances à long terme. Il a permis, au plan dynamique, de confirmer au moins une trajectoire dynamique par l'étude d'un transect faisant ressortir expérimentalement les effets du surpâturage dans une communauté d'alfa (AIDOUD, 1994; AIDOUD *et al.*, 1998; SLIMANI, 1998).

Notre travail s'inscrit dans cette même optique utilisant les gradients de changements (PICKUP, 1992). Le pâturage étant presque exclusivement la seule exploitation dans notre zone d'étude, notre objectif dans le présent chapitre est :

- (1) d'étudier les effets du pâturage sur les principales populations végétales de la steppe d'armoïse blanche d'El May et
- (2) de vérifier l'hypothèse de changements directionnels dans la communauté caractérisée à l'origine par une grande homogénéité à la fois physionomique et floristique.

1- Méthodologie

L'étude de la végétation fait appel à diverses méthodes d'échantillonnage qui répondent à diverses problématiques d'étude de structure, de fonctionnement ou de dynamique.

1.1- Principe général de l'échantillonnage des populations et des communautés végétales

L'échantillonnage est considéré comme la phase primordiale de toute étude écologique. D'après DAGNELIE (1973), l'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui ont pour objet de prélever, dans une population ou univers, les individus devant constituer l'échantillon. En phytoécologie, l'échantillonnage est la description stationnelle d'un ensemble de variables biotiques et abiotiques, qualitatives et quantitatives constituant le relevé phytoécologique. La liste des espèces végétales rencontrées correspondent aux variables biotiques tandis que les variables abiotiques se rapportent aux caractéristiques du milieu.

La population ou univers pour un échantillonnage écologique correspondent à un territoire donné. Le relevé correspond ainsi à un individu d'échantillonnage dont il est " mesuré " un certain nombre de variables (ou descripteurs).

La réalisation d'un relevé doit respecter les règles d'échantillonnage (hasard, représentativité et homogénéité) qui relèvent de critères de choix de position dans l'espace et dans le temps (GOUNOT, 1969).

Pour notre cas, nous avons appliqué l'échantillonnage dit systématique (GOUNOT, 1969; CHESSEL *et al.*, 1975; FRONTIER, 1983; PETTINI, 1992). Ce type d'échantillonnage a été introduit par GREIG- SMITH (1964) et s'applique bien à l'étude des gradients.

Dans le cas étudié, il s'agit d'un gradient de pâturage, principale influence humaine sur les formations à armoise blanche de notre zone d'étude. Notre choix a porté sur ce type d'échantillonnage pour faire ressortir des tendances spatiales exprimant des gradients dans un système homogène au départ. Ce système était appréhendé alors à l'échelle stationnelle au sens de LONG (1974), un système qui outre une relative uniformité écologique (climat et orotopographie) était caractérisé par une homogénéité de point de vue de la physionomie et de la densité végétale (AIDOU, 1989).

Au terme de l'échantillonnage, un ensemble d'individus comportant chacun un ensemble de variables est disponible en vue :

- d'en analyser et d'en interpréter les relations et de faire ressortir les variables déterminantes ;
- de déterminer l'ordination (GOODALL, 1954) des relevés constituants des ensembles ou " groupements ".

1.2- Le relevé floristique

L'échantillonnage des communautés végétales doit répondre en premier au critère de représentativité qui s'exprime à travers le choix de l'aire minimale correspondant à la surface dans laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée (GOUNOT, 1969).

La composition et la richesse floristique ont été échantillonnées dans un rectangle de 2 m x 10 m soit une surface de 20 m². Cette surface respecte l'aire d'échantillonnage habituellement utilisée et se prête à une interprétation statistique rigoureuse (GOUNOT, 1969; CHESSEL *et al.*, 1975; FRONTIER, 1983). Les espèces non recensées dans cette aire ont été notées par extension dans les limites imposées par l'homogénéité apparente.

Richesse spécifique

Chaque station (ou relevé) peut être caractérisée par sa richesse spécifique (richesse végétale) qui correspond au nombre S d'espèces recensées dans cette station. Cette richesse est souvent assimilée à une diversité (*sensu lato*).

Diversité spécifique (s.s)

La diversité, au sens strict du terme, fait intervenir la contribution de chaque espèce à la communauté végétale.

La contribution spécifique (cf. chapitre 3) qui exprime en fait la probabilité d'occurrence $P_i = C_{si}$ d'une espèce, permet en particulier le calcul d'indices de diversité.

$$I_s = \sum P_i \log_2 P_i \text{ (indice de Shannon)}$$

L'indice d'équitabilité (EQ), $EQ = I_s / \log_2 S$ avec S = nombre d'espèces, dans notre cas, seule l'équitabilité, qui permet la comparaison des relevés, a été prise en considération.

1.3- Le relevé de densités

La densité végétale correspond au nombre d'individus recensés par unité de surface ou de volume (DAJOZ, 1985) ce qui correspond dans notre cas à une densité brute.

L'étude de la dispersion végétale a connu un progrès considérable par la proposition de GREIG – SMITH (1952) de compter les plantes dans une grille de Carrés contigus. Elle permet le groupement des effectifs par blocs de carrés de taille variable (2,4, 8 ...).

Le dispositif adopté est schématisé par la figure 4.12 et illustré par la photographie 4.2. Les placettes échantillonnées (2m par 10 m chacune) sont subdivisées en carrés élémentaires de 1m² disposés de part et d'autre du relevé linéaire.

Dans chaque carré, les espèces végétales sont dénombrées. Les espèces annuelles sont échantillonnées dans un carré de 0,25 m². C'est le cas par exemple de *Schismus barbatus* dont la répartition se fait souvent par plage d'individus.

De grandes différences de taille des touffes de l'espèce pérenne dominante (*Artemisia herba-alba*) sont observées ce qui peut diminuer de la signification de la densité brute le long du gradient.

Pour pallier ces différences, la densité a été mesurée selon des classes de diamètre (tabl. 4.11).

Nous avons distingué les touffes vivantes des touffes mortes. Ces dernières ont en général un port prostré avec des branches desséchées cassantes et dépourvues de pousses vertes.

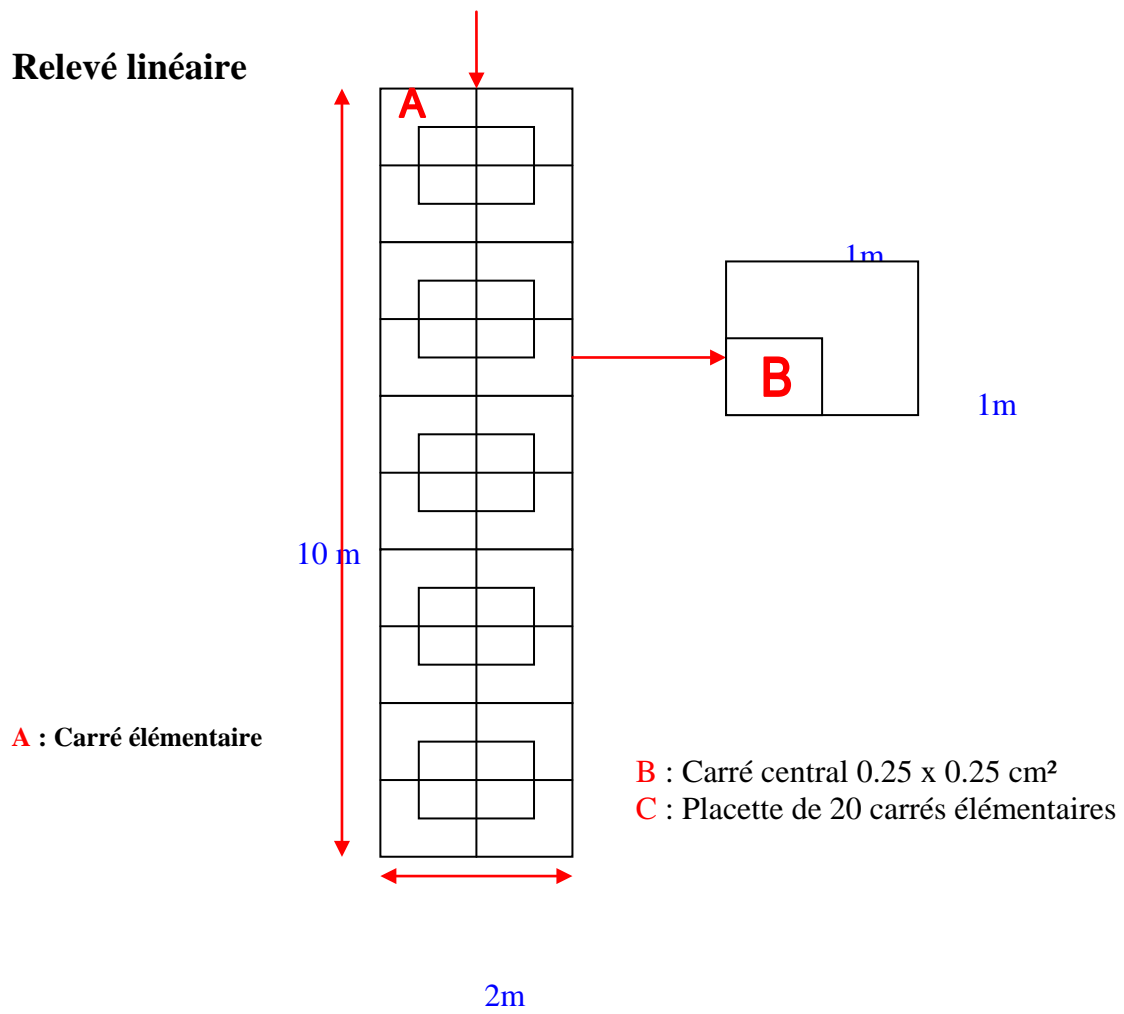


Figure 4.12 – Schéma détaillé d'une placette d'échantillonnage

Nous avons exprimé les résultats, pour l'armoise, en densité-surface calculée comme la surface couverte par la plante en assimilant la projection verticale au sol de la touffe à un cercle de diamètre d (cm). Pour chaque touffe, la surface s est donnée par la formule :

$$s = \Pi d^2/4$$

Tableau 4.11. Classes de diamètres affectés à l'armoise blanche

Classe de diamètre	Diamètre de touffes (cm)
01	00-10
02	11-20
03	21-30
04	31-40

1.4- l'analyse statistique des données

Nous avons utilisé des analyses multivariées qui sont l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) et la classification hiérarchique ascendante (C.H.A) et l'analyse de variances (ANOVA). En phytoécologie, l'A.F.C. est l'analyse la plus utilisée et reste l'une des méthodes d'ordination la plus efficace. Elle permet essentiellement, à partir d'un ensemble complexe de variables phytoécologiques, l'ordination des relevés en ensembles selon leur proximité floristique pouvant être aisément interprétée du point de vue écologique. Cette ordination est à la base de la constitution d'ensembles et la typologie des groupements ainsi constitués.

Pour plus de détails mathématiques, nous renvoyons à DAGNELIE (1960), LACOSTE (1972), ROMANE (1972).

Le programme utilisé est CHADOC VS (développé par l'I.U.T de Nice) dont la conformité avec les principaux logiciels actuellement utilisés a été vérifiée.

2- Résultats

Les résultats sont présentés d'abord pour les populations puis pour les communautés le long des transects étudiés.

2.1- Variation de la densité des principales populations le long du gradient de pâturage

2.1.1- *Artemisia herba-alba*

2.1.1.1- Densité brute

La variation de la densité brute de l'armoise blanche (touffes vivantes) est illustrée par la figure 4.13. La répartition de l'armoise blanche montre d'importantes variations le long des transects. Ainsi, nous remarquons une augmentation de la densité dans la mise en défens et ses alentours. La courbe peut localement montrer un accroissement (relevé 21) ce qui correspond à la présence d'une daya plus ou moins ensablée.

Une baisse nette de la densité est enregistrée au niveau des relevés (7) et (8) et à partir du relevé 25.

2.1.1.2- Densité par classe de diamètre

L'analyse de la variation spatiale des différentes tailles (classes de diamètre) d'armoise (tabl 4.12), nous a permis de remarquer :

- Les petites touffes d'armoise (classe 1, diamètre compris entre 0 et 10 cm) sont bien représentées le long du transect. Leur densité dans la majorité des relevés est supérieure à 1 ind./m². L'analyse statistique (ANOVA) de cette variation, le long du transect révèle une variation hautement significative ($p = 0.009$).
- Les touffes d'armoise de la classe 2 (10 à 20 cm) sont bien représentées dans la mise en défens ($d > 1$ ind./m²), mais faiblement représentée dans les zones pâturées ($d < 0,5$ ind./m²). Cette variation de densité est très hautement significative ($p = 0.0001$).
- Les touffes d'armoise de la classe 3 (20-30 cm) sont faiblement représentées le long du transect. La densité globale est de 0.1 ind./m².
- Les touffes d'armoise de diamètre compris entre 30 - 40 cm sont nettement moins abondantes que les autres classes, leur répartition est localisée exclusivement dans la zone protégée et les zones à pâturage modéré.

Tableau 4.12- Variation de la densité(ind./m²) d'*Artemisia herba-alba* par classe de diamètre le long du gradient de pâturage

	D	M	L	G	p
Classe 1	01.5 ± 0.7	2.0 ± 1.0	1.1 ± 0.3	1.4 ± 0.6	0.009**
Classe 2	01.7 ± 0.8	0.8 ± 0.9	0.3 ± 0.5	0.5 ± 0.5	0.0001***
Classe 3	0.1 ± 1.1	0.1 ± 0.6	0.1 ± 0.5	0.1 ± 0.5	p>0.05NS
Classe 4	0.2 ± 0.5	0.1 ± 0.7	0.0 ± 0.0	0.10 ± 0.07	p>0.05NS

Moyenne et intervalle de confiance (p = 0.05)
D : Mise en défens; M : zone à pâturage modéré; L : zone à pâturage libre ; G : le long du transect
Test de variation de la densité le long des transects :
**= hautement significative (0.01 > p > 0. 001).
***=très hautement significatif p<0.001, NS : non significatif

Germinations d'armoise : nous avons relevé des individus d'armoise dont le diamètre est compris entre 0 et 5 cm. Ce sont des individus jeunes dont la plupart sont issus de germinations d'un an, à distinguer des touffes adultes de classe 1. La densité de ces plantules est élevée dans les zones à pâturage libre (1,5 ind./ m²) et très faible dans la mise en défens (0,1 ind./ m²). Elle reste relativement élevée dans la zone M (1,0 ind./ m²). La densité de ces plantules est très variable localement, le coefficient de variation étant toujours supérieur à 100%.

2.1.1.3- Densité - surface pondérée

La variation de cette densité corrigée par la surface des touffes est illustrée par la figure 4.15. De part et d'autre de la mise en défens, la baisse de la surface occupée par l'armoise blanche est importante. Dans le cas des dayas (cas du relevé 1) la surface recouverte par l'armoise est de 10%. Dans la zone protégée, cette densité peut atteindre 14%. Au voisinage de cette dernière (relevés 09, 10, 11 et 18 à 23), la surface recouverte par l'armoise blanche peut atteindre en moyenne 4%. Dans les zones soumises à un pâturage libre, le recouvrement de l'armoise blanche diminue sensiblement et ne dépasse guère 2,5%. L'analyse de ces variations de la mise en défens soustraite au pâturage à la zone pâturée, montrent nettement l'effet du surpâturage sur la dégradation de l'armoise blanche.

La mise en relation de la densité-surface de l'armoise blanche et de la fréquence linéaire (Fsi%) montre une corrélation très hautement significative (p < 0,001, r = 0.931***).

2.1.1.4- Densité des touffes mortes

La variation de densité des populations mortes à armoise blanche est illustrée par la figure 4.12. La répartition de cette densité montre globalement qu'elle n'est pas négligeable dans la mise en défens et ses alentours. Il est à constater toutefois une augmentation de la densité des touffes mortes dans certains relevés situés dans les zones à pâturage libre, cas du relevé 4 où cette densité peut atteindre 0.6 ind./m².

2.1.2- Autres populations

L'analyse de la variation de la densité des populations le long du gradient de pâturage est démontrée par le tableau 4.13.

Tableau 4.13 - Analyse de la variation de la densité (ind./m²) des populations le long du gradient de pâturage

	D	M	L	G
<i>Noaea mucronata</i>	0.5 ± 1.1	0.2 ± 0.4	0.5 ± 0.7	0.4 ± 0.5
<i>Schismus barbatus</i>	43.2 ± 14.2	78.6 ± 12.3	42.9 ± 6.4	52.6 ± 7.0
<i>Hordeum murinum</i>	3.2 ± 3.9	0.1 ± 0.6	1.2 ± 1.6	1.1 ± 1.4
<i>Stipa parviflora</i>	1.9 ± 0.8	0.4 ± 0.9	0.5 ± 0.7	0.3 ± 0.6
<i>Poa bulbosa</i>	0.0 ± 0.0	1.8 ± 2.7	1.5 ± 1.6	1.5 ± 1.6

Moyenne et intervalle de confiance (p = 0.05)
D : Mise en défens; M : zone à pâturage modéré; L : zone à pâturage libre ; G : le long du transect

Population à *Noaea mucronata*

L'analyse du tableau 4.13 montre que la densité de *Noaea mucronata* semble augmenter légèrement en passant des zones contrôlées D et M avec 0.31 ind./m² à celles pâturées librement avec 0.53 ind./m². Le long du transect sa densité est de 0.43 ind./m². Cette variation n'est pas significative (p=0.137).

Population à *Stipa parviflora*

La densité de cette population passe de 1,9 ind./m² dans les zones protégées à 0.29 ind./m² dans les zones pâturées. Ainsi, nous pouvons conclure à une diminution significative de la densité de cette population.

Population à *Poa bulbosa*

La densité de *Poa bulbosa* n'est appréciable que dans les zones M et L où elle peut atteindre 1.18 ind./m². Notons que cette population est absente dans la mise en défens.

Population à *Schismus barbatus*

La densité de *Schismus barbatus* augmente dans la zone à pâturage modérée avec près de 79 individus par m². Dans certains relevés, sa densité peut atteindre 333 ind./m², ce qui peut s'expliquer par sa distribution agrégative.

Population à *Hordeum murinum*

Dans les zones à pâturage non contrôlés, la densité de cette population passe de 0.1 à 1.2 ind./m². La densité de cette espèce dans la mise en défens est discutable dans la mesure où elle n'a été recensée et avec abondance que dans un seul relevé situé en limite des zones à pâturage non contrôlé.

2.2- Variation de la diversité et de la richesse spécifiques le long du gradient de pâturage

L'analyse de la variation de la diversité spécifique et de la richesse floristique le long du transect (tableau 4.14), ne donnent pas de résultats homogènes et facilement interprétables. Les seules différences significatives sont :

- (1) pour la richesse floristique ($p = 0.01$), dans la partie nord du transect, entre la zone à pâturage libre et la zone à pâturage modérée,
- (2) pour la diversité ($p=0.038$) entre la zone protégée et la zone à pâturage libre située dans la partie sud du transect.

L'augmentation de la richesse et de la diversité se fait dans le sens d'une augmentation de la diversité dans les zones dégradées.

Tableau 4.14- Variation de la richesse floristique (Rs) et de la diversité spécifique (EQ) le long du gradient de pâturage.

Zones	Rs	EQ
Ls	12.2 ± 2.9	17.0 ± 3.3
Ms	14.8 ± 2.8	17.2 ± 3.4
D	09.0 ± 0.7	32.0 ± 4.7
Mn	07.3 ± 3.1	25.0 ± 3.5
Ln	17.7 ± 2.6	26.0 ± 1.8

Moyenne et intervalle de confiance ($p = 0.05$)
Ls: zone Sud à pâturage libre; Ln : zone Nord à pâturage libre, Ms : zone Sud à pâturage modéré; Mn : zone Nord à pâturage modéré; D : zone protégée

La diversité spécifique semble être favorisée par un couvert végétal relativement fort. La corrélation entre la diversité et le recouvrement global de la végétation est très hautement significative ($p < 0.001$, $r = 0.88^{***}$).

2.3- Analyse des communautés le long du gradient de pression de pâturage

Les analyses par l'AFC et la CHA des relevés et des espèces, ont permis d'individualiser des ensembles (fig. 4.16) au nombre de quatre (E1, E2, E3 et E4) dont nous avons analysé la phytoécologie et la diversité spécifique.

Après examen des valeurs propres des axes (AFC), nous nous sommes limités à l'interprétation des deux premiers axes de valeurs propres V1= 0.45 et V2= 0.33. Ceci indique que ces deux axes cumulent l'essentiel de l'information ce qui nous permet d'expliquer la relation entre le milieu et la végétation.

2.3.1-Analyse floristique

Les quatre ensembles peuvent être distingués par la fréquence et la contribution spécifique des espèces dominantes vivaces (tabl.4.15, fig.4.16).

Tableau 4.15. Fréquences et contributions spécifiques moyennes des espèces dominantes (%) dans les ensembles délimités par l'AFC.

Ensembles/ Espèces	<i>Artemisia herba alba</i>		<i>Noaea mucronata</i>		<i>Poa bulbosa</i>	
	Fsi (%)	Csi (%)	Fsi (%)	Csi (%)	Fsi (%)	Csi (%)
E1	17.60	66.00	1.00	5.50		
E2	06.00	32.00	5.50	17.80	4.70	25.40
E3	02.66	18,00	2.25	11.80		
E4	01.25	05.05	11.0	44.80		

Fsi : Fréquence spécifique ; **Csi** : contribution spécifique au tapis végétal.

L'ensemble E1, situé dans la partie positive de l'axe 1, est représenté par la totalité des relevés effectués dans la mise en défens et quelques-uns réalisés à proximité de celle-ci. Il s'agit d'un ensemble à base d'*Artemisia herba-alba* (Csi = 66%, tabl.4.14). Le recouvrement global moyen de la végétation est de 22 %. La liste floristique de cet ensemble comporte :

Artemisia herba alba,
Helianthemum virgatum,
Helianthemum apertum,
Alyssum scutigerum,
Scorzonera undulata,
Astragalus caprinus,
Erodium triangulare,

Salvia verbenaca

Paronychia arabica

Allium cupani.

Mis à part *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum* (espèces pérennes), la totalité des espèces caractéristiques sont des éphémères ou arido-passives (EVENARI, 1985). L'installation de quelques touffes de *Lygeum spartum* est favorisée par la présence d'un voile éolien discontinu d'épaisseur moyenne de 6,2 cm.

L'ensemble E2 est représenté par les relevés effectués dans la zone à pâturage libre avec un recouvrement global de la végétation est de 19%. Cet ensemble qui reste très proche du précédent (fig.4.17) correspond à une végétation à base d'*Artemisia herba-alba* dominante (Csi=32%) et de *Noaea mucronata* (Csi = 17,8%) autre chaméphyte ligneuse. Cet ensemble se distingue par l'abondance de *Poa bulbosa* (Csi = 25%). Le reste du cortège floristique est caractérisé par :

des espèces vivaces comme

Atractylis serratuloides et

Stipa parviflora

des thérophytes comme

Sclerocariopsis spinocarpos,

Aegilops triuncialis,

Alyssum linifolium,

Malva aegyptiaca,

Herniaria fontanesii,

Anacyclus cyrtolepidoides.

L'ensemble E3 correspond à une steppe dont le recouvrement est de 26%. *Artemisia herba alba* (Csi = 18%) reste dominante avec *Noaea mucronata* qui voit sa contribution augmenter (Csi = 11,8%). Cet ensemble réunit les relevés effectués dans la zone à pâturage libre et quelques-uns dans la zone à pâturage modéré.

Les autres espèces représentatives de cet ensemble sont

des vivaces telles que

Atractylis humilis,

Launaea resedifolia,

Marrubium desertii

des thérophytes telles que

Schismus barbatus,
Erodium bipinnatum,
Spergularia diandra,
Eruca vesicaria,
Sisymbrium runcinatum,
Astragalus cruciatus,
Herniaria hirsuta,
Hallogeton sativus,.

L'ensemble **E4** est un ensemble qui s'oppose à l'ensemble I. Il est à base de *Noaea mucronata* chénopodiacée ligneuse abrisellée qui devient dominante (Csi = 45%) par rapport à l'armoise blanche qui ne contribue plus qu'à 5% du tapis végétal.

Du point de vue floristique, les autres espèces qui caractérisent cet ensemble sont :

Telephium imperati,
Hordeum murinum,
Leontodon hispanicus
Trigonella polycerata.

2.3.2- Richesse et diversité spécifique

L'analyse de la diversité spécifique et de la richesse floristique (tabl. 4.16), dans les ensembles végétaux, montre une variation significative ($p=0.03$) de la richesse floristique tandis que l'analyse de la variation de la diversité floristique ne révèle aucune différence significative.

Tableau 4.16- Résultats de l'analyse de la richesse floristique (Rs) et de la diversité spécifique (EQ) dans les ensembles

Ensembles	Rs	EQ
E1	10.4 ± 2.1	24.8 ± 2.7
E2	10.0 ± 1.6	26.4 ± 3.7
E3	13.3 ± 2.4	20.0 ± 2.8
E4	17.0 ± 2.7	25.0 ± 3.1

Moyenne et intervalle de confiance ($p = 0.05$).
E : ensembles délimités par l'A.F.C

Discussion

L'étude de la densité des populations à *Artemisia herba-alba*, nous a permis de constater que la densité des populations mortes peut être élevée dans la mise en défens. Ceci semble résulter d'une situation de déséquilibre à la suite d'une sous-exploitation de l'armoise blanche. Le sol ne pouvant plus satisfaire la demande évaporatoire et les besoins nutritifs de la touffe dont la phytomasse augmente, il s'en suit alors une baisse de la productivité des pousses vertes en faveur de la partie ligneuse (AIDOUD, 1983).

Peu à peu et surtout en année défavorable, la touffe perd de sa vigueur, ce qui entraîne pour finir le cycle, la mort de pratiquement toutes les vieilles touffes, ceci semble confirmer les effets de la mise en défens. Les mises en défens de longues durée sont parfois aussi néfaste que le surpâturage (CALEMBERT, 1972).

L'utilisation de la densité brute ne peut pas être un facteur sur lequel nous pouvons nous baser pour montrer le degré de dégradation des populations à *Artemisia herba -alba*, car elle ne prend pas en considération l'état de la touffe. Pour pallier cette difficulté, nous avons exprimé cette densité par rapport à la surface. Cette dernière, nous renseigne sur l'état de dégradation de la surface recouverte par l'armoise blanche dans les différents milieux de pâturage.

La répartition spatiale des différents tailles de l'armoise blanche, démontre la dominance des touffes de diamètre compris entre 0 et 10 cm (classe 1), ceci peut être expliquer par le rajeunissement et l'élimination des grandes touffes (classe 3 et 4). Dans certains cas l'ensablement très important et/ou le piétinement peuvent fractionner un même individu en plusieurs très petites touffes (classe 1). Ceci rejoint les observations faites par OURCIVAL (1992) qui précise que les individus âgés de l'armoise blanche sont composés de sous-individus (comprenant une partie aérienne et une partie souterraine) indépendant de point de vue de l'alimentation hydrique, ces sous individus peuvent mourir sans entraîner la mort complète de toute la touffe. Selon LOISEAU et SEBILOTTE (1972), le pâturage peut aussi entraîner une augmentation du nombre de touffes de la classe 1 et stimuler leur développement, ce qui permettrait une occupation peu forte en nombre de pieds par unité de surface.

Selon les mêmes auteurs, " le pâturage appelle le pâturage " par le fait que les populations à armoise blanche déjà broutées ont l'avantage de présenter des rameaux jeunes de meilleure appétibilité car plus faciles à prélever pour le cheptel. Ce dernier, a tendance à fréquenter surtout les populations déjà broutées et donc, une accentuation du pâturage, comme c'est le cas ici, peut conduire à terme à l'extinction locale de l'espèce.

Parmi les autres espèces, la variation de la densité le long du gradient de pâturage semble s'expliquer essentiellement par l'importance du prélèvement par broutage. Ceci peut se vérifier pour *Stipa parviflora* dont la densité diminue car c'est une plante bien appréciée par les animaux. L'inverse peut être avancé pour *Noaea mucronata*. Pour les espèces annuelles, leur densité peut augmenter car favorisée par le pâturage lui-même. C'est le cas de *Schismus barbatus* qui est favorisé dans la zone intermédiaire (pâturage modéré).

L'analyse des communautés de la steppe d'armoise pâturée nous a permis de mettre en évidence :

- (1) Les principaux ensembles qui indiqueraient l'amorce d'un changement directionnel de la composition floristique des communautés. Quatre ensembles se dégagent le long du gradient : un premier ensemble (E1) semble avoir gardé l'essentiel des caractéristiques du système pré-existant représenté actuellement par la parcelle mise en défens. L'ensemble (E2) est très proche de ce dernier mais s'en distingue par un couvert végétal plus faible. L'ensemble E3, E4 sont des ensembles plus dégradés et sont dominés par *Noaea mucronata* et se caractérisent par des espèces qui indiquent une pression anthropique plus importante et donc un état de dégradation plus avancé de la surface du sol.
- (2) Les principales variables écologiques qui semblent expliquer la répartition de la végétation le long du gradient de pression de pâturage. Pour cela, à travers l'AFC nous avons déterminé la signification écologique des axes factoriels. Cette dernière se fait essentiellement par les espèces les plus caractéristiques et dont l'écologie est plus ou moins connue (POUGET, 1980). Nous avons considéré les espèces à forte contribution relative dont l'autoécologie est décrite par plusieurs auteurs parmi lesquels nous pouvons citer QUEZEL et SANTA(1962,1963), CELLES(1975), DJEBAILI(1978), BOUZENOUNE (1984), LE HOUEROU (1995), AIDOU-LOUNIS (1984, 1997) et KADI-HANIFI -ACHOUR (1998).

Dans l'ensemble E1, parmi les espèces retenues *Allium cupani* est selon QUEZEL et SANTA, 1962, un taxon qui caractérise les broussailles et les pâturages des forêts du Tell, des Hautes Plaines et de l'Atlas Saharien alors qu'*Helianthemum apertum* est une espèce des steppes arides et désertiques. Certaines espèces, telles que *Alyssum scutigerum* et *Scorzonera undulata*, sont liées à une texture limono-sableuse et à des sols profonds (DJEBAILI et al., 1982). Selon LE HOUEROU(1995), *Paronychia arabica*, *Erodium triangulare*, *Scorzonera undulata* et *Salvia verbenaca* sont des espèces liées aux sables grossiers plus ou moins fixés. Quant à *Helianthemum virgatum*, elle caractériserait les sols à croûte calcaire peu profonde (LE HOUEROU, 1969; LE HOUEROU et al., 1975).

Les taxons qui caractérisent cet ensemble de relevés sont généralement des espèces liées à une texture limono-sableuse et à des sols relativement profonds dans ce type de steppe, telles que : *Artemisia herba alba*, *Heliathemum virgatum*, *Alyssum Scutigera*, *Scozonera undulata*, *Malva egyptiaca* et *Paronychia arabica*.

Nous retrouvons parmi les espèces de l'ensemble E2, deux poacées *Poa bulbosa* et *Stipa parviflora* qui sont indicatrices, la première, d'une texture fine, la deuxième d'une croûte calcaire peu profonde (DJEBAÏLI, 1978 et LE HOUEROU, 1969; POUGET, 1980). Ces deux espèces ressortent comme représentatives de ce type de steppes dans l'analyse phytoécologique de l'ensemble du bassin-versant du Chott-Chergui (AIDOUD-LOUNIS, 1984). *Poa bulbosa* contrairement à *Stipa parviflora* a été souvent signalée comme représentant des climats moins arides ($P > 300$ mm pour LE HOUEROU, 1969 voire même $P > 400$ mm pour DJEBAÏLI, 1978) ce qui indiquerait que cette espèce se trouve en delà de sa limite climatique inférieure dans notre zone d'étude.

S'ajoutant à ces espèces indicatrices de caractéristiques édaphiques similaire à celui de l'ensemble précédent, *Noaea mucronata*, *Atractylis serratuloides* et *Herniaria fontanesii* qui indiquent un état plus dégradé et en particulier un sol squelettique (LE HOUEROU, 1995a) dont témoigne le taux assez élevé d'éléments grossiers (11%). Dans les groupements du bassin versant du Chott-Chergui, AIDOUD-LOUNIS (1984) place au plan phytosociologique, *Noaea mucronata* et *Herniaria fontanesii* comme caractéristiques de l'alliance *Noaeo mucronatae-Artemision herba-albae* Aidoud-Lounis, alors qu'*Atractylis serratuloides* constitue une caractéristique de sous-association (*Atractylisetosum*) dont elle est l'espèce dominante. L'évolution de la steppe à armoise blanche par dégradation vers une steppe à *Atractylis* est confirmée (AIDOUD-LOUNIS, 1997) sur de grandes surfaces (cf. en particulier plus à l'Ouest (région entre El Aricha et Mekmen Ben Amar).

Parmi les espèces qui caractérisent l'ensemble E3, nous retrouvons *Sisymbrium runcinatum*, une espèce indicatrice des steppes- cultures (LE HOUEROU, 1969; LE HOUEROU *et al.*, 1975; POUGET, 1980). Cette espèce est une caractéristique des Lygeo-stipetalia de l'Eremopyrolygeion d'après BRAUN BLANQUET et de BOLOS (1957) et a été retenue par BRAUN BLANQUET (1978) comme caractéristique des *chenopodietum muralis* qui est une association rudérale. D'après QUEZEL et SANTA (1962, 1963), elle est commune dans les pâturage arides, les hauts plateaux et l'Atlas Saharien, où elle apparaît comme une pélophile liée aux cultures (POUGET, 1980). Pour CELLES (1975), elle fait partie du 'cortège spécifique' du sparte, cortège qui regroupe surtout des espèces liées aux limons plus ou moins sableux. Selon AIDOUD-LOUNIS(1984), c'est une espèce qui caractérise les groupements rudéraux.

Les espèces *Schismus barbatus*, *Launaea resedifolia* et *Marrubium desertii* sont considérées comme psammophiles liées aux sables grossiers plus ou moins fixés (LE HOUEROU, 1995a). Dans ce groupement le voile sableux peut atteindre 2.9 cm. *Schismus barbatus* ssp. *calycinus* est proposé par DJEBAILI (1978) comme caractéristique de l'association à *Lygeum spartum* et *Cutandia divaricata*. CELLES (1975) considère ce taxon comme une compagne des associations à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada* et à *Lygeum spartum* et *cutandia divaricata* pour LAZARE et ROUX(1979), c'est une caractéristique présumée des unités supérieures psammophiles.

Selon AIDOUD-LOUNIS (1984), *Astragalus cruciatus* est mieux représentée dans les groupements développés sur voile sableux discontinu (sous-association à *Thymelaea microphylla*, sous-association à *Eruca vesicaria* et sous-association à *Atractylis serratuloides*). LEMEE (1953) en fait une caractéristique d'ordre qui n'a pas été nommé et de la classe des *Cutandietea*, des dépressions sableuses et limoneuses, non salées des environs de Beni-ounif. DJEBAILI (1978), présente ce taxon comme caractéristique de l'association à *Lygeum spartum* et *Cutandia divaricata* qui se localise sur les premiers glaçis ensablés aux pieds des Djebels.

Astragalus cruciatus de même que *Schismus barbatus* sont des annuelles plus ou moins psammophiles et qui répondent vite aux variations du milieu, se contentant du minimum pour se développer. *Schismus barbatus* peut fleurir plusieurs fois dans une même année (AIDOUD, 1983).

Dans cet ensemble apparaissent des espèces synanthropes qui regroupent (QUEZEL *et al.*, 1990), les " mauvaises herbes " liées à diverses actions de l'homme et en particulier ici, le pâturage et le surpâturage. Elles sont représentée par *Eruca vesicaria* et *Iris sisyrinchium* (LE HOUEROU, 1995a). Nous notons la présence de *spergularia diandra* espèce tolérante la salure due aux chlorures (KILLIAN, 1953), cette espèce est classée par DJEBAILI *et al.*, 1982 dans le groupe des halophytes.

D'après l'analyse de cet ensemble, deux facteurs ressortent : le voile sableux et le caractère anthropique qui apparaît suite à la mise en culture des steppes voisines mais surtout à la dégradation par surpâturage.

Dans l'ensemble E4, nous constatons la dominance de *Noaea mucronata*, espèce peu appréciée du bétail (les jeunes pousses sont consommées). Elle colonise les sols squelettiques, notamment les croûtes calcaires superficielles dans les hautes plaines algéro-marocaines jusqu'au piémont oriental du moyen Atlas (LE HOUEROU, 1992). Les avis sont partagés sur sa position syntaxonomique, (MEGAHIDE *et al.*, 1971 ; CELLES, 1975 ; DJEBAILI, 1978). Elle est décrite dans des situations proches de celles de la steppe étudiée par LAZARE et ROUX (1979) qui la place comme une différentielle des steppes de transition à *Artemisia herba-alba* et *Thymelaea*

micropylla. Enfin AIDOUD-LOUNIS (1984 ;1990) donne à cette espèce le statut de caractéristique d'alliance, l'alliance à *Noaea mucronata* et *Artemisia herba-alba*.

Parmi les autres taxons cités, *Leontodon hispanicus* serait une indicatrice du semi-aride inférieur et au de là de P>300 mm (LE HOUEROU, 1969 ; LE HOUEROU *et al.*,1975) et des steppes climatiques arides supérieurs sur des sols plus ou moins encroûtées (POUGET, 1980). *Telephium imperati* caractérise les steppes climatiques arides et se développe sur sols à croûte calcaire ou encroûtement (POUGET, 1980).

Les espèces synanthropes post-culturelles ou cultigènes, représentées par *Hordeum murinum* (LE HOUEROU, 1969), témoignent de l'action de mise en cultures et pâturage .

En résumé, dans le présent chapitre nous avons étudié les changements floristique le long du gradient de pâturage en considérant les populations et les communautés.

Les résultats sur la densité des principales espèces, confirment le rôle du pâturage dans la dynamique de la végétation le long du transect étudié. La réduction de la population à *Artemisia herba-alba* est attesté par la diminution de sa densité mais également par l'augmentation de celle des touffes mortes. La densité de *Noaea mucronata* augmente dans les zones à pâturage libre caractérisées surtout par des sols squelettiques et pauvres en matière organique. La densité de certaines espèces a diminué, c'est le cas de *Stipa parviflora*, espèce qui subit une exploitation plus grande de la part des ovins, ceci expliquerait les densités variables que nous avons pu échantillonner. D'autres voient leur densité augmenter des zones protégées vers les zones à pâturage, c'est le cas d'*Hordeum murinum*, espèce synanthrope post-culturelle ou post-pastoral (LE HOUEROU, 1969), sa présence témoigne de l'action anthropique.

L'analyse de la richesse et de la diversité spécifique, ne permet pas de faire ressortir le schéma classique de la zone intermédiaire de perturbation (hypothèse de la perturbation intermédiaire = intermediate disturbance hypothesis de CONNELL, 1978). C'est la zone caractérisée par une richesse floristique plus importante qui, selon cet auteur, est favorisée par un niveau intermédiaire de perturbation par rapport à diverses ressources. Dans les mêmes conditions d'échantillonnage et d'analyse, les résultats obtenus dans la station d'alfa de Rogassa (SLIMANI,1998) ont permis de bien faire ressortir cette évolution. Selon LAUVER(1997), le niveau de diversité plus élevé dans les situations intermédiaires permet de définir un niveau de qualité pastorale plus élevé.

Conclusion

L'analyse de la densité des populations et de la composition des communautés végétales le long du gradient de pression de pâturage a permis de mettre en évidence des changements significatifs. Ces changements s'expriment essentiellement par une baisse des densités des espèces les plus pâturées et une augmentation de celles qui le sont moins. Chez les espèces pérennes, cette

opposition ressort chez les deux chaméphytes ligneuses les plus abondantes : *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata*. Le phénomène se retrouve chez les espèces éphémères (annuelles et petites vivaces) mais avec moins de netteté. Les communautés végétales sont représentées par quatre ensembles dont la composition suffisamment distincte semble exprimer une régression en relation avec l'action anthropique et la dégradation par surpâturage.

CHAPITRE CINQUIEME

SYNTHESE ET DISCUSSION GENERALE

sur le rôle du pâturage sur la dynamique de la steppe d'armoise blanche

INTRODUCTION

Dans les steppes des Hautes Plaines, la première contrainte au sens de GRIME (1979) est l'aridité qui représente un déficit hydrique permanent (MAINGUET, 1995). Ces conditions déterminent la précarité du milieu et une faible productivité n'autorisant que l'élevage extensif comme activité principale. Dans les milieux arides du Nord de l'Afrique, du Sahel et du Moyen-Orient, les activités pastorales sont anciennes mais comme souligné pour les formations steppiques par LE HOUEROU (1992 b); BEDRANI *et al.*, (1991), SANLAVILLE (1993) et THEBAUD (1994), le potentiel biologique et son équilibre avec le milieu étaient relativement respectés, par le passé, grâce à des pratiques régulatrices comme le nomadisme et la transhumance. Ainsi, même sous climat aride, un pâturage modéré peut être considéré comme un processus normal dans l'évolution à long terme des communautés des parcours pastoraux (DRENT et PRINS, 1987; FRESCO *et al.*, 1987; VAN ANDEL *et al.*, 1991). Le maintien dans les parcours, de certains stades d'équilibre dits alternatifs (WESTOBY *et al.*, 1989; ARONSON *et al.*, 1993) nécessitent le maintien du pâturage. Ceci semble même constituer une règle générale y compris dans les zones humides (BOUZILLE *et al.*, *in* AIDOUD-LOUNIS, 1997). C'est le cas des parcours à armoise blanche (AIDOUD, 1989).

Le pâturage peut avoir des effets positifs sur la croissance des plantes (BELSKY, 1986; DODD, 1994). Selon ces auteurs, un pâturage modéré a des effets stimulant sur leur croissance et permet une augmentation de la productivité des populations pâturées.

Le pâturage ne peut être considéré comme une perturbation pour une végétation qui lui est adaptée (VANANDEL *et al.*, 1991). Dans certains cas, c'est l'arrêt du pâturage qui peut constituer une perturbation plus que le pâturage lui-même (LAYCOCK, 1991; AMIAUD *et al.*, 1996).

Mais le pâturage a des effets négatifs lorsqu'il est excessif. Dans le cas des steppes d'Algérie, le surpâturage est même une cause de désertification comme cela a été montré dans le cas des nappes alfatières (AIDOUD et TOUFFET, 1996; SLIMANI, 1998). Il intervient en tant que facteur de destruction de la biomasse et donc des capacités de reproduction des ressources. Il intervient également par le piétinement qui affecte surtout les plantes ligneuses (Chaméphytes) telle l'armoise blanche et le sol dont il diminue la perméabilité (FLORET *et al.*, 1992).

Au plan climatique, le facteur principal qui contribue à la désertification dans les milieux arides est la variabilité temporelle dont l'importance augmente dans le sens d'une aridité croissante (LE

HOUEROU, 1992c). La variabilité s'exprime par des sécheresses pouvant être pluriannuelles dont la fréquence serait en accroissement significatif (RAMADE, 1987; MONOD, 1992). A ce titre, la sécheresse qui a affectée le Sud-Oranais durant les années 1980, serait la plus intense et la plus longue comme souligné par AIDOUD (1989) et BOUAZZA (1991).

Il convient cependant de souligner, en accord avec LE HOUEROU (1969) que la sécheresse, même de longue durée, ne peut pas être considérée comme la cause directe de la dégradation des steppes. Face à l'aridité et à la sécheresse, les plantes ont développé diverses stratégies adaptatives qui permettent un équilibre relatif entre la végétation et le milieu.

La conséquence la plus néfaste de la sécheresse est qu'elle entraîne une charge accrue sur les ressources biologiques. C'est le cas du pâturage qui peut, suite au déficit fourrager occasionné par la sécheresse, accentuer le prélèvement de la phytomasse des espèces pérennes. De plus, l'action de l'homme s'est diversifiée et accentuée, bouleversant les écosystèmes et leur stabilité.

Partant de la situation initiale de relative homogénéité de la steppe d'armoise étudiée (AIDOUD, 1983), notre étude, effectuée le long de transects, montre des variations le plus souvent significatives entre les terrains protégés (D) ou contrôlés (M) et les terrains pâturés librement (L). Ces variations traduisent globalement une régression du système qui se traduit par quatre ensembles végétaux définis au plan de la composition floristique. Nous allons analyser de manière synthétique et discuter ces changements observés dans le système en relation avec les caractéristiques de la végétation (richesse, couvert et biomasse) et les caractères du sol en vue de mettre en évidence le déterminisme de ces changements.

1-Les variables discriminantes

Des changements de composition spécifique ont été constatés au sein des communautés végétales le long des transects par rapport au système préexistant qui est représenté ici par la parcelle mise en défens. L'interprétation de l'analyse factorielle permet en général de distinguer des facteurs discriminants de manière empirique autrement dit la signification de la relation entre ces facteurs et les groupes distingués, doit être testée (AIDOUD *et al.*, 1998).

Nous avons effectué une analyse de variance afin de vérifier s'il existe une variation significative entre les ensembles délimités par l'AFC et la CHA. Pour cela, 11 variables ont été prises en considération (tabl.5.17).

L'analyse du tableau montre que sur les onze (11) variables traitées, seules la fréquence des pérennes, le taux de matière organique (M.O.) et la fréquence de sable (Sfr%) présentent une variation significative à travers les ensembles E1 à E4. Ce sont donc les trois variables qui semblent réagir en premier à la pression pastorale croissante le long des transects.

Tableau 5.17. Test de variation des conditions stationnelles entre les ensembles

Variables	p	
Fréquence des pérennes (FP%)	0,0048	**
Matière organique (M.O.%)	0,0108	*
Recouvrement de sable (SFR%)	0,0250	*
Pellicule de glaçage (P.G.%)	0,1539	ns
Profondeur de sable (S.P cm)	0,2197	ns
Éléments grossiers (EG%)	0,2702	ns
Taux du sable grossier (S.G%)	0,2712	ns
Taux d'argile et limon fin (ALF%)	0,3348	ns
Recouvrement de la litière (LT%)	0,4360	ns
Taux du sable fin (SF%)	0,4992	ns
Recouvrement global de la végétation (RG%)	0,5295	ns
variation : **= hautement significative (0.01>p>0.001) ; *= significative (0.05>p>0.01) ; ns= non significative. Les variables sont ordonnées par ordre de signification décroissante		

2-Déterminisme des systèmes écologiques par les caractères quantitatifs de la végétation

D'une manière générale, l'analyse des communautés le long des transects étudiés nous a permis d'identifier quatre états dynamiques de la végétation déterminés par leur composition basée sur un critère de présence-absence (cf. chapitre 4). Au plan quantitatif, nous avons considéré le couvert végétal exprimé par la fréquence et la phytomasse d'une part et la richesse spécifique d'autre part.

2.1- Fréquence, phytomasse et production fourragère

Par rapport au système préexistant (mise en défens), pour la steppe à *Artemisia herba-alba*, une baisse du couvert végétale de près de 50 % a été enregistrée. La variation quantitative la plus significative le long du gradient de pâturage est celle des pérennes. La fréquence de cette catégorie est en moyenne de 18.6 % dans l'ensemble végétal correspondant à la mise en défens et de 4.9 % dans l'ensemble E3. Exprimée en biomasse, la quantité des pérennes passe de 1979.6 kg MS/ha dans la mise en défens à 584.7kgMS/ha dans la zone pâturée. Cette régression indiquerait que l'optimum de pâturage est dépassée dans la zone L, induisant selon BELSKY (1986) une diminution de la productivité des espèces broutées au delà de celle des parcours non pâturés.

La comparaison des ensembles pour ce caractère (tabl.5.18) fait ressortir l'ensemble E3 comme le plus dégradé avec 4.9 %.

Tableau 5.18 – Caractéristiques quantitatives des communautés échantillonnées le long du gradient de pression de pâturage (intervalle de confiance calculé à p=0.05).

Ensembles variables	E1	E2	E3	E4
Espèces	<i>Artemisia herba -</i>	<i>Artemisia herba-</i>	<i>Artemisia herba-</i>	<i>Noaea mucronata et</i>

Dominantes	<i>alba</i>	<i>alba, mucronata et Poa bulbosa</i>	<i>alba et Noaea mucronata</i>	Armoise dégradée
couvert végétal(%)	22,2 ± 7,7	19,1 ± 15,1	26,8 ± 8,3	21,1 ± 15,2
couvert des pérennes (%)	18.6 ± 3.5	11.5 ± 1.9	4.9 ± 1.41	12.3 ± 1.1
Phytomasse (KgMS/ha)	1176. ± 24.9 5	792.0 ± 29.2	324.3 ± 12.9	811.0 ± 29.1
Production fourragère (UF/ha)	108.2 ± 7.7	77.5 ± 7.9	55.6 ± 6.0	79.8 ± 6.5
richesse spécifique	10.4 ± 2.1	10.0 ± 1.6	13.3 ± 2.5	17.0 ± 2.7

La comparaison des ensembles en fonction de la fréquence des espèces pérennes (tabl. 5.19), montre la proximité des deux ensembles E1 et E2 qui s'explique par leur situation de relative protection contre le surpâturage. Celle, entre les ensembles E1 ou E2 et E4, serait liée à une reconstitution, dans l'ensemble E4, du couvert des pérennes par des espèces moins sensibles au pâturage. En effet cette baisse est plus significative lorsque l'armoise blanche est considérée seule. Sa contribution spécifique au tapis végétal est de 66 % dans la mise en défens contre seulement 5 % dans l'ensemble E4. Ceci s'explique par son remplacement progressif par *Noaea mucronata*, espèce en général moins appréciée par les ovins et donc favorisée par la pression du pâturage sur l'armoise.

Tableau 5. 19 - Comparaison des fréquences des espèces pérennes dans les ensembles

	E1	E2	E3
E2	0.0988 ns		
E3	0.0011**	0.0030**	
E4	0.1457 ns	0.8494 ns	0.0017**
* : différence significative (0.05>p>0.01), ** : hautement significative (0.01>p>0.001) ; ns : non significative			

La baisse du couvert végétal et particulièrement celle des pérennes, constitue l'un des indicateurs de désertification (LE HOUEROU, 1985; AIDOUUD et TOUFFET,1996). Cette baisse constitue souvent le premier signe visible de dégradation d'un pâturage (LE HOUEROU, 1992c; AIDOUUD, 1993).

Des résultats de l'action anthropique sur plusieurs années, dans un certains nombre de milieux naturels arides, soumis a diverses pressions en Tunisie (FLORET et al., 1992), en Algérie (AIDOUUD et TOUFFET, 1996; MELZI, 1993) montrent des réductions du couvert végétal, de la biomasse et de la productivité végétale et fourragère. Dans notre cas l'effet du pâturage semble être marqué cependant par une augmentation de la phytomasse des éphémères (annuelles et petites vivaces). Ceci est lié à l'augmentation de la densité de quelques espèces favorisées directement ou indirectement (cf. infra) par le pâturage ou bien adaptées à celui-ci. Cette augmentation peut

induire ainsi paradoxalement, dans certains cas, mais souvent de manière provisoire, une augmentation de la production fourragère.

3- Déterminisme édaphique

Les variables édaphiques considérées sont les éléments de surface, le taux de matière organique du sol et la texture. Comme il ressort de l'analyse factorielle (chapitre 4), deux principaux groupes de relevés peuvent être reconnus dans le plan des axes 1-2.

3.1- Variation entre ensembles végétaux

Le groupe de relevés, réunissant les ensembles E1 et E2, est constitué par des relevés échantillonnés dans la mise en défens et ses alentours. Au plan édaphique, le sol est caractérisé en surface (tabl.5.20) par un recouvrement de pellicule de glaçage assez élevé (30%) et un taux de litière de 14%. Ce faible taux est caractéristique des steppes à chaméphytes ligneux dominants dont la structure spatiale n'oppose qu'une faible résistance aux éléments érosifs, hydriques et éoliens et de ce fait, très peu de litière demeure à la surface du sol.

Dans le groupe de relevés effectués dans les zones surpâturées (ensemble E3 et E4), le couvert végétal n'a pas globalement changé (tabl. 5.18) mais la fréquence des espèces pérennes a diminué de façon significative. La surface du sol y est caractérisée par une diminution de la pellicule de glaçage.

Tableau 5. 20- Caractères de surface des ensembles végétaux.

Ensembles variables	E1	E2	E3	E4
Espèces Dominantes	<i>Artemisia herba-alba</i>	<i>Artemisia herba-alba</i> <i>Noaea mucronata</i> et <i>Poa bulbosa</i>	<i>Artemisia herba-alba</i> et <i>Noaea mucronata</i>	<i>Noaea-mucronata</i> Armoise dégradée
Eléments grossiers (%)	5,1 ± 02,4	11,7 ± 4,6	5,5 ± 2,6	5,1 ± 4,7
Pellicule de Glaçage%	30,3 ± 8,9	27,5 ± 15,6	21,0 ± 9,5	24,6 ± 14,2
Litière (%)	14,6 ± 3,3	21,5 ± 6,2	16,6 ± 6,5	19,0 ± 6,3
Recouvrement de sable (%)	27,6 ± 8,9	20,1 ± 16,8	29,8 ± 9,6	30,1 ± 15,6
Moyenne des variables dans les ensembles et intervalle de confiance				

Pour les caractères édaphiques, nous avons analysé la relation entre les ensembles pris deux à deux pour les deux variables qui ressortent comme les plus discriminantes (Tableau 5.21 et 5.22)

Tableau 5. 21. Comparaison des ensembles pour le recouvrement de sable en surface

	E1	E2	E3
E2	0,9801		
E3	0,0039 *	0,0049 *	
E4	0,2585	0,2760	0,1316
* : Différence significatif (0.05>p>0.01), ** : hautement significatif (0.01>p>0.001)			

La dégradation se traduit au plan édaphique, par l'érosion et/ou le dépôt de sable en surface. Ce dernier caractère est l'une des variables les plus discriminantes. Il détermine l'opposition, d'après l'analyse des caractéristiques écologiques des relevés, les sols squelettiques érodés avec des espèces comme *Herniaria fontanesii* et *Atractylis serratuloides* à des sols dont la surface est recouverte de sable avec des espèces comme *Schismus barbatus*, *Salvia verbenaca*, *Marrubrium desertii* et *Erodium bipinnatum*. L'ensemble E2 est celui qui ressort comme correspondant aux situations les moins ensablées. La présence de *Poa bulbosa* en est une indicatrice, cette espèce n'étant pas psammophile (DJEBAÏLI, 1995)

Le taux de matière organique (tabl.5.22) est l'une des variables qui exprime de façon synthétique la dynamique au plan édaphique (BULLOCK et LE HOUEROU, 1996; AIDOUD et al., 1998) qui se traduit ici par une dégradation significative du sol le long du gradient.

Tableau 5.22- Comparaison des ensembles pour la matière organique

	E1	E2	E3
E2	0,4178		
E3	0,0071**	0,0297 *	
E4	0,0126 *	0,0490 *	0,8549
* : significatif (0.05>p>0.01), ** : hautement significatif (0.01>p>0.001)			

Le tableau montre la proximité des ensembles E1 et E2 d'une part et des ensembles E3 et E4 d'autre part.

3.2- Espèces indicatrices

Les changements édaphiques, qu'ils soient profonds ou en surface, déterminent la présence et/ou la dominance de certaines espèces qui seraient ainsi des indicatrices édaphiques. Nous avons testé ce déterminisme en calculant la corrélation et sa signification entre la densité des espèces et les caractéristiques édaphiques stationnelles (tabl. 5.23).

Parmi les espèces qui caractérisent le système préexistant, *Helianthemum virgatum* et *Herniaria hirsuta*, varient significativement en fonction des caractères de la surface du sol.

Herniaria hirsuta est bien corrélée à la pellicule de glaçage et très développée dans la steppe d'armoise d'origine, *Helianthemum virgatum* montre en revanche une corrélation négative avec la fréquence de sable en surface.

Tableau 5.23. Relations entre la densité de quelques populations et les caractéristiques stationnelles

Relation	r	p	Variation
<i>Helianthemum virgatum</i> -Fréquence de sable(%)	-0.36	0.02	*
<i>Artemisia herba alba</i> -Eléments grossiers (%)	+0.33	0.04	*
<i>Artemisia herba alba</i> -Matière organique (%)	+0.38	0.01	*
<i>Noaea mucronata</i> -Pellicule de glaçage (%)	-0.38	0.01	*
<i>Herniaria hirsuta</i> -Pellicule de glaçage (%)	+0.33	0.04	*
<i>Noaea mucronata</i> - Matière organique (%)	-0.41	0.009	**
seules les relations significatives ont été retenues r :coefficient de corrélation ; variation : **= hautement significative (0.01>p>0.001) ; *= significative (0.05>p>0.01).			

Pour les deux principales espèces pérennes, *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata*, l'analyse montre un comportement inverse vis-à-vis du taux de matière organique principal caractère de dynamique progressive. La corrélation avec ce caractère est positive pour la première et négative pour la deuxième. Ce comportement est confirmé pour la pellicule de glaçage. La corrélation négative de *Helianthemum virgatum* avec le sable indique la sensibilité de cette espèce à la surcharge pastorale. Cette espèce a en effet presque disparu dans de nombreuses stations du Sud-Oranais (AIDOUD-LOUNIS, 1997).

Discussion

Pour mettre en évidence, vérifier et préciser les changements de végétation, des études diachroniques de longue durée sont nécessaires. Mais c'est sur la base des études synchroniques que plusieurs hypothèses dynamiques ont été établies. Ces études synchroniques sont utilisées comme une généralisation du concept de "série de végétation". Plusieurs stades alternatifs stables dérivant d'un même "climax" peuvent coexister plus ou moins longtemps en systèmes contigus. Ces liens de contiguïté sont alors interprétés comme des liens dynamiques (AIDOUD-LOUNIS, 1984). La notion de climax, ne pouvant pas s'appliquer aux écosystèmes arides du Nord de l'Afrique (DJEBAÏLI, 1978; LE HOUEROU, 1985), peut être remplacée par celle de "système historique indigène" (ARONSON *et al.*, 1993) plus générale.

La végétation du "système préexistant" représentée ici par l'ensemble E1, caractérise le système que nous pouvons qualifier de "témoin" du système historique indigène. La caractérisation phytoécologique de ce système semble correspondre à celle de l'association *Noaeo-Artemesietum herbae-albae* AIDOUD, 1990 définie dans le bassin versant du Chott Chergui par AIDOUD-LOUNIS (1990) et basée sur un échantillonnage effectué durant les années

1975-76. La comparaison à l'échelle stationnelle entre 1975 et 1993, montre essentiellement une augmentation de la fréquence de sable en surface qui passe de 1% à près de 30%.

L'analyse et l'interprétation écologique des ensembles dégagés par l'AFC (chapitre 4), nous a permis de mettre en évidence un rapprochement des ensembles E1 et E2 d'une part et de E3 et E4 de l'autre. Cette distinction se fait en fonction du facteur prédominant ici, le pâturage qui est contrôlé dans le premier groupe et libre dans le second. Nous avons tenté de rechercher les facteurs déterminant ces ensembles en relation avec les mécanismes de dégradation ou de désertification. Ces mécanismes se traduisent par deux phases essentielles qui sont les changements de végétation et les changements édaphiques reconnues comme de réels indicateurs d'irréversibilité (FRIEDEL, 1991). Ces phases ont été vérifiées dans le cas de la dégradation des steppes d'alfa en Algérie par la surveillance continue (AIDOUD et *al.*, 1998; SLIMANI, 1998).

Cependant, il est difficile de distinguer toujours les actions directes et indirectes du pâturage. Le passage de la première situation (E1, E2) à la deuxième (E3, E4) est progressif et se traduit essentiellement, au plan de la végétation, par la réduction de l'armoise blanche et par un léger changement dans la composition floristique. Habituellement cela est décrit comme étant le résultat du remplacement d'espèces consommées par d'autres qui ne le sont pas ou très peu dites opportunistes (CLEMENT et MALTBY, 1996). C'est le cas sous pâturage libre (E3-E4), des espèces décrites comme rudérales, inexistantes dans le système d'origine.

Les ensembles E1-E2 sont caractérisés par la dominance d'*Artemisia herba -alba*, c'est un ensemble qui a gardé presque les mêmes caractéristiques floristiques que le système préexistant. L'ensemble E2 est caractérisé par l'abondance de *Poa bulbosa*. Selon RIVAS MARTINEZ (1977), le développement des populations à *Poa bulbosa* est créée par l'action intense du pâturage des herbivores. C'est l'expression d'une stratégie adaptative au pâturage de certaines espèces qui, pour résister au pâturage, prennent une forme rampante ou en coussinet (RIVAS-GODAY et LADERO, 1970). Cependant, il s'agit là d'une espèce qui, au plan de la biomasse était la deuxième dominante dans le système préexistant (AIDOUD, 1983). Sa diminution dans ce système et sa persistance dans l'ensemble E2 peut être liée à la plus ou moins grande extension du voile sableux en surface. Il est effectivement aisé de vérifier que ce voile sableux a beaucoup augmenté dans la mise en défens entre 1975 (AIDOUD, 1989) et 1993. Cette augmentation serait liée à un dépôt sélectif de sable dans la mise en défens durant les années sèches et de fortes érosion éolienne (AIDOUD et TOUFFET, 1996).

Les deux ensembles (E3-E4) sont caractérisés par la dominance de *Noaea mucronata*, espèce indicatrice de dégradation des parcours sur croûte calcaire (LE HOUEROU, 1992). Elle devient dominante par rapport à l'armoise dans l'ensemble E4 qui se rapproche du groupement décrit par DJEBAILI et *al.*, (1983). L'association entre les deux espèces *N. mucronata* et *A. herba-alba* est attestée dans son extension à travers les steppes arides du Maghreb par l'existence au plan

phytosociologique du *Noaeo-Artemision* alliance définie par AIDOUD-LOUNIS (1990). Cependant, l'éradication locale de l'armoise par le surpâturage notamment semble difficilement réversible. La dominance de *Noaea mucronata* demande à être vérifiée dans le futur. En effet, dans le Sud-Oranais, la dynamique qui semble la plus dominante est celle qui mène vers une steppe à *Atractylis serratuloides* et *Lygeum spartum* en raison des phénomènes d'ensablement (AIDOUD-LOUNIS, 1997; DRIOUECH, 2000).

Au plan abiotique, la dégradation peut être celle du climat ou du sol. Actuellement, un intérêt croissant semble porter sur les changements climatiques à long terme faisant partie des changements globaux à l'échelle planétaire. Certains auteurs s'accordent à dire qu'aucun changement significatif n'a été décelé depuis un siècle dans les régions arides (LE HOUEROU, 1993c). Selon HOUGHTON *et al.*, (1992) *in*. AIDOUD-LOUNIS (1997), il n'existe pas de tendance de changements à long terme et les enregistrements météorologiques instrumentaux ont montré depuis près d'un siècle et demi des fluctuations climatiques dans toutes les régions arides et semi-arides (MAINGUET, 1990; LE HOUEROU, 1995). Les modèles établissent, en cas de réchauffement effectif de la planète de 3 à 4°C durant le siècle qui commence, les caractéristiques des zones arides vont aller en s'aggravant en particulier par une accentuation de la variabilité climatique. Cependant, pour LE HOUEROU (1993), les effets du réchauffement seront négligeables par rapport à ceux liés aux activités humaines notamment le surpâturage dans ces zones.

La dégradation du sol constitue quant à elle un indicateur et l'ultime seuil d'irréversibilité dans la dynamique des écosystèmes arides pâturés (MAINGUET, 1990; FRIEDEL, 1991; FLORET *et al.*, 1992). Dans les steppes arides algériennes, une dégradation significative du sol a été évaluée dans la steppe d'alfa par AIDOUD *et al.* (1999), utilisant la même approche que la nôtre. Dans notre cas, les changements des propriétés du sol, observés à différents niveaux de pression, ne sont pas toujours significatifs. Nous pouvons conclure cependant à un déclenchement de dégradation du sol dont les indicateurs sont essentiellement une augmentation des éléments éoliens en surface et la baisse du taux de matière organique dans le sol.

Ce que nous avons observé dans la station d'El May, confirme le modèle de MILTON *et al.* (1994) qui avance que de désertification par le surpâturage se fait selon une série de changements se faisant pas à pas. Nous pouvons conclure, en comparaison avec les steppes d'alfa, que la steppe d'armoise, dans les conditions où nous l'avons échantillonnée, se trouvait à un stade de dégradation moins avancée que celle d'alfa.

Le premier effet du pâturage se fait ressentir au plan biotique et se traduit essentiellement par la destruction des plantes pérennes (VERSTRAETE *et* SCHWARTR, 1991; ARONSON *et al.*, 1993; LE HOUEROU, 1995; AIDOUD *et* TOUFFET, 1996). L'altération du sol n'intervenant qu'après et ne serait pas beaucoup avancée dans notre cas. Elle est indiquée par une augmentation

de la fréquence du sable et des éléments grossiers qui selon AIDOUD (1989) sont des signes de dégradation dans ces steppes.

Au plan socio-économique, la dégradation des parcours est un obstacle à l'activité pastorale traditionnelle dominante. Actuellement dans les steppes algériennes et en particulier celles à *Artemisia herba-alba*, les autres actions humaines importantes sont sa cueillette comme combustible à usage domestique et sa mise en culture. La principale perturbation de ces systèmes demeure cependant le surpâturage. Dans notre site d'étude, celui-ci s'exerce surtout par les ovins qui sont traditionnellement largement dominants. Les caprins ainsi que les bovins sont en faible nombre, même si ces derniers, introduits relativement récemment dans les Hautes plaines du Sud-Oranais apparaissent comme un indice de profond déséquilibre (AIDOUD-LOUNIS, 1997).

Des études diachroniques réalisées (MELZI, 1993; HIRCHE, 1993; SLIMANI, 1998 ACHOUR-KADI-HANIFI, 1997) affirment qu'il y a un appauvrissement certain de la steppe en plantes pérennes palatables. Ceci confirme la baisse du potentiel de production fourragère de la steppe de 75% entre 1975 et 1985 (LE HOUEROU, 1985). D'après KADI-HANIFI, 1997 citant BOUTONNET (1989), en 1971, la steppe fournissait 960 millions d'U.F (en moyenne 64 UF/Ha) représentant 20% des besoins du cheptel de l'année. AIDOUD (1994) confirme la baisse de la production de la steppe par le suivi à long-terme.

Les parcours et leur qualité ont diminué mais le cheptel a augmenté. Globalement, à l'échelle de l'Algérie, le cheptel ovin est passé de 3 millions en 1960 à près de 19 millions en 1993 (AIDOUD et TOUFFET, 1996). Les progrès de prophylaxie ont rendu la population ovine insensible aux aléas climatiques et les unités fourragères manquantes peuvent être compensées par l'orge. Le taux de supplémentation alimentaire du bétail, se maintient 7 à 9 mois par an. Ce phénomène explique la charge actuelle et l'état de la steppe. En effet le cheptel consomme différents produits (bois, alfa.. etc., BOUGHANI, 1995). En ce qui concerne l'alfa, AIDOUD(1993) démontre que sur la base d'une enquête auprès des éleveurs, que la destruction rapide de l'alfa est due à son utilisation comme simple ration d'encombrement dans une alimentation essentiellement à base d'orge et de concentré.

De manière générale la prise de conscience de la disparition accélérée des potentialités naturelles qui menace l'avenir de la planète et particulièrement les zones arides nécessite des actions urgentes de conservation, pour agir, il faut savoir reconnaître les multiples stades de végétation existant (LAYCOCK, 1991) et de déterminer les seuils d'irréversibilité.

Plusieurs références existent sur les actions de lutte contre la désertification, donnant un large éventail des techniques. Notre objectif n'est pas d'en faire un inventaire exhaustif, mais d'en dégager les principes généraux.

En ce qui concerne les ressources en sol, il est très possible de renverser la tendance régressive dans un écosystème tant que persiste un sol avec un niveau de fertilité suffisant, les techniques

sont nombreuses et concernent la lutte contre l'érosion des sols (LE FLOC'H, 1993 ; FLORET *et al.*, 1992 ; KHATTELI, 1993).

La régression des ressources végétales et animales (régression voire disparition des races ovines locales) est considérée parmi les premiers signes annonciateurs de désertification liée à la sur-exploitation. Différents états relatifs à la vigueur, la densité et la diversité peuvent constituer un système d'alarme précoce. Un écosystème en voie de désertification passe par des seuils d'irréversibilité au-delà desquels le retour à un état antérieur devient difficile voire impossible. Les techniques de restauration sont variées selon l'objectif et les capacités de résilience du système. ARONSON *et al.*, 1993 propose trois types de démarches permettant l'aménagement d'écosystèmes arides et semi-arides : la restauration, la réaffectation et la réhabilitation. La restauration a comme objectif la reconstitution de la structure et la densité initiale de la végétation. La mise en défens constitue un moyen efficace de régénération naturel du couvert végétal dégradé (LE HOUEROU, 1991; MAINGUET, 1990); plusieurs exemples existent de terrains mise en défens qui ont pu échapper à la dégradation durant les périodes sèches récentes (LE HOUEROU, 1993), mais l'objectif, les conditions d'installation restent discutés (BOURBOUZE ET DONADIEUX, 1987; FLORET et PONTANIER , 1993a; AIDOU, 1994).

La réhabilitation, dans des milieux dégradés ou toute possibilité de régénération naturelle est impossible s'appuie sur une intervention de l'homme en vue de faire retrouver au système ses fonctions essentielles par l'introduction d'espèces « clés de voûte » le plus souvent autochtones (ARONSON *et al.* ,1995, 1995). Ces espèces sont à rechercher parmi celles qui montrent un polymorphisme adaptatif à divers facteurs climatiques et édaphiques (NAVEH, 1993).

La dégradation des steppes d'armoise n'étant pas aussi rapide et aussi intense que celles d'alfa, les opérations d'urgence devant être entreprises, sont celles qui visent la protection de ce qui reste de ces steppes en particulier là où les actions de restauration et d'amélioration peuvent être efficaces. Toutes ces actions doivent contribuer à ralentir la dégradation de ces parcours. La mise en défens temporaire (ou mise au repos) ou bien la réduction de la pression du pâturage sont parmi les actions en général recommandées.

Dans les zones très dégradées telles que la zone à pâturage libre, il est nécessaire de réparer les fonctions de cet écosystème en le repositionnant sur une trajectoire favorable par diverses actions de réhabilitation. Parmi ces actions citons la réintroduction d'espèces pérennes fourragères mais dont le coût est relativement élevé rendant cette action difficile à réaliser à une large échelle. A ce titre, des études sur les possibilités basées sur des opérations de resemis d'espèces autochtones pérennes ligneuses et graminéennes ont donné des résultats très satisfaisants à l'échelle du Maghreb en Algérie (ANONYME, 1974) et en Tunisie (AKRIMI, 1990; NAFFATI *et al.*, 1991).

L'espace pastorale se réduit au profit d'activités autres que pastorale et la charge sur le reste des parcours est de plus en plus forte. Les espèces végétales et animales, les souches animales

domestiques et sauvages, exprimant la diversité biologique déjà fragile de ces milieux, se feront de plus en plus rares. Le potentiel génétique d'adaptation à un tel milieu, façonné au cours de milliers d'années d'évolution a tendance à s'éroder. Ainsi s'installe pour le long terme la désertification. Celle-ci semble plus intense et plus rapide depuis une vingtaine d'années résultant d'une situation de la crise à la fois écologique, sociale et économique que vit la steppe. Cette situation montre l'urgence de l'application de règles d'exploitation rationnelle des ressources naturelles steppiques.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif du présent travail était de montrer les effets du pâturage et du surpâturage sur un écosystème steppique en faisant ressortir la nature et l'importance des changements concernant les principaux attributs vitaux à la fois biotiques et abiotiques. L'écosystème

étudié est caractérisé par un climat à la fois aride et très variable. L'approche se devait donc de distinguer les fluctuations réversibles des tendances à long terme en relation avec le pâturage et le climat.

L'étude d'un gradient de pâturage avec l'existence d'un témoin de l'écosystème préexistant a l'avantage de transposer dans le temps ce qui est observé dans l'espace le long des transects.

1- Densité de la végétation, phytomasse et production fourragère

La régression au plan qualitatif, de la végétation, étudiée le long du gradient de pâturage, est considérée comme l'un des indicateurs précoces de dégradation de terres et de désertification. Les paramètres quantitatifs considérés sont la densité, la fréquence, la phytomasse aérienne et les disponibilités fourragères.

Par rapport au système préexistant (mise en défens), pour la steppe à *Artemisia herba-alba*, une baisse du couvert végétal (pérennes + éphémères) de près de 50% a été enregistrée.

La variation quantitative la plus significative le long du gradient de pâturage est celle des pérennes. La fréquence des pérennes (représentées essentiellement par *Artemisia herba-alba*) passe en moyenne de 38 % dans la mise en défens à 10 % dans la zone à pâturage libre. Considérée seule, l'armoise blanche voit sa fréquence diminuer de 37 % dans la mise en défens à moins de 6 % dans les zones pâturées. Le coefficient de variation qui passe de 8 % à 109 % indique une très forte augmentation de l'hétérogénéité spatiale.

Exprimée par la phytomasse, la régression des pérennes est encore plus nette le long du transect. La moyenne pour cette catégorie passe de 1980 kg MS/ha à 712 kg MS/ha puis à 585 kg MS/ha, respectivement pour les zones D, M et L.

La variation des fréquences des espèces annuelles et petites vivaces (éphémères) reste importante mais ne présente pas la même évolution le long du gradient que pour les pérennes. La fréquence de cette catégorie est de 7 % en parcelle mise en défens, alors qu'elle atteint 10 % dans la zone L. La phytomasse des éphémères, passe ainsi de 19 kg MS/ha dans D, à 29 dans M et à 48 dans L.

Les disponibilités fourragères (production annuelle) montrent globalement une baisse assez importante entre la parcelle protégée D (188 UF/ha) et les zones pâturées avec respectivement 71 UF/ha pour M et 73 UF/ha pour L.

2- Populations et communautés végétales

Les changements de la flore sont analysés aux deux niveaux des populations et des communautés :

a)-La variation de la densité des principales populations, est étudiée le long des transects.

Le peuplement pérenne est constitué essentiellement par deux espèces : *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata*. La première reste l'espèce dominante dans les zones D et M avec respectivement 0.91 et 0.76 individu/m². Sous pâturage libre, sa densité tombe à 0.38 individus/m². En revanche, la densité de *N. mucronata* augmente en passant des zones contrôlées D et M avec 0.31 ind./m² à celles pâturées librement avec 0.53 ind./m².

Les résultats de l'analyse de la variation spatiale des différentes tailles (classe de diamètre) d'armoise sont comme suit :

- les petites touffes d'armoise (classe 1, diamètre compris entre 0 et 10 cm) sont bien représentées le long du transect. Leur densité est dans la majorité des relevés, supérieure à 1 ind./m² ;
- les touffes de classe 2 (10 à 20 cm) sont bien représentées (>1 ind./m²) dans la mise en défens et ses alentours, mais sont faiblement représentées ($d < 0,5$ ind./m²) dans les zones pâturées ($p = 0.0001$) ;
- les touffes de la classe 3 (20-30 cm) ont une variation non significative ;
- les touffes de diamètre compris entre 30-40 cm ont été recensées exclusivement dans la zone protégée ou dans quelques relevés proches de cette dernière. Ceci serait un effet direct de la mise en défens suite à une lignification plus importante des touffes d'armoise.

b- l'analyse floristique des différentes communautés échantillonnées le long des transects (AFC) montre l'existence de quatre ensembles :

- l'ensemble **E1** est représenté par les relevés effectués dans la mise en défens et ceux réalisés à proximité de celle-ci. Il s'agit d'un ensemble à base d'*Artemisia herba-alba*. Le recouvrement global moyen de la végétation est de 22 % dont 19 % de pérennes. La liste floristique de cet ensemble comporte des espèces telles que : *Artemisia herba-alba* qui contribue à 66 % du tapis végétal, *Helianthemum virgatum*, *Helianthemum apertum*, *Alyssum scutigerum*, *Scorzonera undulata*, *Astragalus caprinus*, *Erodium triangulare*, *Salvia verbenaca*, *Paronychia arabicae* et *Allium cupani*.
- l'ensemble **E2** réunit les relevés effectués dans la zone pâturée avec un recouvrement globale de la végétation de 19 % avec 12 % pour les pérennes. Cet ensemble qui reste très proche du précédent correspond à une végétation à base d'*Artemisia herba-alba* dominante avec une contribution au tapis végétal ($C_{si} = 32$ %) et *Noaea mucronata* ($C_{si} =$

18 %). *Poa bulbosa* y est particulièrement abondante (Csi = 25 %). Le cortège floristique est caractérisé par des espèces vivaces comme : *Atractylis serratuloides*, *Stipa parviflora* et des thérophytes comme *Sclerocariopsis spinocarpos*, *Aegilops triuncialis*, *Alyssum linifolium*, *Malva aegyptiaca*, *Herniaria fontanesii* et *Anacyclus cyrtolepidoides* ;

- l'ensemble **E3** correspond à une steppe dont le recouvrement est de 27 % comme le précédent mais où les pérennes sont les moins bien représentées avec seulement 5 % de fréquence. *Artemisia herba-alba* (Csi= 18%) reste dominante avec *Noaea mucronata* (Csi=12%). Cet ensemble réunit les relevés effectués dans la zone à pâturage libre et quelques uns dans la zone à pâturage modéré les espèces représentatives de cet ensemble sont : *Atractylis humilis*, *Launaea resedifolia*, *Marrubium desertii* et des thérophytes telles que *Schismus barbatus* (Csi=70%) avec *Erodium bipinnatum*, *Spergularia diandra*, *Eruca vesicaria*, *Sisymbrium runcinatum*, *Astragalus cruciatus*, *Herniaria hirsuta* et *Hallogeton sativus*.
- l'ensemble **E4**, d'un recouvrement global de 21 %, est à base de *Noaea mucronata* qui devient dominante (Csi = 45%). L'armoise blanche ne contribue plus qu'à 5 % du tapis végétal. *Telephium imperati*, *Hordeum murinum*, *Leontodon hispanicus* et *Trigonella polycerata* caractérisent cet ensemble.

La richesse floristique le long du gradient de pâturage et dans les ensembles montre une variation significative ($p=0.03$). Aucune variation significative n'est montrée par l'analyse de la diversité (indice d'équitabilité de Shannon) le long du gradient ou dans les ensembles. Cette faible variation peut s'expliquer par la qualité de l'année au plan pluviométrique. En effet, la pluviométrie de l'année de mesure n'est que de 150 mm ce qui représente un déficit d'environ 30% par rapport à la moyenne à long-terme.

3-Les changements édaphiques

L'étude des changements édaphiques le long de transects traduisant des gradients de pression de pâturage, nous a permis d'évaluer le degré de dégradation du sol à travers les caractères de surface ainsi que le taux de matière organique et la texture, paramètres édaphiques fondamentaux.

La fréquence du sable varie significativement ($p=0.031$). Elle est de 13% dans la mise en défens et toujours supérieure à 25% à l'extérieur. La zone Sud à pâturage libre est caractérisée par un taux de sable plus important (43.7 %) que dans la zone Nord où la fréquence du sable est de l'ordre de 25%. Les éléments grossiers varient significativement ($p=0.026$) le long du

transect. La zone des dayas et la zone protégée sont caractérisées par un taux très faible d'éléments grossiers (1%). Dans les zones soumises à un pâturage libre, ce taux peut atteindre 8 %. Ces variations en surface ne se traduisent pas par des changements significatifs de texture et de matière organique dans le sol.

Les mêmes analyses réalisées par rapport aux ensembles végétaux, montrent une différence significative essentiellement pour le taux de matière organique et la fréquence des pérennes qui diminuent avec la pression croissante de pâturage et la fréquence de sable qui, parallèlement, augmente. Ces trois variations peuvent être retenues comme des indicateurs précoces de désertification ce qui confirme les résultats obtenus dans la steppe d'alfa (SLIMANI, 1998 ; AIDOUD et al., 1998). Ces différences permettent de distinguer seulement deux grands ensembles : E1 et E2 d'une part et E3 et E4 de l'autre.

Au terme de ce travail, nous pouvons conclure à une dégradation effective de la steppe d'armoise comme cela est avancé dans la plupart des écrits sur l'état des steppes des Hautes plaines d'Algérie. Cependant cette dégradation ne semble pas avoir la même intensité dans tous les types de steppes. Par comparaison aux résultats obtenus selon le même protocole, cette dégradation serait plus rapide et plus intense dans la steppe d'alfa que dans la steppe d'armoise. Cette dégradation s'est traduite essentiellement par un changement significatif au niveau de la végétation. Malgré une réduction sensible des aptitudes physiques et trophiques du sol, il semble que les potentialités écologiques et biologiques de cette steppe sont à un niveau encore proche de celui relevé dans le système préexistant. De ce point de vue, des actions de réhabilitation par des mises au repos, peuvent permettre de redonner un niveau de fonctionnement suffisant au système. C'est ce que nous essayerons de tester dans nos futurs travaux. La dégradation résulte, en tant que causes directes, moins des facteurs naturels tels que la sécheresse que de facteurs socio-économiques dont certains sont situés en amont. Les opérations d'urgence devant être entreprises sont en premier lieu celles en vue de ralentir la dégradation de ces parcours en particulier là où les actions de restauration (*s.l.*) peuvent être efficaces.

Cette perspective passe cependant par un approfondissement des connaissances qui sont à notre portée sur les potentialités biologiques et écologiques, mais aussi par des décisions à prendre en amont, des moyens et une ferme volonté d'instaurer les conditions d'une gestion durable de ces parcours steppiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHOUBI L., 1976. - Les principales unités de la coopérative de Bordj EL May de la wilaya de Saida. Essai de photo-interprétation et étude de la végétation. *Mém. Dipl. Etud. Approf., Univ. D'alger.*
- ACHOUR H., 1983. - Etude phytoécologique des formations à alfa (*Stipa tenacissima* L.) du Sud-Oranais. Wilaya de Saida., *Th. 3ème cycle, Univ. Sci. Tech. H. Boumediene, Alger, 216p.*

- AIDOU A., BOUZENOUNE A., NEDJRAOUI D., MEDIONI K, 1980.- Carte pastorale de l'Algérie au 1/200000, feuille de Méchria, C. R.B.T., ALGER.
- AIDOU A., 1983.- Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais. Phytomasse, Productivité Primaire et applications pastorales., *Thèse 3ème cycle. Univ. Sci. Tech. H. Boumediène.* 245p. + ann.
- AIDOU A., 1988.- Les écosystèmes à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*. ASSO.I : Caractères généraux. Biocénoses, 3(1-2), 1-15.
- AIDOU A., 1989.- Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques pâturés. Hautes Plaines Algéro -Oranaises (Algérie)., *Th. doct. es. Sci., Univ. Sci. Tech. H. Boumediène.* 240p. + ann.
- AIDOU A., 1991.- Les parcours à alfa des Hautes-Plaines algériennes: variations inter-annuelles et productivité. *In : Gaston A, Kernick M, Le Houérou HN, eds. Proceeding of the Fourth International Rangeland Congress. Montpellier, 198-9.*
- AIDOU A., 1994.- Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie, cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.), *Paralelo 37*, 16, pp:33-42.
- AIDOU A., AIDOU-LOUNIS F., 1996.- La désertification et la dégradation des terres dans le bassin méditerranéen et le Sahel. *Les Synthèses de Medias*, MEDIAS-France, 30p.
- AIDOU A., NEDJRAOUI D., 1981.- Evaluation des ressources pastorales dans les Hautes Plaines steppiques du Sud-Oranais : productivité et valeur pastorale des parcours. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 70 : 25-36.
- AIDOU A., NEDJRAOUI D., DJEBAILI S., POISSONET J., 1983.- Evaluation des ressources pastorales dans les hautes plaines steppiques du Sud-Oranais (productivité et valeur pastorale des parcours). *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.* n°13 , pp : 33-46.
- AIDOU A., SLIMANI H., AIDOU-LOUNIS F., TOUFFET J., 1999.- Changements édaphiques le long d'un gradient d'intensité de pâturage dans une steppe d'Algérie. *Ecologia mediterranea* 25(2). 163-171.
- AIDOU A., TOUFFET J., 1996.- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes., *Sécheresse.* N°3, vol.7, 187-93.
- AIDOU -LOUNIS F., 1984.- Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum* L.) des Hauts Plateaux Sud-Oranais.

- Etude écologique et syntaxonomique., *Thèse 3ème cycle. Univ.Sci. Tech.* H. Boumediene, Alger, 256p.
- AIDOUD, A., AIDOUD-LOUNIS, F., 1991.- Evaluation et régression des ressources végétales steppiques des hautes plaines algériennes. *In* : Gaston A, Kernick M, Le Houérou HN, *eds. Proceeding of the Fourth International Rangeland Congress.* Montpellier, 307-309.
- AIDOUD, A., AIDOUD-LOUNIS, F., SLIMANI, H., 1998.- Effects of grazing on soil and desertification. *In* : Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean, Ecosystems (*Ed.* V.P.Papanastasis), pp.133-148, Comm. Europ., Bruxelles.
- AIDOUD-LOUNIS F., 1990.-Analyse syntaxonomique des groupements steppiques
- AIDOUD-LOUNIS, F. 1997.- Le complexe alfa -arrose-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. *Thèse de Doctorat, Université d'Aix Marseille*, Marseille. 263p.
- AIME , 1991.- Etude écologique de la transition entre les bioclimats subhumide, semi-aride et aride dans l'étage thermo-méditerranéen du tell oranais (Algérie nord-occidentale).*Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille*, 200p.+ ann.
- AKRIMI N., 1990.- Aptitudes pastorales de la végétation naturelle en zone aride tunisienne et possibilités de son amélioration. *Ecologia mediterranea*, XVI, 371-382.
- ALBALADEJO J., MARTINEZ-MENA M., ROLDAN A.et CASTILLO V.,1998., Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use AND management*, 14 : 1-5.
- AMIAUD, J.B., BOUZILLE J.B. & TOURNADE F., 1996.- Conséquences agro-écologiques de la suppression du pâturage dans les communaux du Marais Poitevin (France). *Acta Botanica Gallica* 143 (4/5), 421-430.
- ANONYME, 1974.- La plaine de Mellagou. Etude de la plaine de Mellagou, Bouhmama, Aurès, Batna.
- ARONSON, J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C., PONTANIER R., 1993.- Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration*
- ARONSON, J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C., PONTANIER R., 1995.- Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire te concept. *In*

- L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?, *ed.* Pontanier R., M'Hiri A., Akrimi N., Aronson j., Le Floc'h., Paris, 11-29.
- BABASSACI S.K., DAOUD N., 1990.- Contribution à l'étude d'une steppe à Armoise (El May. Sud-Oranais) : Structure et évaluation des ressources., *Mém. Ing. Univ. Sci. Tech.* H. Boumediene. Alger, 58p.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953.- Saison sèche et indice xérothermique. *Doc.CarteProduct.Végé., sér. Généralités*, 3 (1), 47p. + carte.
- BAIZE D. , 1988.- Guide des analyses courantes en pédologie I.N.R.A,Paris. 172p.
- BARBAULT R., 1992.- Ecologie des peuplements. Masson, Paris,273p.
- BARBAULT R., 1997.- Ecologie générale. Structure et fonctionnement
- BECHET G., NEDJRAOUI D., DJEBAILI., 1982.- Valeur énergétique des principales espèces des Hautes Plaines Steppiques de la wilaya de Saida. *Biocénoses*,79-94.
- BEDRANI S. 1994.- La place des zones steppiques dans la politique Agricole Algérienne. *Paralelo*. 37, 16, pp.43-52.
- BEDRANI S., BENADJILA M., BENADJILA S., 1991.-Aperçu sur la législation et les modes d'utilisation par les animaux des terres publiques en Algérie. In : Actes du Ive Congrès International des terres de parcours(GASTON A., KERNICK M. et LE HOUEROU H.N.eds) Montpellier, France, 895-899.
- BELSKY, A.J., 1986.- Does herbivory benefit plants? A review of the evidence. *American Naturalist* 127, 870-892.
- BENJILALI B., RICHARD H. , 1980. – Etude de quelques peuplements d'armoise du Maroc. *Artemisia herba- alba, Rivista Italiana e.p. p. os.*, 2, 62-74.
- BONNEAU M , SOUCHIER B., 1979.-Pédologie, vol.2 : Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris, 459 p.
- BOUATTOURRA N., 1973.- Principe et méthodes d'amélioration des pâturages en zones arides(steppe).Sém. Internl.Pastor., Alger,36p.
- BOUAZZA M., 1991.- Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenacissima* L. Au sud de Sebdou., *Thèse doct., Univ. Aix-Marseille*, 109p.
- BOUGHANI A., 1995.- Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au sud des Monts du Zab (Ouled Djellal , Wilaya de Biskra). Phytomasse, application cartographique et aménagement. *Th. Magister, Univ. Sci. Tech.* H. Boumediene, Alger, 256p.
- BOURBOUZE A., DONADIEUX P., 1987.- L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. *Options méditerranéennes*, sér. études ; 1-88+ann.

- BOUTONNET J.P., 1991.- Production de viande ovine en Algérie. Est-elle encore issue des parcours ? IVth International Rangeland Congress, Montpellier :906-908.
- BOUZENOUNE A., 1984.- Etude phytoécologique et phytosociologique des groupements végétaux du Sud-Oranais (wilaya de Saida). *Thèse Doct.3ème cycle. Univ. Sci. Tech. H. Boumediène.*, Alger, 225p.
- BRAUN-BLANQUET J., DEBLOS O., 1957.-Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme. *Ann.Estac.Exp.de Aula Dei*,5(1-4),266p.+Tabl.h.t
- BRAUN-BLANQUET J., 1978.-Fragmenta phytosociologica mediterranea III : Classe Chenopodietea Br.-Bl.1952.Doc. *Phytosociol.*,N.S. vol. II, pp. 37-41.
- BULLOCK, P. B., LE HOUEROU H.N., 1996.- Land degradation and desertification (Lead Authors) *In: Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of climate change. Contribution of Working group II to the 2d Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 171-189.*
- C.R.B.T., 1978.- Rapport phytoécologique et pastoral sur les hautes plaines steppiques de la Wilaya de Saida., CRBT, Alger, 256p.
- CASENAVE A., VALENTIN C., 1989.- Les états de surface de la zone sahélienne. Editions de l'Orstom, Paris, 229 p.
- CELLES J.C., 1975.- Contribution à l'étude de la végétation des confins-saharo-constantinois (Algerie). *Thèse Doct., Univ. Nice.*, 364p.
- CHADENSON L., 1952.- Essai morphologique et tectonique sur le plioène supérieur en Afrique du Nord et sur les steppes Nord- Saharienne.*Trav.inst. rech.Sahar.*, VIII ;49-69.
- CHAIEB M. 1991.- Steppes tunisiennes, état actuel et possibilités d'amélioration. *Sécheresse*, 2 : 95-99
- CHESSEL D., DEBOUZIE D., DONADIEU P., KLEIN D., 1975.- Introduction à l'étude de la structure horizontale en milieu steppique. I. Echantillonnage systématique par distance et indice de régularité., *Oecol. Plant.*, 10 (1). 25-42.
- CLEMENT, B., MALTBY, E., 1996.- Quelques facteurs de la biodiversité végétale dans les prairies humides des corridors fluviaux., *Acta bot.Gallica.*, 143 (4/5), 309-316.
- DAGET PH., POISSONET J., 1971.- Une méthode d'analyse phytoécologique des prairies., *Ann. Agron.*, 22 (1),5-41.

- DAGNELIE P., 1960.- Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle., *Bull. Serv. de la carte phytogéogr.* Série B. Paris, 7-72.
- DAGNELIE P., 1973.-Théorie et méthode statistique, vol. 1, 2^e éd. Duculot, Gembloux, 378p.
- DAJOZ R., 1985.- Précis d'Ecologie. Dunod, Paris, 505p.
- DEAN, W.R.J., M.T. HOFFMAN, M.E. MEADOW & S.J. MILTON, 1995. Desertification in the semi-arid Karoon, South Africa: review and reassessment. *Journal of Arid Environments* 30: 247-264.
- DJEBAILI S., 1978.- Recherche phytosociologique et écologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas_Saharien Algérien., *Th. Doct., Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier*, 229p.
- DJEBAILI S., 1983.- Carte de l'occupation des terres de l'Algérie et carte pastorale de l'Algérie. *Biocénose*,2(1/2),1-132+carte au 1/200000.
- DJEBAILI S., ACHOUR H., AIDOUD F., KHELIFI H., 1982.- Groupes écologiques édaphiques dans les formations steppiques du Sud-Oranais. *Biocénoses*. n°1, 7-59.
- DJEBAILI S., DJELLOULI Y.,DAGET PH., 1995.- Essai de typologie des steppes pâturées du secteur des hauts Plateaux Algériens.*Biocénose*.Tome6.118p.
- DJELLOULI Y., 1981.- Etude climatique et bioclimatique des Hauts Plateaux du Sud Oranais (Wilaya de Saïda). *Th. Doct. 3ème Cycle, Univ. Sci. Technol.*H Boumediene, Alger, 178p. + ann.
- DJELLOULI Y., 1990.- Flores et Climats en Algérie Septentrionale. Déterminisme climatique de la répartition des plantes. *Th. doct. es. Sci., Univ. Sci. Tech.* H. Boumediene. Alger, 262p. + ann.
- DODD J.L., 1994.- Désertification and degradation in Sub-Sahara Africa. The rôle of livestock., *Bioscience*, 44 (1), 28-34.
- DRIOUCHE N., 2000.- Contribution à la compréhension des processus de désertification dans les écosystèmes arides du Sud- Ouest Algérien: Etude de quelques indicateurs biotique et abiotiques. *Thèse de Magister.Univ. Sci. Technol. Houari-Boumediene, Alger*.109p.
- DUCHAUFOR P., 1970.- Précis de pédologie. Masson et Cie. Paris, 314p.
- DUCHAUFOR P., 1977.- Pédologie. 1 Pédogenèse et classification., Masson et Cie, Paris, 477.
- EL HAMROUNI A. et SARSON M., 1974.- Valeur alimentaire de certaines plantes spontanées ou introduites en Tunisie.*Inst.Natl.Rech.Forest.Tunisie*,17p.,*Note de recherche* n°2.

- ESNAULT J. , 1985.- Le genre *Aspicilia* Mass.(Lichens) en Algérie : Etude des caractères taxonomiques et de leur variabilités. *Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Rennes I*, 258p.
- ESTORGES P. , 1961.- Morphologie du plateau Arba (suite et fin). *trav. Inst. Rech. Sahariennes. XXIV*, 31-46.
- EVENARI, M., 1985.- The desert environment. *In: M. Evenari, I. Noy-Meir & D.W. Goodall (eds.). Ecosystems of the world, 12A: Hot deserts and arid shrublands. Elsevier, Amsterdam:1-22.*
- FLORET C. PONTANIER R. 1978.- Relation climat-sol- végétation dans quelques formations végétales spontanées du Sud Tunisien (Production végétale et bilan hydrique des sols). *Doc. Tech. N°1, Inst. Rég. Arides, Médenine, Tunis., 96 p.+ Ann*
- FLORET CH. PONTANIER R. et RAMBAL S., 1982.- Measurement and modelling of primary production and water use in south Tunisian steppe. *J. Arid Environ., 5(1), 77-90.*
- FLORET CH., LE FLOC'H., PONTANIER R., 1992.- Perturbations anthropiques et aridification en zone présaharienne. *In : l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM (edit.). 449-463.*
- FLORET CH., PONTANIER R., 1982.- l'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. *Th. Doct., Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 580p.*
- FLORET CH., PONTANIER R., 1993.- Recherches sur la jachère en Afrique tropicale. *In : FLORET Ch,PONTANIER R. SERPANTIE G. Eds.) ;55-86.*
- FRIDMAN J., ORSHAN G. , 1975. – The distribution emergence and survival of Seedlings of *Artemisia herba- alba* in the Negev desert of Israel in relation to distance from the adulte plants. *J.Ecol.,63 pp. 627-632.*
- FRIDMAN J., ORSHAN G., ZIGER-CFIR Y. , 1977.- Suppression of annuals by *Artemisia herba-alba* in Négev desert of Israel. *J. Ecol., 65, pp.413-426.*
- FRIEDEL M.H., 1991. Variability in space and time and the nature of vegetation change in arid randlands. *In: A. Gaston, M. Kernick & H.N. Le Houérou (eds.). Proceeding of the fourth International Rangeland Congress, Montpellier 22-26 avril 1991, CIRAD, Montpellier, France: 114-118.*
- FRONTIER S., 1983.- Stratégies d'échantillonnage en écologie. *Ed. Masson, Paris., 494p.*
- GADDES N., 1978.- Etudes des relations végétation -milieux et effet biologique de la mise en défens notamment sur l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) dans le bassin versant de l'oued Gabes. *Th. Doct., Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier. 129p.*
- GODRON M., 1968.- Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale. *Oecol. Plant., 3 (3), 185-212.*

- GODRON M., 1971.- Essai sur une approche propapiliste de l'écologie des végétaux. *Thèse Doct.Etat. ,Univ.Sci.Tech.Languedoc*, Montpellier, 247p.
- GOODALL D.W., 1954.-Vegetational classification and vegetational continua. *Angewandte Pflanzensoziologie(Wien)*, Festschrift für E.Aichinger, I, 168-182
- GOUNOT M., 1961.- Les méthodes d'inventaires de la végétation., *Bull. Serv. Carte phytogeogr.*, série B. Carte des groupements végétaux. CNRS. Tome VI, Fascicule 1, 7-73.
- GOUNOT M., 1969.- Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie. Paris, 314p.
- GUINOCHET M. ,1951.- Contribution à l'étude phytosociologique du sud Tunisien.*Bull.Soc.His.Nat.Afri.Nord.*,42,pp.131-153.
- GREIG-SMITH P., 1952.- The use of random and contiguous quadrats in the study of the plant communities., *Ann. Bot.*, London, NS, 16, 293-316.
- GREIG-SMITH P., 1964.- Quantitative plant ecology. Butterworths. Londre.
- GRIM J.P., 1979.- Plant strategies and vegetation processes. Wiley & sons, New York., 222p.
- GRIME J. P. , 1977. – Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The american naturalist*, 111 : 1169-1194.
- GRUBB P., 1977.-The maintenance of species in plant communities : the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.*, 52,107-145
- HALITIM A., 1985.- Sols des régions arides d'Algérie. OPU. Alger, 384p.
- HANIFI N., 1979.- Contribution à l'étude démographique et caryologique des espèces végétales dans une steppe à *Artemisia herba-alba*. *Mém. Dipl. Etude. Approf. ,Univ.Sci.Technol.* H. Boumediene, Alger, 48p.
- HANIFI N., 1982.- La régénération des populations végétales en milieux ouverts. *Thèse de Magister. Univ. Sci. Tech. H. Boumediène*, Alger, 195p.
- HOCHREUTINER B.,1904.- Le Sud-Oranais. Etude floristique et phytogéographique. *Ann. Conserv. Jard. Bot. Genève*, 7-8,23-276.
- HUTCHINSON, C.F., 1996.- The sahelian desertification debate: a view from the american south-west. *Journal of Arid Environments*, 33, 519-524.
- JAUBERT R., 1993.- Evolution des systèmes agro-pastoraux et politiques de développement des régions sèches de Syrie.In : Steppes d'Arabie, états, pasteurs, agriculteurs et commerçants : le devenir des zones

- sèches(BOCCO R., JAUBERT R. , METRAL F. Eds). Press. Univ. Fr., Paris, Cahier de l'I.U.E.D, Genève 161-177
- KAABECHE M., 1990.- Les groupements végétaux de la région de Bou-Saada (Algérie) ; essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb .*Thèse Doct., Univ. Paris-Sud (Orsay)*, 104p. + ann.
- KADI-HANIFI-ACHOUR H., 1998.- l'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relation milieu-végétation, Dynamique et perspectives d'avenir. *Thèse doct. Es science. Univ. Sci. Tech. H. Boumediene. Alger.* 270p.
- KAUL R.N. et AL MUFTI M.,1974.- A preliminary ecological appraisal of Artemisia Herba alba vegetation.Range resources of Iraq XI, *tech.bull.55*, Abu Ghraib(Iraq), Inst.Appl Res.Nat.Resources, 29p.
- KHELII A., 1997.- L'écosystème steppique : quel avenir?. Dahlab (edit.). 184p.
- KILLIAN CH., 1954.- Plantes fourragères types des hautes plaines algériennes :leurs rôle particulier en période sèche. *Ann. Amélior. Plant.(Paris)*,4,505-527
- LACOSTE A., ROUX M., 1972.- l'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage sub-alpin des alpes maritimes. II. L'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Oecol. Plant., t. 7. n° 2*, 125-146.
- LAYCOCK, W.A., 1991.- Stable state concepts applied to range condition criteria used to evaluate North American rangelands. *In: A. Gaston, M. Kernick & H.N. Le Houérou (eds.)*. Proceeding of the fourth International Rangeland Congress, Montpellier 22-26 avril 1991, CIRAD, Montpellier, France, 134-137.
- LAZARE J.J.et ROUX G., 1979.-Quelques groupements végétaux des hauts plateaux au Sud-Ouest de Bou-Saâda (Algérie).*Doc. Phytosociol. N.S.,4*,pp.585-596.
- LE COZ J., 1990.- Espaces méditerranéens et dynamiques agraires. Etat territorial et communautés rurales. CIHEAM-UNESCO/ MAB, 393 p.
- LE FLOC'H, 1983.- Contribution à une étude ethnobotanique de la flore Tunisienne. Publ. Sci. Tunisienne , Programme " Flore et végétation Tunisienne" . Imprimerie officielle de la République Tunisienne.402 pp.
- LE FLOCH'H E. , 1993.- Biodiversité et gestion des ressources pastorales. Cours spécialisé : Développement des zones arides et désertiques, CIHEAM-IAM Montpellier et IRA Médenine, 51p.
- LE HOUEROU H N., 1995a.- Considération biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, n°2, vol. 6, 167-182.

- LE HOUEROU H. N. , HAYWOOD M., CLAUDIN J. , 1975.- Etude phytoécologique du Hodna. Publ. FAO , Rome, 154p. + Cartes.
- LE HOUEROU H.N. , 1984.- Rain use efficiency : an unifying concept in aride- land ecology. *J.Arid. Environ.*, 7, 213-247.
- LE HOUEROU H.N. 1992c.-Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. *In* : Le Floc'h E., Grouzis A., Cornet A., Bille J-C. (Eds.), L'aridité, une contrainte au développement., ORSTOM, Paris,198-220.
- LE HOUEROU H.N., 1969.- La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunis.*, 42 (5), 624p.
- LE HOUEROU H.N., 1980.- Les fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances- Papiers présentés au colloque sur les fourrages ligneux en Afrique, Addis ababa, 8-12Avril,481p.
- LE HOUEROU H.N., 1985.- Aspects météorologiques de la croissance et du développement végétal dans les déserts et les zones menacées de désertisation. *Org. Météo. Mond.*, 1-68.
- LE HOUEROU H.N., 1992a.- An overview of vegetation in world arid lands. *In* : Degradation and restoration of arid lands., Dregne H.E.(edit). Center FOR Arid and Semi-Arid Lands Studies, Texas Tech. Univ., Lubbock., 127-163.
- LE HOUÉROU H.N., 1992b.- Grazing lands of the mediterranean basin.*In* : Ecosystem of the world,vol. 8b, (ed R.T.COUPLAND). Elsevier Science. Publ., Amesterdam.
- LE HOUEROU H.N., 1993.- Changements climatiques et désertisation. *Sécheresse*, 2 (4), 95-111.
- LE HOUEROU H.N., 1995.- Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation, *Options méditerranéennes*.
- LE HOUEROU H.N., 1995b.- Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique., *in* : L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? (PONTANIER R., M'HIRI A., AKRIMI N., ARONSON J., LE FLOC'H. éds), Paris, 65-102.
- LE HOUEROU H.N., Claudin J., Pouget M., 1979.- Etude bioclimatologique des steppes algériennes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 68 (3-4), 33-74.
- LE HOUEROU H.N., HOSTE C.H., 1977.- Rangeland production and annual rainfall. Relation in the mediterranean basin and in the Africa Sahelo-Sudanian

- LE HOUEROU H.N.,1979.- North africa. In :Arid-land ecosysteme :structure, Functioning and Management. Vol. 1 :357-384. Camb. Univ.Press, Cambridge.
- LEMEE G., 1953.-Contribution à la connaissance phytosociologique des confins saharo-marocains: Les associations à thérophytes des dépressions sableuses et limoneuse non salées. *Vegetatio*. 4, 137-154
- LOISEAU P., SEBILLOTE M., 1972.- Etude et cartographie des pâturages du Maroc oriental. Notice de la carte pastoral au 1/100000.SCET.coop.,3 vol.+ cartes.
- LONG G., 1958.- Description d'une méthode linéaire pour l'étude de l'évaluation de la végétation., *Bull. Serv. Carte phytogéogr.*, B, III, 2, 107-128.
- LONG G., 1974.- Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire, *vol.1*. Masson, Paris, 252 p.
- MAC MAHON J.A., 1980.- Fresh perspectives from ecosystem analysis. In : R.H. Waring Ed., Proceedings of the 40th Annual Biology Colloquium (1979). Oregon State University Press. Corvallis, Oregon]
- MAINGUET M., 1990.- La désertification : une crise autant socio-économique que climatique. *Sécheresse*, 1(3), 187-195
- MAINGUET M., 1994.- Desertification: Natural background and human mismanagement. 2d edition. Springer Verlag, Berlin, 314 p.
- MAINGUET M., 1995.-L'homme et la sécheresse. Masson, Paris,335 p.
- MAIRE R., 1926.- Carte phyto géographique de l'Algérie et de la Tunisie (notice). Baconnier, Alger, 78 p.
- MEGAHID A.M., BATANOUNY K.H et ZAKI M.A.F., 1971.- Phytosociological and ecological study of a sector in the mediterranean coastal region in Egypt. *Vegetatio*,23(1-2),pp.113-134.
- MELZI S., 1986.- Approche phytoécologique du processus de la désertification dans un secteur pré saharien. Messaad-Djelfa., *Thèse de Magister. Univ. Sci. Technol. H. Boumediene*. Alger, 133p.
- MELZI S., 1993.-Evolution de la végétation et du milieu dans la région présaharienne des steppes algériennes. *Sécheresse*, 2(4), 113-116
- MILES, J. 1987. Vegetation succession: past and present perceptions. Dans Colonization, succession and stability. Éditeurs : A.J. Gray, M.J. Crayley et P.J. Edwards. Blackwell Sci. Publ., Oxford. pp. 1-29.

- MILTON S.J., Dean W.R.J., du Plessis M.A., Siegfried W.R., 1994.- A conceptual model of arid rangeland degradation. The escalating cost of declining productivity., *Bioscience*, Vol.44,n°1., 70-76.
- NAVEH Z., 1993.- Somme implications of climate changes on the mediterranean landscapes and their vegetation in Israel. In : Regional implications of future climate change. GRABER M., COHEN A., MAGARITZ M.(Eds), Internl Workshop, Weizmann Inst.Sc.,Rehovot, Israel.Isr ; Acad.
- NEDJRAOUI D., 1981.- Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans les principaux faciès de la végétation des hautes plaines steppiques de la Wilaya de Saida. *Th. 3ème cycle, Univ. Sci. Tech. H. Boumediene*, Alger. 156p.
- NEDJRAOUI D., 1990.- Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude de fonctionnement de l'écosystème steppique. *Th. Doct., Univ. Sci. Tech. H. Boumediène*, Alger.
- NEFFATI M., AKRIMI N., FLORET CH., LE FLOC'H E., 1991.- Stratégies germinatives de quelques espèces pastorales de la zone aride tunisienne. Conséquence pour les semis des parcours. In: A. Gaston, M. Kernick & H.N. Le Houérou (eds.). Proceeding of the fourth International Rangeland Congress, Montpellier 22-26 avril 1991, CIRAD, Montpellier, France, 281-284.
- NOVIKOFF G., 1975.- Above-ground vegetation standing crop and production. In : US/IBP Tunis. Presah.Proj., prog. rep.4 ; 7-30, Logan, Utah state Univ.
- NOVIKOFF G., 1977.- Vegetation measurements. In : US/IBP Tunis. Presah.Proj., prog. rep.6 ; 19-34, Logan, Utah state Univ.
- OUAYAHYA A.et VIANO J., 1988.- Recherches cytogénétiques sur le genre *Artemisia* au Maroc. *Bol.Soc., Brot., Ser.2,61* :124-105
- OURCIVAL J.M., 1992.- Réponses de deux chaméphyte de la Tunisie présaharienne à différentes contraintes et perturbations. *Monpéllier II*. 175p.
- OZENDA P., 1977.- Flore du sahara . 2° édi . CNRS. Paris, 622 p.
- PALMER, M.W. 1994. Variation in species richness: towards a unification of hypotheses. *Folia Geobot. Phytotax. Praha*. 29 : 511-530.
- PELTIER J. P., 1982.- La végétation du bassin versant de l'oued Sous(Maroc). *Thèse Doct. Etat, Univ.Sc. et Médic. Grenoble*.
- PETTINI C., 1992.- Stratégies d'échantillonnage prenant en compte différents niveaux de structuration spatiale. Application à deux insectes ravageurs de la châtaigne (*Curculia elephas* et *Cydia splendana*)

- et à une graminée, l'alfa (*Stipa tenassicima*)., *Doct. Univ. Claude Bernard*. Lyon I, 331p.
- PICKETT S.T.A., 1980.- Non-equilibrium coexistence of plants. *Bull. Torrey Bot. Club*. 107 : 238-248.
- PICKETT S.T.A., Collins S.L. & Armesto J.J., 1987.- Models, mechanisms and pathways of succession. *The Botanical Review*, 53 : 335-371
- PICKUP, G., 1992.- Dynamics of rangeland ecosystems. *In* : A. Gaston, M. Kernick & H.N. Le Houérou (*eds.*). *Proceeding of the fourth International Rangeland Congress*, Montpellier 22-26 avril 1991, CIRAD, Montpellier, France, 1066- 1069.
- POUGET M., 1980.- Les relations sols - végétation dans les steppes Sud-Algéroises. *Trav . Doc. ORSTOM.*, *Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille*, 555p.
- POURRAT Y., 1974.- Propriétés écophysologiques associées à l'adaptation d'*Artemisia herba-alba* asso, plante désertique d'intérêt pastoral, au milieu désertique. *Thèse 3eme cycle, Univ. Paris VI*, 135p.
- QUEZEL P., 1978.- Analysis of the flora mediterranean and Saharan Africa. *Ann. MO. Bot. Gard.*, 65(2) : 479 – 534.
- QUEZEL P., BARBERO M. et BENABID A. , 1987.- Contribution à l'étude des groupement forestiers et pré forestiers du Haut Atlas Oriental (Maroc). *Ecologia Mediterranea* 13 (1,2) : 107-117.
- QUEZEL P., SANTA S., 1962-63.- Nouvelle flore de l'Algerie et des régions désertiques méridionales. *Vol 1-2* .CNRS. Paris, 1170p .
- RAMADE F., 1987.- Les catastrophes écologiques. Mc Graw- Hill, Paris, 318p.
- RIVAS-GODAY S. et LADERO A.-Pastizales cespitosos de *Poa bulbosa* L. *Anal.Real.Acad.Farmacia* (Madrid), 36(1): 139-181.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1977.- Sur la végétation des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale in. *La végétation des pelouses sèches à thérophytes*, *Coll. Phytosociol.*, 6:55-71
- RODIN L.E., BOTSCHANTZEV V., KALENOV H., MICROCHNITCHENEV Y., PELT N., VINOGRADOV B., 1970.- Etudes géobotaniques des pâturages du secteur ouest du département de Médéa. 124p.
- ROGNON P., 1993.- Désertification et dégradation des sols. Séminaire Med-Campus, n°8 (Medenine, Tunisie).
- ROMANE F., 1972.- Utilisation de l'analyse multivariable en phytoécologie. *Investigacion pesquera*. Spain, 36 (1).
- RUELLAN, A., 1970.- Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes : les sols à profils calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya. *Thèse doc. Etat, Univ. Strasbourg*. 320p.

- SANLAVILLE P., 1993.-Developpement et environnement. In : Steppe d'arabie, états, pasteurs, agriculteurs et commerçants : le devenir des zones sèches, BOCCO R. JAUBER R., Metral f.5 Eds.). Pres. Univ. Fr., Paris, Cahiers de l'I.U.E.D, 361-374.
- SAUVAGE., 1961.- Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Thèse . Doct. Univ. Montpellier, 540p.
- SHMIDA A., 1985.- Biogeography of the dsert flora. In : Ecosystems of the world. 12A. Hot desert and Arid shrublands. Ed/ Evenari M. , Noy-Meir I., Goodall D. W. pp. 23-77.
- SKUJINS J.J., 1977.- Soil microbiological and biochemical investigation, 1972- 76. In : US/IBP Tunis. *Presan. Proj., Pog. Rep.* 6 : 215-249, Utah state Univ. , Logan.
- SLIMANI H., 1998.- La désertification de la steppe d'Alfa(*Stipa tenacissima* L.) des hautes plaines occidentales d'Algérie : effet du pâturage sur la végétation et le sol . *Thèse de Magister. Univ.sci.Technol.*. Houari Boumediene, Alger.123p.
- SOLBRIG O.T. et al., 1977.- Strategies and community patterns of desert plants.In : Convergent evolution in Warm deserts(ed.G.H.ORIANS ,O.T.Solbrig.
- SOLTNER D.,1976.- Alimentation des animaux domestiques, 9^e ed.Collect. Sci.Thec. Agric.,Le clos Lorelle(Fr.), 340p.+ann.
- THALEN D.C.P., 1979.- Ecology and utilization of desert shurb rangelands in Iraq.The Hague, Junk,447p.
- THEBEAUD B., 1994.-Les éleveurs nomades, victimes ou fautifs ? In : Désertification, une affaire d'hommes. *Courrier de la planète*,20.23.24.
- THOMAS, D.F.G. & N.J. MIDDLETON, 1993.- Desertification: exploding the myth. John Wiley & Sons, Chichester. 194 p.
- TOUFFET J., 1982.- Dictionnaire essentiel d'écologie. Ed. Ouest France,108p.
- U.N.E.P., 1992.- World Atlas of desertification. UNEP Nairobi & Edward Arnold, London.
- VALLES XIRAN J., 1987.- Contribucion al estudio de las razas ibéricas de *Artemisia herba-alba* *Asso.Bol.Soc.,Brot.,Ser.2*, 60 : 15-27
- VAN ANDEL, J., VAN BAALEN J., & ROZUN N.A.M.G., 1991.- Population ecology of plant species in disturbed forest and grassland habitats. In: J. Rozema & J.A.C. Verkleij (eds.). Ecological Responses to Enviromental stresses. Kluwer Academic Publishers, Netherland, 136-148.
- VERSTRAETE M.M. & S.A. SCHWARTZ, 1991.- Desertification and global change. In: A. Henderson-Sellers & A.J. Pitman (eds). Vegetation

and climate interactions in semi-arid regions. Kluwer Academic Publishers, Belgium: 3-13.

WESTOBY M., WALKER B., NOY-MEIR I., 1989.- Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42(4) 266-274.

ZOHARY M. , 1973.- Geobotanical fondation of the middele East. Vol.1 and 2, G. Fischer Verlag, Stuttgart ; Swets and Zeitlinger, Amesterdam, 739p.

ZOHARY M., 1962.- Plant life of Palestine. Ronald Pess Co,N.Y.,262p.

ANNEXE – Liste floristique de la station de Bordj-El May.

Espèce	Type biologique
<i>Artemisia herba-alba</i>	Chaméphyte
<i>Androsace maxima</i>	Thérophyte
<i>Aegilops triuncialis</i> L.	Thérophyte
<i>Agropyron orientale</i> Jaub.et Spach.	Thérophyte
<i>Alyssum scutigerum</i> Dur.	Thérophyte
<i>Allium cupani</i> Raf.	Géophyte
<i>Alyssum granatense</i> B.et R	Thérophyte
<i>Alyssum linifolium</i> Steph.	Thérophyte
<i>Anacyclus cirtolepidoides</i> Pomel.	Thérophyte
<i>Astragalus caprinus</i> L.	Hémi-cryptophyte
<i>Astragalus cruciatus</i> Link.	Thérophyte
<i>Astragalus cancellata</i> L.	Thérophyte
<i>Atractylis humilis</i> L.	Hémi-cryptophyte
<i>Atractylis serratuloides</i> Sieb.	Chaméphyte
<i>Centaurea</i> sp.	Hémi-cryptophyte
<i>Ceratocephalus falcatus</i> (L.) Pers	Thérophyte
<i>Echium</i> sp.	Hémi-cryptophyte
<i>Erodium triangulare</i> (Forsk.)	Thérophyte
<i>Erodium bipinnatum</i>	Thérophyte
<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Thérophyte
<i>Filago spathulata</i> Pressl. C.	Thérophyte
<i>Hallogeton sativus</i>	Thérophyte
<i>Helianthemum apertum</i> Pomel.	Thérophyte
<i>Helianthemum virgatum</i> (Des.) Pers.	Chaméphyte
<i>Herniaria fontanesii</i> J. Gay.	Chaméphyte
<i>Herniaria hirsuta</i> D.c	Thérophyte
<i>Hordeum murinum</i> L.	Thérophyte
<i>Iris sisyrinchium</i> L.	Géophyte
<i>Lappula redowski</i> L.	Thérophyte
<i>Launaea residifolia</i> Kuntz.O.(S.L).O. k.	Hémi-cryptophyte
<i>Leontodon hispanicus</i> Poiret.	Thérophyte
<i>Lygeum spartum</i> L.	Géophyte
<i>Malva aegyptiaca</i> L.	Thérophyte
<i>Micropus bombicinus</i> Lag.	Thérophyte
<i>Noaea mucronata</i>	Chaméphyte
<i>Paronychia arabica</i> (L.) Dc.	Hémi-cryptophyte
<i>Plantago albicans</i> L.	Hémi-cryptophyte
<i>Poa bulbosa</i>	Géophyte
<i>Peganum harmala</i>	Chaméphyte
<i>Schismus barbatus</i> (L.) Thell.	Thérophyte
<i>Scorzonera undulata</i> Varl.	Géophyte
<i>Scorzonera laciniata</i> L.	Géophyte
<i>Stipa parviflora</i> Desf.	Hémi-cryptophyte
<i>Sisymbrium runcinatum</i> Lag.	Thérophyte
<i>Salvia verbenaca</i>	Hémi-cryptophyte
<i>Sclerocaryopsis spinocarpos</i> (Forsd.) Brand.	Thérophyte
<i>Spergularia diandra</i> (Guss.) Heldr. Et Sart.	Thérophyte
<i>Telephium imperati</i> L.	Hémi-cryptophyte
<i>Trigonella polycerata</i> .L.	Thérophyte
<i>Marrubium desertii</i> De Noe.	Chaméphyte

LISTE DES FIGURES

	PAGES
Figure 1.1 – Aire de répartition mondiale de l’armoise blanche-----	
04	
Figure 1.2 - Répartition des faciès purs à armoise blanche dans le Sud-Algérois et le Sud-Oranais (AIDOUD, 1988)-----	
--04	
Figure 1.3 - Caractères morphologiques de <i>Artemisia herba- alba</i> (AIDOUD, 1983)-----	
07	
Figure 1.4 -Schéma général des successions steppiques dans la région du Chott Ech – Chergui-----	10
Figure 1.5- Situation géographique de la zone d’étude-----	
13	
Figure1.6 -Variabilité inter-annuelle de la pluviosité(mm) de la station de Bordj-El May-----	15
Figure1.7 - Diagramme ombrothermique de la station de Bordj -El May -----	
15	
Figure1.8– Coopérative d’élevage de Bordj-El May : Répartition générale de la végétation-----	20
Figure 2.9- Emplacement des deux transects étudiés : extraite de la carte topographique d’El May, échelle 1:50. 000-----	
-26	
Figure 3.10- Variation de la phytomasse des pérennes et des éphémères le long du gradient de pâturage-----	
---38	
Figure 3.11 - Variation de la production fourragère totale (pérennes et éphémères)le long du gradient de pâturage-----	
---41	
Figure 4.12- Schéma détaillé d’une placette d’échantillonnage-----	
48	
Figure 4.13- Variation de la densité des populations vivantes et mortes de l’armoise blanche le long du gradient de pâturage-----	
52	
Figure 4.15- Variation du recouvrement linéaire (Fsi), densité-surface (sf %)et la densité brute (/m2) de l’armoise blanche le long du gradient de pâturage-----	
54	
Figure 4.16- Situation des ensembles et caractérisation floristique sur le plan des axes 1 et 2-----	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1- Quantité de pluies annuelles(mm) de la station de Bordj- El May -----	
14	

Tableau 1.2 - Températures moyennes annuelles-----	
14	
Tableau 1.3 -Fréquences et contributions moyennes des principales espèces végétales recensées dans la station d'El May (AIDOU,1989)-----	
17	
Tableau 2.4 – Caractéristique physico-chimiques du sol de la steppe de bordj – El May de 8 profils pédologiques effectués en 1975-----	
-24	
Tableau 2.5- Caractéristiques édaphiques du sol de la steppe de Bordj – El May-----	28
Tableau 3.6- Relation entre fréquence spécifique (Fs) et phytomasses(B) pour les principales espèces et catégories d'espèces steppiques-----	
-35	
Tableau 3.7-Recouvrement global de la végétation et recouvrement des espèces pérennes et éphémères dans les différents niveaux de pâturage-----	36
Tableau 3.8-Variation de la phytomasse dans les différents niveaux de pâturage-----	
37	
Tableau 3.9- Variation de la phytomasse de quelques populations le long du gradient de pâturage---	39
Tableau 3.10- Variation de la production pastorale dans les différents niveaux de pâturage-----	40
Tableau 4.11 - Classes de diamètres affectées à l'armoise blanche-----	
49	
Tableau 4.12- Variation de la densité d' <i>Artemisia herba-alba</i> par classe de diamètre le long de pâturage-----	
---53	
Tableau 4.13- Analyse de la variation de la densité (Ind./m ²) des populations le long du gradient de pâturage-----	
---55	
Tableau 4.14- Variation de la richesse floristique (Rs) et de la diversité spécifique (EQ) le long du gradient de pâturage-----	
--56	
Tableau 4.15- Fréquences et contributions spécifiques moyennes des espèces dominantes (%) dans les ensembles délimités-----	
57	
Tableau 4.16- Variation de la richesse (Rs) floristique et de diversité (EQ) spécifique dans les ensembles-----	
--59	
Tableau 5.17- Test de variation des conditions stationnelles entre les ensembles -----	68
Tableau 5.18- Caractéristiques quantitatives des communautés échantillonnées le long du gradient de pression de pâturage-----	
. 69	

Tableau 5.19- Comparaison des fréquences des espèces pérennes dans les ensembles-----	69
Tableau 5.20- Caractères de surface des ensembles végétaux -----	70
Tableau 5.21- Comparaison des ensembles pour le recouvrement de sable en surface-----	71
Tableau 5.22- Comparaison des ensembles pour la matière organique-----	71
Tableau 5.23- Relation entre la densité de quelques populations et les caractéristiques stationnelles	72

Liste des photographies

Photographie 1.1- La steppe à armoise blanche(<i>Artemisia herba-alba</i>)-----	04
Photographie 1.2- Situation de la coopérative d'élevage sur image satellite(Landsat, Mars,1977-----	21
Photographie 4.2- Echantillonnage des densités-----	50

Table des matières

	Pages
INTRODUCTION -----	01
CHAPITRE PREMIER : LA STEPPE D'ARMOISE BLANCHE -----	03
Introduction -----	03
1- Présentation de l'armoise blanche-----	03
1.1- Taxinomie et phytogéographie-----	03
1.2- Ecologie-----	05

1.3-Morphologie, biologie et adaptation-----	06
2- Aperçu sur la flore et la végétation -----	08
2.1- Place phyto - dynamique dans la steppe-----	09
3- Utilisation des steppes d'armoise blanche-----	09
3.1- Utilisation pastorale-----	09
3.1.1-Les parcours pastoraux à armoise blanche-----	09
3.1.2 -Valeur fourragère de l'armoise blanche-----	11
3.2- Autres utilisations -----	11
4- Cas particulier du site d'El May-----	12
4.1- Cadre climatique-----	12
4.2- Système préexistant -----	16
4.3- Evolution récente-----	18

CHAPITRE DEUXIEME : LES CHANGEMENTS EDAPHIQUES LE LONG DU GRADIENT DE PATURAGE

Introduction-----	22
1- Caractères oro- topographiques et édaphiques des glacis d'El May-----	22
2- Méthodologie-----	25
3- Résultats-----	28
Discussion-----	29
Conclusion-----	31

TROISIEME CHAPITRE : ANALYSE QUANTITATIVE DE LA VEGETATION ET IMPLICATION PASTORALE

1- Introduction-----	32
2- Méthodologie-----	32
2.1-Le relevé de fréquences-----	33

2.2- Evaluation de la phytomasse-----	34
2.2.1- La technique destructive-----	
34	
2.2.2- Les techniques non destructives-----	
34	
2.3-Evaluation de la production fourragère-----	
35	
3- Résultats-----	
36	
3.1- Le recouvrement de la végétation-----	
36	
3.2-Variation de la phytomasse aérienne -----	
37	
3.2.1- La phytomasse totale-----	
37	
3.2.2-La phytomasse des espèces pérennes -----	
37	
3.2.2.1- <i>Artemisia herba-alba</i> -----	
39	
3.2.2.2- <i>Noaea mucronata</i> -----	
39	
3.2.2.3- Autres pérennes-----	
39	
3.2.3- Production des éphémères -----	
40	
3.3-Variation de la production fourragère totale-----	
40	
Discussion -----	
40	
Conclusion-----	
43	

CHAPITRE QUATRIEME : LES POPULATIONS ET LES COMMUNAUTES

Introduction -----	
44	
1-Méthodologie -----	
45	
1.1- Principe général de l'échantillonnage des populations et des communautés-----	45
1.2- Le relevé floristique-----	
46	
Richesse spécifique-----	
47	
Diversité spécifique-----	
47	
1.3- Le relevé de densités-----	
47	
1.4- L'analyse statistique des données -----	
49	

2- Résultats -----	
51	
2.1-Variation de la densité des principales populations le long du gradient de pâturage-----	
51	
2.1.1- <i>Artemisia herba-alba</i> -----	
51	
2.1.1.1- Densité brute -----	
51	
2.1.1.2- Densité par classe de diamètre-----	
51	
2.1.1.3-Densité surface-----	
53	
2.1.1.4-Densité des touffes mortes-----	
53	
2.1.2- Autres populations-----	
55	
Population à <i>Noaea mucronata</i> -----	
55	
Population à <i>Stipa parviflora</i> -----	
55	
Population à <i>Poa bulbosa</i> -----	
55	
Population à <i>Schismus barbatus</i> -----	
55	
Population à <i>Hordeum murinum</i> -----	
56	
2.2-Variation de la diversité et de la richesse spécifique le long du gradient de pâturage-----	
56	
2.3- Analyse des communautés le long du gradient de pâturage-----	57
2.3.1- Analyse floristique-----	
57	
2.3.2- Richesse et diversité spécifique -----	59
Discussion -----	
60	
Conclusion-----	
64	
CHAPITRE CINQUIEME : SYNTHESE ET DISCUSSION GENERALE-----	
66	
Introduction-----	
66	
1-Les variables discriminantes-----	
67	
2-Determinisme des systèmes écologiques par les caractères quantitatifs de la végétation----	
68	

2.1- Fréquence, phytomasse et production fourragère-----	68
3-Déterminisme édaphique-----	70
3.1-Variation entre ensembles végétaux-----	70
3.2- Espèces indicatrices-----	71
Discussion-----	72

CONCLUSION GENERALE-----	78
---------------------------------	----

Bibliographie -----	83
Annexes-----	97
Liste des figures-----	99
Liste des tableaux-----	99
Table des matières-----	101