



Parcours arides du Maroc : restauration par mise en repos, plantations pastorales et conservation de l'eau et du sol.

Rangeland arid in Morocco: restoration by rangeland fencing, forage shrub plantations and water/soil conservation.

A. HACHMI, F.E. EL ALAOUI-FARIS, M. ACHERKOUK & H. MAHYOU

Abstract : The natural rangelands of arid zones of Morocco know an advanced degradation. To remedy this problem, projects for the restoration of these lands have been undertaken. The aim of this work is to evaluate the impact of three techniques of range management (Resting area, plantations of fodder shrubs and conservation of the water and soil) on the parameters of the vegetation at the level of three ecological sites rehabilitated. A fourth site free grazing was chosen as a reference for comparison. The methods of the minimum surface area and the quadrants have been used to study the floristic diversity, the index for Shannon-Wiener, the phytomasse, the overall recovery of the vegetation, and the biological type. The results show that the vegetation is improved significantly in the rehabilitated sites by comparison to the free grazing site (phytomass: 2013 Kg MS/ha vs 247; average recovery of the vegetation: 23 % vs 6 %; floristic diversity: 42 species vs 19). The technique of plantation of fodder shrubs is the best in term of restoration technique.

Keywords: Rangeland, Degradation, Pastoral management, Vegetation parameters.

Résumé : Les pâturages naturels des zones arides du Maroc connaissent une dégradation avancée. Pour remédier à cette problématique, des projets de restauration de ces terres ont été entrepris. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact de trois techniques d'aménagement pastoral (mise en repos, plantations d'arbustes fourragers et travaux de conservation de l'eau et du sol) sur les paramètres de la végétation au niveau de trois sites écologiques réhabilités. Un quatrième site non aménagé a été choisi comme une référence de comparaison. Les méthodes de l'aire minimale et des quadrats ont été utilisées pour étudier la diversité floristique, l'indice de diversité de Shannon-Wiener, la phytomasse, le recouvrement global de la végétation, et le type biologique. Les résultats montrent que la végétation est nettement améliorée dans les sites réhabilités par rapport au site non aménagé (phytomasse: 2013 Kg MS/ha vs 247; recouvrement moyen de la végétation : 23 % vs 6 %; diversité floristique: 42 espèces vs 19). La technique de plantations d'arbustes fourragers représente la meilleure technique en termes de restauration.

Mots clés : Pâturages, Dégradation, Aménagement pastoral, Paramètres de végétation.

Azeddine Hachmi

Docteur au laboratoire de biologie, mycologie et environnement, Faculté des Sciences Agdal, Université Mohammed V-Rabat, 4 Avenue Ibn Battouta BP 1014 RP, Rabat, Maroc, Tel : +212633456888, courriel : hachmi.azd@gmail.com

Hamid Mahyou

Docteur et Ingénieur-en-chef Principal. Chercheur au Centre Régional de la Recherche Agronomique. INRA, 10, Boulevard Mohamed VI, BP 428, Oujda, Maroc, Tel : +212536500210/30, Fax : +212536500211, courriel : mahyouh@yahoo.com

Fatima Ezzahra El Alaoui-faris

Professeur à la Faculté des Sciences Agdal, Université Mohammed V- Rabat, laboratoire de biologie, mycologie et environnement, 4 Avenue Ibn Battouta BP 1014 RP, Rabat, Maroc, Tel : +212537717478, courriel : fzfaris@gmail.com

Mohamed Acherkouk

Docteur et Ingénieur en Chef Principal-Chercheur au Centre Régional de la Recherche Agronomique. INRA, 10, Boulevard Mohamed VI, BP 428, Oujda, Maroc, Tel : +212536500210/30, Fax : +212536500211, courriel : mocherkouk@yahoo.fr

INTRODUCTION

Les terres de pâturages naturels du Maroc sont des écosystèmes où il y a une végétation naturelle composée de steppes, d'arbustes et de prairies. Ces terres, d'une superficie de 53 millions d'hectares, se trouvent principalement dans les zones arides et semi-arides et s'étendent sur dix grands ensembles écologiques qui se distinguent les uns des autres par des attributs climatiques, édaphiques et floristiques (MAHYOU *et al.*, 2010 ; MARA, 1992). Elles ont pour la plupart un statut juridique collectif et contribuent pour près du tiers de l'ensemble des besoins alimentaires du cheptel national (NARJISSE, 2006). Ces terres, qui offrent des moyens de subsistance à des milliers de personnes, sont depositaires d'une importante biodiversité végétale et animale et protègent le pays d'une dégradation apparente. La dégradation de ces pâturages est liée à la réduction de la productivité des terres due à l'activité humaine et aux variations climatiques (OLDEMAN *et al.*, 1990 ; HOLM *et al.*, 2003 ; KNIIVILÄ, 2004). En effet, la demande croissante en bois de chauffe et en fourrage accélère la dégradation des terres (GAO *et al.*, 2011). Cette dégradation est souvent utilisée à long terme comme un terme générique qui englobe une grande variété de conditions terrestres, tels que la désertification, la salinisation et l'érosion du sol.

Au Maroc, la dégradation des terres de pâturage est le résultat des mutations dans le mode d'utilisation de l'espace pastoral (sédentarisation, supplémentation, défrichement et mise en culture des terres pastorales, usage du camion, découpage administratif, etc.). Ainsi, ce phénomène reste l'obstacle majeur pour le développement de ces zones et pose la question de l'avenir des éleveurs face aux changements climatiques et à la forte demande en produits animaux, tout en préservant les ressources naturelles.

Parmi les zones les plus touchées par cette dégradation, figure l'écosystème steppique des hauts plateaux du Maroc Oriental (HPO). Ces terres arides jouent un rôle central dans l'économie de la région et dans la fixation de la population pastorale (ACHERKOUK, 2013). Elles s'étendent sur plus de trois millions d'hectares (EL GHARBAOUI *et al.*, 1996) et supportent plus de 1,5 millions de têtes ovines et caprines (Haut-Commissariat au Plan, 2005). Les études récentes ayant trait à la dynamique de la végétation dans ces zones ont montré que le processus de dégradation et la conversion des terrains de pastoraux, par la mise en culture, entraînent une réduction de la superficie des pâturages et un changement dans leur composition floristique. A titre d'exemple, dans ces zones, la perte annuelle des steppes à base d'Alfa (*Stipa tenacissima*) et d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) est de l'ordre de 3% (MAHYOU *et al.*, 2001). Devant cette situation de dégradation presque généralisée et continue, des programmes d'aménagement et de mise en valeur de ces terrains de pâturage à l'échelle nationale, ont été entrepris en vue de leur réhabilitation. Dans ce sens et pour atténuer les effets de cette dégradation au niveau des HPO, l'Etat marocain a déployé des moyens importants à travers le Projet de Développement des Parcours et de l'Élevage dans l'Oriental (PDPEO, 1999). La réalisation de ce projet s'est faite à travers, entre autres, des techniques d'amélioration pastorale visant la réhabilitation et l'enrichissement du couvert végétal afin de conserver le sol, d'augmenter la productivité pastorale et de réduire les phénomènes de dégradation (Projet de développement pastoral et de l'élevage dans l'Oriental (PDPEO, 1999)). Les techniques d'amélioration pastorale entreprises dans le cadre de ce projet sont, particulièrement, le travail du sol, la mise en repos et la plantation d'arbustes fourragers.

La mise en repos est une technique qui permet de protéger un territoire ou une parcelle contre l'homme et/ou les animaux domestiques, visant à développer la production fourragère et à réduire la durée d'utilisation des parcours (LE HOUEROU, 1995). Selon OULD SIDI MOHAMED *et al.* (2002), la mise repos des terres de pâturages arides et désertiques en Tunisie a engendré des effets favorables sur la production des semences, la densité des espèces végétales, le recouvrement de la végétation, la phytomasse, la composition floristique et les conditions écologiques en contribuant à la lutte contre l'érosion du sol par reconstitution de la végétation. En Algérie, les résultats obtenus montrent que les parcours mis en repos présentent les meilleures caractéristiques floristiques (richesse floristique et taux de recouvrement) et aussi les meilleures caractéristiques pastorales (valeur pastorale, productivité pastorale, charge pastorale, biomasse totale) par rapport aux parcours libres (SALEMKOUR *et al.*, 2013). Egalement, des études antérieures sur des pâturages mis en repos au Maroc oriental, ont montré une amélioration importante du recouvrement végétal global (34 % dont 39 % d'*Artemisia herba-alba* Asso, contre 13% dans les zones non aménagées), de la

phytomasse (plus de 1400 kg MS/ha contre 14 kg MS/ha dans les pâturages libres), la régénération des plantes pérennes, le maintien du sol et la biodiversité végétale (ACHERKOUK *et al.*, 2012).

La plantation d'arbustes fourragers est utilisée comme technique d'amélioration pastorale des terres de pâturages dégradés. Cette technique joue un rôle important dans la protection du sol contre l'érosion hydrique et éolienne. Au Maroc, *Atriplex nummularia* reste l'arbuste le plus utilisé dans les différents projets de développement pastoral. Cet arbuste a l'avantage de créer des micro-climats qui favorisent l'établissement des espèces pastorales autochtones et offre un abri pour la faune. Sur des sites aménagés dans le couloir Taourirt-Oujda au Maroc, la production fourragère obtenue et le taux de recouvrement sur la période 2006 à 2009 est passée de 29 UF/ha à 167 UF/ha et de moins 5% à 20% respectivement (BENHAFOUNE, 2012). Selon ACHERKOUK (2013), les plantations d'arbustes ont un impact positif sur la végétation naturelle des pâturages même en période de sécheresse, en améliorant la diversité floristique, le recouvrement global aérien (17-23% contre 5% pour le témoin) et la production pastorale en matière sèche (370 Kg MS/ha contre 70 Kg MS/ha).

La technique de conservation des eaux et du sol (CES) ou labour en courbe est une méthode de travail des terres arides et semi-arides pour restaurer et redonner vie aux sols dégradés, lutter contre la désertification et protéger la diversité biologique (ACHOURI, 1995). Cette technique consiste aussi à assurer la protection des zones de pâturage dénudées, par la mise en place des sillons anti érosifs en vue de recueillir l'eau de pluie, de freiner l'érosion par ruissellement et de permettre l'infiltration d'eau dans le sol. Les résultats actuellement disponibles soulignent l'importance des paramètres biologiques (phytomasse, recouvrement global de la végétation et la densité spécifique) dans la description de l'état des pâturages naturels.

En revanche, malgré l'importance des recherches antérieures réalisées au Maroc et dans l'Oriental, en particulier, sur les techniques de restauration des pâturages dégradés, une étude approfondie sur les changements qui peuvent affecter la structure, la morphologie et la composition des communautés végétales, s'avère nécessaire. En effet, l'étude de l'impact de la restauration des pâturages des HPO par différentes techniques d'aménagement pastoral dans le cadre du PDPEO, a été peu évaluée.

Le but de cet article est d'évaluer l'impact de trois types d'aménagements pastoraux (mise en repos, plantation d'arbustes et travaux de CES) sur la restauration des pâturages steppiques dégradés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

L'étude a été menée dans une région nommée « Khoui Lamchach » et localisée dans les hauts plateaux de l'Oriental à l'Est du Maroc (HPO). La région s'étend sur une superficie de 2500 ha entre 1.57° - 1.50° Est et 34.00°-34.04° Nord à une altitude de 1062 m (figure 1). Cette zone est caractérisée par une pluviométrie annuelle faible et irrégulière de l'ordre de 194 mm avec un minimum de 77 mm et un maximum de 299 mm enregistrés durant 1998 et 2009 respectivement. La température annuelle moyenne est de 15, 5°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août, et le mois le plus froid est janvier. L'évapotranspiration potentielle est de l'ordre de 1153 mm/an. La texture du sol est limono-sableuse, avec une teneur en matière organique faible et une vulnérabilité à l'érosion hydrique et éolienne. Les formations végétales sont dégradées composées essentiellement de *Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso., *Peganum harmala* L., *Atractylis serratuloïdes* Sieber ex Cass et *Noaea mucronata* Asch. & Schweinf (figure 2). En 1991, dans le cadre du projet PDPEO, une restauration pastorale de ces terres de pâturage a été entreprise avec la participation de la population locale de la zone. Le projet a mis en repos un site S1 d'une superficie de 370 ha dominés par *Artemisia herba-alba*, avec quelques pieds de *Stipa tenacissima* ; une plantation pastorale d'*Atriplex nummularia* S2 d'une superficie de 1730 ha à une densité de 1000 pieds/ha avec la présence des deux espèces co-dominantes (*Stipa tenacissima* et *Artemisia herba-alba*). Un troisième site S3 de 400 ha à base d'*Artemisia herba-alba* a été réhabilité par la technique de conservation des eaux et du sol (CES) via des lignes de contours. L'exploitation et la gestion de ces sites aménagés sont confiées à la population locale organisée en coopérative pastorale dite « Mataf », avec une assistance technique des agents de développement de

l'agriculture (EL GHARBAOUI *et al.*, 1996 ; Fonds international de développement agricole, 2002 ; DUTILLY-DIANE *et al.*, 2007). Ainsi, et selon les conditions pluviométriques de l'année, ces sites sont ouvert au pâturage à environ 2000 têtes d'ovins pendant trois à quatre mois (Décembre-Mars). L'accès à ces pâturages aménagés se fait moyennant des redevances estimées à environ 5 dirhams Marocain (0,54 €) par animal pour la durée de pâturage.

Dans cette étude, les trois sites sont comparés avec un terrain dégradé et pâturé librement, situé en dehors de la mise en repos d'une superficie de 440 ha et considéré comme une référence de comparaison (PL: pâturage libre) (figure 1).

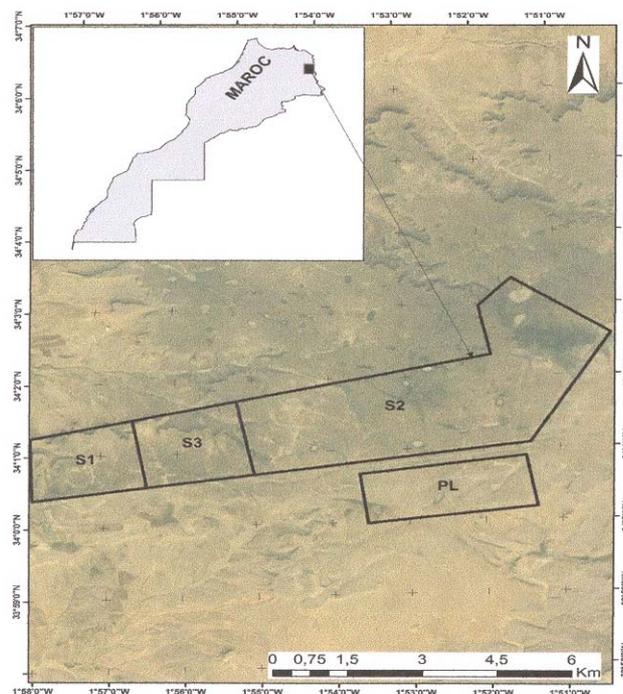


Figure 1 : Vue satellitaire de la zone d'étude : S1: site d'une mise en repos; S3 : site d'une mise en repos avec CES; S2 : site d'une mise en repos avec plantation d'atriplex; PL : site en pâturage libre.

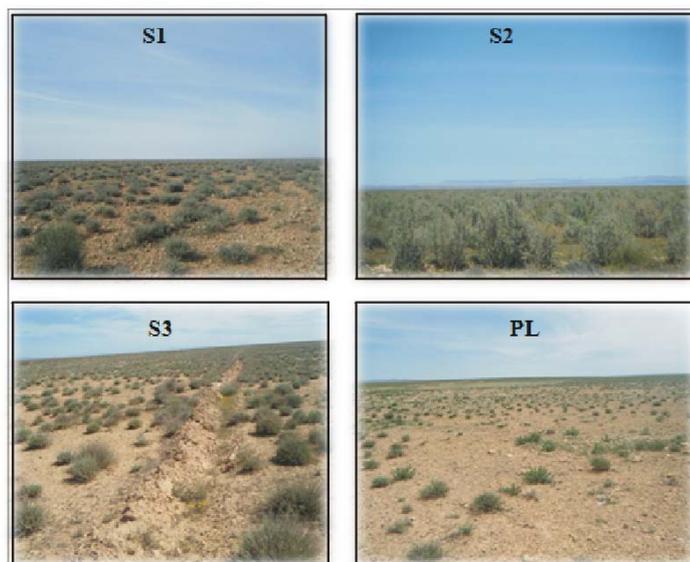


Figure 2 : Les quatre sites en images représentant les types d'aménagement et l'espèce dominante dans chaque faciès :
 S1 : mise en repos dominée par l'armoïse; S2 : mise en repos associée à la plantation d'Atriplex;
 S3 : mise en repos avec la technique de CES; PL : pâturage libre.

Identification des espèces végétales

L'inventaire floristique au niveau des quatre sites (S1, S2, S3, PL) a été réalisé durant les mois de Mars et Avril 2014, correspondant au pic de croissance de la plupart des espèces steppiques des HPO. Afin de lister les espèces végétales, la méthode d'échantillonnage de la végétation dite « aire minimale » de BRAUN-BLANQUET (1926), a été utilisée dans les quatre sites. Le principe de la méthode consiste à lister les espèces présentes sur des surfaces de taille croissante (GOUNOT, 1969) allant de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) à 256 m². Ainsi, à partir d'une surface de 256 m², il n'y avait plus d'espèces nouvelles. C'est la placette d'échantillonnage homogène qui a servi par la suite aux prises d'échantillons relatifs à l'étude de la diversité floristique et des types biologiques de la végétation. La détermination botanique de la plupart des espèces se faisait in-situ. Les espèces non identifiées sont gardées dans un herbier avec leurs noms vernaculaires (*Lalma*, *Harasat lahjar*, *Glyyat jarboue*, *Nachwa*...) et identifiées au laboratoire du Centre régional de la recherche agronomique d'Oujda à l'aide de diverses clés de détermination botanique (flore de QUEZEL & SANTA, 1963; flore du Sahara (OZENDA, 2004) et flore pratique du Maroc de FENNANE *et al.*, 2007). L'objectif de cet inventaire floristique est de compléter les informations sur les espèces présentes dans les parcours et permettre donc de juger de la diversité des quatre sites et de ses potentialités.

Détermination des types biologiques

La classification des types biologiques a été effectuée selon RAUNKIÆR (1934). Ce dernier considère les types biologiques comme une expression de la stratégie d'adaptation de la flore aux conditions du milieu. La méthode a été utilisée pour décrire la physionomie et la structure d'un groupement végétal. En effet, les types biologiques renseignent sur les caractéristiques morphologiques grâce auxquelles les végétaux se sont adaptés aux milieux dans lesquels ils vivent (DAJOZ, 1996). Ainsi, au niveau des quatre sites étudiés, les espèces végétales ont été classées selon les types biologiques en se basant sur la position des méristèmes en dormance par rapport à la surface du sol. Ensuite, elles ont été groupées en cinq types: Phanérophytes (Ph), Chaméphytes (Ch), Hémicryptophytes (H), Géophytes (G) et Thérophytes (T).

Cette partie a pour but de qualifier les différentes formes et architectures végétales, en fonction de leur stratégie d'adaptation au site où elles dominent, car l'absence ou la présence de certaines catégories de types biologiques est un caractère très important pour la végétation considérée.

Indice de diversité de Shannon-Wiener (H') et Equitabilité (ou équirépartition)

L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') est la quantité d'informations apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces (DAGET & POISSONET, 1971, GRAY *et al.*, 1992). Dans les placettes de 256 m², l'indice a été calculé pour renseigner sur les structures du peuplement et la répartition des individus entre diverses espèces existantes au niveau des quatre sites. Il est d'autant plus élevé qu'un grand nombre d'espèces participe à l'occupation du sol. Il s'exprime en bits par individu, et varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à log S (lorsque toutes les espèces ont une même abondance). Cet indice est calculé selon la formule suivante :

$$H' = - \sum (n_i / N) \times \log_2 (n_i / N)$$

H' : Indice de diversité du site est compris entre 0,5 (faible diversité) et 4,5.

N : Somme des effectifs des S espèces constituant chaque site.

n_i : Nombre d'individus de l'espèce i.

L'équitabilité constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (RAMADE, 1997). Selon DAJOZ (1975), c'est la distribution du nombre d'individus par espèce.

Elle s'exprime comme suit :

$$E = H' / H \text{ max}$$

$$H \text{ max} = \text{Log}_2 (S)$$

S: Nombre total d'espèces dans chaque site.

L'équitabilité permet de comparer entre les structures des peuplements dans les trois sites aménagés (S1, S2, S3) et le site en pâturage libre (PL). Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce; et elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

Recouvrement et Phytomasse

Le recouvrement global aérien (RGA) et le recouvrement spécifique aérien (RSA) de la végétation, ainsi que la production en phytomasse des espèces végétales, ont été mesurés à l'intérieur des 4 sites (S1, S2, S3 et PL). Ces mesures sont effectuées durant les mois de Mars et Avril, période de croissance active de la plupart des espèces végétales. Etant donné que la végétation des sites est hétérogène, les techniques de mesures utilisées pour ces paramètres ont été variées.

Le RGA de la végétation est la projection verticale au sol de la partie aérienne des espèces végétales (Daget et Godron, 1995). La méthode du quadrat de BROWN (1954) a été utilisée pour l'estimation du RGA des espèces végétales. Ainsi, dans chaque site, 3 transects (T1, T2 et T3) de 100 m ont été placés dans le sens du gradient de variation du terrain selon les méthodes de BRAUN-BLANQUET *et al.* (1951) et LE HOUEROU (1969). Le long de chaque transect 10 quadrats de 4 m² de surface divisés en 64 carrés (0,25 x 0,25 m) ont été installés (figure 3).

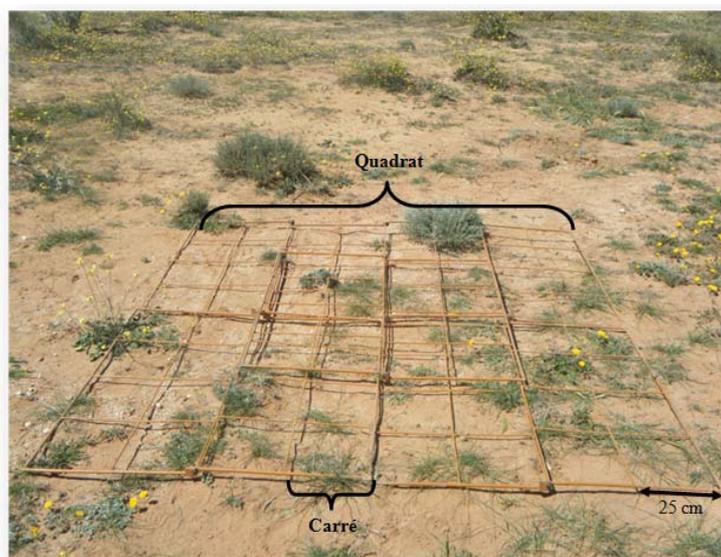


Figure 3 : Quadrat de 4 m² avec 64 carrés

Ainsi, le RGA est le nombre de carrés couverts par les espèces végétales par rapport au nombre total de carrés du quadrat. Il est à noter que le RSA de *Stipa tenacissima* et d'*Atriplex nummularia* s'est basé sur la méthode de mesure de diamètre de la couronne (GADDES, 1978). Les deux diamètres perpendiculaires de chaque espèce sont mesurés de la sorte que le RSA représente le rapport : somme des superficies des plantes en m² (S= somme des rayons carrés x 3,14) sur la superficie de quadrat en m² (E= 4 m²), multiplié par 100 pour l'exprimer en pourcentage:

$$\text{RSA (\%)} = (S/E) \times 100.$$

L'estimation de la phytomasse des espèces pastorales particulièrement *Artemisia herba-alba*, *Stipa tenacissima*, *Stipa parviflora* Desf, *Noaea mucronata* et *Atriplex nummularia* s'est basée sur la méthode de l'Unité de Référence (UR) (KIRMSE & NORTON, 1985). Cette méthode est appropriée pour les études de recherche et le suivi des aménagements vu qu'elle est non destructive, rapide et moins coûteuse (ANDREW *et al.*, 1981). L'UR correspond à une plante (ou branche) dont le feuillage est typique par rapport aux plantes à échantillonner. Dans les quadrats des transects cités ci-dessus, une UR par espèce est choisie puis sa phytomasse est déterminée. Ensuite, on compte le nombre de fois (NUR) où l'UR se reproduit dans les plantes à l'intérieur de chaque quadrat. L'UR est desséchée dans l'étuve (préciser la température et la durée) puis pesée (PUR) pour la détermination de la matière sèche (MS). La production moyenne (PM en g) est calculée en multipliant le nombre de fois où l'UR s'est reproduite par son poids en MS. Cette production est relative à un quadrat de 4m² (2 x 2 m). Elle est rapportée finalement au kg MS/ha comme suit :

$$PM \text{ (gramme MS par } 4 \text{ m}^2\text{)} = NUR \times PUR \text{ (gramme MS par } 4 \text{ m}^2\text{)}$$

La phytomasse des herbacées dans les quadrats au niveau des quatre sites est coupée puis pesée selon la méthode de FLORET *et al.* (1982).

Au laboratoire, les échantillons de la végétation coupée sont lavés à l'eau à l'aide d'un tamis de 2 mm afin d'en retirer toutes les particules de sol. Le séchage se fait dans l'étuve jusqu'à poids constant à une température de 65 °C. Le poids de matière sèche (MS) obtenu en gramme par 4 m² est converti en Kg MS/ha (HUSSAIN, 1968). La phytomasse en matière sèche dans chaque quadrat est ensuite rapportée en kg MS. ha⁻¹.

Analyses des données

Les analyses statistiques des données collectées sur le terrain ont concerné l'analyse de variance (ANOVA). C'est une technique statistique utilisée pour tester l'égalité entre plusieurs moyennes en comparant la variance entre les groupes par rapport à la variance au sein des groupes. Ainsi, la comparaison des moyennes des paramètres de végétation (recouvrement et production en phytomasse, ..) entre les quatre sites (S1, S2, S3 et PL) a été réalisée.

RÉSULTATS

Climat

Afin de caractériser le climat global de la zone d'étude, et ce affectant l'année de l'étude on a eu recours aux données enregistrées depuis plusieurs années (1931-2014) au niveau de la commune rurale des Béni Mathar. Le diagramme ombrothermique (figure 4) permet de situer d'une manière générale la période de végétation active au niveau des pâturages à l'aide d'une échelle où la quantité de pluie, exprimée en mm et divisée par 2, doit être supérieure à la température moyenne exprimée en °C. Ainsi, les histogrammes représentant les mois secs sont sous la courbe des températures (cas des mois de Mai à Novembre). Par contre, les mois humides vont de décembre à avril, quand les histogrammes dépassent la courbe des températures. La moyenne pluviométrique enregistrée au cours des 83 dernières années est de 215 mm/an avec des hauteurs maximales au cours des mois d'octobre (26 mm) et d'avril (31 mm). La température moyenne est de 15.5 °C, avec le mois d'août le plus chaud de l'année (25.3 °C) et le mois de janvier le plus froid (7.5 °C).

La pluviométrie enregistrée au cours de l'année 2013-14 était supérieure à la moyenne avec 235 mm. Cependant, la répartition de la quantité d'eau a été irrégulière. En effet, les mois les plus humides étaient septembre (45 mm), novembre (31 mm), décembre (32 mm), janvier (19 mm) et mai (45 mm), tandis que les mois d'octobre (0 mm), mars (11 mm) et avril (10 mm) étaient secs. Il est à noter que cette année a enregistré des températures élevées par rapport à la moyenne principalement durant les mois d'octobre et avril. La température moyenne était de 16.1 °C avec un maximum de 25.37 °C durant le mois d'août et un minimum durant le mois de décembre avec 8.08 °C.

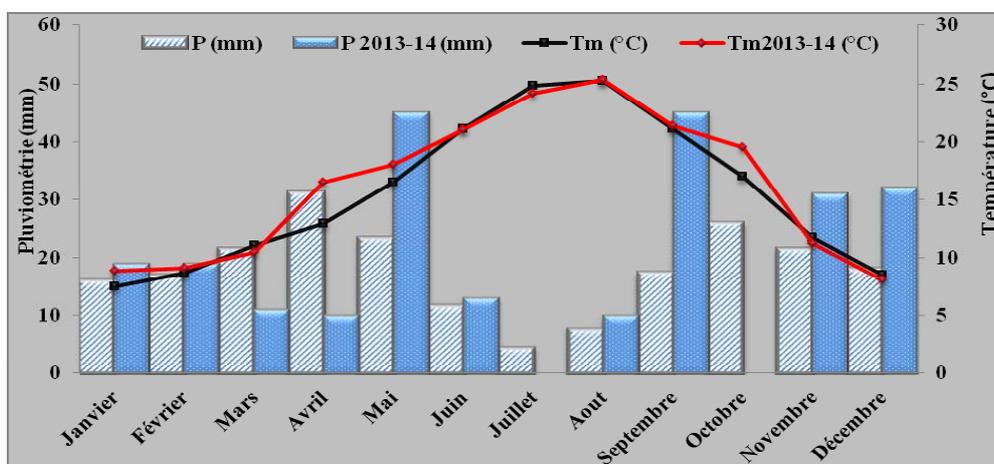


Figure 4 : Diagramme ombrothermique (moyenne 1931-2014) et de l'année 2013-2014 de la station d'Aïn Béni Mathar.

Richesse floristique

Le nombre total d'espèces inventorié sur les quatre sites (S1, S2, S3, PL) est de l'ordre de 79. Ce nombre appartenant à 23 familles comporte 31 (12 familles), 49 (16 familles), 47 (14 familles) et 11 (8 familles) espèces respectivement dans les sites S1, S2, S3 et PL. Les familles dominantes sont les Astéracées, les Poacées, les Brassicacées, Borraginacées et les Cistacées. D'autres familles à importance écologique et à richesse floristique élevées sont à faible présence: Caryophyllacées, Crassulacées, Euphorbiacées, Rubiacées, Résédacées, Renonculacées (figure 5) site en pâturage libre (PL) est caractérisé par la présence d'espèces appartenant à la famille des zygophyllacées.

La figure 6 montre la relation qui existe entre la surface d'échantillonnage et le nombre d'espèces observé.

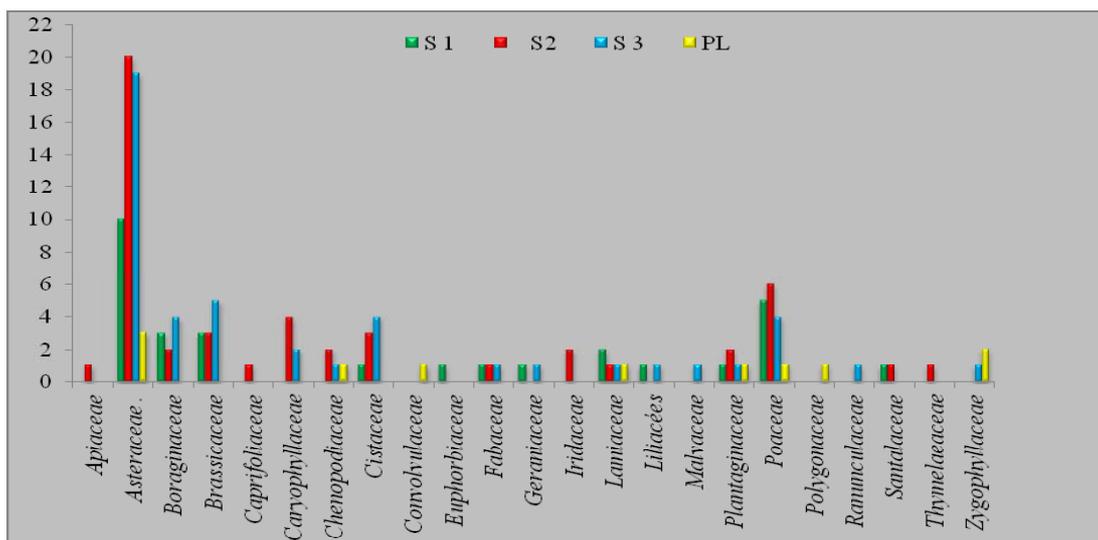


Figure 5 : Nombre d'espèces pour chaque famille dans les quatre sites (S1, S2, S3 et PL).

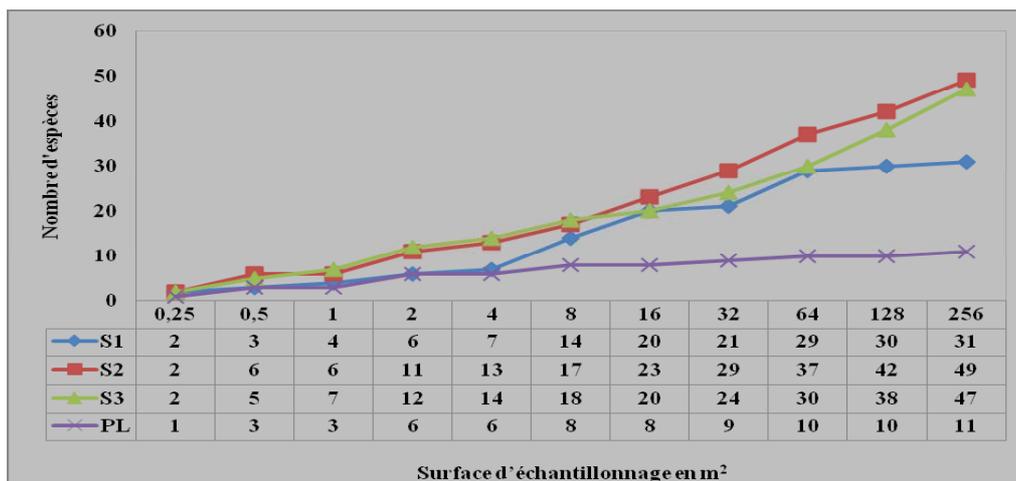


Figure 6 : Evolution du nombre d'espèces dans les quatre sites (S1, S2, S3 et PL) en fonction de la surface d'échantillonnage en m².

Types biologiques

La figure 7 représente la proportion (%) de chaque type biologique au niveau des quatre sites (S1, S2, S3 et PL). Globalement, les types biologiques comptent :

S1 : 48,86 % de thérophytes, 44,31 % de chaméphytes, 5,22 % d'hémicryptophytes, 1,61 % de géophytes et de 0% de phanérophytes.

S2 : 58,08 % de thérophytes, 28,24 % de chaméphytes, 9,33 % d'hémicryptophytes, 2,62 % de géophytes et de 1,85 % de phanérophytes.

S3 : 51,12 % de thérophytes, 29,69 % de chaméphytes, 15,15 % d'hémicryptophytes, 2,67 % de géophytes et de 0% de phanérophytes.

PL : 71,43 % de thérophytes, 28 % de chaméphytes, 0,57 % d'hémicryptophytes, 1,52 % de géophytes et de 0% de phanérophytes.

Les thérophytes, chaméphytes et hémicryptophytes sont de loin les types biologiques les plus dominants.

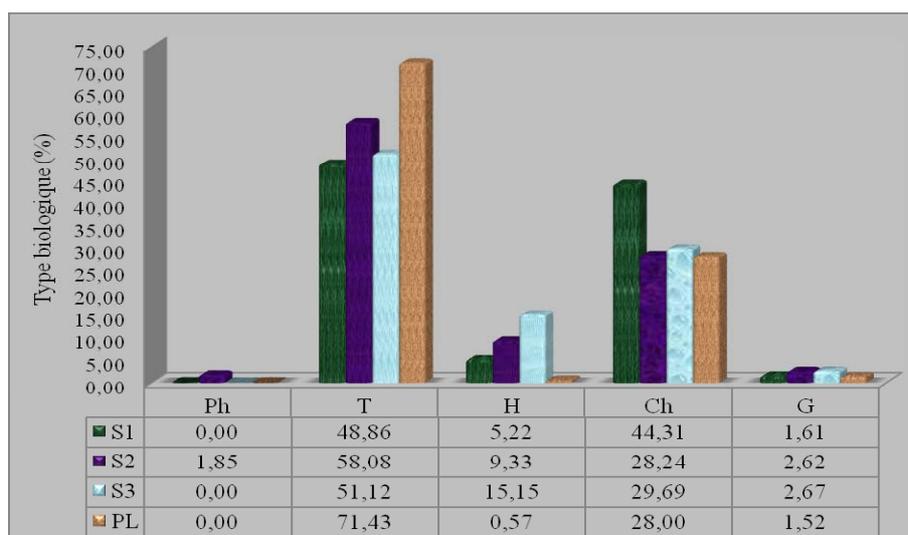


Figure 7 : Proportion (%) des types biologiques dans les sites S1, S2, S3 et PL.

Indice de diversité de Shannon-Wiener et équitabilité

La figure 8 indique que les valeurs de l'indice de diversité H' dans les sites aménagés sont peu différentes les unes des autres. Elles sont de 1,05 ; 1,33 et 1,2 respectivement dans S1, S2 et S3. Par contre, la plus faible valeur de la diversité est enregistrée dans le site PL (0,68) avec un indice d'équitabilité de 0,25.

L'équitabilité est plus importante dans les parcours protégés que dans le pâturage libre. Dans les trois sites (S1, S2 et S3), les valeurs les plus apparentes sont 0,37 ; 0,42 et 0,39 respectivement.

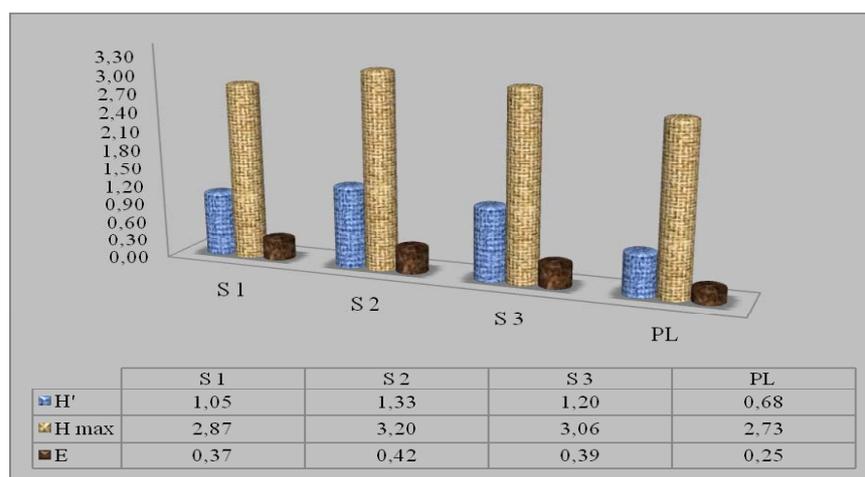


Figure 8 : Représentation graphique des paramètres : indice de diversité de Shannon-Wiener (H'), diversité maximale (H max) et équitabilité (E) dans les quatre sites (S1, S2, S3 et PL).

Recouvrement et phytomasse

Le tableau 1 illustre le recouvrement global aérien (RGA) (%) et la phytomasse totale en tonne de matière sèche par hectare (T/ha) de la végétation au niveau des quatre sites étudiés (S1, S2, S3 et PL). Le RGA à l'échelle du site S2 est en moyenne de 51 % allant de 38 à 63 % selon la densité et la dominance des espèces ; ainsi, ce recouvrement élevé a engendré une phytomasse totale moyenne importante de 2,6 T/ha variant de 2,42 à 2,83 T/ha. Le RGA du site S3 vient en deuxième position avec une moyenne de 24 % allant de 19 à 31% et une phytomasse moyenne de 1,95 T/ha.

Tableau 1 : Recouvrement global aérien de la végétation (RGA) (%) et phytomasse totale (tonne de matière sèche par hectare) au niveau des sites S1, S2, S3 et PL

Sites	RGA (%)			Phytomasse (tonne de matière sèche par hectare)		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
S2	51,00 a	38,00	63,00	2,60 a	2,42	2,83
S3	24,00 b	19,00	31,00	1,95 b	1,77	2,10
S1	17,00 c	11,00	23,00	1,50 c	1,45	1,56
PL	6,00 d	3,00	10,00	0,25 d	0,18	0,32

Les niveaux non connectés par la même lettre sont significativement différents

Le RGA moyen à l'échelle du site S1 est de 17 % (allant de 11 à 23 %) et une phytomasse de 1,5 T/ha.

Le RGA et la phytomasse au niveau du site PL restent les plus faibles par rapport aux sites aménagés avec des valeurs de 6 % et 0,25 T/ha respectivement.

DISCUSSION

Richesse floristique

La figure 6 montre que plus la surface d'échantillonnage augmente plus le nombre d'espèces inventoriées est grand. Cette relation, appelée courbe aire-espèces a la forme d'une courbe croissante monotone qui tend vers une asymptote, représentant le nombre maximal d'espèces rencontré dans chaque site. La comparaison en termes de richesse floristique indique qu'il existe une différence significative entre les quatre sites étudiés. En effet, les relations aire-espèces selon l'équation d'Arrhenius¹ (1921) montrent que les pentes de la droite étaient de 0.11, 0.17, 0.15 et 0.02 respectivement au niveau des sites S1, S2, S3 et PL. Ainsi, à surface égale, il y a toujours plus d'espèces sur les sites aménagés par rapport au site pâturé librement. Il est à noter que dans les quatre sites, les espèces annuelles dominantes sont *Schismus barbatus* (L.) Thell. et *Plantago albicans* L.. Cette dernière est une espèce thermophile rencontrée surtout dans les pâturages arides (QUEZEL & SANTA, 1962). *Schismus barbatus* colonise les terrains riches en CaSO₄ sans pour autant que le taux de gypse et l'hygroscopicité soient élevés (KILLIAN, 1948). Aussi, dans les sites aménagés, *Artemisia herba-alba* domine grâce à son système racinaire superficiel très dense. Cette espèce est capable de valoriser l'humidité superficielle occasionnée par des petites pluies (LE FLOC'H, 1989). Elle est capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 40 cm de profondeur et peut profiter des fractures de la croûte pour atteindre les poches d'humidité (FLORET & PONTANNIER, 1982). Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter les pertes d'eau (OURCIVAL, 1992).

En général, la richesse floristique d'un écosystème est un indicateur de l'état de santé du milieu en question ; en zones arides, cette richesse dépend essentiellement des espèces annuelles et des conditions du milieu (climat, édaphisme et exploitation). Ainsi, dans les sites aménagés (S1, S2, S3) on note la réapparition de certaines espèces à intérêt pastoral élevé notamment *Argyrolobium uniflorum* Jaub & Spach, les hélianthèmes sp et *Stipa parviflora*. Ce résultat est confirmé par la population locale indiquant que ces espèces ont disparu dans les terres librement pâturées en raison du surpâturage et des sécheresses (communication orale).

Dans cette région, ces techniques d'amélioration pastorale ont favorisé la réapparition des truffes du désert (*Tirmania nivea*), communément appelées "Terfez" ou "Terfesse", celles-ci vivent en association mycorhizienne avec des *Helianthemum lipii*. Ces truffes sont très recherchées et appréciées par les populations locales pour leurs diverses vertus et leurs caractéristiques gastronomiques singulières. La collecte et la vente de ces truffes permet à la population (membres de la coopérative) de générer annuellement un somme d'argent de 12 000 DH (1 101,12 €).

Néanmoins nous pensons que les taxons évoqués dans cette étude : *Teucrium polium* L., *Thymus algeriensis* Boiss & Reut, *Helianthemum virgatum* Desf et *Helianthemum hirtum* L., constituent un complexe d'espèces qui ont des faibles présences dans ces milieux et présente une grande valeur pastorale (annexe 1), malheureusement ils sont en voie de disparition dans la région et nous devons nuancer ce résultat.

L'augmentation de la richesse floristique des espèces notée dans les sites aménagés est liée à la germination des graines après la pluie, et leurs capacités de croître et de fleurir rapidement (LE FLOC'H, 2000). Elle pourrait s'expliquer aussi par l'accumulation de litière (DESCHEEMAERKER *et al.*, 2006) et l'amélioration de matière organique du sol et d'autres nutriments (MEKURIA *et al.*, 2007).

Le site S2 comprend le nombre le plus élevé d'espèces (49 espèces). Le système aérien de l'*Atriplex nummularia* constitue un endroit protégé contre tous les facteurs d'agression écologique.

¹ Equation d'Arrhenius (1921) : $S = C \cdot A^z$; S : richesse spécifique, A : surface, C : constante propre pour chaque site et z : la pente de la droite.

Cet arbuste est largement reconnu par sa richesse en protéines et en sels minéraux, ainsi que par son adaptation aux conditions édapho-climatiques difficiles (ARIF & CHRIYAA, 1996). En effet, cette plante possède un système racinaire très développé qui lui permet d'utiliser les réserves d'eau du sol de façon efficace et de former un réseau dense susceptible d'agrèger le sol et de le rendre résistant à l'érosion (OSMOND *et al.*, 1980). *Atriplex nummularia* contribue, en outre, à la régénération de la végétation interstitielle et peut améliorer significativement la couverture du sol. Les plantations à base de cet arbuste permettent aussi d'assurer l'équilibre de la ration alimentaire (PDPEO, 1999). Ce site est dominé également par *Stipa tenacissima* et *Artemisia herba-alba*. Cette dominance est justifiée par la multiplication de *Stipa tenacissima* (ramification axillaire, rejets) et la régénération par graines d'*Artemisia herba-alba* (figure 9).



Figure 9 : Régénération spontanée de l'armoise blanche

Le site S3 occupe la seconde place en terme floristique. La technique CES a créé un changement perceptible au niveau de la richesse et la répartition des espèces végétales. En effet, les lignes de contour (appelés aussi ados) de la CES auraient créé des passages hydriques pour la dissémination des graines durant la période de pluie. Les graines d'espèces qui profitent de ces ados sont : *Vicia sativa* L., *Hordeum murinum* L., *Chrysanthemum coronarium* L., *Elizaldia calycina* Roem & Schult. Ces résultats sont confirmés par SHRESTHA & LIGONJA (2015) qui ont montré que les techniques de conservation des sols en Tanzanie ont augmenté le cortège floristique et la fertilité du sol, et ont contribué à la diminution de l'érosion des sols et à l'augmentation de fourrage de 50%.

Le site S1 (mis en repos après dégradation) a présenté un nombre d'espèces annuelles inférieur par rapport à S2 et S3. Ceci pourrait être expliqué par la compétition qu'exerce *Artemisia herba-alba* sur les autres espèces et aux effets allélopatiques d'*Artemisia herba-alba* (MODALLAL & AL-CHARCHAFCHI, 2006).

Par contre, dans le site PL chaque famille est représentée par quelques espèces caractérisées par une faible fréquence dans la surface d'échantillonnage (*Rumex vesicarius* L., *Convolvus althaeoides* L...). Les actions conjuguées de la pression anthropique croissante et des conditions climatiques sévères, engendrent des dysfonctionnements du milieu (WIESE *et al.*, 2008). Par conséquent, il apparaît que le pâturage soit la cause essentielle des modifications de la composition floristique du milieu. Le tapis végétal du PL est marqué par des espèces indicatrices de dégradation et sans utilité pastorale, notamment *Peganum harmala*, *Atractylis serratuloïdes* et *Noaea mucronata*. Ainsi, *Peganum harmala*, caractéristique des milieux dégradés et à faible valeur fourragère, est l'espèce dominante de cet espace. En effet, NEDJRAOUI (2009) considère que l'apparition du *Peganum harmala* montre l'ampleur de l'action anthropozoïque. L'écologie de cette espèce lui permet de se développer surtout au niveau des stationnements d'animaux (AIME, 1988). On note aussi l'apparition de *Fagonia cretica* L. espèce non pâturée par les animaux (LE HOUEROU, 1973) et qui végète dans les endroits secs et bien ensoleillés.

Types biologiques

La dominance des thérophytes est une caractéristique des zones arides grâce à leurs stratégies d'adaptation aux variations climatiques (Amghar et al., 2004). La mise en repos associée avec les travaux de CES (S3) a permis de compter 594 thérophytes localisés surtout le long des ados. Selon RAUNKIÆR (1934), les thérophytes sont des plantes annuelles dont la survie durant les périodes défavorables (froid et/ou sécheresse) est uniquement assurée par les graines. La proportion élevée de ce type biologique peut être expliquée par les conditions édaphiques (sol léger et bien aéré) et microclimatiques : périodes hivernale et printanière relativement humides alternant avec une période assez prolongée de sécheresse (HENAOUÏ, 2007). En outre, la pression du pâturage, à elle seule, n'affecte pas directement la variabilité de la richesse en thérophytes qui se trouve plus influencée par la pluviométrie (SHEUYANGE *et al.*, 2005). Cette thérophytation est liée aussi à la présence d'espèces produisant beaucoup de graines colonisant rapidement les espaces libres et contribuant à l'augmentation du taux de recouvrement (KADI-HANIFI, 2003). Du point de vue de la dynamique, la thérophytation serait l'ultime stade de dégradation après la dématerralisation et la steppeisation (QUEZEL, 2000).

Les phanérophytes sont représentés par *Atriplex nummularia* et *Thapsia garganica* L. au niveau du site S2. Toutefois, l'absence totale des phanérophytes au niveau des autres sites est un indicateur de dégradation avancée qu'a connue la zone avant la restauration. Il est à noter que la proportion des thérophytes dans le site PL (71,43 %) est la plus élevée ; ces thérophytes temporaires sont très appréciés et recherchés par les troupeaux, notamment les petits ruminants. En effet, malgré leur vie capricieuse et leur dépendance directe de la pluviosité qui fait que leur disponibilité reste très irrégulière, ces espèces ont de meilleures valeurs nutritives que les autres plantes vivaces. Toutes ces caractéristiques nous permettent d'estimer l'impact des moments de pluies et des vents sur la fixation du sol dans les parcours non aménagés (figure 10).



Figure 10 : Pâturage libre : sol sableux, légèrement graveleux et végétation éparse.

Les hémicryptophytes dans ce site ne dépassent pas 1 %, et ils sont de 5,22 % ; 9,33 % et 15,15 % dans S1 ; S2 et S3 respectivement. Ce type biologique est décrit comme étant le mieux adapté à l'aridité et s'installe progressivement avec la dégradation des écosystèmes forestiers (GHEZLAOUÏ *et al.*, 2011). JEANMONOD *et al.*, (2011) ont expliqué l'augmentation du taux des hémicryptophytes par l'augmentation des précipitations. BARBERO *et al.*, (1989) expliquent l'abondance des hémicryptophytes au Maghreb par une matière organique abondante, une humidité relative importante et une altitude élevée adoucissant les températures.

Les chaméphytes dans PL présente 28 % des types biologiques composées essentiellement par *Atractylis serratuloides* et *Peganum harmala* souvent refusé par les animaux, tandis que les proportions des chaméphytes enregistrées dans S1, S2 et S3 sont 44,31% ; 28,24 % et 29,69 % et sont composées par des espèces à forte valeur fourragère comme *Artemisia herba-alba*, *Helianthemum virgatum*, *Helianthemum lippii* L., *Argyrolobium uniflorum* et *Helianthemum hirtum*. Les géophytes dans les quatre sites sont plutôt rares et présents à des taux très faibles. La faible proportion de ce type biologique est liée au gradient climatique favorisant le développement d'espèces à cycle de vie court (AIDOUÏ, 1983).

Indice de diversité de Shannon-Wiener et équitabilité

Les valeurs de diversité enregistrées dans les trois sites aménagés sont dues à la ressemblance du potentiel de reproduction des différents peuplements. Dans le site 2, les peuplements sont diversifiés avec un H' peu élevé (49 espèces) ce qui explique la présence d'un écosystème plus stable.

D'après certains auteurs (DAJOZ, 1975 ; N'ZALA *et al.*, 1997), un indice de diversité élevé correspond à une grande égalité des contributions individuelles au couvert végétal, et donc, l'hétérogénéité atteinte par la végétation. Dans notre étude, les valeurs de H' et E s'expliquent par la présence dans chaque site aménagé de quelques espèces plus ou moins prédominantes (voir annexe 1). Tandis que les faibles valeurs de diversité (0,68) et d'équitabilité (0,25) enregistrées dans le site PL témoignent de la forte dominance d'un groupe d'espèces caractéristiques de la dégradation. En effet, sur le nombre total d'individus collecté dans ce site, plus de 59 % appartiennent à trois espèces dominantes (*Noaea mucronata*, *Peganum harmala* et *Atractylis serratuloïdes*).

H' est utilisée pour la caractérisation qualitative de l'écosystème puisque toute augmentation de la richesse floristique peut être à l'origine d'un processus d'autorestauration d'un écosystème dégradé (ZHANG *et al.*, 2005). La faible valeur de H' altère la capacité du pâturage libre à réagir aux perturbations, et reflète une raréfaction voire une disparition de certaines espèces et surtout celles de bonne valeur pastorale. Cette chute s'explique par un système homogène plus fragile dans ses apports écologiques (N'ZALA, 1997).

Ceci montre que, quel que soit le type d'aménagement, l'indice de diversité spécifique et l'équitabilité sont nettement plus élevés à l'intérieur des sites protégés qu'à l'extérieur de ces sites. Les valeurs enregistrées dans les trois sites aménagés sont dues à la ressemblance du potentiel de reproduction des différents peuplements et explique la régularité de la distribution des espèces.

En effet, dans les espaces aménagés les espèces sont encore en état dynamique suite à leur régénération contrairement au pâturage libre où les espèces présentes sont dans une situation moins stable. Le manque de gestion des parcours entraîne l'appauvrissement floristique et une perturbation dans la répartition des espèces.

Recouvrement et phytomasse

Le RGA et la phytomasse totale de la végétation au niveau du site PL restent les plus faibles par rapport aux sites aménagés. Le RGA moyen (6 %) est 8,5 ; 4 et 3 fois inférieur à ceux des sites S2, S3 et S1 respectivement. De même, la phytomasse moyenne (0,25 T/ha) est 10,4 ; 7,8 et 6 fois inférieure à celles des sites S2, S3 et S1 respectivement.

La comparaison des moyennes de ces deux paramètres montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les quatre sites. En effet, l'important recouvrement dans le site 2 reviendrait essentiellement au recouvrement spécifique d'*Atriplex nummularia*. Dans le site 3, les travaux de CES ont rendu les conditions édaphiques favorables à la restauration d'*Artemisia herba-alba* ainsi qu'à un cortège floristique diversifié; d'où, une phytomasse totale oscillant entre 1,77 et 2,10 T/ha.

La pluviométrie durant l'année d'étude (2013-14) était importante (235 mm/an) mais mal répartie : la zone a souffert d'un déficit hydrique et des températures élevées au printemps (Mars-Avril). Ces conditions climatiques n'ont pas sérieusement affecté le RGA et la production de la végétation des sites aménagés, alors que ces conditions combinées au pâturage ont eu un impact négatif notable sur le RGA et la phytomasse totale au niveau du PL. Le pacage aurait diminué ces deux variables et il y a remplacement des espèces pastorales à qualité fourragère élevée par d'autres à intérêt pastoral médiocre. Par comparaison, dans une steppe aride en Syrie, la phytomasse des zones pâturées était de 0,49 T / ha par rapport à 2,34 T / ha dans les régions protégées (LOUHAICHI *et al.*, 2012). Par ailleurs, il est à noter que les valeurs de phytomasse totale des sites aménagés (S1, S2 et S3) sont largement supérieures à celles rapportées par ACHERKOUK *et al.*, (2012) au niveau des HPO car ces auteurs n'ont pas comptabilisé la phytomasse des espèces annuelles. Contrairement, la phytomasse totale des sites aménagés reste plus faible que celle

obtenue dans une steppe algérienne mise en défens à base de *Stipa tenacissima* en bon état (7,69 T MS/ha) (BOUSMAHA, 2012). L'amélioration du taux de recouvrement et de la productivité de la végétation des sites aménagés (S1, S2, S3) est due au processus de la remontée biologique. D'après LE HOUEROU (1995), « la remontée biologique est l'ensemble des processus inverses de ceux de la steppisation et de la désertisation. Elle se caractérise par l'augmentation du taux de recouvrement permanent de la biomasse des pérennes, du taux de matière organique dans le sol, de la stabilité structurale, de la perméabilité et du bilan en eau, de l'activité biologique et de la productivité primaire, tandis que la variabilité de la production annuelle diminue».

CONCLUSION

L'étude a porté sur l'évaluation de l'impact de trois techniques de restauration des terres de pâturage dans les hauts plateaux du Maroc oriental, à savoir la mise en repos, les plantations d'*Atriplex nummularia* et les travaux de conservation de l'eau et du sol. Les paramètres de la végétation étudiés sont la richesse floristique, l'indice de Shannon-Wiener, l'équitabilité, la production en phytomasse, le recouvrement aérien et le type biologique.

Les résultats obtenus basés sur l'expérimentation et les mesures de terrain mettent au clair que la régénération et la reconstitution des pâturages dégradés sont possibles moyennant des actions d'aménagement pastoral adéquates et une gestion rationnelle des espaces améliorés. En effet, dans les quatre sites aménagés, l'impact est nettement positif sur l'ensemble des paramètres mesurés; et ce, malgré les contraintes du milieu, notamment le climat.

Pour les opérateurs sur le terrain (éleveurs, développeurs, autorités locales, élus, société civile), ces résultats constitueraient des outils précieux pour une bonne gestion des terrains pastoraux aménagés, ainsi que des indicateurs d'évolution de ces espaces aidant à la prise de décisions futures opportunes.

Par ailleurs, en terme de diversité floristique, dans les sites aménagés, l'amélioration de la richesse floristique est considérable. Quant au taux de la couverture végétale, qui est un indicateur fiable du degré de protection du sol contre l'érosion, il est nettement amélioré suite à la mise en repos et à la plantation d'*Atriplex nummularia*. Pour la production en phytomasse, elle est significativement améliorée dans l'ensemble des sites aménagés par rapport aux terrains non aménagés.

Il faut tout de même souligner que les espèces éphémères, qui sont étroitement tributaires des conditions pluviométriques de l'année, auraient largement contribué à l'amélioration du taux de recouvrement végétal et à l'augmentation de la production en phytomasse.

Enfin, il est important de signaler que l'évaluation de la dégradation nécessite le développement et le suivi d'indicateurs physiques, biologiques et sociaux, en tenant compte des interactions entre les différentes composantes de l'écosystème (végétation, sol, eau, climat, population). Ces indicateurs seront traités dans des sujets de recherche à venir.

REFERENCES

- ACHERKOUK, M., MAATOUGUI, A. & AZIZ EL HOUMAIZI, M., 2012. Etude de l'impact d'une mise en repos pastoral dans les pâturages steppiques de l'Oriental du Maroc sur la restauration de la végétation. *Sécheresse* 23 : 102-112.
- ACHERKOUK, M., 2013. Evaluation de l'impact des aménagements pastoraux sur la restauration des pâturages dégradés du couloir Taourirt-Taforalt (Maroc Oriental). Université Mohamed 1er, Faculté Des Sciences, Oujda (Maroc). 222 p.
- ACHOURI, M., 1995. La conservation des eaux et du sol en Tunisie : bilan et perspectives. In : Zekri S, Laajimi A, Agriculture, durabilité et environnement. CIHEAM, *Cahiers Options Méditerranéennes* 9: 35-47.
- AIDOUD, A., 1983. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais: Phytomasse, productivité primaire et application pastorale. Thèse doct. USTHB. Alger. 180 p.
- AIME, S., 1988. Aspects écologiques de la présence de quelques espèces steppiques (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Artemisia herba-alba*, *Noaea mucronata*) en Oranie littorale, *Biocénoses*, 12 : 16-24.
- AMGHAR, F. & KADI-HANIFI, H., 2004. Effet du pâturage sur la biodiversité et l'état de la surface du sol dans cinq stations à alfa du Sud Algérois, In : Ferchichi A, Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens, Djerba (Tunisia). *CIHEAM* 11: 399-402.

- <http://om.ciheam.org/om/pdf/c62/04600194>.
- ANDREW, M., NOBLE, I.R., LANGE, R.T. & JOHNSON, A.W., 1981. The measurement of forage weight: three methods compared, *Australian Rangeland Journal*, 3: 74–82.
- ARIF, A. & CHRIYAA, A., 1996. Utilisation des arbustes fourragers dans les zones arides du Maroc, rapport final. Convention 33/91/DE: INRA, Direction Elevage, Settat, Maroc.
- ARRHENIUS, O., 1921. Species and area, *Journal of Ecology*, 9 : 95–99.
- BENHAFOUNE, M., 2012. Lutte contre la sécheresse et la désertification: les réponses probantes de l'Oriental marocain. AGRIDAPE. volume 28 n°3.
- BRAÛN-BLANQUET, J., 1926. Une reconnaissance phytosociologique dans le Briançonnais, *Bull. Soc. Bot.Fr.* 73.
- BRAUN-BLANQUET, J., ROUSSINE, N. & NEGRE, R., 1951. Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Paris: CNRS edition.
- BROWN, D., 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. *Bull. Com. Agric. Dom. Farnham Royal*. Bucks 42: 223.
- BOUSMAHA, T., 2012. Contribution à l'étude de l'évolution de la nappe alfatière dans la mise en défens de Nofikha, Naâma, Université Aboubekr Belkaïd-Tlemcen, 95 p.
- DAGET P. & POISSONNET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies, *Annales Agronomique*. INRA, Paris 22: 5-41.
- DAGET, P. & GODRON, M., 1995. Pastoralisme : troupeaux, espaces et sociétés, Hatier, 510 p.
- DAJOZ, R., 1975. Précis d'Ecologie. Paris. Dunod (Eds). Troisième édi, 549 p.
- DAJOZ, R., 1996. Précis d'écologie, Paris, Dunod (Eds), 6^{ème} Edition, 551 p.
- DESCHEEMAEKER, K., MUYS, B., NYSSSEN, J., POESEN, J., RAES, D., HAILE, M. & DECKERS, J., 2006. Litter production and organic matter accumulation in exclosures of the Tigray Highlands, Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 233:21–35.
- DUTILLY DIANE, C., ACHERKOUK, M., BECHCHARI, A., BOUAYAD, A., EL KOUDRIM, M., & MAATOUGUI, A., 2007. Dominance communautaire dans l'exploitation des espaces pastoraux: impacts sur les modes de vie et implications pour la gestion des parcours du Maroc oriental. *Cahiers Agricultures*. 16: 338-34.
- EL GHARBAOUI, A., EL YAMANI, A., EL MAGHRAOUI, A., BOUTOUBA, R., ALAOUI, M. & KABAK, A., 1996. Projet de développement des parcours et de l'élevage dans l'oriental: Stratégie de développement des terrains de parcours. *Terre et Vie*. 24.
- FENNANE, M., IBN TATTOU, M., MATHEZ, J., OUYAHYA, A. & EL OUALIDI, J., 2007. Flore pratique du Maroc, manuel de détermination des plantes vasculaires, volume 1 et 2, 635 p.
- FLORET, CH. & PONTANNIER, R., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement, Trav. Docum, ORSTOM, 544 p.
- FONDS INTERNATIONAL DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE (FIDA), 2002. Royaume du Maroc : Projet de développement des parcours et de l'élevage dans l'oriental (PDPEO). Rapport évaluation intermédiaire N°1304-MA Rome (Italie) : FIDA, Bureau évaluation.
- JEANMONOD, D., SCHLÜSSEL, A. & GAMISANS, J., 2011. Analyse de la flore Corse : aspects biologiques, *Candollea*. 66 : 5-25.
- HAUT COMMISSARIAT AU PLAN, 2005. Recensement général de la population et de l'habitat de 2004. Population légale du Maroc. Rabat : Haut Commissariat au Plan.
- HENAOUI, I.A., 2007. Les cistes dans la région de Tlemcen : aspect écologique et cartographique. Université de Tlemcen. Algérie. 415 p.
- HOLM, A., CRIDLAND, S. & RODERICK, M., 2003. L'utilisation du temps-intégré les données NOAA NDVI et précipitations pour évaluer la dégradation du paysage dans la zone arbustive aride de l'ouest de l'Australie. *Remote sensing of environment*. 2: 145-158.
- HUSSAIN, I., 1968. Determination of forage production. Division of forestry research, Govt. of Punjab, Lahore.
- GADDES, N., 1978. Etude des relations végétation-milieu et effet biologique da la mise en défens notamment sur l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) dans le bassin versant dans l'Oued Gabès. Univ. Sei. Techn. Tunisie. 129 p.
- GAO, Y., ZHONG, B.L., YUE, H., WU, B. & CAO, S., 2011. A degradation threshold for irreversible loss of soil productivity: a long-term case study in China. *Appl. Ecol.* 48:1145–1154.
- GHEZLAOUI, B., BENABADJI, N. & BENMANSOUR, D., 2011. Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le chott el-gharbi (oranie-algérie). *Acta Botanica Malacitana*, 11336 : 113-124.
- GRAY, J.S., MCINTYRE, A.D. & STIRN, J., 1992. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. FAO Document technique sur les pêches. N° 324, 53.
- GOUNOT, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie. Paris. 314 p.

- KADI-HANIFI, H., 2003. Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Sécheresse*. 14: 169-179.
- KILLIAN, CH., 1948. Conditions édaphiques et relations des plantes indicatrices de la région alfatière algérienne. *Annales agronomiques*. : 4-27.
- KIRMSE, R.D. & NORTON, B., 1985. Comparison of the reference unit method and dimensional analysis for two large shrubby species in Caatinga woodlands. *Range Manage.* 38: 425-428.
- KNIIVILÄ, M., 2004. La dégradation des terres et l'utilisation des terres / sources de données de couverture. Document de travail des Nations Unies: Département des affaires économiques et sociales, Division de la statistique.
- LE FLOC'H, E., DEMBELE, F. & YOSSSI, H., 2000. Succession et diversité floristique des jeunes jachères. Influence du feu et du pâturage (zone soudanienne-nord du Mali). In: Floret Ch. & Pontanier R. (Eds.), "La jachère en Afrique Tropicale: rôles, aménagement, alternatives ": vol. I. Actes du séminaire international. Dakar (Sénégal), 13-16 avril 1999. *John Libbey*. 2 : 415-421.
- LE HOUÉROU, H.N., 1969. La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues au Maroc, en Algérie et en Libye). Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie. 624 p.
- LE HOUÉROU, H.N. & IONESCO, T., 1973. Appétibilité des espèces végétales de la Tunisie steppique. Projet FAO. Tunisie/71/525. 68 p.
- LE HOUÉROU, H.N., 1995. Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique., In : Pontanier R, M'Hiri A, Akrimi N, Aronson J, Le Floc'H. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? Paris. Edits. 65-102.
- LOUHAICHI, M., GHASSALI, F., SALKINI, A.K. & PETERSEN, S.L., 2012. Effet de pâturage des moutons sur les communautés végétales de parcours: étude de cas de dépressions du paysage dans syriennes steppes arides. *Journal of Arid Environments*, 79: 101-106.
- MAHYOU, H., TYCHON, B., BALAGHI, R., MIMOUNI, J. & PAUL, R., 2010. Désertification des parcours arides au Maroc. [<http://orbi.ulg.ac.be/bitstream>].
- MAHYOU, H., TAHRI, M., NICOLA, T. & BOUNEJMATE, M., 2001. Etude de la dégradation des parcours d'Aïn Beni Mathar. Proceeding du séminaire «Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb». Oujda, 84 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA REFORME AGRAIRE (MARA), 1992. Stratégie de développement des terres de parcours au Maroc. Situation actuelle des terres de parcours. Vol. I. Inventaire des ressources fourragères des parcours. Rabat : direction de l'Élevage.
- MEKURIA, W., VELDKAMP, E., HAILE, M., NYSSSEN, J., MUYS, B., & GEBREHIWOT, K., 2007. Efficacité de la mise en défens de restaurer les sols dégradés à la suite du surpâturage dans le Tigré en Ethiopie, *J. aride Environ.* 69 : 270-284.
- MODALLAL, N.M. & AL-CHARCHAFCHI, F., 2006. Allelopathic effect of *Artemisia herba-alba* on germination and seedling growth of *Anabasis setifera*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9: 1795-1798.
- NARJISSE, H., 2006. Les écosystèmes agricoles et pastoraux, état des lieux et voie d'évolution. Rapport d'agriculture, Maroc. 362p.
- NEDJRAOUI, D. & BEDRANI, S., 2009. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte, *Vertigo*, Volume 8, Numéro 1, [En ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/5375>, DOI : 10.4000/vertigo.5375, consulté le 23/04/2014.
- N'ZALA, D., NONGAMANI, A., MOUTSAMBOTE, J.M. & MAPANGUI, A., 1997. Diversité floristique dans les monocultures d'eucalyptus et de pin au Congo. *Cahier agriculture*,. 6, 3 : 196-74.
- OLDEMAN, L., HAKKELING, R. & SOMBROEK, W., 1990. Carte du monde de l'état de dégradation des sols induite par l'homme: Une note explicative. Référence Internationale du sol et du Centre d'information de Wageningen.
- OSMOND, C., BJORKMAN, O. & ANDERSON, D., 1980. Physiological process in plant ecology, toward a synthesis with Atriplex, *Ecological studies*, Springer. 36: 468 p.
- OZENDA, P., 1958. *La flore de Sahara septentrional et central*. CNRS. Paris. 486 p.
- OULD SIDI MOHAMED, Y., 2002. Biodiversité et suivie de la dynamique des phytocénoses en Tunisie présaharienne : cas des observations de Sidi Toui et de Oued Dekouk. Thèse de doctorat en bio, FST, 245 p.
- OURCIVAL, J.M., 1992. Réponse de deux chaméphytes de la Tunisie présaharienne à différentes contraintes et perturbations. Thèse Doc, USTL, Montpellier. 167 p.
- PROJET DE DEVELOPPEMENT PASTORAL ET DE L'ELEVAGE DANS L'ORIENTAL (PDPEO), 1999. Rapport annuel 1998-1999, Direction Provinciale d'Agriculture, Figuig (Maroc).
- QUEZEL, P. & SANTA, S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Paris, Centre national de la recherche scientifique, Tome I, 7^{ème} Edition, 564p. et Tome II. Paris, CNRS, 7^{ème}, 1170 p.
- QUEZEL, P., 2000. Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. *IBIS PRESS*. pp. 42-49.

- RAMADE, F., 1997. Conservation des écosystèmes méditerranéens. Les fascicules du plan bleu, *Económica*. France.189p.
- RAUNKIAER, C., 1934. The life form of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press, 632 p.
- SALEMKOUR N., BENCHOUK K., NOUASRIA D., KHERIEF NACEREDDINE, S. & BELHAMRA, M., 2013. Effets de la mise en repos sur les caractéristiques floristiques et pastorale des parcours steppiques de la région de Laghouat (Algérie). *Journal Algérien des régions arides*, 12 : 103-114.
- SHEUYANGE, A., OBA, G. & WELADJI, R.B., 2005. Effects of anthropogenic fire history on savanna vegetation in northeastern Namibia. *J Environ Manage*. 75: 189-98.
- SHRESTHA, R.P. & LIGONJA, P.J., 2015. Perception sociale des prestations de conservation des sols dans la région de Kondoza Usé de Tanzanie, *Elsevier*, doi: 10.1016 / j.iswcr.2015.08.001.
- WIESE, H., SCHWEINBERGER, S. & HANSEN, K., 2008. Age of the beholder: ERP evidence of an own-age bias in face memory. *Neuropsychologia*. 46: 2973–2985.

ANNEXE 1

Inventaire floristique

Espèces	S 1	H'	S2	H'	S 3	H'	PL	H'
<i>Thapsia garganica (Ph)</i>			2	0,00				
<i>Chamaemelum mixtum(T)</i>	9	0,02	48	0,05	11	0,02		
<i>Carduus pycnocephalus(H)</i>					2	0,00		
<i>Artemisia herba-alba(Ch)</i>	269	0,16	231	0,12	215	0,14	9	0,03
<i>Launaea arborescens(H)</i>					2	0,00		
<i>Scorzonera laciniata (H)</i>	5	0,01	12	0,02	2	0,00		
<i>Scorzonera undulata(H)</i>	6	0,02	11	0,02				
<i>Koelpinia linearis(T)</i>	8	0,02	6	0,01				
<i>Echinops spinosus(H)</i>			4	0,01				
<i>Onopordon macracanthum(H)</i>					1	0,00		
<i>Reichardia tingitana(T)</i>					3	0,01		
<i>Asteriscus pygmaeus(T)</i>			8	0,01	3	0,01		
<i>Pallenis spinosa(H)</i>			5	0,01	2	0,00		
<i>Launaea nudicaulis(H)</i>	11	0,03	25	0,03	2	0,00		
<i>Hypochaeris radicata(T)</i>	12	0,03	28	0,03				
<i>Scolymus hispanicus(H)</i>			3	0,01	2	0,00		
<i>Chrysanthemum coronarium(T)</i>	11	0,03	54	0,05	43	0,05		
<i>Filago spathulata(T)</i>	112	0,12	128	0,09	48	0,06	78	0,12
<i>Rhaponticum acaule(T)</i>			16	0,02	3	0,01		
<i>Catananche caerulea(H)</i>					2	0,00		
<i>Carduncellus pinnatus(H)</i>			8	0,01	1	0,00		
<i>Atractylis carduus(Ch)</i>					3	0,01		
<i>Atractylis cancellata(Ch)</i>			4	0,01				
<i>Atractylis humilis (G)</i>			3	0,01				
<i>Atractylis serratuloides(Ch)</i>					5	0,01	97	0,13
<i>Silybum marianum (T)</i>			19	0,02				
<i>Carthamus lanatus (T)</i>			8	0,01				
<i>Calendula arvensis (T)</i>	23	0,05	21	0,03	6	0,01		
<i>Lappula spinocarpos (H)</i>	7	0,02			2	0,00		

<i>Echium humile (H)</i>	5	0,01			4	0,01		
<i>Elizaldia calycina (T)</i>			43	0,04	29	0,04		
<i>Arnebia decumbens (T)</i>	11	0,03	11	0,02	7	0,01		
<i>Eruca vesicaria (T)</i>					189	0,13		
<i>Sinapis alba (T)</i>	11	0,03	189	0,11	16	0,03		
<i>Sinapis arvensis (T)</i>	9	0,02	157	0,10	13	0,02		
<i>Matthiola longipetala (Ch)</i>			8	0,01				
<i>Diplotaxis harra (T)</i>					4	0,01		
<i>Cardaria draba (T)</i>	5	0,01						
<i>Lepidium ruderae (T)</i>					6	0,01		
<i>Lomelosia stellata (H)</i>			5	0,01				
<i>Parenychea argentea (H)</i>			15	0,02	6	0,01		
<i>Herniaria hirsuta (H)</i>			11	0,02	9	0,02		
<i>Spergularia fimbriata (T)</i>			17	0,02				
<i>Telephium sphaerospermum (T)</i>			9	0,01				
<i>Noaea mucronata (Ch)</i>			2	0,00	2	0,00	21	0,06
<i>Atriplex nummularia (Ph)</i>			27	0,03				
<i>Helianthemum virgatum (Ch)</i>			9	0,01	3	0,01		
<i>Helianthemum hirtum (Ch)</i>					3	0,01		
<i>Helianthemum lipii (Ch)</i>	54	0,08	167	0,10	103	0,09		
<i>Helianthemum ledifolium (Ch)</i>			15	0,02	2	0,00		
<i>Convolvulus althaeoides (G)</i>							8	0,03
<i>Euphorbia medicaginea (T)</i>	4	0,01						
<i>Vicia sativa (T)</i>	13	0,03			15	0,02		
<i>Astragalus mareoticus(Ch)</i>	7	0,02						
<i>Argyrolobium uniflorum (Ch)</i>			6	0,01				
<i>Erodium cicutarium (T)</i>	32	0,06			32	0,04		
<i>Iris filifolia (T)</i>			4	0,01				
<i>Thymus algeriensis (Ch)</i>					2	0,00		
<i>Salvia verbenaca (H)</i>	3	0,01	9	0,01				
<i>Teucrium polium (Ch)</i>	1	0,00						
<i>Marrubium vulgare (H)</i>							3	0,01
<i>Tulipa sylvestris (G)</i>	1	0,00			3	0,01		
<i>Malva aegyptiaca (T)</i>					11	0,02		
<i>Plantago ovata (T)</i>			9	0,01				
<i>Plantago albicans (T)</i>	75	0,10	87	0,07	89	0,09	265	0,15
<i>Stipa tenacissima (G)</i>	11	0,03	38	0,04	28	0,04		
<i>Hordeum murinum (T)</i>	7	0,02			11	0,02		
<i>Stipa parviflora (H)</i>		0,00	32	0,03	142	0,11		
<i>Schismus barbatus (T)</i>	12	0,03	19	0,02	47	0,06	27	0,07
<i>festuca arundinacea(H)</i>			6	0,01				
<i>Bromus rubens(T)</i>	4	0,01	12	0,02				
<i>Dactylis glomerata (H)</i>	2	0,01						
<i>Centropodia forsskalii (T)</i>			5	0,01				

<i>Rumex vesicarius (T)</i>							5	0,02
<i>Adonis dentata (T)</i>					5	0,01		
<i>Thesium humile (T)</i>	7	0,02	8	0,01				
<i>Thymeliaea microphylla(T)</i>			3	0,01				
<i>Peganum harmala(Ch)</i>					7	0,01	18	0,05
<i>Fagonia cretica (Ch)</i>							2	0,01
	747	1,05	1567	1,33	1146	1,20	533	0,68