

## IMPACT DE LA MISE EN DÉFENS SUR LA LUTTE CONTRE LA DÉSSERTIFICATION DANS LES PARCOURS STEPPIQUES: CAS DE LA RÉGION DE NAÂMA (SUD-OUEST ALGÉRIEN).

Foudil KHALID<sup>1\*</sup>, Khéloufi BENABDELI<sup>2</sup> & Boutkhil MORSLI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Abou Bekr Belkaid, 13000 Tlemcen, Algérie.

<sup>2</sup> Faculté des sciences de la nature et de la vie, Laboratoire géo-environnement, Université Mustapha Stambouli, 29000 Mascara, Algérie.

<sup>3</sup> Institut National de Recherches Forestières (INRF), Mansourah, 13000 Tlemcen, Algérie.

\*Auteur correspondant. E-mail: [khalid\\_f77@hotmail.fr](mailto:khalid_f77@hotmail.fr).

**SUMMARY.**— *Impact of protection on the fight against desertification in the steppe rangelands: the case of Naâma region (south-west of Algeria).*— The fight against desertification in the region of Naâma begins with restoring severely degraded steppe rangelands. In this context several hundred thousand hectares of pastoral land were exempted from agropastoral activities and protected from grazing for 25 years. The present study aims assess the impact of this technique on combating against desertification in the steppe environment. The methodological approach is based on comparative analysis of the vital ecosystem attributes (VEA), it assesses degradation status or restoration of the structure and the function of steppe grazing enclosure areas and other neighbouring areas located outside the protected area. The results highlighted significant differences between unprotected plots and enclosures whatever the duration: an increase in species richness, species diversity, recovery rate of vegetation, plant biomass and organic matter in the soil was noted in the protected plots. This enhancement ensures both greater stability against various disturbances and proper functioning of the steppic ecosystem. However, this protection causes the extension of the hardpan layer on the ground. It also results a decrease of the floristic richness and diversity in formally protected rangelands compared to those with an average length of protection (5-7 years).

**RÉSUMÉ.**— La lutte contre la désertification dans la région de Naâma passe d'abord par une restauration des parcours steppiques sérieusement dégradés. Dans ce cadre plusieurs centaines de milliers d'hectares de terres pastorales ont été soustraites à l'exploitation agropastorale et mises en défens depuis 25 ans. Cette étude se propose d'évaluer l'impact de cette technique sur la lutte contre la désertification dans ce milieu steppique. L'approche méthodologique retenue est celle de l'analyse comparative des attributs vitaux de l'écosystème (AVE), elle permet d'évaluer l'état de dégradation ou de restauration au niveau de la structure et du fonctionnement des parcours steppiques mis en défens et d'autres limitrophes situés hors de la zone protégée. Les résultats obtenus ont mis en exergue des différences significatives entre les parcelles mises en défens quelle que soit la durée de protection et les parcelles non protégées. Une augmentation de la richesse floristique, de la diversité spécifique, du taux de recouvrement de la végétation, de la phytomasse et de la matière organique dans le sol sont à noter dans les parcelles protégées. Cette amélioration garantit à la fois une plus grande stabilité face aux diverses perturbations et assure un bon fonctionnement de l'écosystème steppique. Toutefois, cette protection provoque l'extension de la pellicule de battance sur le sol. Il en résulte aussi une diminution de la richesse et de la diversité floristique au niveau des parcours anciennement protégés par rapport à ceux ayant une durée de protection moyenne (5 à 7 ans).

---

Les steppes du Nord de l'Afrique occupent environ 630 000 km<sup>2</sup> de l'Atlantique à la mer Rouge, entre les courbes isohyètes annuelles 100 et 400 mm. On pourrait ajouter environ 1 million de km<sup>2</sup> de steppes désertiques du Sahara septentrional, entre les isohyètes annuelles de 50 et 100 millimètres (Le Houérou, 1995). Elles ont été soumises à une exploitation humaine plurimillénaire, sous forme de pratiques diverses variant en intensité en fonction du niveau d'aridité climatique, de la densité de population et de l'histoire locale des usages (Aidoud *et al.*, 2006).

Tous les auteurs s'étant intéressés aux Hautes Plaines steppiques algériennes à vocation essentiellement pastorales soulignent la forte dégradation se traduisant par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socio-économiques (Aidoud *et al.*, 2006 ; Nedjraoui & Bedrani, 2008 ; Moulay & Benabdeli, 2012). Les études diachroniques réalisées dans le sud Oranais ont montré que des faciès ont complètement disparu et sont remplacés par d'autres faciès indicateurs de stades de dégradation et d'ensablement (Bouazza & Benabadj, 2002 ; Bensaid, 2006 ; Haddouche, 2009 ; Benguerai, 2011 ; Hirche *et al.*, 2010). À l'origine de cette dégradation, des causes diverses sont avancées, dont les principales sont certainement les contraintes d'un milieu (aridité climatique et édaphique) et l'exploitation anthropique abusive des parcours steppiques. Benabdeli *et al.* (2008) confirment que l'impact de la population et de son activité principale qu'est l'élevage et la pratique d'une céréaliculture pluviale sont à l'origine de cette dégradation.

En effet, depuis plusieurs décennies et suite à la tendance rapide à la sédentarisation de la population, au morcellement des grands collectifs et à la disparition de la transhumance, les parcours steppiques de la région de Naâma sont soumis à une exploitation permanente et anarchique ayant engendré leur dégradation qualitative et quantitative. Bensaid (2006) révèle que ces parcours n'assurent même pas les 10 % du besoin énergétique du cheptel.

Face à cette situation critique, les services de l'état algérien en charge de cet espace ont opté, parmi plusieurs actions de mise en valeur, pour la mise en défens de centaines de milliers d'hectares de parcours steppiques. Selon Le Houérou (1995), la mise en défens est une technique naturelle qui permet de protéger un territoire ou une parcelle contre l'homme et/ou les animaux domestiques. C'est une technique connue qui fut pratiquée pendant des siècles par nos ancêtres à l'image de « l'Agdal » en Afrique du Nord ou du système « Hema » au Proche-Orient et en Arabie. Cette technique a été aussi largement appliquée à travers le monde et principalement dans les zones arides de l'Australie et des États-Unis et en Afrique tropicale sèche (Grouzis, 1988).

Toutefois, l'impact de la mise en défens sur la végétation et sur l'état de la surface du sol dans les zones arides demeure discutable. Certains auteurs (Floret 1981 ; Le Houérou, 1995 ; Bourbouze, 1997 ; Ferchichi & Abdelkebir, 2003 ; Ould Sidi Mohamed *et al.*, 2002) révèlent que la mise en défens d'une steppe dégradée permet, après un laps de temps plus ou moins long (de 3 à 6 ans et jusqu'à 10 ans de protection), la reconstitution des caractéristiques majeures (couvert, composition, production) de la végétation préexistante. Amghar *et al.* (2012) précisent que la mise en défens permet un retour à des formations à richesse élevée, mais à valeur pastorale plus faible par rapport à d'autres techniques de restauration comme les plantations. D'autres auteurs avancent l'argument que la protection prolongée (plus de 10 ans) peut engendrer le vieillissement et la lignification de la végétation, la baisse de productivité, l'augmentation de l'hétérogénéité et du recouvrement et l'extériorisation des phénomènes de compétition interspécifique (Grouzis, 1988 ; Noumi, 2010). Elle peut engendrer également un blocage de la remontée biologique (Cortina *et al.*, 2012). En outre le développement de la pellicule de battance suite à l'absence du piétinement sur la surface du sol constitue un facteur extrêmement défavorable à la réinstallation du couvert végétal en raison de ses conséquences sur le bilan hydrique, la germination et l'émergence des plantules (Floret & Pontanier, 1982 ; Le Houérou, 1995).

Dans ce travail, nous avons tenté d'évaluer l'impact de la mise en défens sur la lutte contre la désertification dans les parcours steppique de la région de Naâma via l'utilisation d'indicateurs écologiques. Par définition, un indicateur est un paramètre ou une valeur calculée à partir d'un ensemble de paramètres qui fournit des informations sur un phénomène ou surtout son état (OCDE, 1994). Les indicateurs écologiques qui ont retenu notre attention sous la dénomination « Attributs Vitaux de l'Écosystème (AVE) » (*sensu* Odum, 1969) ont été proposés par Noble & Slatyer pour la première fois. Ils ont été repris et modifiés par Aronson *et al.* (1993, 1995) et Aronson & Le Floc'h (1996). Ces indicateurs se subdivisent en deux groupes : ceux relatifs à la structure et ceux relatifs au fonctionnement des écosystèmes (Aronson *et al.*, 1993). À cet effet

nous avons, dans la liste proposée par ces auteurs, retenu quelques indicateurs pertinents et facilement mesurables. Il s'agit en l'occurrence des indicateurs structuraux : la richesse floristique, la diversité alpha des végétaux, le recouvrement total de la végétation et la phytomasse. Nous avons également retenu le spectre biologique (types biologiques) de la végétation, la quantité de la matière organique et l'état de surface du sol comme indicateurs du niveau de fonctionnement d'un écosystème.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### CARACTÉRISATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

La zone d'étude (Fig. 1), est localisée dans la partie sud-ouest des Hautes Plaines Oranaises. Elle appartient à la wilaya (département) de Naâma qui est une région à vocation pastorale s'étendant sur une superficie de 2.951.414 hectares dont 2.182.440 hectares de parcours, soit 74 % de la surface totale de la wilaya. Celle-ci est constituée du point de vue géomorphologique d'une immense plaine déprimée, coincée entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud (Bensaïd, 2006). Du point de vue édaphique, les sols sont, dans leur quasi-totalité, calcaires à complexe absorbant saturé. Du point de vue bioclimatique, l'analyse des données climatiques de la station de référence (Mecheria : 33° 29' 59" N ; 00° 16' 59" W) pour la période (1985-2007) montre que les précipitations sont en moyenne de 218 mm an<sup>-1</sup>, réparties d'une manière irrégulière au cours du temps avec un coefficient de variation interannuel de 27 %. Ces données montrent aussi que notre zone d'étude relève de l'étage bioclimatique aride à variante fraîche avec un régime pluviométrique du type APHE (Automne, Printemps, Hiver et Été) et une forte amplitude thermique estimée à plus de 31°C.

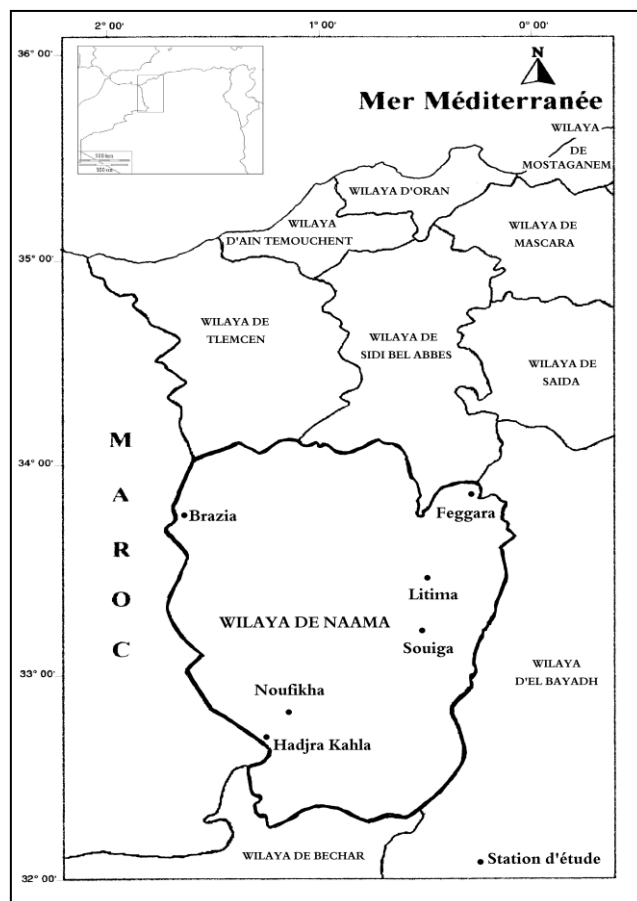


Figure 1.— Carte de situation de la zone d'étude.

Six stations d'étude, réparties sur cinq communes ont été retenues (Tab. I). Cette sélection est justifiée par plusieurs paramètres, à savoir : la durée de protection (de 5 à 25 ans), le type de végétation (steppe à graminées, à chaméphytes et à halophytes) et l'accessibilité du terrain (topographie du terrain, état des voies d'accès).

TABLEAU I

Caractéristiques des stations d'étude. HCDS: Haut Commissariat au Développement de la Steppe, CFWN: Conservation des Forêts de la Wilaya de Naâma. MD : Mise en défens

Année de MD	Type de protection	Type de végétation	Coordonnées	Station
1987	Zone frontalière clôturée par arrêté du Wali n°311 du 05 /10/1987	Steppe à graminées à base d'Alfa ( <i>Stipa tenacissima</i> ) et de Sparte ( <i>Lygeum spartum</i> )	33° 46' 10" N 01° 35' 44" W	Brazia
1987		Steppe à chaméphytes à base d'Armoise blanche ( <i>Artemisia herba alba</i> )	32° 40' 23" N 01° 13' 05" W	Hadjra Kahla
2000	Gardiennage par le HCDS puis par la CFWN à partir de 2008	Steppe à graminées à base d'Alfa ( <i>Stipa tenacissima</i> )	32° 44' 06" N 00° 59' 55" W	Noufikha
2005	Gardiennage par la CFWN	Steppe à graminées à base de Sparte ( <i>Lygeum spartum</i> )	33° 29' 13" N 00° 22' 35" W	Litima
2007	Gardiennage par la CFWN	Steppe à halophytes à base d'Atriplex ( <i>Atriplex canescens</i> )	33° 09' 24" N 00° 21' 28" W	Souiga
2007	Gardiennage par la CFWN	Steppe à graminées à base de Sparte ( <i>Lygeum spartum</i> )	33° 58' 32" N 00° 08' 42" W	Feggara

#### MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'OBSERVATION

L'approche méthodologique retenue est celle de l'analyse comparative des attributs vitaux entre les parcelles mises en défens et les parcelles hors mises en défens situées à proximité ayant à peu près les mêmes conditions édapho-climatiques. Quatorze relevés floristiques ont été réalisés pour chaque station (7 relevés dans la mise en défens et 7 relevés hors mise en défens), soit un total de 84 relevés effectués au cours des mois de mars, avril et mai 2011, période printanière de végétation optimale (Manière *et al.*, 1993 ; Ould Sidi Mohamed *et al.*, 2002). Le choix de l'emplacement des relevés dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur de la mise en défens est fait par la suite de manière subjective en veillant au respect du critère d'homogénéité structurale, floristique et écologique à l'échelle de la station (Gehu & Rivas-Martinez, 1981).

#### Évaluation des attributs vitaux de structure

Dans chaque station, et grâce à un « protocole expérimental multiple », quatre attributs vitaux de structure ont été mesurés. Il s'agit du recouvrement de la végétation, de la richesse floristique, de la diversité alpha traduite par les indices de diversité et d'équitabilité de Shannon-Weaver et de la phytomasse.

Le recouvrement de la végétation (RV) a été évalué par la méthode d'analyse linéaire dite de « points quadrats » (Daget & Poissonnet, 1971). Au niveau de chaque relevé, une ligne (ruban) de 10 m de longueur a été installée d'une manière aléatoire et une fine aiguille était descendue tous les 10 cm le long du ruban, ce qui permet d'obtenir 100 points de lecture au niveau de chaque relevé et 700 points de lecture pour chaque type de parcours. À chaque point de lecture, on note le type de contact (espèce végétale, litière, pellicule de battance, cailloux, etc.). Les données de chaque ligne sont rapportées sur un bordereau d'enregistrement, ce qui nous permet de déterminer les recouvrements moyens qui sont déterminés à partir des données collectées sur les 7 lignes qui sont à leur tour calculées à partir de la présence ou de l'absence de l'espèce sur les 100 points d'une ligne de 10 m. Le recouvrement est donc calculé de la manière suivante:

$RV(\%) = n/N * 100$ , avec n= nombre de points ou la végétation est présente, N= le nombre total de points échantillonnés (N= 100).

La richesse spécifique est le nombre total (S) d'espèces présentes dans un biotope (Ramade, 2008). Les données acquises lors des observations et mesures évoquées précédemment nous permettent d'établir une première liste d'espèces présentes. Cependant celle-ci reste incomplète et ne permet pas d'établir la richesse spécifique globale. Des surfaces d'extension (ou aire minimale) de 100 m<sup>2</sup> (préconisée par Djebaili, 1978 ; Benabdeli *et al.*, 2002 ; Bouazza & Benabadi, 2002 pour la steppe algérienne) ont donc été installées, le long de la ligne de lecture. Sur les aires ainsi délimitées nous avons établi la liste exhaustive des espèces végétales présente pour chaque relevée. La richesse floristique totale pour chaque type de parcours serait donc le nombre d'espèces recensées dans les 7 relevés effectués.

Parallèlement, nous voulions identifier les ressemblances floristiques entre les listes d'espèces des parcelles mises en défens et les parcelles hors mises en défens. Pour ce faire, nous avons utilisé un indice de similitude: l'indice de Jaccard (H) (Magurran, 1988) :

$$H = j / (a + b - j)$$

avec j = nombre d'espèces communes aux deux types de végétation (mise en défens et hors mise en défens), a = nombre d'espèces total dans le premier type de végétation, b = nombre d'espèces total dans le deuxième type de végétation.

La diversité alpha ( $\alpha$ ) des stations est calculée à partir de l'indice de Shannon-Weaver en utilisant les fréquences des espèces relevées le long des lignes de points quadrats (Legendre & Legendre, 1998).

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est défini par :

$$H' = - \sum_{i=1}^S [f_{si} * \log_2 f_{si}]$$

avec i allant de 1 à S (nombre total d'espèces sur la ligne de lecture) ; f<sub>si</sub> est la fréquence de l'espèce i, exprimée par le nombre N<sub>i</sub> de fois où cette espèce est recensée le long de la ligne rapporté au nombre total N de points qui y sont échantillonnés (ensemble des points de contacts de la végétation rapporté au nombre total de points).

L'indice d'équitabilité exprime, dans un échantillon donné, le rapport de la diversité atteinte (H') à la diversité maximale (H<sub>max</sub>) pouvant être obtenue avec le même nombre de taxons (Frontier & Pichod-Viale, 1991). Cet indice est égal à 1 lorsque les espèces sont représentées par le même nombre d'individus et tend vers 0 lorsqu'il y a un déséquilibre important.

$$E = H' / H_{max} , \text{ avec } H_{max} = \log_2 S.$$

La phytomasse aérienne correspond au poids du matériel végétal, vivant ou non, présent au-dessus de la surface du sol, par unité de surface et à un instant donné (Floret & Pontanier, 1982). La détermination de la phytomasse est faite par la méthode semi-destructive. Elle consiste à couper au ras du sol la matière végétale épigée sur des placettes choisies au hasard de 4 m<sup>2</sup> avec 5 répétitions. La détermination de la matière sèche (MS) se fait à l'étuve à 60°C jusqu'à un poids constant (Aidoud, 1989). Après le séjour à l'étuve, les échantillons sont pesés et on obtient un poids sec.

### *Evaluation des attributs vitaux de fonctionnement*

Dans chaque station, trois attributs vitaux de fonctionnement ont été mesurés : le spectre biologique, la teneur en matière organique du sol et l'état de la surface du sol.

Le spectre biologique qualifie les différentes formes et architectures végétales en fonction de leur stratégie d'adaptation au milieu où elles vivent (Raunkiaer, 1937 ; Daget & Godron, 1995). Nous avons tenté de dégager l'importance relative de chaque type biologique dans chaque station. Les espèces recensées à l'intérieur et à l'extérieur de la mise en défens ont été renseignées par leur type biologique. Nous avons ainsi retenu les 5 types biologiques classiques de Raunkiaer (1934) à savoir : Phanérophytes (Ph), Chaméphytes (Ch), Hémicryptophytes (Hé), Géophytes (Gé) et Thérophytes (Th).

La matière organique a été mesurée sur cinq échantillons de sol d'une profondeur maximale de 20 cm. Les teneurs en carbone organique ont été déterminées par la méthode Anne (Bonneau & Souchier, 1994). Le taux de matière organique a été estimé en multipliant les teneurs en carbone par 1,72 (Mathieu & Pieltain, 2003).

L'état de surface du sol correspond à la composition et à l'organisation de la surface du sol à un instant donné (Escadafal, 1989). Il a été déterminé en même temps avec le recouvrement de la végétation selon la méthode des points quadrats. Les contacts de la pointe de l'aiguille avec les différents éléments du sol (litière, cailloux, pellicule de battance, sable et sol nu) ont été notés. Le recouvrement de chaque élément (Re) sur la ligne est calculé comme suit: Re (%) = n/N\*100, avec n = nombre de points où cet élément est présent, N = le nombre total de points échantillonnés (N = 100).

### ANALYSE STATISTIQUE

Dans chaque parcelle, la moyenne et l'erreur-type (ES) de chaque attribut vital ont été calculées. Un test non-paramétrique de Mann-Whitney a été utilisé au moyen du logiciel SPSS 16 afin de déterminer si les moyennes de chaque attribut vital étaient significativement différentes entre les parcelles mises en défens et celles qui ne le sont pas pour les six stations. Le choix de ce test se justifie par le fait que dans certains cas nos données ne suivent pas la distribution normale, et par le fait que ce test reste performant sur de petits échantillons.

## RÉSULTATS

### LE RECOUVREMENT GLOBAL DE LA VÉGÉTATION

Les analyses effectuées pour l'ensemble des stations ont révélé, sauf pour la station de Limita (test U de Mann-Whitney : U = 0,000 ; p = 0,064), un effet hautement significatif de la protection sur le taux de recouvrement de la végétation (Tab. II). Ces résultats montrent aussi que les fortes valeurs de recouvrement ont été observées à l'intérieur des parcelles mises en défens.

TABLEAU II

Résultats des tests de U Mann-Whitney entre les parcours mis en défens (MD) et hors mise en défens (HMD) pour chacune des stations d'étude sur le taux de recouvrements, la richesse floristique, les indices de diversité et la phytomasse. N : Nombre d'observations. M±ES : Moyenne ± erreur type. Le niveau de significativité a été établi à  $p > 0,05$  (2-tailed tests)

Feggara		Souiga		Litima		Noufikha		Hadjra kahla		Brazia			
HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD		
7 11,28±1,96 p= 0,002	7 39,85±4,49 U= 0,000	7 28,00±5,64 p= 0,064	7 45,85±4,65 U= 0,000	7 20,71±2,51 p= 0,002	7 57,14±6,42 U= 10,000	7 18,14±2,95 p= 0,006	7 35,43±2,8 U= 0,000	7 9,71±1,26 p= 0,002	7 30,57±2,35 U= 0,000	7 13,12±2,9 p= 0,002	7 73,85±5,6 U= 0,000	N M±ES Test U	Recouvrement de la végétation (%)
7 4,14±0,5 p= 0,002	7 19,00±1,04 U= 0,000	7 3,57±0,36 p= 0,002	7 21,42±1,32 U= 0,000	7 4,14±0,67 p= 0,001	7 20,85±1,18 U= 0,000	7 12,28±0,91 p= 0,001	7 29,28±1,7 U= 0,000	7 3,14±0,26 p= 0,002	7 17,57±0,92 U= 0,000	7 2,28±0,18 p= 0,001	7 15,00±0,9 U= 0,000	N M±ES Test U	Richesse floristique
7 0,67±0,04 p= 0,002	7 1,42±0,09 U= 0,000	7 0,65±0,08 p= 0,003	7 1,04±0,04 U= 1,000	7 0,85±0,06 p= 0,002	7 1,75±0,03 U= 0,000	7 1,74±0,04 p= 0,040	7 1,85±0,02 U= 8,500	7 0,68±0,07 p= 0,005	7 1,12±0,07 U= 2,500	7 0,63±0,05 p= 0,018	7 0,88±0,06 U= 6,000	N M±ES Test U	Indice de Shannon (H')
7 0,91±0,023 p= 0,002	7 0,71±0,021 U= 0,500	7 0,76±0,021 p= 0,096	7 0,71±0,017 U= 11,500	7 0,76±0,021 p= 0,096	7 0,71±0,017 U= 11,500	7 0,82±0,028 p= 0,140	7 0,76±0,05 U= 13,000	7 0,89±0,04 p= 0,010	7 0,70±0,014 U= 4,500	7 0,91±0,01 p= 0,002	7 0,62±0,05 U= 0,000	N M±ES Test U	Equitabilité (E)
5 100,99 ±13,09 p= 0,009	5 853,10 ±85,91 U= 0,000	5 168,22 ±36,71 p= 0,009	5 1161,35 ±121,47 U= 0,000	5 95,37 ±8,88 p= 0,009	5 1141,97 ±70,04 U= 0,000	5 264,95 ±92,70 p= 0,009	5 1191,18 ±65,93 U= 0,000	5 109,96 ±11,46 p= 0,009	5 1078,59 ±45,15 U= 0,000	5 127,81 ±22,85 p= 0,009	5 1267,01 ±62,53 U= 0,000	N M±ES Test U	Phytomasse (Kg MS/ha)

La valeur la plus élevée (73,85 %) a été enregistrée au niveau de la station de Brazia, ce qui peut être imputé d'une part à la nature du substrat édaphique très favorable au développement de la végétation (matière organique la plus élevée) et d'autre part à la durée de protection (25 ans au moment de l'observation). Par ailleurs, parmi les stations hors mise en défens, la station de Souiga a enregistré le taux de recouvrement le plus important (28 %). Cela est dû à l'abondance de *Cleome arabica*, espèce non appréciée par le pâturage.

#### LA RICHESSE FLORISTIQUE

L'analyse des valeurs de la richesse floristique moyenne par relevé (S') montre des différences hautement significatives entre les parcelles protégées et les parcelles non protégées ( $p < 0,01$  pour toutes les stations) avec des valeurs plus élevées dans les mises en défens (Tab. II). Par ailleurs, la lecture du tableau III permet de mettre en évidence que, quelle que soit la station étudiée, la richesse floristique totale (S) à l'intérieur des mises en défens est également plus élevée qu'à l'extérieur de celles-ci. Néanmoins, cette richesse ne semble pas corrélée avec la durée de protection, car les valeurs les plus faibles ont été enregistrées dans les stations anciennement protégées avec 22 espèces pour la station de Brazia et 25 espèces pour la station de Hadjra Kahla. Pour les parcours hors mise en défens, la station de Noufikha reste la plus riche avec 21 espèces, du fait qu'elle est, selon nos enquêtes auprès des services de protection concernés, peu fréquentée par le cheptel par rapport aux autres stations hors mise en défens.

TABLEAU III

Similitude entre les parcours MD et HMD au niveau des six stations d'étude. P : nombre d'espèces pérennes; A : nombre d'espèces annuelles; S : nombre total des espèces ; J : nombre d'espèces communes aux deux types de parcours; H : indice de similarité de Jaccard

Feggara		Souiga		Litima		Noufikha		Hadjra kahla		Brazia		
HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	
09	15	04	17	05	17	14	28	05	19	04	13	P
03	13	04	15	02	14	07	21	02	06	01	09	A
12	28	08	32	07	31	21	49	07	25	05	22	S
06		03		03		18		04		02		J
0,17		0,08		0,09		0,34		0,15		0,08		H

#### LE COEFFICIENT DE SIMILITUDE

Le Tableau III, montre aussi que l'indice de similitude de Jaccard (H) pour les six stations étudiées est très faible ( $< 50\%$ ). Les parcours protégés ont permis le maintien et le développement de nombreuses espèces ayant complètement disparu à l'extérieur des mises en défens telles que *Artemisia herba alba*, *Cynodon dactylon*, *Calendula aegyptiaca*, *Helianthemum lipii*, *Schismus barbatus*, *Bromus rubens*, *Echium horridum*. En revanche certaines espèces ne sont présentes que dans les parcours hors mise en défens et sont considérées par plusieurs auteurs (Le Houérou, 1995 ; Bouazza & Benabadi, 2002 ; Nedjraoui & Bedrani, 2008) comme espèces indicatrices de dégradation avancée des parcours steppiques telles que *Peganum harmala*, *Cleome arabica* et *Euphorbia guyoniana*.

#### LA DIVERSITÉ $\alpha$

Les résultats relatifs à la diversité spécifique montrent des différences significatives pour l'indice de Shannon (H') ( $p < 0,05$ ) et globalement significatives pour l'équitabilité entre l'intérieur et l'extérieur des mises en défens (Tab. II). Ce tableau donne aussi les valeurs de H' les plus élevées dans les parcelles mises en défens comparativement à celles situées hors mise en défens. La mise en défens de Noufikha dont la durée n'excède pas cinq ans et la plus riche en espèces (S= 49) possède la diversité floristique la plus élevée (H' = 1,85). En revanche, les fortes valeurs de l'indice d'équitabilité ont été observées dans les parcelles hors mise en défens à l'exception de la station de Souiga (E= 0,60) où on a enregistré une forte contribution spécifique de *Cleome arabica* par rapport aux autres espèces présentes.

TABLEAU IV

Résultats des tests de U Mann-Whitney entre les parcours mise en défens (MD) et hors mise en défens (HMD) pour chacune des stations d'étude sur les types biologiques, la matière organique et les éléments du sol. N : Nombre d'observations. M±ES : Moyenne ± erreur type. Le niveau de significativité a été établi à  $p > 0,05$  (2-tailed tests)

FEGGARA		SOUIGA		LITIMA		NOUFIKHA		HADJRA KAHLA		BRAZIA			
HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD	HMD	MD		
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	N	Types biologiques (%)
14,52±5,82	40,38±3,68	28,74±0,15	45,61±2,00	29,52±5,91	48,36±1,35	35,71±4,61	37,70±2,13	24,99±7,04	18,95±1,50	26,20±9,52	39,66±3,23	M±ES	Thérophytes
p= 0,006	U= 3,000	p= 0,140	U= 13,000	p= 0,015	U= 5,500	p= 0,949	U= 24,000	p= 0,177	U= 14,000	p= 0,897	U= 23,500	Test U	
-	3,65±0,96	-	3,36±0,89	-	3,45±0,93	6,51±2,41	9,87±1,23	-	-	-	2,98±1,46	M±ES	Géophytes
p= 0,009	U= 7,000	p= 0,009	U= 7,000	p= 0,009	U= 7,000	p= 0,521	U= 19,500	-	-	p= 0,062	U= 14,000	Test U	
61,20±9,44	15,89±1,08	22,46±5,95	17,89±2,05	22,17±7,05	28,39±1,14	36,83±2,53	30,06±1,49	30,73±14,82	21,47±3,00	42,85±13,53	18,19±1,00	M±ES	Hémicryptophytes
p= 0,002	U= 0,000	p= 0,004	U= 9,000	p= 0,406	U= 18,000	p= 0,029	U= 7,500	p= 0,847	U= 23,000	p= 0,178	U= 14,000	Test U	
24,28±5,79	40,08±3,33	38,60±5,53	29,40±1,72	48,57±3,90	19,80±0,98	20,95±1,84	17,81±1,15	44,28±5,23	59,58±4,72	30,95±8,47	39,17±2,16	M±ES	Chaméphytes
p= 0,034	U= 8,000	p= 0,002	U= 0,000	p= 0,174	U= 14,000	p= 0,224	U= 15,000	p= 0,034	U= 8,000	p= 0,949	U= 24,000	Test U	
-	-	10,20±5,31	2,74±0,99	-	-	-	4,56±0,91	-	-	-	-	M±ES	Phanérophytes
-	-	P= 0,733	U= 22,000	-	-	P= 0,003	U= 3,500	-	-	-	-	Test U	
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	N	Matière organique (%)
0,59±0,04	2,10±0,03	0,64±0,04	1,53±0,02	0,63±0,01	2,14±0,04	0,62±0,04	1,79±0,05	0,92±0,03	1,53±0,02	1,02±0,02	2,20±0,04	M±ES	
p= 0,009	U= 0,000	p= 0,009	U= 0,000	p= 0,009	U= 0,000	p= 0,009	U= 0,000	p= 0,009	U= 0,000	p= 0,009	U= 0,000	Test U	
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	N	Etat de la surface du sol (%)
9,72±2,05	48,45±7,09	19,71±11,46	10,32±0,91	12,42±2,03	23,74±2,06	56,58±3,76	45,57±1,98	6,14±0,73	55,71±2,31	9,01±3,98	9,72±2,22	M±ES	Sol nu
p= 0,002	U= 2,000	p= 0,608	U= 20,500	p= 0,004	U= 2,000	p= 0,006	U= 3,000	p= 0,002	U= 0,000	p= 0,604	U= 20,500	Test U	
8,00±1,29	2,00±0,61	52,29±3,99	33,42±1,14	60,59±6,31	3,85±4,48	18,14±9,33	3,00±0,69	82,71±2,10	1,00±0,43	77,28±4,46	3,66±1,33	M±ES	Sable
p= 0,003	U= 1,500	p= 0,003	U= 1,000	p= 0,002	U= 0,000	p= 0,012	U= 5,000	p= 0,002	U= 0,000	p= 0,002	U= 0,000	Test U	
0,14±0,14	2,14±0,4	-	4,28±0,71	0,71±0,28	7,71±1,26	2,00±0,61	5,14±1,01	1,14±0,82	3,85±1,42	0,33±0,78	4,42±0,94	M±ES	Litière
p= 0,002	U= 1,000	p= 0,001	U= 0,000	p= 0,002	U= 0,000	p= 0,020	U= 6,500	p= 0,030	U= 8,000	p= 0,003	U= 2,000	Test U	
-	6,14±1,65	-	2,28±1,26	-	4,28±0,80	3,00±1,00	6,28±1,30	-	5,57±3,73	-	3,64±0,91	M±ES	Pellicule de battance
p= 0,001	U= 0,000	p= 0,009	U= 7,000	p= 0,003	U= 3,500	p= 0,071	U= 10,500	p= 0,001	U= 0,000	p= 0,009	U= 7,000	Test U	
0,57±0,29	1,42±0,48	-	3,85±0,96	5,57±0,99	3,28±1,50	2,14±0,88	4,58±1,06	0,30±0,26	3,30±0,81	0,26±0,29	4,71±0,71	M±ES	Cailloux
p= 0,177	U= 14,500	p= 0,001	U= 0,000	p= 0,082	U= 11,000	p= 0,137	U= 13,000	p= 0,014	U= 6,000	p= 0,002	U= 0,500	Test U	



#### LA PHYTOMASSE

Les analyses statistiques des résultats montrent que la phytomasse épigée était significativement plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur des mises en défens quelle que soit la station (Tab. II). Ces résultats sont attendus car une partie de la phytomasse consommée par les animaux domestiques n'est pas prise en compte dans les mesures. Dans les parcelles mises en défens les valeurs les plus élevées de la phytomasse ont été enregistrées dans la station de Brazia avec une moyenne de 1267,01 kg MS/ha. Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées dans la station Feggara (5 ans) avec une moyenne de 853,10 kg MS/ha.

#### LE SPECTRE BIOLOGIQUE

Les résultats des tests de comparaisons relatifs au spectre biologique des différentes stations ne montrent généralement pas de différences significatives à l'exception de la station de Feggara où la différence est significative pour tous les types biologiques entre l'intérieur et l'extérieur des mises en défens (Tab. IV). Notons aussi une prédominance des thérophytes dans les parcelles protégées sauf pour la station de Hadjra Kahla où la dominance est marquée par les chaméphytes. Par contre, dans les parcelles hors mise en défens ce sont les hémicryptophytes et les chaméphytes qui dominent sur les autres types biologiques. Les phanérophytes ne sont présentes que dans deux stations, la mise en défens de Noufikha et la station de Souiga (mise en défens et hors mise en défens). Cette présence est due à la contribution spécifique du Retam (*Retama raetam*). Les géophytes occupent la dernière position et sont totalement absentes dans les parcelles hors mises en défens à l'exception de la station de Naoufikha.

#### LA MATIÈRE ORGANIQUE

Le test de comparaison a également révélé un effet hautement significatif de la protection sur le taux de la matière organique qui se traduit par une augmentation particulièrement importante pour les parcelles mises en défens par rapport aux parcelles hors mises en défens (Tabl. IV). La station mise en défens de Brazia qui a enregistré les meilleures valeurs pour le recouvrement de la végétation et la phytomasse a enregistré également le taux le plus élevé de matière organique (2,20 %). Les faibles valeurs obtenues dans les stations hors mise en défens (1,04 % pour Brazia et moins de 1 % pour toutes les autres stations) sont essentiellement liées à l'état de dégradation atteint dans ces parcours.

#### L'ÉTAT DE SURFACE DU SOL

Les résultats montrent globalement une différence significative pour l'ensemble des éléments caractéristiques de la surface du sol (recouvrement de la litière [RL], recouvrement de la pellicule de battance [RPB], recouvrement du sable [RS], recouvrement du sol nu [RSN] et recouvrement des cailloux [RC]) entre les parcours protégés et les parcours libres des six stations étudiées (Tab. IV). Cependant nous n'avons pas noté de différences significatives entre les mises en défens et hors mises en défens pour le [RSN] dans les deux stations de Brazia et Souiga ( $P > 0,05$ ). Les valeurs du [RS] sont toujours élevées dans les stations hors mises en défens par rapport à ceux mises en défens, ce qui témoigne d'une forte dégradation qui s'est manifestée par un fort ensablement. Le [RL] est plus élevé à l'intérieur des mises en défens, où la station de Litima a enregistré le taux de recouvrement le plus élevé avec 7,71 %. Les fortes valeurs de [RPB] enregistrées à l'intérieur des mises en défens sont essentiellement dues à l'absence du piétinement des animaux. En revanche, la pellicule de battance est totalement absente dans les parcours libres à l'exception de la station de Noufikha où elle représente 3 % du recouvrement total de la surface du sol.

## DISCUSSION

Cette étude nous a permis de confirmer les résultats d'autres travaux qui indiquent que la mise en défens a un effet bénéfique certain sur le tapis végétal, et cela quelle que soit la durée de protection (depuis 5 ans jusqu'à 25 ans de mise en défens), le secteur géographique ou encore la communauté végétale cible. En effet, dans les six stations étudiées le taux de recouvrement de la végétation le plus important a toujours été enregistré au niveau des parcelles protégées et le plus faible au niveau des parcours libres. Comme il a été montré par Floret & Pontanier (1982) et Jauffret (2001), un couvert élevé favorise la fixation des particules de sol et permet, par conséquent, l'amélioration du bilan hydrique et donc la réinstallation des espèces. Les faibles recouvrements de la végétation observés au niveau des parcours hors mises en défens s'expliquent par les prélèvements effectués par les animaux (broutage et défoliation). Le piétinement par les troupeaux constitue lui aussi une cause importante de la dégradation du couvert végétal (Daget & Godron, 1995 ; Le Floc'h, 2001). Maintenus sur des aires limitées, les troupeaux écrasent le couvert végétal tout en le piétinant, ce qui empêche toute régénération naturelle des plantes et provoque une disparition progressive de la végétation. En outre, le surpâturage intensif et l'exploitation anthropique abusive, conjugués en période de sécheresse, ont abouti à un couvert végétal qui est globalement inférieur au seuil critique (20-25 %), au-dessous duquel l'érosion éolienne se manifeste (Le Houérou, 1995).

Certains chercheurs comme Elton (1958) et Tilman (1996) estiment que les systèmes écologiques qui comptent plus d'espèces devraient être plus stables. La perte d'espèces dans une communauté déjà riche aurait un impact relativement faible sur la communauté, comparée à la perte d'espèces dans une communauté spécifiquement pauvre. Cette idée est liée à la notion de redondance des espèces (Collins, 1995) : différentes espèces peuvent partager des fonctions similaires de la communauté. De plus, la richesse en espèces pourrait également garantir une plus grande stabilité face aux variations habituelles ou catastrophiques du milieu (Pim, 1991 ; Walker, 1995).

La différence observée au niveau du nombre d'espèces dans les différentes stations montre l'effet bénéfique de la protection sur la richesse floristique. Cette amélioration a été aussi mise en évidence par plusieurs auteurs qui reconnaissent que le pâturage et la surcharge pastorale exercent un effet considérable sur la structure de la communauté et la composition floristique (Floret & Pontanier, 1982 ; Waechter, 1982 ; Le Houérou, 1995 ; Ouled Belgacem & Neffati, 1996 ; Le Floc'h, 2001 ; Amghar *et al.*, 2012 ; Gamoun *et al.*, 2012). D'après Visser (2001), le surpâturage empêche la floraison et la fructification des annuelles palatables. De tels phénomènes se répercutent sur la biodiversité ainsi que sur le processus fonctionnel de la phytocénose et donc sur la résilience des systèmes écologiques. Néanmoins, en comparant les stations mises en défens, les parcelles anciennement protégées sont les moins riches en espèces. Cela peut être dû à la compétition intense au cours de la succession écologique entre les différentes espèces ou à un manque de perturbation intermédiaire capable de briser la pellicule de battance afin de permettre la germination des plantules et l'augmentation de l'infiltration de l'eau qui favorise leur développement.

Le coefficient de Jaccard montre qu'il y a une tendance à la diminution du nombre d'espèces communes entre l'intérieur et l'extérieur des mises en défens. Cette tendance peut être expliquée par une dynamique progressive (richesse et diversité élevées) sous l'effet de la protection et régressive sous celle des facteurs anthropozoïques (pâturage, défrichement, récolte d'espèces, etc.). L'exploitation abusive des parcours conduit à la raréfaction des plantes appétentes, principalement les graminées qui sont appréciées en toutes circonstances (Dicko Touré, 1980 ; Floret, 1981). La réduction de ces graminées peut conduire à la diminution de l'infiltration de l'eau couplée à une régression des espèces ligneuses (Noy-Meir & Walker, 1986). Par leur système racinaire fasciculé, les graminées agissent sur la structure du sol par décompactage et

ameublissement. Elles créent également dans les horizons superficiels une continuité du système poral en profondeur favorisant le drainage en profondeur des eaux de pluies (Ouvry *et al.*, 2010).

L'étude des indices de diversité spécifique dans les différentes stations montre qu'à l'intérieur des mises en défens la végétation possède la diversité spécifique ( $H'$ ) la plus élevée. Cependant, les deux stations anciennement protégées, en l'occurrence Brazia et Hadjra Kahla, ont enregistré les valeurs les plus faibles. Cela pourrait indiquer qu'une protection au-delà de 10 ans n'est pas souhaitable pour maintenir une bonne diversité. Une faible diversité spécifique corrélativement à une faible richesse floristique est notée à l'extérieur des mises en défens. Des résultats similaires ont été obtenus par Ould Sidi Mohamed *et al.* (2002) en Tunisie saharienne, Aghmar & Kadi Hanifi (2008) dans une steppe du sud Algérois et Hiernaux (1998) dans les parcours du Sahel, qui montrent que le pâturage diminue significativement les indices de diversité. Toutefois ces résultats ne s'accordent pas avec ceux de Rakotoarimanana & Grouzis (2006) trouvés dans le sud-ouest de Madagascar. Ces auteurs rapportent que les zones les plus pâturées entraînent une augmentation de la diversité floristique ( $H'$  élevé). Par ailleurs, plusieurs études conduites dans des milieux et des conditions différents (Boutrais, 1994 ; Le Floc'h, 2001 ; Rakotoarimanana *et al.*, 2008 ; Gamoun *et al.*, 2012) ont indiqué que lorsque la pression de pâturage est raisonnable et bien répartie dans le temps, les animaux contribuent à la bonification des sols et augmentent la diversité végétale. Leur constat est une confirmation que la diversité des espèces est maximisée à des niveaux intermédiaires de perturbation (Connell, 1978 ; Grime, 1979).

Contrairement à la diversité spécifique, les valeurs d'équitabilité sont plus élevées au niveau des parcours libres qu'au niveau de ceux protégés. Elles s'expliquent par une perturbation relativement plus importante qui limite la dominance des espèces (Rakotoarimanana *et al.*, 2008).

Selon Le Floc'h (2001), un bon parcours requiert, en particulier, que la production pastorale soit à la fois élevée et étalée dans le temps. La phytomasse est souvent utilisée comme mesure de la production primaire, mais elle n'en présente qu'une estimation par défaut car toute une partie de la matière produite a déjà disparu avant l'obtention du maximum et n'est pas prise en compte (Fournier, 1987). D'après nos résultats, la phytomasse épigée en zones protégées est supérieure à celles des parcelles libres. Dans ces derniers parcours Aidoud (1989) affirmait que la dégradation du tapis végétal s'accompagne globalement d'une baisse de la biomasse et de la productivité des parcours steppiques. Toutefois, cette amélioration n'est pas corrélée avec la durée de protection car la station de Hadjrat kahla a enregistré des valeurs plus faibles de phytomasse par rapport aux autres stations récemment protégées à l'exception de la station de Feggara (5ans). Cette différence de phytomasse est attribuable à la composition floristique en rapport avec les conditions du climat (précipitation) et du sol (approvisionnement en eau, caractères physiques et chimiques), à la structure des groupements herbacés et à la durée de protection (Floret, 1981 ; Aidoud *et al.*, 1982 ; Floret & Pontanier, 1982 ; Waechter, 1982 ; Nedjraoui & Touffet, 1988 ; Aidoud, 1989 ; Le Houérou, 1995 ; Kiema & Oumou Sanon, 2006 ; Slimani *et al.*, 2010). Pour ce dernier facteur par exemple, dans un site protégé d'Alfa, Aidoud & Touffet (1996) ont noté que l'augmentation de la production totale stimulée par la protection au départ était suivie, dès la quatrième année, par une baisse sensible de la phytomasse tendre. Selon ces mêmes auteurs, cette diminution s'expliquerait par l'arrêt de pâturage modéré, celui-ci peut être, en effet, un facteur stimulant de la production chez la plupart des espèces pérennes.

L'intervention de l'homme et son troupeau exercent une influence sur la répartition des différentes classes de types biologiques. Selon nos résultats, le spectre biologique est dominé par les thérophytes dans les stations protégées où on note la forte représentativité des micro-habitats, propice au développement des plantes annuelles à germination et croissance rapides (Gamoun *et al.*, 2010). Ces espèces annuelles constituent une grande partie de la flore en zones arides (Daget 1980 ; Barbero *et al.*, 1990). Leur importance pour l'alimentation du bétail lorsqu'elles apparaissent en masse constituant, sous le nom local "Acheb", une nourriture substantielle et de grande qualité nutritive (Killian, 1950). Au niveau des stations non protégées, la forte charge

pastorale empêche toute germination et la survie des thérophytes. Jauffret (2001) a également noté que les perturbations trop importantes du sol (altération du stock des graines, formation de croûte de battance) altèrent cette richesse en thérophytes soit par pertes de semences viables dans la banque de graines du sol, soit par obstacle à la germination (d'où une diminution de leur nombre). Par contre les hémicryptophytes et les chaméphytes occupent la première place dans les parcelles hors mises en défens ; néanmoins l'abondance de ces deux classes reste inférieure à celle dans les parcelles protégées. D'après l'hypothèse de Naggar & Mhirit (2006), les chaméphytes jouent un rôle stratégique dans le maintien de l'équilibre écologique en assurant la conservation des potentialités physiques et biologiques des sols. Il faudrait cependant identifier quelles catégories d'espèces peuvent jouer ce rôle ainsi que leurs degrés de présence et surtout leurs taux de recouvrement.

L'augmentation du taux de la matière organique dans les parcelles mises en défens pourrait être le résultat de la quantité de litière végétale d'une part et d'une diminution de la compaction du sol d'autre part (Xie & Wittig, 2004). Cette augmentation s'accompagne d'une amélioration de la structure, de la facilité de l'infiltration de l'eau, de la capacité de rétention en eau, ainsi que du pouvoir de la résistance à l'érosion (Leprun, 1988). La matière organique joue également un rôle environnemental capital en participant à contrer le phénomène de désertification et en diminuant, lorsque ses teneurs augmentent dans les sols, le dégagement de gaz carbonique pouvant rejoindre l'atmosphère et accroître les quantités de gaz responsables de l'effet de serre (FAO, 2008 *in* Ben Hassine *et al.*, 2008). Par contre, les faibles teneurs en matière organique influencent directement les caractéristiques du sol critiques pour l'établissement des plantules, pour l'infiltration de l'eau et la pénétration des racines dans les zones arides et semi-arides (Aronson *et al.*, 1995).

Comme cela a déjà été noté par Jauffret (2001), les états de surface du sol en zone aride reflètent « l'état de santé » des systèmes écologiques. Dans les six stations étudiées, les surfaces couvertes par le sol nu et le sable restent toujours élevées à l'extérieur comparativement à l'intérieur des mises en défens. Su *et al.* (2005) ont noté qu'en raison de piétinement fréquent par les moutons et les bovins, la surface du sol devient nue et exposée à l'érosion éolienne. Floret & Pontanier (1982) ajoutent qu'en induisant une très forte régression du couvert végétal le pâturage laisse le sol exposé au vent entraînant une mobilité de sable. En revanche, le recouvrement relativement faible du sable dans les mises en défens reflète une bonne fixation du sol par la végétation.

Le recouvrement de la litière a été aussi plus important à l'intérieur qu'à l'extérieur des mises en défens. Ceci s'explique par la forte mortalité des plantes pérennes suite à la précarité du climat qui s'accumulent sur place. À cela s'ajoute le piégeage des parties mortes des plantes par la végétation en place (touffes). Par contre, dans les parcelles hors mise en défens, cette matière est soit ingérée par le bétail soit transportée par le vent (absence d'obstacles naturels). La litière joue un rôle très efficace dans la lutte contre la désertification. Par exemple, les brins morts de l'alfa favorisent l'augmentation de la productivité des plantes et permettent une remontée biologique en fixant les sols et les dépôts éoliens (Bourahla & Guittonneau, 1978).

Toutefois, l'importance de la pellicule de battance à l'intérieur des mises en défens constitue un facteur extrêmement défavorable à la réinstallation du couvert végétal en raison de ses conséquences sur le bilan hydrique, la germination et l'émergence des plantules (Floret & Pontanier, 1982 ; Le Houérou, 1995). À cet effet plusieurs auteurs ont montré que le pâturage, notamment léger, dans les zones arides et semi-arides, facilite la germination de graines enfouies dans le sol et permet d'améliorer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol. Dans ce sens, Valentin (1983) révèle que le piétinement animal brise la pellicule de battance formée à la surface, imbrique beaucoup plus de matière organique dans le sol et par conséquent améliore sa structure et sa porosité. La capacité d'infiltration se trouvait ainsi augmentée par rapport aux terrains non pâturés (Savory & Parsons, 1980).

## CONCLUSION

L'évaluation de l'impact de la mise en défens sur les parcours steppique ayant différentes durées de protection (de 5 à 25 ans) apporte des enseignements préliminaires importants, tant pour la communauté scientifique que pour les gestionnaires de ces espaces steppiques. En effet, pour les gestionnaires qui luttent contre la désertification, ces résultats apportent des informations précises en vue de restaurer et de réhabiliter des milieux perturbés ou dégradés. Nous avons ainsi montré que l'ensemble des attributs vitaux retenus comme indicateurs écologiques de l'état de dégradation ou de restauration dans ce travail soulignent l'effet bénéfique de la mise en défens tant sur la structure que sur le fonctionnement de cet écosystème steppique. Le développement des espèces pérennes et annuelles permet à la fois la protection du sol contre le risque d'érosion et la dynamisation du cycle de la matière organique. Cette amélioration garantirait aussi une meilleure utilisation des ressources abiotiques et une plus grande stabilité face aux fluctuations des conditions du milieu si fragile. Cependant cette amélioration n'est pas corrélée avec la durée de protection car les anciennes mises en défens présentent certains aspects négatifs à savoir une faible diversité floristique par rapport à des parcelles mises en défens pour une durée de protection moyenne.

Par ailleurs, et dans un but de préservation durable, les parcelles mises en défens doivent jouer également un rôle socio-économique. Pour ce faire, leur intégration dans l'économie pastorale s'impose à travers l'élaboration d'un plan d'exploitation des parcours selon le principe de rotation. Outre son intérêt socio-économique, le pâturage permettrait selon plusieurs chercheurs de briser la pellicule de battance et de favoriser la régénération des plantes. Selon Le Floc'h (2001), un pâturage contrôlé permettrait d'assurer, au travers en particulier du maintien de la biodiversité, une production élevée et étalée dans le temps. L'enjeu serait donc d'étudier les facteurs et les paramètres qui peuvent jouer un rôle capital dans le succès de cette technique, notamment la fréquence et la pression du pâturage (ratio des espèces animales, durée et période de pâturage, le mode de conduite, la superficie du parcours, etc.). Un autre enjeu est crucial : celui de déterminer la durée de protection optimale pour chaque parcours, en tenant compte des conditions du milieu, du type de végétation et des besoins socio-économiques des populations riveraines.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le rédacteur et les trois relecteurs anonymes de ce manuscrit pour leurs remarques et critiques pertinentes. Notre sincère gratitude s'adresse aux agents et cadres de la conservation des forêts de la wilaya de Naâma qui nous ont aidés et accompagnés sur le terrain, ainsi qu'au personnel du laboratoire de l'analyse du sol à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Sidi Bel-Abbes pour leur précieuse aide technique.

## RÉFÉRENCES

- AIDOU, A. (1983).— *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud Oranais : phytomasse, productivité primaire et application pastorale*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, USTHB., Alger.
- AIDOU, A. (1989).— *Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Plaines Algéro- Oranaises, Algérie)*. Thèse de doctorat d'État, USTHB, Alger.
- AIDOU, A., LE FLOC'H, E. & LE HOUÉROU, H.N. (2006).— Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17: 19-30.
- AMGHAR, F. & KADI-HANIFI, H. (2008).— Diagnostic de la diversité floristique de cinq stations steppiques du sud Algérois. *Les cahiers d'Orphée*: 385-395.
- AMGHAR, F., FOREY, E., MARGERIE, P., LANGLOIS, E., BROURI, L. & KADI-HANIFI, H. (2012).— Grazing enclosure and plantation: A synchronic study of two restoration techniques improving plant community and soil properties in arid degraded steppes (Algeria). *Rev. Ecol. (La Terre et la Vie)*, 67: 257-269.

- 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. *Restor. Ecol.*, 1: 8-17.
- 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 et les concepts. Pp 11-29 in: R. Pontanier *et al.* (éds). *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* Paris, John Libbey Eurotext.
- ARONSON, J. & LE FLOC'H, E. (1996).— Vital landscape attributes: Missing tools for restoration ecology. *Restor. Ecol.*, 4: 377-387.
- BARBERO, M., QUÉZEL, P. & LOISEL, R. (1990).— Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers Méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne*, 12: 194-215.
- BENABDELLI, K., BENGUERAI, A. & YÉROU, H. (2008).— L'utilisation de l'espace steppique comme terrain de parcours entre identification, potentialités, utilisation et contraintes socio-écologiques en Algérie. *Revue de l'Écologie-Environnement*, Université Ibn Khaldoun, Tiaret, 4: 54-67.
- BENGUERAI, A. (2011).— *Évolution du phénomène de désertification dans le sud Oranais (Algérie)*. Thèse de Doctorat en sciences, Université de Tlemcen.
- BEN HASSINE, H., ALOUI, T., GALLALI, T., BOUZID, T., EL AMRI, S. & BEN HASSEN, R. (2008).— Evaluation quantitative et rôles de la matière organique dans les sols cultivés en zones subhumides et semi-arides Méditerranéennes de la Tunisie. *Rev. Agrosolutions*, 19 (2): 4-17.
- BENSAÏD, A. (2006).— *SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Naâma (Algérie)*. Thèse de Doctorat, Université Grenoble 1, France.
- BONNEAU, M. & SOUCHER, B. (1994).— *Constituants et propriétés du sol*. Paris, Masson.
- BOUAZZA, M. & BENABADJI, N. (2002).— Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au sud d'El-Aricha (Oranie-Algérie). *Rev. Sci. & Techn.* N° spécial, Constantine, 11-19.
- BOURAHLA, A. & GUITTONNEAU, G. (1978).— Nouvelles possibilités de régénération des nappes alfatières en liaison avec la lutte contre la désertification. *Bull. Inst. Écol. Appl. Orléans*, 1: 19-40.
- BOURBOUZE, A. (1997).— Des Agdals et des mouflons. *Courr. Envir. INRA.*, 30: 63-72.
- BOUTRAIS, J. (1994).— Les Foulbé de l'Amadoua et l'élevage: de l'idéologie pastorale à la pluriactivité. *Cahiers d'études africaines*, 34 (1-3): 175-196.
- COLLINS, S.L. (1995).— The measurement of stability in grasslands. *Trends Ecol.*, 10: 95-96.
- CONNELL, J.H. (1978).— Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- CORTINA, J., RUIZ-MIRAZO, J., AMAT, B., AMGHAR, F., BAUTISTA, S., CHIRINO, E., DERAK, M., FUENTES, D., MAESTRE, F.T., VALDECANTOS, A. & VILAGROSA, A. (2012).— *Les bases de la restauration écologique des steppes d'alfa*. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne.
- DAGET, P. & POISSONET, J. (1971).— Une méthode d'analyse phytologique des prairies: Critères d'application. *Ann. Agronom.*, 22: 5-41.
- DAGET, P. & GODRON, M. (1995).— *Pastoralisme, troupeaux, espaces et sociétés*. Paris : Hatier/Aupelf.
- DICKO-TOURÉ, M.S. (1980).— The contribution of browse to cattle fodder in the sedentary system of Niger. Pp 313-319 in: H.N. Le Houérou (éd.). *Browse in Africa: The current state of knowledge*. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.
- DJEBAILI, S. (1978).— *Recherche phytosociologique et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques de l'Atlas saharien algérien*. Thèse Doct. Univ. Sci. Lanquedoc, Montpellier.
- ESCADAFAL, R. (1989).— *Caractérisation de la surface des sols arides par observations de terrain et par télédétection. Application : exemple de la région de Tataouine (Tunisie)*. Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris.
- FERCHICHI, A. & ABDELKEBIR, S. (2003).— Impact de la mise en défens sur la régénération et la richesse floristique des parcours en milieu aride Tunisien. *Sécheresse*, 14: 181-187.
- FLORET, C. (1981).— The effects of protection on steppic vegetation in the Mediterranean arid zone of southern Tunisia. *Vegetatio*, 46: 117-129.
- FLORET, C. & PONTANIER, R. (1982).— *L'aridité en Tunisie présaharienne: Climat - sol - végétation et aménagement*. Travaux et Documents, ORSTOM, n°150, Paris.
- FOURNIER, A. (1987).— Cycle saisonnier de la phytomasse et de la production herbacée dans les savanes soudanaises de Nazinga (Burkina Faso). Comparaison avec d'autres savanes ouest-africaines. *Bull. Ecol.*, 18: 409-430.
- FRONTIER, S. & PICHOD-VIALE, D. (1991).— *Écosystèmes : Structure, fonctionnement, évolution*. Collection d'Écologie 21, Masson, Paris.
- GAMOUN, M., CHAIEB, M. & OULED BELGACEM, A. (2010).— Évolution des caractéristiques écologiques le long d'un gradient de dégradation édaphique dans les parcours du sud Tunisien. *Ecologia Mediterranea*, 36 (2): 5-16.
- GAMOUN, M., OULED BELGACEM, A., HANCHI, B., NEFFATI, M. & GILLET, F. (2012).— Effet du pâturage sur la diversité floristique des parcours arides du sud Tunisien. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 67: 271-282.
- GÉHU, J.M. & RIVAS-MARTINEZ, S. (1981).— Notions fondamentales de phytosociologie. *Berichte Int. Symp. Intern. Vereinigung für Vegetationsk., Syntaxonomie*, Rinteln 1980, Cramer - Vaduz : 5-33.

- GRIME, J.P. (1979).— *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester, Wiley and Sons.
- GROUZIS, M. (1988).— *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso)*. Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris.
- HADDOUCHE, I. (2009).— *La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie: Cas de la région de Naâma*. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen.
- HIERNAUX, P. (1998).— Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecol.*, 138: 191-202.
- HIRCHE, A., SALAMANI, M., ABDELLAOUI, A., BENHOUBOU, S. & VALDERRAMA, J.M. (2010).— Landscape changes of desertification in arid areas: the case of south-west Algeria. *Environm. Monitor. Assess.*, 179: 403-420.
- JAUFFRET, S. (2001).— *Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides: Application au suivi de la désertification dans le sud tunisien*. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille.
- KIEMA, A. & OUMOU SANON, H. (2006).— Régénération des pâturages naturels en région sahélienne par le labour et l'ensemencement d'*Alysicarpus ovalifolius*. *Cahiers d'agriculture*, 15: 417-424.
- KILLIAN, C. (1950).— Nouvelles observations sur les conditions édaphiques et les réactions des plantes indicatrices dans les réserves de pâturage de la région alfatière algérienne. *Ann. Inst. Agr. Alger*, 5 (3): 1-36.
- LE FLOC'H, E. (2001).— Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides méditerranéennes du nord de l'Afrique. *Bocconea*, 13: 223-237.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. (1998).— *Numerical ecology*. 2<sup>nd</sup> English edition, Elsevier Science BV, Amsterdam.
- LE HOUÉROU, H.N. (1995).— Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 6: 167-182.
- LEPRUN, J.C. (1988).— Matière organique et conservation des sols, exemples Brésiliens. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, 24: 333-395.
- MAGURRAN, A.E. (1988).— *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MANIÈRE, R., BASSISTY, E., CELLES, J.C. & MELZI, S. (1993).— Utilisation de la télédétection spatiale (données XS de Spot) pour la cartographie de l'occupation du sol en zones arides méditerranéennes: exemple d'Ain Oussera (Algérie). *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, 28 (1): 67-80.
- MATHIEU, C. & PIELTAIN, F. (2003).— *Analyse chimique des sols: méthodes choisies*. Éditions Tec & Doc, Paris.
- MOULAY, A. & BENABDELI, K. (2012).— Quel avenir pour la steppe à Alfa dans le sud-ouest Algérien? *Forêt Méditerranéenne*, 33: 277-286.
- NAGGAR, M. & MHIRIT, O. (2006).— L'Arganeraie: un parcours typique des zones arides et semi-arides marocaines. *Sécheresse*, 17: 314-317.
- NEDJRAOUI, D. & BEDRANI, S. (2008).— La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol.8, n°1. <http://vertigo.revues.org/5375>.
- NEDJRAOUI, D. & TOUFFET, J. (1983).— Influence des conditions stationnelles sur la production de l'alfa (*Stipa tenacissima*). *Ecol. Méditerr.*, 20: 67-75.
- NOBLE, I.R., SLATYER, R.O. (1980).— The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio*, 43: 5-21.
- NOUMI, Z. (2010).— *Acacia tortilis (Forssk.) Hayne subsp. raddiana (Savi) Brenan en Tunisie pré-saharienne: structure du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux*. Thèse de Doctorat, Univ. Bordeaux 1 et Fac. Sci. Sfax, Tunisie.
- NOY-MEIR, I. & WALKER, B.H. (1986).— Stability and resilience in rangelands. Pp 21-25 in: P.J. Joss, P.W. Lynch & O.B. Williams (eds). *Rangelands: a resource under siege*. Australian Academy of Science, Canberra, Australia.
- O.C.D.E. (1994).— *Indicateurs d'environnement*. Corps central de l'O.C.D.E. (Organisation de Coopération et de Développement Économiques), Paris, France.
- OULD SIDI MOHAMED, Y., NEFFATI, M. & HENCHI, B. (2002).— Effet du mode de gestion des phytocénoses sur leur dynamique en Tunisie présaharienne: Cas du parc national de Sidi Toui et de ses environs. *Sécheresse*, 13: 195-203.
- OULED BELGACEM, A. & NEFFATI, M. (1996).— Étude de la dynamique de la végétation en milieu saharien. *Revue des Régions Arides-Médénine*, Tunis, Numéro spécial: 252-257.
- OUVRY, J.F., LE BISSONNAIS, Y., MARTIN, P., BRICARD, O. & SOUCHÈRE, V. (2010).— Les couverts herbacés comme outils de réduction des pertes en terre par érosion hydrique (Synthèse des connaissances et expérience de la Haute-Normandie). *Fourrages*, 202: 103-110.
- PIMM, S.L. (1991).— *The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities*. University of Chicago Press, Chicago, USA, IL.
- QUÉZEL, P. & SANTA, S. (1962).— *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. 2 vol. CNRS, Paris.

- RAKOTOARIMANANA, V. & GROUZIS, M. (2006).— Influence du feu et du pâturage sur la richesse et la diversité floristique d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar (Région de Sakaraha). *Candollea*, 61: 167-188.
- RAKOTOARIMANANA, V., GONDARD, H., RANAIVOARIVELO, N. & CARRIERE, S. (2008).— Influence du pâturage sur la richesse et la diversité floristique et la production d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse*, 19: 39-46.
- RAMADE, F. (2008).— *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Dunod, Paris.
- RAUNKIAER, C. (1934).— *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. Clarendon Press, Oxford.
- RAUNKIAER, C. (1937).— *Plant life forms*. Clarendon Press, Oxford.
- SAVORY, A. & PARSONS, S.D. (1980).— The Savory grazing method. *Rangelands*, 2: 234-237.
- SLIMANI, H., AIDOU, A. & ROZE, F. (2010).— 30 years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification. *J. Arid Environ.*, 74 : 685-691.
- SU, Y.-Z., LI, Y.-L., CUI, J.-Y. & ZHAO, W.-Z. (2005).— Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena*, 59: 267-278.
- TILMAN, D. (1996).— Biodiversity: population versus ecosystem stability, *Ecology*, 77: 350-363.
- VALENTIN, C. (1983).— *Effets du pâturage et du piétinement sur la dégradation des sols autour des points d'eau artificiels en région sahélienne (Ferlo, Nord Sénégal)*. A.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical, DGRST, ORSTOM.
- VISSER, M. (2001).— *Produire des semences autochtones pour réhabiliter des terres dégradées. Le cas de Stipa lagascae R. & Sch. en Tunisie présaharienne*. Thèse de Doctorat, Université de Gand, Belgique.
- WAECHTER, P. (1982).— *Étude des relations entre les animaux domestiques et la végétation dans les steppes du sud de la Tunisie. Implications pastorales*. Thèse Doct. Ing., Univ. Sc. Tech., Languedoc, Montpellier, France.
- WALKER, B.H. (1995).— Conserving biological diversity through ecosystem resilience, *Conserv. Biol.*, 9: 747-752.
- WHITTAKER, R.H. (1972).— Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213-251.
- XIE, Y.Z. & WITTIG, R. (2004).— The impact of grazing intensity on soil characteristics of *Stipa tenacissima* and *Stipa bungeana* in northern China (autonomous region of Ningxia). *Acta Oecol. Int. J. Ecol.*, 25: 197-204.