

SUIVI À LONG-TERME
DANS LA STEPPE D'ARMOISE BLANCHE (*ARTEMISIA HERBA-ALBA* ASSO.)
DU SUD-ORANAIS (ALGÉRIE) : FACTEURS ET INDICATEURS DE CHANGEMENTS

Badia LAHMAR-ZEMITI^{1,2} & Ahmed AIDOU^{1,3*}

1 Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne, Alger, Algérie

2 Centre Cynégétique de Zéralda (Alger)

3 U.M.R. ECOBIO 6553, Université de Rennes1 (France) et Centre de Recherche Scientifique et Technique des Régions Arides (Biskra, Algérie).

* Auteur correspondant : ahmed.aidoud@gmail.com

SUMMARY.— *Long-term monitoring of Gray-leaved Sagebrush (Artemisia herba-alba Asso.) steppe in southern Oran Region (Algeria): factors and indicators of change.*— The Gray-leaved Sagebrush (*Artemisia herba-Alba* Asso.) steppes in the Southern Oran region in Algeria are rangelands of great pastoral interest. 40 years long-term dynamics of these steppes has been studied since 1975 using a diachronic monitoring (i) in permanent site considering five reference years and (ii) in 30 sites in the rest of the sagebrush steppe in 1975-76 and 2013-2015. Results generally show degradation with changes in the community composition and species dominance with appearance or extension of indicator species reflecting changes in land-use and environmental conditions. The increase in ephemeral species may explain the increase in the beta diversity, while the gamma diversity decreased underlying a trend toward banalization of the plant community composition. Unlike the rest of the pre-existing sagebrush steppe, in the monitoring site, following a series of rainy years, sand which had been fixed would have played an important role in the recovery of the vegetation cover.

RÉSUMÉ.— Les steppes d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) dans le Sud-Oranais constituent des parcours de grand intérêt pastoral. La dynamique à long terme de ces steppes a été étudiée sur une période d'une quarantaine d'années par un suivi diachronique (i) en site permanent en considérant 5 années de référence et (ii) dans 30 stations échantillonnées dans le reste de la steppe d'armoise en 1975-76 et en 2013-2015. Les résultats montrent globalement une dégradation qui s'est accompagnée de changements dans la composition et la dominance des communautés avec l'apparition ou l'extension d'espèces indicatrices de changements d'usage et de conditions écologiques. L'augmentation des éphémères peut expliquer l'augmentation de la diversité bêta, alors que parallèlement, la diversité gamma a baissé, accompagnée d'une banalisation de la flore. Par rapport au reste de la steppe préexistante d'armoise, dans le site de surveillance, la fixation du sable suite à une série d'années pluvieuses aurait joué un rôle important dans la régénération du couvert végétal.

Les steppes d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) ont été et sont toujours considérées parmi les meilleurs parcours pastoraux steppiques des hautes plaines d'Algérie (Houmani *et al.*, 2004). Depuis la décennie 1980, ces steppes, en particulier celles du Sud-Oranais, ont subi une forte dégradation dans des conditions d'usage qui semblent se maintenir. Dans le Sud-Oranais, la végétation et le milieu ont connu de profonds changements étudiés surtout dans les steppes d'Alfa (*Stipa tenacissima*) (Aidoud & Touffet, 1996 ; Slimani *et al.*, 2010). La steppe d'alfa représente le « système indigène » (*sensu* Aronson *et al.*, 1993) dont sont issues, par dégradation, les principales formations steppiques de glakis. Les différentes trajectoires de cette dynamique ont été décrites selon des approches synchroniques, par la phyto-écologie et la phytosociologie en Tunisie (Le Houérou, 1969) et en Algérie (Celles, 1975 ; Djébaili, 1978 ; Aidoud-Lounis, 1984, 1997 ; Kadi-Hanifi-Achour, 1998). L'armoise étant décrite depuis longtemps comme privilégiant les sols à texture fine (*e.g.* Trabut, 1889 ; Maire, 1926), le passage des steppes d'alfa vers des formations d'armoise blanche, semble s'effectuer toujours sans ensablement et indiquerait que, contrairement à la dynamique récente des steppes d'alfa, celle des steppes d'armoise blanche est relativement lente et n'est perceptible qu'à long terme. L'évaluation en temps réel de cette dégradation est

difficile d'autant que le milieu est très fluctuant en raison de la variabilité temporelle de la pluie qui demeure la principale source d'humidité et le facteur prépondérant du fonctionnement dans ces écosystèmes (Noy-Meir, 1973 ; Rutherford, 1980). Des travaux (Aidoud & Aidoud-Lounis, 1992 ; Omari, 2005 ; Hirche *et al.*, 2011 ; Benguerai *et al.*, 2014) ont décrit la dégradation de ces steppes suivant une approche diachronique qui compare deux états plus ou moins éloignés dans le temps.

Le cadre d'étude du présent travail se situe autour du bassin-versant du Chott-Chergui dans le Sud-Oranais là où l'armoise blanche était dominante, soit seule soit en mélange avec l'alfa. Le choix de cette région se justifie par le nombre relativement élevé de travaux d'écologie durant les 40 dernières années : description des patrons de structure de la végétation, étude du fonctionnement par surveillance continue dans le système préexistant en site permanent durant une quinzaine d'années (Aidoud, 1989a). C'est également la région des Hautes Plaines steppiques la plus étendue mais aussi qui avait, pour diverses raisons politiques et sociales, bénéficié d'une relative protection durant une longue période (près d'un siècle). La dégradation par surpâturage durant les années de sécheresse 1980 à 2000 a été d'autant plus spectaculaire notamment dans les steppes d'alfa (Aidoud & Touffet, 1996 ; Aidoud *et al.*, 2011).

Les changements à long terme dans le site BEM d'armoise [Aidoud, 1989b ; Aidoud & Boucheneb, 1990 ; ainsi que d'autres travaux de cartographie de la végétation (Achoubi, 1976), d'évaluation de la banque de graines (Hanifi, 1979)] ont décrit ce site comme écologiquement homogène et résilient, autrement dit les changements observés étaient dus essentiellement aux variations climatiques interannuelles. Accompagnant la dégradation du tapis végétal, un ensablement du site BEM (Zemiti, 2001 ; Omari, 2005) semblait pouvoir conduire à des changements profonds et notamment la disparition de l'espèce dominante (*A. herba-alba*) comme cela a été observé pour l'alfa (Aidoud & Touffet, 1996 ; Slimani *et al.*, 2010).

Les données utilisées dans le présent travail sont celles issues de l'échantillonnage des systèmes préexistants en 1975, celles du suivi à long terme dans le site de surveillance, en retenant des années repères et celles obtenues par approche diachronique sur d'autres sites de la région, échantillonnés en 1975/76 et en 2013/2015. En vue de mieux comprendre l'importance des principaux processus dynamiques, l'objectif du présent travail est de faire ressortir et d'évaluer les changements du couvert végétal et des caractères édaphiques dans les steppes d'armoise.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

CADRE D'ÉTUDE

Le site de Bordj-El-May (BEM), situé à une altitude de 1060 m (34,425° N / 0,374° E), a été installé dans le cadre du projet d'évaluation des ressources écologiques et pastorales des parcours, programme spécial du gouvernement pour le développement de la wilaya de Saïda (département selon découpage 1974-1983) ; du programme de coopération « Écologie et potentialités de la steppe » entre les universités d'Alger et de Rennes 1, ayant fonctionné durant 23 années.

Ce site a été retenu comme site pilote dans le cadre du projet ROSELT : réseau d'observatoires pour la surveillance écologique à long terme de l'OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel). Il a été choisi comme représentatif de la steppe d'armoise des Hautes-Plaines située dans le bassin-versant du Chott-Chergui dans le Sud-Oranais. Il s'agit, pour une large partie du bassin-versant, d'un glacis subhorizontal (altitude de 1000 à 1100 m) correspondant à la Haute Surface Moulouyenne (Villafranchien supérieur) qui, dans cette région, a été relativement épargnée par la tectonique post-villafranchienne (Chadenson, 1952 *in* Pouget, 1980).

Le site se situe dans l'étage aride à hiver frais. Par rapport à l'objectif de ce travail, la pluviométrie P est le paramètre majeur du climat. Pour la station d'El Kheiter, à 40 km au S.-W. de BEM, la moyenne annuelle pluviométrique est de $220 \pm 55 \text{ mm.an}^{-1}$ (1976 à 2013) avec un coefficient de variation de 30 %. Ces données, ajoutées à celles utilisées par Djebaili (1978) donnent une moyenne sur 72 ans de 208 mm.an^{-1} . La période de déficit pluviométrique la plus longue est celle de 1982 à 1988 (Fig. 1) avec un pic de sécheresse en 1984 et 1985. Une période de pluviométrie excédentaire (> LT), est observée depuis 2006 y compris les années 2014-15 dont nous n'avons pas encore les données mais dont la pluviosité a pu être appréciée à partir de l'état du tapis végétal (cf. *infra*). Par rapport aux données des stations ayant fonctionné depuis plus d'un siècle dans le Sud-Oranais, la durée d'une dizaine d'années humides serait exceptionnelle.

En 1975, le sol est décrit comme un « sol à croûte calcaire » *sensu* Ruellan (1970). Il est peu profond (15 à 25 cm), de texture limono-sableuse avec un profil calcaire bien différencié surmontant une croûte calcaire épaisse et indurée en

surface. Par rapport aux autres types de steppes (d'alfa ou de sparte), le premier horizon est plus riche en limons (26 %). La pellicule dite « de glaçage » couvrant 52 % de la surface du sol, est liée aux limons mais peut être également d'origine cryptogamique lorsque le pâturage est modéré ou absent (Aidoud, 1989b). Le sable de surface couvre 1 %, les éléments grossiers 2 % et la litière 12 %.

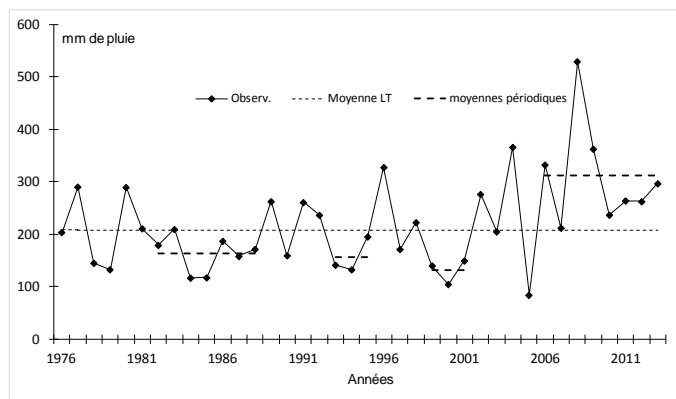


Figure 1.— Variation de la pluviométrie annuelle (sept-août) enregistrée dans la station d'El Kheiter.

Les données sont de l'Office national de météorologie (ONM). La moyenne LT (à long terme) est calculée sur 72 années.

Les moyennes périodiques montrent l'importance des épisodes secs entre les années 1980 et 2000 et la période humide après 2005. Les données annuelles de 1976 et de 1977 ont été extrapolées de la station BEM, celles des années 2009 à 2011 et 2013 dont quelques données mensuelles étaient manquantes, ont été extrapolées selon un modèle de régression ($p < 0,001$) à partir de la station d'El Bayadh.

Le site est situé dans une ancienne coopérative d'élevage ayant fonctionné durant les décennies 1970 et 1980. Au plan phytosociologique, la végétation y est alors rattachée à l'association *Noaeo-mucronatae-Artemesietum herbae-albae* Aidoud-Lounis 1990 (Aidoud, 1990). C'est un groupement typique des glacis d'érosion du Sud-Oranais caractérisé par ces deux espèces, *A. herba-alba* et *Noaea mucronata* dont la fidélité est décrite par ailleurs au Moyen-Orient par Zohary (1973). Dans le site BEM, le couvert végétal est de 33 % en moyenne, indiquant le bon état de la steppe dont l'armoise représente alors plus de 80 % de la phytomasse aérienne totale (1200 kgMS.ha⁻¹ en moyenne).

MÉTHODES

Une quarantaine de relevés phytocologiques a été réalisée (Aidoud-Lounis, 1984) dans ces steppes en 1975 et 1976 (noté 1975 dans la suite du texte). Trente parmi les stations précédentes, accessibles et ayant gardé un statut de parcours pastoral, ont été ré-échantillonnées en 2013/2015 (noté 2015). Au plan pluviométrique, les deux périodes sont moyennées à humides (cf. *infra*). Une de ces stations correspond au site BEM.

Le site BEM comporte une parcelle de 12 ha mise en défens dès 1975. Les parcelles de suivi de la végétation ont été disposées annuellement dans un espace de 100 ha autour de cette parcelle avec une charge animale contrôlée. Une dégradation de la végétation était perceptible dès le milieu des années 1980 suite à la dissolution de la coopérative d'élevage et à l'augmentation de la charge animale en dehors du site de surveillance. Ceci a créé un gradient de pression de pâturage partant de la parcelle mise en défens vers les parcours devenus libres, ce qui nous a conduits à retenir un dispositif d'échantillonnage installé en 1993, sous forme de 2 transects avec un total de 37 stations au départ, espacées de 200 m dont trois sont situées à l'intérieur de la MD. Durant les années suivantes, certaines stations en terrains labourés (21 en 2005 et 2010 et 27 en 2013), n'ont plus été ré-échantillonnées.

Dans les stations du transect ainsi que du reste de la steppe d'armoise, l'échantillonnage de la végétation (taxinomie selon la nomenclature de Quézel & Santa, 1962-63) a été effectué par la lecture d'une ligne selon la technique de Daget & Poissonet (1971). Tous les 10 cm, à l'aplomb, matérialisé par une aiguille, est notée la présence (i) de toute espèce végétale en contact avec l'aiguille ou, (ii) en l'absence de végétation, celle de l'élément de surface qui peut être une litière, du sable, de la pellicule ou un élément grossier de taille supérieure à 2 mm.

Les paramètres obtenus sont : (i) la fréquence de points sans végétation dont le complémentaire en % est assimilé au recouvrement global de la végétation RG ; (ii) la fréquence spécifique de chaque taxon i : FS(i) qui correspond au rapport du nombre de présences du taxon le long de la ligne au nombre total de points ; (iii) la contribution spécifique CS(i) : rapport de FS(i) à la somme des FS(i), contribution qui est utilisée comme la probabilité de présence de l'espèce considérée ; (iv) les fréquences (%) des autres éléments de surface.

La liste floristique est complétée autour de la ligne sur une surface de 32 m² retenue comme aire minimale pour l'échantillonnage floristique dans ce type de steppe. L'évaluation de la diversité floristique est exprimée par la richesse en taxa et l'équitabilité permettant d'exprimer la diversité β , par une diversité α relative exprimée par rapport à la diversité α maximale. L'équitabilité permet ainsi la comparaison de la diversité entre sites ou années.

Dans le site BEM, l'épaisseur du sable non fixé est estimée en 1975 et 1993 (à partir du profil pédologique) et en 2005 (moyenne de 10 mesures par relevé). Les prélèvements d'échantillons de sol dans ce site ont porté sur l'horizon situé au-dessus de la couche de fragmentation de la croûte calcaire et au-dessous du voile sableux non fixé de surface quand il existait. Sur chaque échantillon prélevé, séché et tamisé (particules minérales < 2 mm) deux analyses ont été effectuées: (i) analyse granulométrique par tamisage puis prélèvement à la pipette de Robinson, et (ii) le taux de matière organique MO est évalué par la formule (Baize, 1988) à partir du taux de carbone organique (CO) dosé selon la méthode d'Anne (Bonneau & Souchier, 1979) :

$$MO = CO \times 1.724$$

Le mode d'échantillonnage par transect utilisé dans BEM oblige à procéder par pseudo-réplication et les données ont été traitées à l'aide du test de Student.

RÉSULTATS

ÉVOLUTION EN SITE DE SURVEILLANCE BEM

Les résultats de la surveillance entre 1975 et 2013 sont donnés dans le tableau I.

TABLEAU I

Évolution des principaux paramètres de la végétation et de la surface du sol dans le site de BEM entre 1975 et 2013

	1975	1993	2005	2010	2013
Effectif stations	5	37	16	16	10
Couvert végétal (%)					
Couvert végétal	39,8 ± 5,1 a	23,4 ± 04,2 b	15,1 ± 04,0 c	64,2 ± 9,5 d	56,4 ± 8,3 d
Pérennes	26,5 ± 8,5 a	14,3 ± 04,1 b	12,1 ± 03,2 b	15,2 ± 05,0 b	14,2 ± 07,0 b
dont armoise	14,1 ± 1,1 a	10,8 ± 3,9 b	3,7 ± 2,6 c	4,0 ± 3,9 c	13,4 ± 6,4 a b
Ephémères	16,5 ± 1,5 a	09,1 ± 03,3 b	02,9 ± 01,6 c	49,0 ± 8,8 d	42,2 ± 11,4 d
Diversité					
Richesse	27,2 ± 08,6 a	11,9 ± 1,6 b	5,4 ± 01,1 c	6,9 ± 1,8 c	14,6 ± 4,7 b
Équitabilité (%)	60,2 ± 06,0 a	43,6 ± 04,9 b	65,7 ± 09,8 a	58,9 ± 11,1 a	54,7 ± 6,6 a
Éléments de surface					
Litière (%)	10,3 ± 05,3 a	16,6 ± 3,4 bc	6,1 ± 1,8 a	8,8 ± 9,3 a	07,1 ± 4,7 ac
Eléments grossiers (%)	6,2 ± 4,1 a	6,0 ± 1,8 a	20,0 ± 5,6 b	10,6 ± 6,2 a	4,5 ± 2,9 a
Pellicule (%)	42,5 ± 05,7 a	26,1 ± 4,9 b	04,3 ± 03,3 c	16,6 ± 10,4 b	29,4 ± 11,3 b
Sable (%)	1,2 ± 2,4 a	27,9 ± 5,3 b	54,6 ± 7,6 c	0,4 ± 0,5 a	2,1 ± 2,9 a
Épaisseur sable (cm)	0,8	4,2 ± 1,1	16,1 ± 07,7	Sable fixé	Sable fixé
Sol					
Matière organique (%)	0,8 ± 0,3 a	1,7 ± 0,2 b	2,0 ± 0,5 bcf	2,8 ± 0,4 d	2,6 ± 0,3 ef
Argile + limons fins (%)	27,0 ± 6,9 a	26,6 ± 2,1 a	*	25,04 ± 4,7 a	25,0 ± 3,8 a

Pour chaque variable, sont donnés la moyenne et son intervalle de confiance ($p = 0.05$). Les données de 1975 sont celles de 5 relevés dans le site BEM et dans les steppes d'armoise blanche voisines situées dans les mêmes conditions géomorphologiques (Aidoud-Lounis, 1984). Deux valeurs ayant une même lettre ne présentent pas de différence significative (test de Student, $p < 0.05$). Les données de texture de 2005 qui semblent aberrantes (moyenne de $41 \pm 7\%$), n'ont pas été utilisées.

Le couvert végétal diminue de 1975 à 2005 puis augmente en 2010/2013. La part la plus importante de ce couvert, entre 1975 et 2005, est détenue par les espèces pérennes ; ensuite ce sont les éphémères qui dominent en 2010 et 2013. La fréquence de l'espèce pérenne dominante *A. herba-alba* de 14 % en 1975, diminue à 4 % en 2010 puis augmente pour atteindre 13 % en 2013 mais avec une plus grande hétérogénéité.

La richesse floristique (nombre de taxons différents) diminue de 27 à 5 puis augmente à 15 en 2013. L'équitabilité, hormis une diminution en 1993, ne varie pas significativement.

Le sable non fixé constitue l'élément de surface qui a varié le plus à la fois dans l'espace et dans le temps. Au pic d'ensablement en 2005 (Tab. I et Fig. 2B), la fréquence, de même que l'épaisseur du sable, pouvant atteindre 45 cm, ont été les plus élevées. Sa distribution est hétérogène et des espaces ensablés peuvent représenter des surfaces relativement importantes (Fig.

3). Corrélativement, la pellicule de surface suit une évolution inverse alors que les éléments grossiers augmentent jusqu'en 2005 puis diminuent. En fait, la pellicule de surface n'est pas de même nature au début et en fin de période de surveillance. Elle est composée en majorité de particules fines (limons et argile) au départ, parfois cryptogamique dans la parcelle mise en défens alors qu'elle est sur sable fixé en fin de période.



Figure 2.— États de surface en 1975 (A) avec pellicule et en 2005 avec accumulation de sable (B) reconnaissable aux rides (ripple-marks) qu'il forme à la surface.

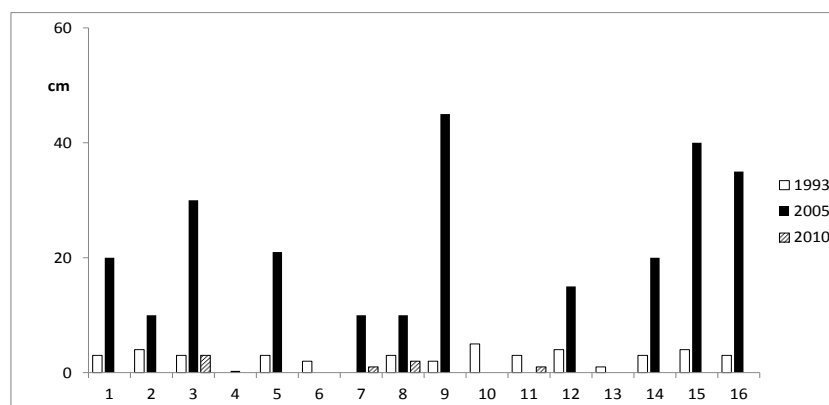


Figure 3.— Distribution de l'épaisseur (cm) du sable non fixé le long d'un transect de 16 stations échantillonnées en 1993, 2005 et 2010.

Dans le sol, la matière organique montre une tendance à l'augmentation ($p < 0.01$) alors que la fraction fine des limons fins et argiles semble demeurer stable.

CHANGEMENTS À L'ÉCHELLE DU BASSIN-VERSANT DU CHOTT-CHERGUI

L'ensemble des résultats obtenus dans l'évaluation diachronique à une quarantaine d'années d'intervalle est résumé dans le tableau II.

TABLEAU II

Changements des principaux paramètres de végétation et de surface du sol dans les steppes d'armoise du Sud-Oranais entre 1975 et 2013

	1975/1976	2013/2015
Effectif stations	30	30
Couvert végétal	28,5 ± 3,9 a	56,1 ± 7,6 b
Pérennes	21,2 ± 3,3 a	13,3 ± 3,6 b
dont armoise	13,3 ± 2,4 a	4,0 ± 3,2 b
Ephémères	10,0 ± 3,0 a	46,0 ± 7,6 b
Richesse	21,6 ± 4,3 a	25,1 ± 2,8 a
Équitabilité en %	48,8 ± 7,5 a	68,6 ± 3,1 b
Sable	8,8 ± 5,4 a	13,9 ± 5,2 a
Elém. grossiers	9,6 ± 3,3 a	9,3 ± 3,6 a
Pellicule	43,5 ± 5,7 a	17,2 ± 5,3 b
Litière	9,6 ± 2,0 a	3,6 ± 1,7 b

La fréquence des éphémères a augmenté de 360 % alors que celle des pérennes a baissé de près de 40 %. Parmi les pérennes, *A. herba-alba* montre un couvert moyen de 4 % en 2015 contre 13 % en 1975 ($p < 0,001$). *S. tenacissima* était présente avec une fréquence moyenne de 4 % dans 12 stations et a complètement disparu en 2015. *Salsola vermiculata* et *Atractylis serratuloides* ont chacune une fréquence significativement plus élevée en 2015 ($p < 0,001$) avec respectivement 24 et 22 présences contre 7 et 9 en 1975. La co-occurrence (ou redondance) des espèces à travers les stations est en moyenne supérieure en 2015 de près de 60 %. La diversité, exprimée par l'équitabilité est significativement plus élevée en 2015 qu'en 1975 ; de même que la richesse par relevé est supérieure de 16 %. Cependant, la richesse globale (nombre total de taxons différents relevés dans les 30 relevés) a diminué passant de 129 en 1975 à 94 en 2015.

Certaines espèces comme *Noaea mucronata*, *Lygeum spartum*, *Stipa parviflora*, *Plantago albicans* ne présentent pas de différence significative entre les deux périodes.

Parmi les éphémères à valeur indicatrice connue et dont la fréquence est supérieure en 2015, des rudérales comme *Peganum harmala* et *Hordeum murinum* ($p < 0,01$) ; des psammophytes comme *Cutandia dichotoma* se retrouvent dans près de la moitié des stations alors qu'elles en étaient entièrement absentes en 1975.

Concernant les éléments de surface, les éléments grossiers et le voile sableux ne diffèrent pas significativement entre 1975 et 2015. Les différences les plus significatives sont celles de la pellicule de glaçage (-60 %) et de la litière (-62 %).

DISCUSSION

L'objectif du présent travail était de faire ressortir les principales caractéristiques dynamiques des écosystèmes steppiques d'armoise blanche dans le Sud-Oranais. Le site de BEM a été retenu comme représentatif des steppes les plus denses et les plus homogènes en 1975.

Les espèces éphémères, dominées par les thérophytes à 82 % ont très nettement augmenté. Cette « thérophytie » (Daget, 1980) est une caractéristique connue des milieux arides. En steppe le processus peut s'accroître avec la dégradation de la végétation et du sol mais cette tendance est relativement difficile à mettre en évidence tant la variabilité des thérophytes est élevée en qualité et en quantité. Dans un écosystème aride, cette catégorie est la plus nettement réactive à la pluviosité, processus connu depuis Went (1949). Sur 11 années de surveillance dans le site de BEM, Aidoud (1989b) a montré pour les thérophytes un écart de richesse allant de 1 à 36 espèces et un écart de production allant d'une valeur quasi nulle à 245 kgMS.ha⁻¹ avec une corrélation

hautement significative avec la pluviométrie de l'année d'observation. Cette relation est également observée avec la pluviométrie des années qui précèdent, des conditions qui viennent moduler la sécheresse ou l'humidité de l'année considérée. Ceci explique la différence entre les fréquences des éphémères de 2005 d'une part et de 2010 et 2013 d'autre part.

Outre une pluviosité importante à partir de 2006, l'ensablement de surface (Tab. I), favorisé par la dégradation, a probablement contribué à l'augmentation du couvert des éphémères. Un substrat sableux, surtout en période sèche, est généralement décrit comme un milieu peu propice à la végétation (Gupta & Larson, 1979 ; Ceballos *et al.*, 2002). Le sable peut cependant jouer un rôle efficace dans la rétention de l'eau par « self-mulching » (Floret & Pontanier, 1984). Il s'agit d'un écran protecteur superficiel provoqué par rupture du lien capillaire qui empêche l'évaporation rapide de l'eau du sol. Ce sable en surface favorise également le captage de la rosée (Li, 2002).

Dans le site de BEM en particulier, le couvert d'*A. herba-alba*, après avoir baissé, montre en 2013 une valeur proche de celle de 1975. Cette espèce est décrite depuis plus d'un siècle (Trabut, 1889 ; Maire, 1926 ; Le Houérou, 1969 ; Djebaili, 1978 ; Aidoud, 1988 ; Aidoud-Lounis, 1997) comme une espèce inconditionnelle des sols limoneux voire même argileux. Ce trait écologique ne semble pas en accord avec la régénération de l'espèce après une longue période d'ensablement. Cette situation particulière peut s'expliquer par la reconstitution d'une pellicule en surface sur sable et qui, dans ces conditions, serait probablement d'origine biologique (Casenave & Valentin, 1989). Une telle pellicule s'est constituée dans ce site après plusieurs années d'exclusion du pâturage (Aidoud, 1989b) et donc du piétinement, principal ennemi de ces pellicules (Muscha & Hild, 2006). La présence d'une pellicule biologique peut expliquer l'augmentation du taux de matière organique (Burgheimer *et al.*, 2006 ; Wu *et al.*, 2009).

La pellicule de surface est le plus souvent décrite au Maghreb comme une pellicule de battance ou de glaçage. Caractéristique des textures limoneuses, sa formation obéit à des processus physiques avérés en Tunisie et en Algérie (Le Houérou, 1969 ; Pouget, 1980 ; Escadafal, 1981 ; Floret & Pontanier, 1982). Cette pellicule, connue pour être néfaste à la germination et au développement des plantules, était dominante au début du suivi, ce qui expliquerait la plus faible quantité d'éphémères par rapport à 2015 ainsi que par rapport aux autres sites steppiques de suivi à sparte et à alfa dans les mêmes conditions d'humidité (Aidoud, 1989b).

Les pellicules biologiques très sensibles au piétinement n'ont pu se constituer dans le site BEM qu'à la faveur d'une pluviosité exceptionnelle. Ces très bonnes conditions ont favorisé la production et la disponibilité fourragère durant la dernière décennie de suivi, ce qui a diminué la pression générale du pâturage, conditions auxquelles s'ajoute un gardiennage maintenu dans ce site après la dissolution de la coopérative d'élevage.

La dynamique et les conditions particulières dans le site BEM, nous ont conduits à considérer les autres sites et stations d'armoise dans la région. Globalement, et malgré son exceptionnelle résistance à la sécheresse et au pâturage (Kappen *et al.*, 1972 ; Pourrat & Hubac, 1974 ; Evenari *et al.*, 1972), le couvert de l'armoise blanche est en forte régression dans le Sud-Oranais. Par rapport aux 30 stations échantillonnées, *A. herba-alba* a disparu de 20 stations sur 30. Ce constat rejoint ceux d'Omari (2005) et de Hirche *et al.* (2011) obtenus dans la région sur une base physiologique avec utilisation de la télédétection. Dans notre cas, l'espèce s'est maintenue en faciès pur et dense seulement dans de rares sites relativement protégés : gardiennage (cas de BEM), près de terrains reboisés non loin des grandes routes ou encore aux alentours de terrains emblavés.

Malgré ce constat, l'armoise n'a pas régressé surtout dans la partie Nord du bassin du Chott-Chergui autant que l'alfa dont la disparition complète de la quasi-totalité des steppes de glaciés de la région a été observée (Aidoud & Touffet, 1996 ; Slimani *et al.*, 2010). L'armoise est une espèce bien appréciée par les ovins durant l'été et l'automne, constituant ainsi un apport fourragère appréciable durant la saison sèche. Il semble que, dans une certaine mesure, cette espèce ait mieux résisté aux longues périodes sèches entre les années 1980 et les années 2000 et au surpâturage qui

les a accompagnées. Elle a néanmoins tendance à être supplantée par *A. serratulooides* et *S. vermiculata* dans la plupart des sites.

Dans l'ensemble des sites, l'équitabilité a augmenté significativement et la richesse moyenne est plus élevée en 2015. Des espèces rudérales et psammophiles ont intégré les cortèges floristiques dans les stations échantillonnées. Cependant, la richesse totale (diversité gamma) a baissé de près de 30 %, ce qui s'explique par une « banalisation » floristique ; une tendance qui semble affecter toute la steppe de la région (Aidoud & Aidoud-Lounis, 1992). Ce processus s'exprime par la plus grande redondance des taxons dans les cortèges floristiques en 2015.

Un constat global qu'il convient de tirer également de ce travail est l'emprise des cultures de plus en plus importante, attestée par une proportion relativement élevée de stations steppiques mises en culture en quarante ans.

CONCLUSION

Les steppes d'armoise dans le Sud-Oranais ont été marquées par une forte régression durant les 40 dernières années. Cette dégradation a été accompagnée par une augmentation des éphémères durant la dernière décennie laquelle a été toutefois relativement humide, ce qui peut expliquer l'augmentation de la diversité bêta alors que la diversité gamma a baissé accompagnant une banalisation de la flore. Cette régression s'est accompagnée de changements dans la composition et la dominance des communautés avec l'apparition ou l'extension d'espèces indicatrices de changements de conditions écologiques avec notamment l'augmentation d'une flore rudérale et psammophile. Les cultures céréalières constituent un usage traditionnel de l'agro-pastoralisme steppique mais qui détourne de plus en plus de terre, rendant la pression de pâturage encore plus intense dans le restant des parcours. La régénération de l'armoise et la remontée biologique dans la station de surveillance ainsi que le maintien de densités relativement élevées d'armoise dans des conditions de protection, laissent augurer de possibilités de restauration de certaines steppes d'armoise, avant qu'il ne soit trop tard.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent : aux relecteurs anonymes pour leurs conseils et recommandations ; aux chercheurs du Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions arides (Biskra) qui nous ont permis de réaliser l'échantillonnage en 2013 et 2015 et en particulier à N. Salemkour et K. Chalabi qui ont participé activement au travail de terrain et au traitement des données ; à la direction du HCDS (Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe) de la wilaya de Saida ainsi qu'à la Conservation des Forêts de Saida (Direction Générale des Forêts) pour leur aide pendant les sorties sur le site de Bordj-El-May ; aux responsables du Centre Cynégétique de Zéralda (Alger) pour la prise en charge des déplacements sur le terrain. Entre 1975 et 1993, le travail a été réalisé dans le cadre du Centre (puis Unité) de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres (CRBT/URBT) dont nous remercions les chercheurs, techniciens et gardiens ayant contribué à la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES

- ACHOUBI, L. (1976).— *Les principales unités de la coopérative de Bordj EL May de la wilaya de Saida. Essai de photo-interprétation et étude de la végétation*. Mémoire de DEA, Université d'Alger.
- AIDOU, A. (1988).— Les écosystèmes à Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.), I : Caractères généraux. *Bulletin d'écologie terrestre (Biocénoses)*, 3: 1-15.
- AIDOU, A. (1989a).— Les écosystèmes à Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.), II phytomasse et productivité primaire. *Bulletin d'écologie terrestre (Biocénoses)*, 4: 70-90.
- AIDOU, A. (1989b).— *Les écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales*. Thèse Doct. État, Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.

- AIDOU, A. & AIDOU-LOUNIS, F. (1992).— Les ressources végétales steppiques des Hautes Plaines algériennes: évaluation et régression. Pp 307-309 in: A.Gaston, M. Kernick, & H.N. Le Houérou (eds). *Actes du 4ème Congrès International des Terres de Parcours*, CIRAD, Montpellier.
- AIDOU, A. & BOUCHENEB, N. (1990).— Variations floristiques et phénologiques interannuelles dans une steppe d'armoise blanche. *Bulletin d'écologie terrestre (Biocénoses)*, 5: 69-83.
- AIDOU, A., SLIMANI, H. & ROZE, F. (2011).— La surveillance à long terme des écosystèmes arides méditerranéens : quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie. *Ecologia Mediterranea*, 37: 17-32.
- AIDOU, A. & TOUFFET, J. (1996).— La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 3: 187-193.
- AIDOU, F. (1990).— Analyse syntaxonomique des groupements steppiques du complexe *Lygeum spartum* – *Artemisia herba-alba* – *Stipa tenacissima* du Sud-Ouest algérien. *Documents phytosociologiques*, n.s., 12: 103-121.
- AIDOU-LOUNIS, F. (1984).— *Contribution à la connaissance des groupements à sparte (Lygeum spartum L.) des Hauts Plateaux Sud-Oranais. Etude écologique et syntaxonomique*. Thèse 3ème cycle. Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.
- AIDOU-LOUNIS, F. (1997).— *Le complexe alfa-armoise-sparte (Stipa tenacissima L., Artemisia herba-alba Asso., Lygeum spartum L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille.
- 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: 7-8.
- BAIZE, D. (1988).— *Guide des analyses courantes en pédologie*. I.N.R.A, Paris.
- BENGUERAI, A., BENABDELI, K. & YEROU, H. (2014).— Apport de l'approche systémique des systèmes d'élevage à l'identification des sources de dégradation des terrains de parcours : cas de la région de Naâma, en Algérie. *Afrique Science*, 10: 205-214.
- BONNEAU, M. & SOUCHIER, B. (1979).— *Pédologie, constituants et propriétés du sol*. Masson, Paris.
- BURGHEIMER, J., WILSKÉ, B., MASEYK, K., KARNIELI, A., ZAADY, E., YAKIR, D. & KESSELMEIER, J. (2006).— Relationships between normalized difference vegetation index (NDVI) and carbon fluxes of biologic soil crusts assessed by ground measurements. *J. Arid Environ.*, 64: 651-669.
- CASNAVE, A. & VALENTIN, C. (1989).— *Les états de surface de la zone sahélienne, influence sur l'infiltration*. Éditions ORSTOM, Paris.
- CEBALLOS, A., MARTINEZ-FERNANDEZ, J., SANTOS, F. & ALONSO, P. (2002).— Soil-water behaviour of sandy soils under semi-arid conditions in the Duero Basin (Spain). *J. Arid Environ.*, 51: 501-519.
- CELLES, J.C. (1975).— *Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie)*. Thèse de Doctorat, Université de Nice.
- DAGET, P. (1980).— Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). Pp. 89-114 in: R. Barbault, P. Blandin & J. Meyer (eds). *Actes du colloque d'écologie théorique : Recherches d'écologie théorique : les stratégies adaptatives*. Maloine, Paris.
- DAGET, P. & POISSONET, J. (1971).— Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Annales d'Agronomie*, 22: 5-41.
- DJEBAILI, S. (1978).— *Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien*. Thèse. Doct. État. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- ESCADAFAL, R. (1981).— *L'étude de la surface du sol dans les régions arides (Sud-Tunisien)*. Doc. E.S 187, Div. Sols, Min. Agric. Tunisie.
- EVENARI, M., SCHULZE, E.-D. & LANGE, O.L. (1972).— The diurnal course of carbon dioxide exchange and transpiration and its balance in regard to primary production. Pp. 66-71 in: L.E. Rodin (ed.). *Ecophysiological foundation of ecosystems productivity in arid zone*. Nauka, Leningrad.
- FLORET, C. & PONTANIER, R. (1982).— L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. *Travaux et documents de l'ORSTOM*, 150: 1-544.
- FLORET, C. & PONTANIER, R. (1984).— Aridité climatique, aridité édaphique. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 131: 265-275.
- GUPTA, S.C. & LARSON, W.E. (1979).— Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water Resources Research*, 15: 1633-1635.
- HANIFI, N. (1979).— *Contribution à l'étude démographique et caryologique des espèces végétales dans une steppe à Artemisia herba-alba*. Mémoire de DEA, Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.
- HIRCHE, A., SALAMANI, M., ABDELLAOUI, A., BENHOUBOU, S. & VALDERRAMA, J.M. (2011).— Landscape changes of desertification in arid areas: the case of south-west Algeria. *Environ. Monit. Assess.*, 179: 403-420.
- HOUMANI, M., HOUMANI, Z. & SKOULA, M. (2004).— Intérêt de *Artemisia herba-alba* Asso. dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes. *Acta Bot. Gallica*, 2: 165-172.

- KADI-HANIFI-ACHOUR, H. (1998).— *L'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relation milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenir*. Thèse Doct. État, Université des Sciences et Technologies H. Boumediène. Alger.
- KAPPEN, I., LANGE, O., SCULZE, E., EVENARI, M. & BUSCHBAUM, U. (1972).— Extreme water stress and photosynthetic activity of the desert plant *Artemisia herba-alba*. *Oecologia*, 10: 177-182.
- LE HOUÉROU, H.N. (1969).— La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunis.*, 42: 1-624.
- LI, X.Y. (2002).— Effects of gravel and sand mulches on dew deposition in the semi arid region of China. *J. Hydrol.*, 260: 151-160.
- MAIRE, R. (1926).— *Notice de la carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie*. Baconnier, Alger.
- NOY-MEIR, I. (1973).— Desert ecosystems: Environment and producers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4: 25-51.
- OMARI, L. (2005).— *Contribution à l'étude d'un écosystème à Artemisia herba-alba dans le Sud-Oranais : Diagnostic phytoécologique et cartographique par télédétection spatiale*. Mémoire de Magister, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediène, Alger.
- POUGET, M. (1980).— *Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises*. Travaux et documents de ORSTOM. Orstom édition, Paris.
- POURRAT, Y. & HUBAC, C. (1974).— Comparaison des mécanismes de la résistance à la sécheresse chez deux plantes désertiques: *Artemisia herba-alba* Asso. et *Carex pachystilis* (J. Gay) Asch & Graobn. *Physiol. Veg.*, 12: 135-147.
- QUÉZEL, P. & SANTA, S. (1962-1963).— *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Vol. 1-2. CNRS, Paris.
- RUPELLAN, A. (1970).— *Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes : les sols à profils calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya*. Thèse Doc. État, Université de Strasbourg.
- RUTHERFORD, M.C. (1980).— Annual plant production-precipitation relations in arid and semi-arid regions. *S. Afr. J. Sci.*, 76: 53-56.
- 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.
- TRABUT, L. (1889).— *Étude sur l'Halfa*. Jourdan, Alger.
- WENT, F.W. (1949).— Ecology of desert plants. II: The effect of rain and temperature on germination and growth. *Ecology*, 30: 351-364.
- WU, N., ZHANG, Y. & DOWNING, A., (2009).— Comparative study of nitrogenase activity in different types of biological soil crusts in the Gurbantunggut Desert, North-western China. *J. Arid Environ.*, 73: 828-833.
- ZEMITI, B. (2001).— *Mécanismes de désertification dans une steppe à Armoise blanche (Artemisia herba-alba Asso.)*. Cas de la région d'EL May (Sud-Oranais, Algérie). Magister, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediène, Alger.
- ZOHARY, M. (1973).— *Geobotanical foundation of the middle East*. 2 vol. Fischer, Verlag, Stuttgart.