

# EVOLUTION OF THE PLANT COMMUNITIES OF ALFA (*Stipa tenacissima* L.) STEPPE IN ALGERIA

## EVOLUTION DES COMMUNAUTES VEGETALES DES STEPPE D'ALFA (*Stipa tenacissima* L.) EN ALGERIE

HIND CHAOUCH KHOUANE<sup>(1,2)</sup>, MOHAMED BELHAMRA<sup>(2)</sup>, AHMED AIDOU<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Département d'agronomie, Institut des sciences vétérinaires et sciences agronomiques, Université de Batna1. Algérie

<sup>(2)</sup>Laboratoire de diversité des écosystèmes et dynamique des systèmes de productions dans les zones arides, Université de Biskra. Algérie

<sup>(3)</sup>Unité mixte de recherche (UMR-CNRS) Ecobio, Université de Rennes 1. France

### RESUME

L'évolution des communautés végétales des steppes à dominance d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) situées dans la région sud-Algérois, est évaluée à travers une étude diachronique basée sur deux échantillonnages floristiques réalisés à une cinquantaine d'années d'intervalle. Les résultats font ressortir une régression de la végétation qui se traduit par un changement de composition floristique, accompagné d'une réduction de couvert végétal et de la contribution de *Stipa tenacissima* au tapis végétal, ainsi qu'un appauvrissement floristique. Ils montrent également que le surpâturage et les sécheresses récurrentes, sont les principaux facteurs impliqués dans cette situation.

**MOTS CLES:** Steppe-*Stipa tenacissima*-flore- dynamique-régression.

### ABSTRACT

The evolution of plant communities in the Alfa-dominated steppe (*Stipa tenacissima*) located in the southern Algiers region was assessed via a diachronic study that addressed floristic surveys carried out in two time scales. The results show a regression of the vegetation which results in a change of their floristic composition, accompanied by a reduction of vegetal cover and contribution of *Stipa tenacissima* in the vegetal carpet with an impoverishment in floristic richness. They also show that overgrazing and recurring droughts are the main factors involved in this situation.

**KEYWORDS:** Steppe-*Stipa tenacissima*-flora-dynamic-regression.

## 1 INTRODUCTION

Les parcours steppiques en Algérie, notamment ceux à alfa (*Stipa tenacissima* L.) occupaient de vastes espaces (Djebaili, 1978; Pouget, 1980) et détiennent une place écologique et socioéconomique de grande importance, en raison de sa répartition géographique bien différenciée et de son potentiel biologique (Le Houerou, 1995; Khelil, 1995; Kadi-Hanifi, 1998; Nedjraoui, 2003), ainsi que du rôle primordial qu'ils jouent dans la protection du sol et dans la lutte contre la désertification (Le Houerou, 1969, Cerdà, 1997; Jeddi et Chaieb, 2014). De plus, la steppe d'alfa fournit de multitudes services à l'industrie et le secteur pastoral (Harche, 1978; Akchiche et Messaoud, 2007; Dallel, 2012). Elle a subi, au cours des trente dernières années, une dégradation de plus en plus accentuée de ses composantes, sous l'effet de plusieurs facteurs naturels et anthropiques, ce qui affecte l'équilibre de cet

écosystème, engendrant la réduction du potentiel biologique et la destruction du milieu (Le Houerou, 1996, Aidoud et Touffet, 1996; Slimani et al., 2010; Aidoud et al., 2011, Moualy et al., 2011).

Le processus de régression de la végétation alfatière est amorcé depuis les années 1975 par plusieurs auteurs, notamment dans la région sud-Oranais (Aidoud, 1983, 1989a, 1994, Benabdeli, 1983; Nedjraoui, 1990, Melzi, 1993; Le Houérou, 1996 ; Aidoud et Touffet, 1996; Slimani et al., 2010; Aidoud et al., 2011). L'approche dynamique via la surveillance continue à long terme en sites permanents ou plus simplement par la comparaison diachronique d'écosystèmes à des intervalles de temps plus ou moins grands a été souvent considérée comme le meilleur moyen de connaître l'histoire de l'écosystème dégradé et de comprendre les changements. Cette approche vise également l'amélioration des connaissances relatives aux facteurs responsables et d'évaluer leurs impacts, comme elle semble fondamentale pour définir et orienter

les actions de restauration, de réhabilitation et de lutte contre la désertification, le stade le plus avancé de dégradation (Melzi, 1993, Aidoud et al., 2011; Jing et al., 2013 et Nedjraoui et al., 2016).

Dans le présent travail, nous avons étudié l'évolution des communautés végétales dans des steppes à dominance d'alfa (*Stipa tenacissima*) dans le Sud-Algérois. Pour cela, des relevés floristiques réalisés en 2017 dans les mêmes stations échantillonnées (Celles, 1975) entre 1960 et 1969. Notre objectif est de retracer, via une approche diachronique, les modifications de la flore qui ont pu survenir durant une cinquantaine d'années et d'en tirer les explications écologiques de ces changements. .

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Présentation de milieu d'étude

Pour arriver à notre objectif via la présente étude diachronique, nous avons eu recours aux données de végétation (relevés) de Celles (1975) récoltées entre 1960 et 1969 dans des steppes à dominance d'alfa dans la région Sud-Algérois. Ces relevés ont été repérés géographiquement avec suffisamment de précision pour permettre de les relocaliser. Nous avons pu ré-échantillonner 14 stations en 2017 qui restaient accessibles et ayant conservé leur caractère steppique. La distribution géographique des relevés dans la zone d'étude est représentée dans la figure 1.

Les positions géo-référencées, les caractéristiques topographiques et climatiques des stations sont mentionnées dans le tableau 1.

Les données climatiques proviennent de l'office national météorologique (ONM) et sont des moyennes de 30 ans. Des extrapolations faites pour quelques-unes par rapports aux stations météorologiques régionales les plus proches

ont été réalisées suivant la méthode de Seltzer (1946) et Djebaili (1984).

Nous appellerons « 1960 » les relevés réalisés durant les années 1960 dont les numéros seront précédés de la lettre A. Les numéros des relevés de « 2017 » seront précédés de la lettre B.



Figure 01: distribution géographique des relevés dans la steppe Algérienne

Tableau 01: localisation et caractéristiques des stations sources des relevés

Wilaya	Station	Relevé	longitude	latitude	Altitude (m)	Précipitations (mm)	Indice d'aridité
Djelfa	Messaad sud 1	199	3,56	34,12	795,00	243,20	24,29
Djelfa	Messaad sud 2	200	3,57	34,09	765,00	237,20	23,80
Djelfa	Ain Elbel	259	3,25	34,29	1008,00	285,80	28,03
Djelfa	Messaad nord 1	263	3,61	34,24	834,00	251,00	24,94
Djelfa	Messaad nord 2	264	3,60	34,31	947,00	273,60	26,91
Djelfa	Messaad nord 3	266	3,72	34,45	1150,00	314,20	30,85
Djelfa	Messad sud 3	489	3,29	34,01	760,00	236,20	23,72
Djelfa	Ain Ouessara	499	3,04	35,50	690,00	283,00	26,08
Msila	Ain Elmaleh	531	4,15	34,89	1009,00	320,50	29,22

Djelfa	Amoura	542	3,88	34,33	832,00	250,60	24,90
Biskra	Ain Zaatout	603	5,85	35,22	1227,00	387,80	36,14
Djelfa	Birine 1	628	3,24	35,58	736,00	231,40	23,34
Djelfa	Birine 2	629	3,29	35,51	719,00	228,00	23,08
Msila	Sidi Ameur	634	3,83	35,35	838,00	286,30	26,25

## 2.2 Méthodes d'échantillonnage

Notre objectif est d'évaluer les changements de composition floristique et du couvert végétal. Ce travail consiste ainsi principalement à réaliser des relevés floristiques dans les communautés végétales des steppes d'alfa localisées précédemment.

Pour cela nous avons respecté les conditions exigées pour la réalisation d'un relevé citées par Gounot (1969): surface adéquate, pour contenir un échantillon d'espèces représentatives de la communauté sans que le relevé ne déborde sur deux habitats différents. Cette uniformité de l'habitat est relativement respectée par l'exigence de l'homogénéité de la végétation, en n'incluant qu'un stade successional ou qu'une phase dynamique. Cependant d'après Le Floch (2008), la répartition des éléments de la végétation et du sol est le plus souvent très irrégulière en zones arides et semi-arides, ce qui rend cette notion d'homogénéité délicate à aborder.

Pour être pleinement rentables, les observations doivent être faites au moment de l'optimum floristique, c'est-à-dire quand la végétation est en plein développement et la plus facile à observer (Daget et Poissonnet, 2010). Dans notre cas, l'échantillonnage a été réalisé durant le printemps.

### 2.2.1 Recensement de la flore

Pour le recensement de la flore qui désigne l'énumération de tous les taxons qui entrent dans la constitution du tapis végétal (Daget et Poissonnet, 1971), nous avons eu recours à la méthode de l'aire minimale en plus de la lecture linéaire. Le procédé d'étude est très voisin de celui proposé par Braun-Blanquet pour la réalisation des inventaires phytosociologiques (Daget et Poissonnet, 1971 et Le Floch, 2008). Il consiste à dresser la liste des espèces dans une surface élémentaire réduite, puis à rechercher les espèces nouvelles dans des surfaces croissantes dont l'aire double de l'une à l'autre, elle est voisine généralement à 100 m<sup>2</sup> dans la steppe (Djebaili, 1978). Ce procédé permet d'obtenir plus facilement la liste floristique complète. La nomenclature taxonomique exploitée est celle de la flore de Quezel et Santa (1962-1963).

### 2.2.2 Recouvrement global de la végétation et contribution de *Stipa tenacissima*

Nous avons appliqué le relevé linéaire pour évaluer le recouvrement végétal total et la contribution de *Stipa*

*tenacissima* dans le tapis végétal. Cette méthode a été mise au point par Daget et Poissonnet (1971), une technique bien adaptée aux écosystèmes steppiques selon Aidoud (1983); Aidoud-Lounis (1984) et Nedjraoui (1990). Comme elle conviendrait bien à l'étude de l'évolution de la couverture végétale, lorsqu'il s'agit d'une ligne permanente (Gounot, 1969 et Aidoud, 1983). Elle consiste à placer entre deux piquets un ruban gradué de 10 à 20 m tendu au-dessus de la végétation, les lectures s'effectuent à l'aide d'une aiguille métallique tous les 10 ou 20 cm le long de la ligne (Gounot, 1969 et Le Floch, 2008).

Le recouvrement est défini comme étant le pourcentage de la surface du sol qui serait recouverte si on projetait verticalement sur le sol les organes aériens des individus de l'espèce (Gounot, 1969). La fréquence globale (souvent donnée comme étant le recouvrement global R de la végétation) exprime cette donnée en pourcentage du nombre total de points lus (Le Floch, 2008).

La Fréquence centésimale d'une espèce (FSCi) c'est le rapport exprimé en pourcents du nombre de présence de cette espèce au nombre total de points observés, elle est assimilée à un recouvrement de l'espèce (Daget et Poissonnet, 1971). Alors que la contribution spécifique (CSi) est égale au quotient de la fréquence spécifique centésimale de ce taxon (FSCi) par la somme des fréquences spécifiques de tous les taxons rencontrés dans le relevé, elle définit sa participation au tapis végétal (Daget et Poissonnet, 1971).

L'évaluation du recouvrement des taxons, mais aussi de la végétation, donne accès à une appréciation de l'état de la végétation, de son évolution (reconstitution, stabilité ou dégradation) (Le Floch, 2008). C'est un paramètre quantitatif efficace dans l'évaluation et le suivi de la désertification (Le Houerou, 1985).

## 2.3 Méthode de traitement statistique

Nous avons utilisé l'analyse statistique multivariée par ordination via l'analyse de correspondance "détendancée" (DCA) (*Detrended Correspondence Analysis*) (Hill et Gauch, 1980 in Ozinga et al., 2005). Cette analyse vise les mêmes objectifs que l'AFC (analyse factorielle des correspondances) et s'utilise sur certaines matrices de données à faible variabilité telles les matrices binaires (Glèlè Kakai et al., 2016). La DCA est une AFC modifiée avec deux corrections qui éliminent l'effet "arc" et l'effet de bordure pour lesquels l'AFC engendre une distorsion. Elle construit, comme l'AFC, l'axe 1 qui explique le mieux la variance de la composition des relevés mais la DCA

construit des axes secondaires de manière à ce qu'ils soient les moins corrélés avec les axes précédents (Ozinga et al., 2005).

Pour une classification hiérarchique ascendante des relevés (CHA), les similarités ou distances ont été mesurées par l'Indice de Jaccard (Chessel, 2008). Le dendrogramme des distances est obtenu par la méthode UPGMA (méthode non pondérée-groupe de paires en utilisant une moyenne arithmétique, Sokal et Michener, 1958).

Les deux analyses DCA et CHA ont été réalisés à l'aide du package *Vegan* sous R version 3.2.3. (Oksanen, 2015).

Une méthode d'interprétation est également utilisée en intégrant les variables environnementales citées dans le tableau 1 et des données de richesse floristique, de contribution de *Stipa tenacissima* et de couvert végétal (cf. annexe 2) sur l'ordination, les vecteurs (variables) sont représentés par des flèches; la direction de la flèche indique la direction des changements les plus rapides dans la variable environnementale et la longueur est proportionnelle à la corrélation entre ordination et la variable. Cette opération est réalisée par la fonction *envfit* du package *Vegan* sous R version 3.2.3 (Oksanen, 2015).

### 3 RESULTATS

#### 3.1 Bilan des occurrences des espèces en 1960 et 2017

Au total, 229 espèces ou taxons différents ont été relevés durant les deux périodes d'échantillonnage pour 14 stations. 103 espèces n'ont été recensées qu'une seule fois, les deux périodes confondues.

Le tableau de présence des espèces aux deux périodes 1960 et 2017 (cf. annexe 1), montre trois groupes d'espèces (tableau 2) :

- Le premier concerne les espèces communes aux deux périodes d'échantillonnage 1960 et 2017. Elles présentent 26,64% du total.
- Le deuxième groupe est celui des espèces inventoriées en 1960 et non retrouvées en 2017, elles représentent 66,36% du total.
- Le troisième groupe comporte 16 espèces, soit 07% du total, nouvellement apparues dans les relevés de 2017.

**Tableau 02 : Répartition des présences d'espèces dans les listes floristiques échantillonnées en 1960 et en 2017**

	cooccurrences	occurrences 1960	occurrences 1917	cooccurrences
Nombre	61	152	16	Nombre
%	26,64	66,36	07	%

#### 3.2 Le groupe d'espèces apparues dans les relevés de 2017

Le groupe d'espèces végétales apparues dans la liste floristique des relevés de 2017 présente le taux le plus faible avec 07% des espèces inventoriées dans les deux périodes. Avec 16 espèces, mentionnées dans le tableau 3, ce groupe est diversifié systématiquement mais le type biologique dominant est ce des thérophytes avec 10 espèces.

A l'exception d'*Atriplex canescens*, chaméphyte, introduite d'Amérique du Nord dans les plantations pastorales (station 629) par le HCDS pour l'amélioration des steppes. La majorité des espèces sont indicatrices de pâturage, certaines espèces sont qualifiées de post-culturelles, comme *Hordeum murinum* et *Euphorbia terracina* (Quezel et Santa, 1963).

**Tableau 03: liste des espèces végétales apparues dans les relevés de 2017**

Espèce	Type biologique (Quezel et Santa, 1963)	Répartition et écologie (Quezel et Santa, 1963)
<i>Atriplex canescens</i>	Chaméphyte	Cultivé (Originaire d'Amérique de Nord)
<i>Allium roseum</i>	Géophyte	Pâturage-forêt
<i>Atractylis carduus</i>	Hémicryptophyte	Pâturages rocailleux et sablonneux
<i>Diploaxis virgata</i>	Thérophyte	Dans toute l'Algérie
<i>Echinosperrum spinocarpos</i>	Thérophyte	Haut plateaux et Atlas Saharien
<i>Euphorbia granulata</i>	Thérophyte	Rocaille-pâturage désert-lit d'oueds
<i>Euphorbia terracina</i>	Thérophyte	Sables et cultures
<i>Ferula communis</i>	Hémicryptophyte	Dans toute l'Algérie sauf l'extrême sud
<i>Hedypnois cretica</i>	Thérophyte	Dans toute l'Algérie
<i>Hordeum murinum</i>	Thérophyte	Pâturage -cultures
<i>Launaea glomerata</i>	Thérophyte	Pâturage désertiques -Oueds
<i>Lolium multiflorum</i>	Thérophyte	Broussailles, pâturage, forêt

<i>Odontospermum pygmaeum</i>	Thérophyte	Terrain argileux, steppe, rocaille
<i>Onopordon arenarium</i>	Hémicryptophyte	Pâturages sablonneux
<i>Ranunculus gramineus</i>	Hémicryptophyte	Steppes –rocaille
<i>Sisymbrium thalianum</i>	Thérophyte	Forêt-maquis

### 3.3 Le groupe d'espèces non apparues dans les relevés de 2017

Le groupe d'espèces non apparues dans la liste floristique des relevés de 2017 et échantillonnées dans les relevés de 1960 (cf. annexe 1), présente le taux le plus élevé, avec 66, 36% de total des espèces inventoriées dans les deux périodes (tableau 2). Diversifié systématiquement et biologiquement, ce groupe contient 152 espèces appartenant à 22 familles, avec une majorité des Poaceae et des Asteraceae.

Plusieurs de ces espèces, leur présence est liée à celle de l'alfa telles que *Sedum sediforme*, *Dactylis glomerata*, *Centaurea incana* (Aidoud, 1989b). D'autres caractérisent le groupement à alfa Kaabèche (2000), tel que : *Cutandia divaricata*, *Brachypodium distachyum*, *Hedysarum spinosissimum*, *Medicago laciniata*, *Ononis serrata*. Notons aussi l'absence des autres espèces de genre *Stipa*, à l'exception de *Stipa parviflora*, tel que *Stipa barbata* et

*Stipa gigantea*.

D'autres espèces relevant de familles diverses constituent également la richesse des parcours steppiques Kaabèche (2000) : *Arnebia decumbens*, *Asteriscus pygmeus*, *Atractylis cancellata*, *Daucus sahariensis*, *Evax pygmaea*, *Herniaria fontanesii*, *Lonchophora capiomontiana*, *Muricaria prostrata*, *Scabiosa arenaria*.

### 3.4 Analyse de variation de richesse floristique, de contribution de *Stipa tenacissima* et de couvert végétal

La comparaison des relevés de 1960 et de 2017 (tableau 4), montre que globalement la richesse floristique a diminué de façon hautement significative. Bien que la contribution de *Stipa tenacissima* et le recouvrement de la végétation aient diminué, ces diminutions demeurent non-significatives.

Tableau 04: richesse floristique, contribution de *S. tenacissima* et couvert végétal des relevés de 1960 et de 2017

Richesse floristique		Contribution de <i>S. tenacissima</i> (en %)		Couvert végétal (%)	
1960	2017	1960	2017	1960	2017
33 ± 12	19 ± 06	37 ± 12	25 ± 12	56 ± 14	49 ± 07
p<0.001		p=0.080		p=0.187	

L'intervalle de confiance est donné au seuil de sécurité de 0.05 et la valeur de p est celle du test Student pour la comparaison de moyennes.

Tous les relevés ont marqué une diminution de richesse floristique, sauf le relevé 266 qui s'est enrichi de 11 espèces (figure 3).

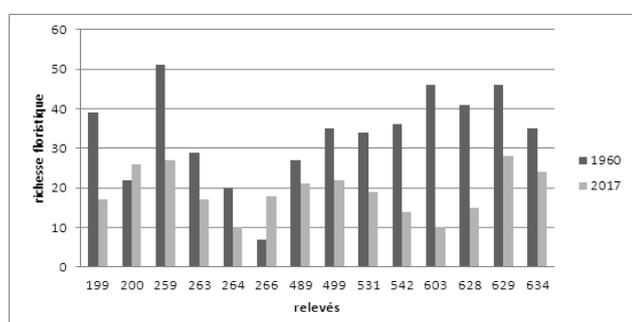


Figure 02: valeurs de richesse floristique dans les relevés de 1960 et de 2017

végétal, il est enregistré une disparition de l'alfa dans les relevés 199, 489 et 499, une augmentation de sa contribution dans les relevés 628 et 629 et une diminution dans le reste des relevés (figure 4).

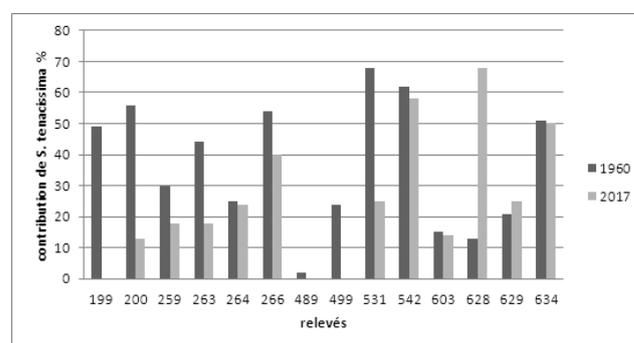


Figure 03: valeurs de contribution de *S. tenacissima* dans les relevés de 1960 et de 2017

Les valeurs de couvert végétal sont augmenté dans les relevés 199, 200, 259, 264 et 266, elles sont conservées

Concernant la contribution de *Stipa tenacissima* au tapis

dans les relevés 263 et 634 (figure 5).

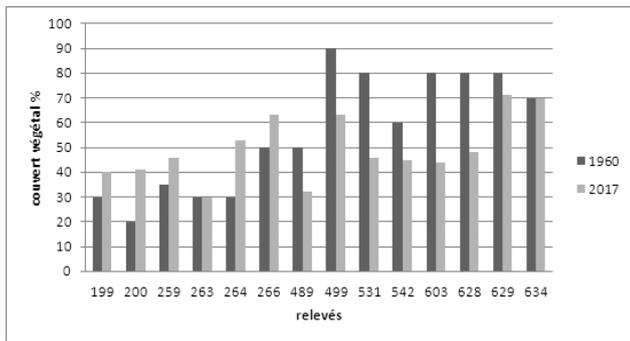


Figure 04: valeurs de couvert végétal dans les relevés de 1960 et de 2017

### 3.5 Résultats de l'analyse des données par classification et par ordination

Les communautés végétales de 14 stations échantillonnées entre 1960 et 1969 principalement dans les steppes d'alfa et re-échantillonnées en 2017, soit un total de 28 relevés avec 229 espèces, ont été analysées par une classification hiérarchique et par une DCA.

#### 3.5.1 Classification des relevés.

La classification basée sur la distance de Jaccard a donné un dendrogramme (figure 4) qui montre globalement, à quelques exceptions près, deux classes. Les relevés de 2017 sont intégralement regroupés en une seule classe et les relevés 1960 dans une autre. Il est remarquable également que la classe des relevés de 1960 est divisée à un niveau élevé en deux sous-classes, une comporte les stations situées dans le Nord de la région de Djelfa et l'autre comporte les stations situées dans le Sud.

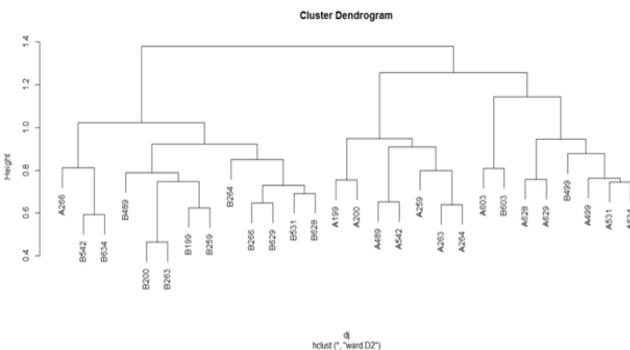


Figure 04: dendrogramme obtenu par la classification des relevés

#### 3.5.2 Ordination des relevés par DCA

La projection des relevés est présentée (figure 5) dans le plan des axes 1 et 2 dont les valeurs propres sont

respectivement de 0,54 et de 0,31. Les groupes obtenus par classification y sont confirmés et délimités. Les relevés A603, A628, A629, A634, A531, A499 et B603 échantillonnée en 2017 du côté positif de l'axe 1, sont situés dans le Nord-Est de la région de Djelfa (groupe A). Presque toutes les stations échantillonnées en 2017 (groupe B) en plus des relevés A542, A489, A263, A264, A266, A200, A259 et A199 sont distribués sur le côté négatif de l'axe 2. Ces stations sont situées dans le Sud de la région de Djelfa (groupe C).

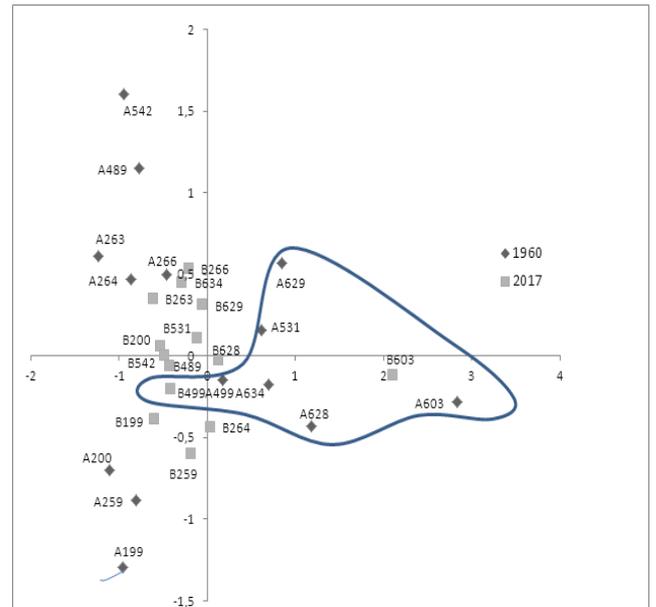


Figure 05: projection des relevés sur le plan des axes 1 et 2 de la DCA

Le groupe C comporte les relevés réalisés dans le Sud-Est de la région de Djelfa, A542, A489, A263, A264 et A266, situés du côté positif de l'axe 2, et A200, A259 et A199 du côté négatif de cet axe.

Une remarque fondamentale est que les points représentant les relevés 1960 sont plus dispersés que ceux de 2017 aussi bien sur l'axe 1 que sur l'axe 2. En position centrale de la figure 5, se situe le groupe B contenant pratiquement tous les relevés échantillonnés en 2017 et quelques relevés du groupe A. Ce groupe comporte les relevés A603, A628, A629, A634, A531 et A499 représentant les stations échantillonnées en 2017 et situées au Nord de la région de Djelfa. Leurs équivalents de 2017, le B603 mis à part, sont situés du côté négatif de l'axe 1.

Ces "déplacements" s'observent également le long de l'axe 2. Les stations 542, 489, 263, 264 et 266 échantillonnées dans le Sud-Est de la région de Djelfa ont transité du côté positif de l'axe 2 vers le côté négatif de cet axe. Cependant, un déplacement concerne, en sens opposé du côté négatif vers le côté positif de l'axe 2, concerne les stations 200, 259 et 199.

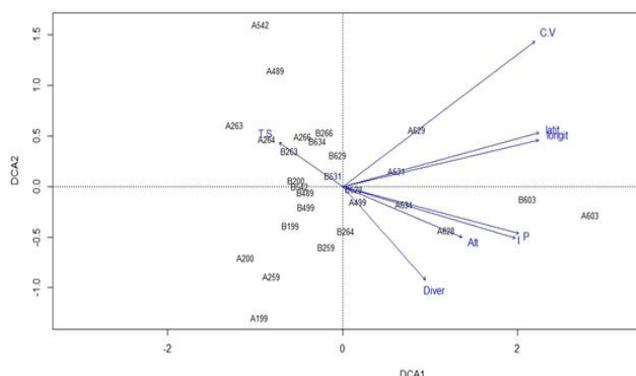


Figure 06: Projection des variables environnementales et des relevés sur le plan des axes 1 et 2 de la DCA

latitu : latitude, longit : longitude, P : précipitations, I : indice d'aridité, Alt : altitude, C.V. : couvert végétal, T.S : contribution % de *S.tenacissima*

Les variables environnementales (tableau 5, annexe 2) ont été introduites dans l'ordination afin de chercher d'éventuelles influences de ces variables sur la distribution des relevés dans l'analyse (figure 6).

Les variables longitude et altitude, ainsi que les variables climatiques: précipitations et indice d'aridité sont corrélées significativement et positivement avec l'axe 1 (tableau 5), ce qui correspond semble-t-il, à la position géographiques au nord de la région de Djelfa des relevés et situés de ce côté de l'axe1. Seule la variable couvert végétal est corrélée significativement et positivement avec l'axe 2 (tableau 5).

Tableau 05: corrélations des variables introduites dans l'analyse DCA

	DCA1	DCA2	r <sup>2</sup>	Pr (>r)
Longitude	0.97981	0.19995	0.4452	0.009 **
Latitude	0.97292	0.23116	0.4524	0.004 **
Altitude	0.93925	-0.34322	0.1802	0.169
Précipitations	0.97424	-0.22549	0.3629	0.021 *
Indice d'aridité	0.96807	-0.25069	0.3532	0.026 *
Richesse floristique	0.71670	-0.69738	0.1484	0.256
Contribution de <i>S. tenacissima</i>	-0.85693	0.51543	0.0608	0.583
Couvert végétal	0.83776	0.54604	0.5856	0.001 ***
Signif. des codes : 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' ' 1 Nomb. des permutations : 999				

### 3.5.3 Ordination des espèces

L'ordination des espèces présentée dans la figure 7, montre du côté positif de l'axe 1, un groupe d'espèces qui caractérise en particulier le relevé A603 échantillonné par Celles et B603 échantillonné en 2017. Ces espèces sont celles des matorrals telles que *Juniperus oxycedrus* et *Thymus algeriensis*. Ensuite, le long de cet axe, se retrouve un groupe d'espèces avec *Stipa tenacissima*, *Reseda alba*, *Micropus bobicinus*, *Helianthemum hirtum*, *Helianthemum papillaire*, *Scabiosa stellata* et *Avena alba*. Dans la partie négative de l'axe 1, apparaissent des espèces telles que *Artemesia herba alba*, *Lygium spartum* et *Noaea mucronata* avec *Atractylis serratuloides* et *Hordieum murinum*. Dans la partie négative de l'axe 2 en particulier, apparaissent des espèces telles que *Peganum harmala*, *Anabasis articulata*, *Thymelea microphylla*, *Arthrophytum scoparium*, *Poa bulbosa* et *Erodium triangulaire*.

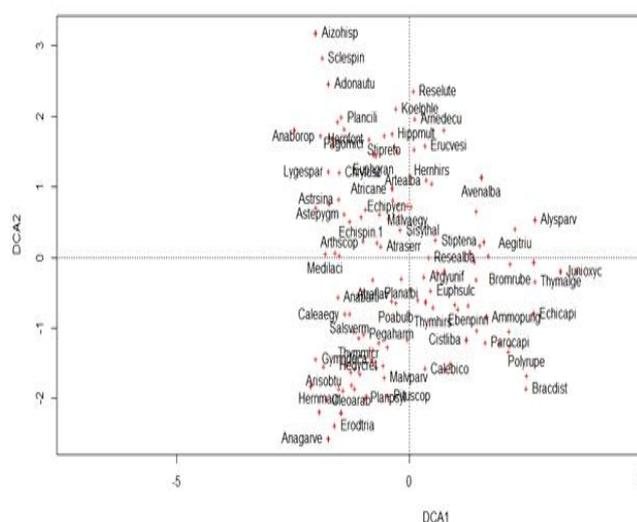


Figure 07: projection des espèces sur le plan des axes 1 et 2 de la DCA

#### 4 DISCUSSION

Utilisant une approche diachronique sur la base de deux échantillonnages, l'un réalisé durant les années 1960 (Celles, 1975) et le nôtre en 2017, l'objectif du présent travail est de faire ressortir et de caractériser les changements de végétation dans quelques stations de steppe d'alfa allant de groupement végétal spécifique des matorrals au groupement des steppes typiques où l'alfa domine avec parfois l'armoise blanche. Monjauze (1947) in Moulay et al. (2011) note que les nappes alfatières algériennes n'ont pas un caractère climacique et souligne cependant qu'elles constituent un état steppique d'une ou de plusieurs séries végétales, état qui, selon Djebaili (1978) et Le Houérou (1995), représenterait l'ultime stade de régression des formations forestières dans ces régions. Au plan dynamique, la majorité des groupements steppiques sont issus par dégradation des steppes à *Stipa tenacissima* (Le Houérou, 1969; Celles 1975; Djebaili 1978; Aidoud-Lounis, 1984).

L'alfa en tant qu'espèce dominante, participe à des groupements de matorrals et des groupements pré-forestiers, comme elle forme des groupements d'alfa en bon état mais également dans les steppes à alfa dégradées et/ou ensablées (Bouazza, 1991; Kadi-Hanifi, 1998; Boughani, 2014). Sa régression peut avoir des graves conséquences sur l'équilibre de l'écosystème tout entier après dégradation du sol et destruction de la communauté végétale typique de la steppe d'alfa dite "pure". Ceci se traduit notamment par l'appauvrissement de la diversité spécifique (Aidoud et Touffet, 1996) et entraîne une réduction de la richesse floristique (Melzi, 1993; Aidoud-Lounis, 1997) et une baisse de la phytomasse et de la production (Melzi, 1993; Aidoud et Touffet, 1996; Slimani, 2012).

De nombreux travaux d'inventaire écologique, parmi les plus récents ont souligné la dégradation (régression ou disparition) des steppes d'alfa. Cette steppe a subi une évolution régressive suivie et analysée par une surveillance à long terme dans le Sud-Oranais (Aidoud, 1994; Slimani et al., 2010; Aidoud et al., 2011). L'extinction progressive de l'espèce dominante *Stipa tenacissima*, constitue l'un des indicateurs de désertification (Dregne 1991 in Slimani, 2012; Aidoud et Touffet, 1996; Maestre et Escudero, 2009). La réduction progressive du couvert végétal traduit le plus souvent la dégradation de l'ensemble de l'écosystème (Daget et Poissonnet, 2010). Une telle régression peut être utilisée pour surveiller des variables liées aux processus de désertification (Maestre et Escudero, 2009).

Dans le cas présent, l'analyse des données a montré une plus grande dispersion des relevés de 1960 par rapport aux relevés de 2017, ce qui indique une végétation devenue moins diversifiée et plus banalisée, un des effets majeurs de la dégradation et de la désertification (Aidoud-Lounis, 1997; Lahmar-Zemiti et Aidoud, 2016). En effet, la richesse floristique globale relevée durant l'échantillonnage des années 1960 abaissée, en une cinquantaine d'années, de 66%.

La baisse de la richesse floristique enregistrée dans la majorité des relevés, s'accompagne souvent de la régression

de l'espèce dominante (Aidoud-Lounis, 1997), régression qui favorise l'installation et l'extension d'espèces mieux adaptées, des thérophytes en majorité (Aidoud, 1989a; Ghennou, 2014) et qui, produisant une grande quantité de graines, colonisent rapidement les espaces libres. C'est la thérophytisation (Barbero et al., 1990) indicatrice de dégradation. Signalons que ce sont les thérophytes qui représentent la catégorie naturellement dominante dans les communautés sous climat aride. Il s'agit de la "thérophytie" de Daget (1980). C'est également la catégorie la plus fluctuante dans des conditions où le facteur déterminant est la pluviosité (Aidoud, 1998). Il est ainsi possible d'imputer une baisse de la richesse spécifique à un déficit de pluie durant l'année d'observation, ce qui ne semble pas avoir été le cas durant l'année 2017.

La végétation, y compris celle des steppes arbustives ou de matorrals semble avoir beaucoup changé et subi une dynamique qui s'apparente à une succession végétale régressive. Ceci s'est traduit par un changement et une baisse du couvert végétal, allant des espèces caractéristiques des steppes d'alfa à d'autres indicatrices des steppes d'alfa dégradées à base de *Lygeum spartum* et *Noaea mucronata*. Seule, la station 603 située dans le nord-est de la région de Djelfa a été moins impactée et a gardé ces espèces typiques des matorrals à base de *Juniperus oxycedrus* et *Quercus ilex* en association avec *Stipa tenacissima*. Dans une steppe d'alfa pur, mise sous surveillance continue, la régression puis la disparition de cette espèce a entraîné celle de nombreuses espèces dont la présence est liée à celle de l'alfa telles que *Sedum sediforme*, *Dactylis glomerata*, *Xeranthemum inapertum* et *Centaurea incana* (Aidoud, 1989b).

Le changement de composition floristique fait ressortir trois principaux ensembles, allant d'un cortège floristique spécifique des matorrals où l'alfa est en association avec *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus* et *Thymus algeriensis*. Le deuxième présente des steppes typiques d'alfa qui domine avec *Artemisia herba-alba* dans quelques relevés. Le troisième est indicateur de steppes d'alfa dégradés avec l'apparition prononcée de *Noaea mucronata*, *Atractylis serratuloides* et *Lygeum spartum* dans certains relevés et d'*Arthrophytum scoparium* et de *Thymelaea microphylla* dans d'autres selon le climat local ou l'ensablement de surface.

Un certain nombre d'espèces, soit vu ses fréquences augmenter, soit recensé nouvellement en 2017. Ce sont pour la plupart, des espèces indicatrices de dégradation, soit parce qu'elles sont moins appréciées par les troupeaux, soit qu'elles apparaissent suite à un changement de milieu qui leur est devenu plus favorable (Le Houérou, 1969; Celles, 1975; Djebaili, 1978; Floret et Pontanier, 1982; Aidoud-Lounis, 1984; 1997). Parmi ces espèces, *Salsola vermiculata* ou surtout *Peganum harmala* dont la fréquence a été multipliée par neuf, sont des espèces des groupements rudéraux (cf. *Salsolo-Peganietalia* décrit par Aidoud F., 1990) favorisées par la présence de l'homme et de ses troupeaux. En parallèle de la "thérophytisation", on constate une "chamaephytisation" due à une prolifération des espèces dépourvues d'intérêt et délaissées par le bétail

comme les espèces des genres *Astragalus*, *Atractylis*, *Arthrophytum*, *Asphodelus*, *Carduncellus* (Moulay et Benabdeli, 2011; Ghiloufi et al., 2015). *Astragalus armatus* est une espèce indicatrice de dégradation qui se développe suite à une pression humaine intense (Floret et Pontanier, 1982). De nombreuses autres espèces sont évitées, en permanence ou temporairement, par les animaux en raison de leur caractère épineux comme *Onopordon arenarium*, *Echinops spinosus* ou des espèces du genre *Atractylis* telles que *A. carduus*, *A. flava* et *A. serratuloides* espèces fréquemment rencontrées en 2017.

Notons que certaines ont gagné un caractère d'espèce physionomiquement dominante comme *A. serratuloides*. Cette dernière domine actuellement la majorité des steppes et plus particulièrement celles de l'Ouest (Aidoud-Lounis, 1984) suite à la dégradation des steppes d'armoise et d'alfa. Aidoud- Lounis (1984) a présenté un modèle dynamique prédictif de la dégradation des steppes d'alfa qui montre deux trajectoires: (1) installation progressive en remplacement de l'alfa, d'*Artemisia herba alba*, qui peut être supplantée ensuite par d'autres espèces moins appétibles tel que : *Noaea mucronata*, *Atractylis serratuloides* et *Salsola vermiculata*; (2) l'alfa est remplacée par le *Lygeum spartum*, ensuite par *Thymelaea microphylla* et *Aristida pengens*, toutes ces espèces étant favorisées par l'ensablement de surface.

Le présent travail se focalise essentiellement sur le devenir de l'alfa ayant constitué l'espèce dominante durant longtemps. Une analyse de l'évolution de la végétation durant plus d'une trentaine d'années de la steppe d'alfa de Rogassa (Sud-Oranais) a montré également une dynamique régressive (Slimani, 2012; Slimani et Aidoud, à paraître 2018). En tant qu'élément dynamique essentiel, l'alfa a montré une régression de couvert de 86% depuis 1976 dans la mise en défens alors que l'espèce a pratiquement disparu dans les steppes voisines librement pâturés (Slimani et al., 2010). La dynamique régressive des ensembles végétaux, a fait ressortir trois ensembles ; le premier à *Stipa tenacissima* pur caractérisant le système témoin. Le deuxième à *Stipa tenacissima* dégradée et à *Lygeum spartum*, le dernier identifié est celui à *Lygeum spartum* dominant et à *Salsola vermiculata*, attestant de la disparition irréversible de *Stipa tenacissima* et d'un changement de la communauté végétale.

La steppe dominée par l'alfa couvrait 70% de la surface des hautes plaines steppiques (environ 12 millions ha), durant la deuxième moitié du XIXe siècle (Mathieux, 1891). Cette surface s'est réduite en un siècle, à 4 millions d'hectares (Boudy, 1950 in Moulay et al., 2011). Selon une dernière estimation du Haut-Commissariat de Développement des Steppes (HCDS, 2001), cette surface ne serait plus que de deux millions d'hectares. Cependant, cette valeur serait encore plus faible si l'on retranchait de cette dernière les surfaces dans lesquelles l'alfa n'est plus représenté que par des vestiges noirâtres de touffes mortes, simples témoins de l'existence passée de steppes d'alfa (Nedjraoui et Bedrani, 2008). Par ailleurs, la disparition de l'alfa en peuplement dense s'effectue lentement et, pour cela, c'est en densité ou en phytomasse qu'il faut quantifier cette régression et non

en surface (Aidoud, 1989a). Bensaid (2006) signale que 1, 2 Millions d'hectares ont été dégradés : 700000 ha de peuplements clairs dans lesquels l'alfa a complètement disparu et près de 500000 ha de nappes denses dans lesquelles la biomasse verte de l'alfa est passée en moyenne de 1750 Kg MS/ha à moins de 100 Kg MS/ha. Ainsi, qu'une diminution importante de la biomasse et de la productivité moyenne annuelle est enregistrée dans la région Sud-Algérois (Melzi, 1993) et de même que dans la région Sud-Oranais; la phytomasse de l'alfa a diminué de 2100 Kg MS/ha en 1976 à 572 Kg MS/ha (Aidoud et Nedjraoui, 1992). Aidoud et Aidoud-Lounis (1990) ont noté que dans les peuplements denses des plaines, le couvert de l'alfa passe en moyenne de 30 à 3% et sa phytomasse verte de 1750 à 75 kg MS/ha, entre 1978 et 1990. Pendant que les peuplements clairs, enregistrent un dépérissement total de l'espèce (Aidoud et Touffet, 1997). La perte de densité d'alfa est évaluée à une moyenne de 80 touffes/ha annuellement (Moulay et al., 2011).

La répartition de la végétation reflète l'ensemble des conditions qui y règnent où la signification écologique de la présence d'une espèce végétale indicatrice varie énormément avec l'importance de ses exigences (Gounot, 1969). Il suffit d'une modification même faible de l'une des interactions entre (climat, sol, homme, cheptel, animaux sauvages) pour que tout le réseau en soit modifié et que la végétation évolue (Daget, 1978 in Daget et Poissonnet, 2010). La régression d'une espèce peut être causée par plusieurs facteurs : le Climat, l'action des parasites, l'efficacité insuffisante des moyens de dissémination; facilitant la concurrence d'autres espèces et l'action de l'homme qui représente le facteur de régression le plus important (Ozenda, 1982).

Les auteurs Djebaili et al.(1989); Le Houérou (1996); Aidoud et Touffet (1996); Kadi-Hanifi et al. (2005); Slimani et al. (2010); Moulay et al. (2011); Nedjimi et Guit (2012); Nedjraoui et Bedrani (2008) et Hasnaoui et Bouazza (2015), s'accordent dans les grandes lignes sur les causes de la régression des steppes en Algérie, en particulier celle de l'alfa. Le présent travail le confirme par les changements observés à près de 50 années d'intervalle, changements qui indiquent une conjonction de pratiques humaines irrationnelles se traduisant toutes par une surexploitation des ressources végétales. Défrichement abusif, labour, cueillette de l'alfa pour l'industrie du papier et enfin et surtout surpâturage imposé par un effectif ovin en croissance continue et une réduction des surface des parcours pastoraux, le tout accompagné par une pression démographique en forte progression sont les divers moteurs de cette régression. Celle-ci est aggravée par les conditions naturelles précaires dont la fragilité des sols (Pouget, 1980; Achour-Kadi Hanifi et Loisel, 1997), celle du couvert végétal, en particulier des graminées vivaces (Frutos et al., 2015) et l'aridité (Noy-Meir, 1973; Garcia-Fayos et Gasque, 2002) constituent les caractéristiques principales. Un climat contraignant, irrégulier avec une période sèche estivale naturelle mais pouvant aller jusqu'à 9 mois voire plusieurs années (Benabadji et Bouazza, 2000; Hirche et al., 2010; Slimani et al., 2010).

## 5 CONCLUSION

L'étude de l'évolution de la composition floristique des communautés végétales des steppes d'alfa dans le Sud-Algérois, a été réalisée via une comparaison diachronique des stations dont la végétation a été échantillonnée à une cinquantaine d'années d'intervalle. Ce travail a montré une dynamique régressive de la végétation qui s'est traduite par une réduction de couvert végétal, une baisse de la richesse floristique et de la contribution de l'espèce dominante (*Stipa tenacissima*) au tapis végétal. Ces changements qui s'accompagnent de l'apparition et la dominance progressive d'espèces de moindre intérêt, affectent l'équilibre écologique et socioéconomique de l'écosystème, ce qui aboutit à long terme à la désertification qui est le stade le plus avancé de dégradation. Notre travail confirme celui de nombreux autres écrits. Cet état est le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs anthropiques et/ou naturels, particulièrement le surpâturage et la sécheresse. Une situation qui réclame des interventions immédiates et efficaces de restauration et de réhabilitation de la steppe algérienne, basées sur les connaissances existantes mais exige également des travaux plus approfondies afin de mieux comprendre certaines problématiques qui se posent en obstacle au développement de la steppe.

## REFERENCES

- [1] Achour-Kadi Hanifi H. et Loisel R., 1997. Caractéristiques édaphiques des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie en relation avec la dynamique de la végétation. *Ecologia mediterranea*, vol. 23 : 33-43.
- [2] Aidoud A., 1983. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud-Oranais. Phytomasse, Productivité Primaire et applications pastorales. Thèse 3ème cycle. Univ. Sci. Tech. H. Boumediène, Alger, 245p.
- [3] Aidoud A., 1989a. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques pâturés. Hautes Plaines Algéro-Oranaises (Algérie). Thèse doct. , Univ. Sci. Tech. H. Boumediène, Alger, 240p.
- [4] Aidoud A., 1989b. Les steppes à alfa : ressource en perdition. *Ann. Inst. Natio. Agro. El-Harrach*, vol. 13 (1): 80-90.
- [5] Aidoud A. et Aidoud-Lounis F., 1990. La végétation steppique des hautes plaines : principaux indicateurs de dégradation et de désertification. *Techniques et sciences*, vol. 3 : 26-33.
- [6] Aidoud A. et Nedjraoui D., 1992. The steppes of alfa (*Stipa tenacissima* L.) and their utilisation by sheeps. In *Plant animal interactions in mediterrean-type ecosystems*. MEDECOS VI, Greece: 62-67.
- [7] Aidoud A., 1994. Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie, cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). *Paralelo*, vol. 37 (16) : 33- 42.
- [8] Aidoud A. et Touffèt J., 1996. La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, vol. 7: 187-93.
- [9] Aidoud A., 1998. Fonctionnement des écosystèmes Méditerranéens. Conférences du réseau MESOE (Méditerranée Enseignement Secondaire Observation et Environnement), 50 p.
- [10] Aidoud, A., Slimani, H. et 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*, vol. 37: 17-32.
- [11] Aidoud F., 1990. Analyse syntaxonomique des groupements steppiques du complexe *Lygeum spartum*-*Artemisia herba-alba*-*Stipa tenacissima* du Sud-Ouest algérien. *Documents phytosociologiques*, vol. 12: 103-121.
- [12] Aidoud-Lounis F., 1984. Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum* L.) des Hauts Plateaux Sud-Oranais. Etude écologique et syntaxonomique. Thèse 3ème cycle Univ. Sci. Tech. H. Boumediène, Alger, 256p.
- [13] Aidoud-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 Doct. Univ. d'Aix-Marseille, Marseille, 198 p.
- [14] Akchiche O. et Messaoud Boureghda Kh., 2007. Esparto grass (*Stipa tenacissima*), raw material of papermaking. First part, ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, vol. 4: 25-30.
- [15] Barbero M., Bonin G., Loisel R., Quézel P., 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin. *Vegetatio*, vol. 87 (2): 151-173.
- [16] Benabadi N. et Bouazza M., 2000. Quelques Modifications Climatiques Intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale) .*Rev. Energ. Ren.*, vol. 3: 117-125.
- [17] Benabdeli K., 1983. Mise au point d'une méthode d'appréciation de l'action anthropozoogène sur la végétation. Thèse doct. Univ. D'Aix-Marseille III, Marseille, 182 p.
- [18] Bensaid, A., 2006. SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : Le cas de la wilaya de Naâma (Algérie).Thèse Doct. Univ. Es-Senia, Oran, 299p.
- [19] Bouazza M., 1991 - Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenacissima* L., au Sud de Sebdou (Oranie - Algérie). Thèse Doct. Sciences Univ. Aix-Marseille III, Marseille, 117 p.
- [20] Boughani A., 2014. Contribution à l'étude phytogéographique des steppes algériennes (Biodiversité et endémisme). Thèse Doct. Univ. H. Boumediène, Alger, 292p.
- [21] Celles J.C., 1975. Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie). Thèse Doct. Univ. Nice, Nice, 366 p.
- [22] Cerdà A., 1997. The effect of patchy distribution of *Stipa tenacissima* on runoff and erosion .*Journal of arid environments*, vol. 36: 37-51.

- [23] Chessel D., 2008. Dissemblance et diversité. Notes de cours cssb9. M2 Ecologie, Evolution, Biométrie, UE Description Statistique des Structures Biologiques, 36p.
- [24] Daget P., 1980. Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). In: Barbault R., Blandin P., Meyer J. Actes du colloque d'écologie théorique : Recherches d'écologie théorique : les stratégies adaptatives. Paris.
- [25] Daget Ph. et Poissonnet J., 1971. Analyse phytologique des prairies, critères d'application. Ann. Agron., vol. 22 (1) : 5-41.
- [26] Daget Ph. et Poissonnet J., 2010. Prairies et pâturages : méthodes d'étude de terrain et interprétations. Avec la collaboration de Johann Huguenin. CIRAD, 955 p.
- [27] Dallel M., 2012. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima* L.) : Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil. Thèse Doct. Univ. Haute Alsace, 153p.
- [28] Djebaili S., 1978. Recherche phytosociologique et écologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas Saharien Algérien. Thèse Doct. Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 229 p.
- [29] Djebaili S., 1984. Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. Office des publications universitaires (OPU), Alger, 182 p.
- [30] Djebaili S., Djellouli Y. et Daget P., 1989. Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algériens. Fourrages, vol. 120 : 393-400.
- [31] Floret C. et Pontanier R., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne. Travaux et Documents d'Orstom, Paris. 544 p.
- [32] Frutos A., Navarro T., Pueyo Y., Alados C. L., 2015. Inferring resilience to fragmentation-induced changes in plant communities in a semi-arid Mediterranean. PLoS ONE, vol. 10 (3): 18 p.
- [33] Garcia-Fayos P. et Gasque M., 2002. Consequences of a severe drought on spatial patterns of woody plants in a two-phase mosaic steppe of *Stipa tenacissima* L. Journal of Arid Environments, vol. 52: 199-208.
- [34] Ghennou S., 2014. Contribution à une étude dynamique de *Stipa tenacissima* L. dans le Sud-Ouest de la région de Tlemcen. Mémoire Mag. Univ. Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 178p.
- [35] Ghiloufi W., Quéro Pérez J.L., García-Gómez M., Chaieb M., 2015. Assessment of species diversity and state of *Stipa tenacissima* steppes. Turk J Bot., vol. 39: 227-237.
- [36] Glèlè Kakaï R., Salako V. K., Padonou E. A. et Lykke A. M., 2016. Méthodes statistiques multivariées utilisées en écologie. Annales des Sciences Agronomiques, vol. 20 : 139-157.
- [37] Gounot M., 1969. Méthodes d'étude de la végétation, Lib. Masson, Paris, 314 p.
- [38] Harche M., 1978. Contribution à l'étude de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie: Germination, croissance des feuilles et différenciation des fibres. Thèse Doct. Univ. de Lille, 131 p.
- [39] Hasnaoui O. et Bouazza T., 2015. Indicateurs de dégradation des bio-ressources naturelles de l'Algérie occidentale: Cas de la steppe de la wilaya de Saida. Algerian journal of arid environment, vol. 5(1): 63-75.
- [40] H.C.D.S. (Haut-Commissariat au Développement de la Steppe), 2001. Problématique des zones steppiques et perspectives de développement Rap. Synth, 10 p.
- [41] Hirche A., Salamani M., Abdellaoui A., Benhouhou S., Valderrama J. M., 2010. Landscape changes of desertification in arid areas: the case of south-west Algeria. Environ. Monit. Assess., vol.179: 403-420.
- [42] Jeddi K. et Chaieb M., 2009. The effect of *Stipa tenacissima* tussocks on some soil surface properties under arid bioclimate in the southern Tunisia, Acta Botanica Gallica: Botany Letters, vol. 156 (2): 173-181.
- [43] Jing Z., Cheng J., Chen A., 2013. Assessment of vegetative ecological characteristics and the succession process during three decades of grazing exclusion in a continental steppe grassland. Ecological Engineering, vol. 57: 162-169.
- [44] Kaabèche M., 2000. Guide des habitats arides et sahariens : Typologie phytosociologique de la végétation d'Algérie, 59p.
- [45] Kadi Hanifi H., 1998. L'alfa en Algérie: Syntaxonomie, relation milieu: végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doct. Univ. H. Boumediène, Alger, 265 p.
- [46] Kadi-Hanifi H., Sadji A. and Amghar F., 2005. The impact of anthropic action and aridity on the pastoral production in the *Stipa tenacissima* L. steppes of Algeria. Options Méditerranéennes, Séries A, vol. 67 : 61- 66.
- [47] Khelil, M.A., 1995. Le peuplement entomologique des steppes à alfa (*Stipa tenacissima* L.). Office des Publications Universitaires, Alger, 42 p.
- [48] Lahmar-Zemiti B. et Aidoud A., 2016. Suivi à long-terme dans la steppe d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) du sud-oranais (Algérie): Facteurs et indicateurs de changements. Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol. 71 (2): 168-177.
- [49] Le Floc'h E., 2008. Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Contribution technique n°1, ROSELT/OSS, 176 p.
- [50] Le Houerou H. N., 1969. La végétation de la Tunisie steppique. Ann. Inst. Natl. Rech. Agron. Tunis, vol. 42 (5): 624p.
- [51] Le Houerou H.N., 1985. La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission, de consultation et d'évaluation. Alger : ministère de l'Agriculture, 19 p.
- [52] Le Houerou H.N., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes, sér. B, recherches et études : 1-396.
- [53] Le Houerou H.N., 1996. La régression de *Stipa tenacissima* L. graminée pérenne, un indicateur de

- désertification des steppes algériennes. Sécheresse, vol. 7: 87-93.
- [54] Maestre F. T. et Escudero A., 2009. Is the patch size distribution of vegetation a suitable indicator of desertification processes?. Ecology, vol. 90 (7) : 1729-1735.
- [55] Mathieu A., 1891. Les hauts-plateaux oranais, rapport de mission. Ed. Hachette BNF, Paris, 106 p.
- [56] Melzi S., 1993. Evolution de la végétation et du milieu dans la région présaharienne des steppes algériennes. Sécheresse, vol. 4: 113-116.
- [57] Moulay A., Benabdeli K. et Morsli A., 2011. Contribution à l'identification des principaux facteurs de dégradation des steppes à *Stipa tenacissima* du sud-ouest Algérien. Mediterranean, vol. II (22) : 149-188.
- [58] Moulay, A., et Benabdeli, K., 2011. Considérations sur la dynamique de la steppe à alfa dans le sud-ouest oranais. Journées scientifiques de l'INRF, Ain Sekhouna, 7 p.
- [59] Nedjimi B. et Guit B., 2012. Les steppes algériennes: causes de déséquilibre. Algerian journal of arid environment, vol. 2 (2): 50-61.
- [60] Nedjraoui D., 1990. Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) aux conditions situationnelles: contribution à l'étude du fonctionnement de l'écosystème steppique. Thèse Doct. Univ. H. Boumediène, Alger, 133 p.
- [61] Nedjraoui D., 2003. Le profil fourrager de l'Algérie. FAO, 30p.
- [62] Nedjraoui D. et 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 (1) : <http://vertigo.revues.org/5375>.
- [63] Nedjraoui D., Hirche A., Boughani A., Salamani M., Bouzenoune A., Hourizi R., Omari L. et Slimani H., 2016. Surveillance à long terme des écosystèmes steppiques et suivi de la désertification. Cas de la steppe du Sud Ouest. Biocénose, vol. 2 : 5-21.
- [64] Noy-Meir I., 1973. Desert ecosystems: Environment and producers. Annu. Rev. Ecol. Syst., vol.5: 195-214.
- [65] Oksanen J., 2015. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. 43p.
- [66] Ozenda, 1982. Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin. Paris, 413 p.
- [67] Ozinga W. A., Schaminée J. H. J., Bekker R. M., Bonn S., Poschlod P., Tackenberg O., Bakker J. and van Groenendael J. M., 2005. Predictability of plant species composition from environmental conditions is constrained by dispersal limitation. Oikos, vol. 108: 555-561.
- [68] Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. Travaux et documents d'Orstom, Paris. 569 p.
- [69] Quezel et Santa, 1962-63. La nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 tomes. Ed. CNRS, Paris, 1170p.
- [70] Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Carbonel, Alger, 219 p.
- [71] Slimani H., Aidoud A. et Rosé F., 2010. 30 years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification. J. Arid Environment, vol. 74: 685-691.
- [72] Slimani H., 2012. Mécanismes de désertification de la steppe des Hautes Plaines d'Algérie : cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). Thèse Doct. Univ. H. Boumediène, Alger, 126 p. Sokal R.R. and Michener C.D., 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. Univ. Kans. Sci. Bull., vol. 28:1409-1438.
- [73] Slimani H., Aidoud A. 2018 (à paraître). Quarante ans de suivi dans la steppe de Sud-Oranais (Algérie) : changement de diversité et de composition floristique. Revue d'écologie (Terre et vie), vol. 73 (3) : xxx-xxx.