

## **Importance d'une banque de semences du sol pour régénérer des parcours camelins algériens**

**B Khenfer\*, A Chehma et J Huguenin<sup>1</sup>**

*Laboratoire Bio-ressources sahariennes: Préservation et valorisation. Université d'Ouargla, 30.000 Ouargla, Algérie*

*\* [khenferbiologie@gmail.com](mailto:khenferbiologie@gmail.com)*

*<sup>1</sup> CIRAD -UMR SELMET: Systèmes d'Élevage Méditerranéens et Tropicaux- TA C-112/A - 34398 Montpellier cedex 5 - France*

### *Résumé*

L'étude porte sur l'impact potentiel d'une banque du sol sur le renouvellement de la végétation pastorale nécessitée par les contraintes climatiques. Des échantillons de sols des écosystèmes pâturés sahariens du Sud algérien ont été prélevés dans 6 types de parcours pendant l'hiver 2017 puis placés dans des plateaux de serre. Seulement 31 espèces ont germé dont un plus grand nombre d'espèces éphémères (27) surtout de 4 familles sur 19: Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae et Caryophyllaceae. Par contre, les relevés floristiques en surface ont permis d'inventorier 63 espèces, avec une dominance d'espèces éphémères (36) surtout de 4 familles sur 22: Asteraceae, Chenopodiaceae, Poaceae et Fabaceae. Le test de l'ANOVA montre qu'il y a une tendance pour une différence significative entre la richesse spécifique de la végétation en place ( $p = 0,002$ ) et celle de la banque de graines ( $p < 0,001$ ). Le plus grand nombre de plantes est issu des parcours sahariens type lits d'oueds et dépressions et le nombre le plus faible provient de parcours de sols salés. La similitude entre la densité des banques de semences et de la végétation en place était faible (indice de Jaccard = 0,36) indiquant que la banque de semences seule ne serait pas suffisante pour la régénération de toute la végétation. Les indices des similarités les plus élevés ont été attribués aux parcours sahariens types sols salés (0,25) et lits d'oueds (0,20). Il faudra donc aussi conserver la végétation de surface sous forme de banque de graines collectées au printemps, mise en défens, ou même pépinières pour pouvoir la régénérer.

**Mots-clés:** *dromadaire, graine, régénération, ressources fourragères*

## **Importance of a soil seed bank to regenerate Algerian camel rangeland**

### *Abstract*

The study focuses on the potential impact of a soil bank on the renewal of pastoral vegetation required by climatic constraints. Soil samples from Saharan grazed ecosystems in Southern Algeria were collected from 6 types of rangelands during 2017 winter and then placed in greenhouse plateaus. Only 31 species germinated, including a larger number of ephemeral species (27) mainly from 4 families on 19: Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae and Caryophyllaceae. On the other hand, surface floristic

surveys have allowed to inventory 63 species, with a predominance of ephemeral species (36) mainly from 4 families on 22: Asteraceae, Chenopodiaceae, Poaceae and Fabaceae. The ANOVA test shows that there is a trend for a significant difference between the specific richness of the vegetation in place ( $p = 0.002$ ) and that of the seed bank ( $p < 0.001$ ). The largest number of plants comes from Saharan routes such as wadi beds and depressions and the smallest number comes from salt soil routes. The similarity between the density of the seed banks and the existing vegetation was low (Jaccard index = 0.36) indicating that the seed bank alone would not be enough for the regeneration of all the vegetation. The indices of the highest similarities were attributed to the typical Saharan salt soil (0.25) and wadi beds (0.20). It will therefore also be necessary to preserve the surface vegetation in the form of a seed bank collected in spring, put in tusks, or even nurseries to be able to regenerate it.

**Keywords:** camel, forage resources, regeneration, seed

## *Introduction*

Les parcours sahariens présentent une grande diversité géomorphologique (ergs, lits d'oued, regs, etc.) avec différentes compositions floristiques (Médail et Quézel, 2018). Il s'agit, le plus fréquemment, de pâturages camélins. Les dromadaires sont, le plus souvent, les seuls animaux d'élevages à valoriser cet espace désertique pouvant être qualifié d' "écosystème pâturé désertique" qui couvre plus de 1/3 du Sahara algérien (Chehema et al 2004, Trabelsi et al 2017). Les petits ruminants peuvent également valoriser certains de ces parcours, mais de façon exceptionnelle (Gamoun, 2012).

Le camelin, par son comportement, n'affecte pas le couvert végétal saharien. Il contribue même à son renouvellement (Trabelsi, 2016). Toutefois, dans certaines zones, les conditions présentent de sévères vulnérabilités qui imposent une grande pression sur l'écosystème. Les pressions éoliennes affectent non seulement l'état de la végétation mais aussi bien accentuent l'intensification de l'érosion des sols, avec notamment le manque d'eau, ce qui rend difficile la prolifération et même le maintien de cette flore qui recule et se dégrade.

Notre question porte sur la contribution des banques de semences du sol des pâtures au maintien du couvert végétal. Constituent-elles un élément essentiel dans la résilience et la fonctionnalité des écosystèmes pâturés ? Nos hypothèses considèrent: i) qu'elles interviennent dans le renouvellement et la régénération des plantes (González-Alday et al 2009); ii) qu'elles contribuent à la conservation des ressources biologiques et la succession de la végétation, mais de façon différente suivant les géomorphologies (Li et al 2009, Harper 1977, McGraw et al 1991, Hills and Morris 1992); iii) qu'elles participent aux facultés de résilience de la végétation de ces zones sous fortes contraintes biophysiques (Gamoun, 2012); iv) qu'elles sont une composante essentielle dans les écosystèmes désertiques (Kemp 1989, Nathan and Muller-landau 2003, Meyer and Pendleton 2005, Koontz et Simpson 2010), et peuvent être utilisées pour décrire la composition de nouveaux individus dans les communautés (Elizabeth et al 2006).

Devant cette situation et problématique, et pour avoir les données de base qui contribuent à la prolifération et la régénération de la ressource pastorale saharienne, nous nous sommes intéressés à l'étude de la banque de graines du sol afin de déterminer 1) dans quelle mesure les communautés végétales des parcours sahariens possèdent une banque de semences du sol, 2) quelle est la similitude entre la composition de la banque de semences du sol et la flore aérienne (hypothèse transversale).

## *Matériel et méthodes*

Nous avons réalisé nos prélèvements dans six types géomorphologiques de parcours sahariens relevant de deux régions du Sud-Est algérien (Ouargla; N 6°03'00'', E 0°05'33 et Ghardaïa; N 3°40'00'', E 0°29'32). Sur chaque parcours, trois parcelles de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>) ont été prises en compte pour deux raisons: pour le prélèvement de la banque de graines et pour des relevés floristiques. Sur chaque parcelle, un échantillonnage subjectif a été réalisé pour le prélèvement du sol en hiver 2017, et sur ces stations des relevés floristiques ont été effectués au printemps 2017. Au total, 90 échantillons de sols ont été prélevés dans les 18 stations représentant tous les parcours sahariens. Le choix d'échantillonnage du sol a été fait en hiver pour s'assurer s'il y avait un stock semencier enfoui dans le sol qui n'arrive pas à germer avant le printemps, saison du développement végétatif (Chehema 2005, Chehema et al 2008b).

La méthode d'émergence des semis adoptée pour notre expérimentation, est celle décrite par Grime (1989). Cette technique est couramment utilisée pour étudier la banque de graines du sol en raison de sa rapidité d'exécution et surtout sa fiabilité dans les écosystèmes désertiques (Zhao and Li 2003; Zhao et al 2005, Su et al 2007, Ma et al 2010). Elle consiste à identifier les plantes germées à partir d'échantillons de sols placés dans des conditions expérimentales favorables. Les échantillons représentatifs de chaque parcours sont ensuite mélangés et homogénéisés, puis traités comme un seul échantillon, dont 5 répétitions ont été effectuées, en distribuant une couche de terre recueillie de 8 mm (maximum 1 cm) sur un substrat de culture (couche de terreau et de gravier). Les bacs de germination ont été installés sous une serre en verre à une température ambiante journalière allant de 15 à 40° C, avec un suivi hebdomadaire (irrigation régulière, comptage des plantules germées, ...). L'identification des plantes a été faite à l'aide de la description de la flore du Sahara (Ozenda 1991, Ozenda 2004) et du catalogue de Chehema (2006).

### Analyses statistiques

Une analyse de variance (one- way ANOVA, SPSS Version 25), a été réalisée pour comparer la composition spécifique de la végétation en place, ainsi que pour comparer la richesse des banques de graines du sol entre elles. L'indice de Jaccard (Is) a été calculé pour comparer la composition en espèces de la banque de semences du sol et la végétation en surface:  $Is = C / (A+B)$  avec A: nombre d'espèces retenues que dans de la banque de graines, B: nombre d'espèces retenues que dans la végétation de surface et C: nombre d'espèces communes entre la banque de graines et la végétation.

## *Résultats et discussion*

### Composition floristique réelle des parcours sahariens

Au total, 63 espèces végétales ont été recensées aux niveaux des stations d'étude, appartenant à 22 familles, réparties en 27 espèces vivaces et 36 espèces éphémères (Figure 1 et Annexe 1). On peut noter aussi que sur les 22 familles recensées, 4 familles (Asteraceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Fabaceae) comportent à elles seules presque la moitié des espèces inventoriées (30 sur 63). 9 familles ne sont représentées que par une seule espèce, et les autres contribuent par un pourcentage relativement faible (inférieur à 6%) (Figure 1a).

Dans ce contexte, nos résultats sont conformes à de nombreux travaux qui montrent que les Asteraceae, les Poaceae et les Fabaceae sont les familles les plus abondantes dans le Sahara

septentrional algérien (Monod 1992, Ozenda 2004, Chehma 2005, Chehma et Youcef 2009). D'ailleurs, Fawzy et al (2018) ont indiqué que les Asteraceae, les Fabaceae et les Chenopodiaceae sont les plus grandes familles en nombre d'espèces dans le désert d'Egypte.

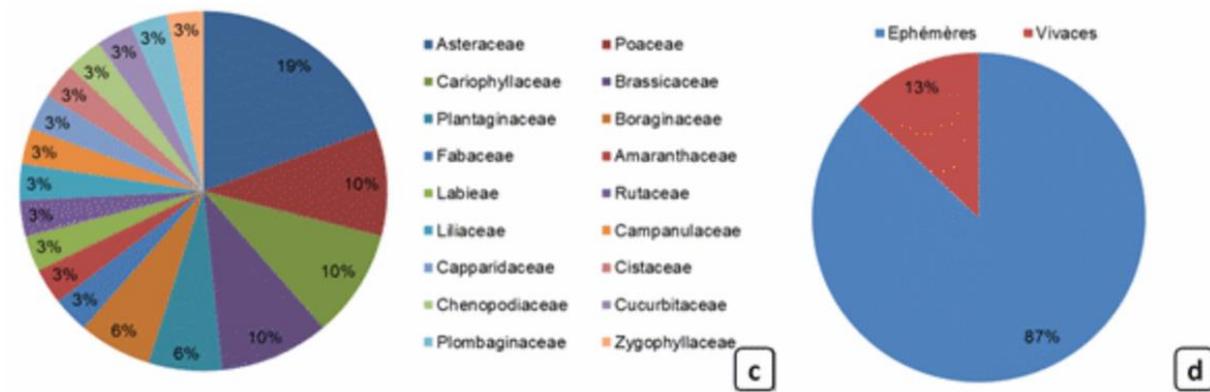


**Figure 1.** Contribution a) des catégories biologiques b) des familles botaniques dans la végétation des parcours

D'après la figure 1b, il ressort une plus forte contribution des éphémères comparativement aux vivaces qui sont caractérisées par des adaptations typiques leur permettant d'être présentes durant toute l'année (Ozenda 1991; Chehma 2005). Ceci est lié aux conditions climatiques, essentiellement les pluies, qui permettent la prolifération de la végétation saharienne au printemps, notamment pour les éphémères ou les plantes de la bonne saison, qui s'échappent des conditions expressives (sécheresse, aridité, ...) sous forme de graines enfouies dans le sol, et réapparaissent lorsque le milieu devient favorable à la vie (Raunkiaer 1937). A cet effet, Chehma et al (2008), ont également montré que le printemps est la saison la plus riche pour les annuelles avec 26 espèces.

Composition floristique de la banque de semences des parcours sahariens

Au total, 31 espèces ont germé dans l'ensemble des bacs de la germination de la banque de semences du sol, appartenant à 19 familles réparties en 27 espèces éphémères et 4 espèces vivaces (Figure 2 et Annexe 2). Nos résultats indiquent que 4 familles représentent presque la moitié des espèces trouvées dans la banque de semences (15/31): les Asteraceae (19%), les Poaceae (10%), les Brassicaceae (10%) et les Cariophyllaceae (10%) (Figure 2c). Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Gomaa (2012), qui a également montré que dans les écosystèmes désertiques (Egypte), les Asteraceae, les Poaceae et les Brassicaceae sont les familles dominantes dans la banque de semences du sol.



**Figure 2.** Contribution c) des familles botaniques d) des catégories biologiques dans la banque de graines du sol

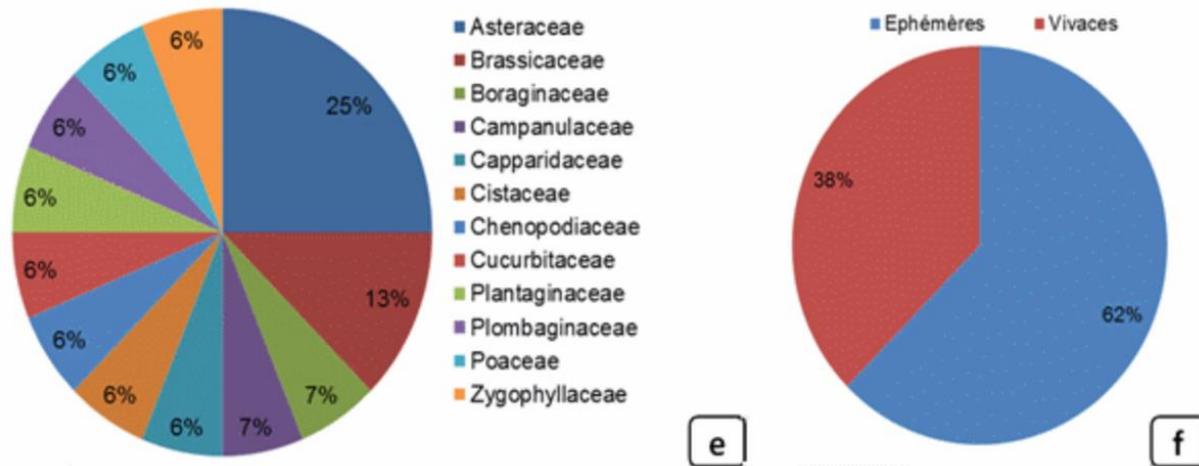
La Figure 2d, montre qu'il y a une très forte différence dans la richesse du stock semencier entre les vivaces et les éphémères. Cela est lié principalement aux stratégies des adaptations de chaque type biologique. Ainsi, les éphémères ont une durée de vie très courte, et pour assurer leur survie dans d'autre saison, profitent des bonnes conditions climatiques et de ressources vitales imprévisibles pour se reproduire le plus rapidement possible. Ceci est compensé par un stock semencier imposant, enfoui dans le sol, avant que ces conditions disparaissent.

En revanche, la faible représentation des plantes vivaces dans la banque de graines, peut être liée à leur stratégie d'adaptation basée sur la persistance de la plante et un faible taux de fécondité et de reproduction donc avec peu de graines. D'autres hypothèses peuvent expliquer la faible contribution des vivaces: i) soit leur aptitude à la reproduction végétative (contrairement au type biologique annuel qui se reproduit par voie sexuée et fournit des graines qui s'enfouissent dans le sol); ii) soit elles produisent un nombre de graines très limité, ce qui les rend difficilement et rarement rencontrées dans les échantillons du sol; iii) soit les phénomènes de dormance des graines de vivaces qui nécessiteraient des traitements pour qu'elles germent. Jakobsson et Eriksson (2003) ont rapporté que les espèces les plus compétitrices (pérennes) sont souvent celles qui produisent peu de graines, tandis que les espèces des milieux perturbés (conditions climatiques fluctuantes et des ressources vitales imprévisibles) vont produire de nombreuses petites graines dans une durée de vie très courte, ce qui explique bien la forte contribution des éphémères dans la banque de graines comparativement aux vivaces.

Composition floristique commune entre la flore réelle et potentielle des parcours

Au total, 16 espèces ont été répertoriées à la fois dans la végétation et dans la banque de graine, appartenant à 12 familles réparties en 10 espèces éphémères et 6 espèces vivaces (Figure 3 et Annexe 3; Figure 1 et Annexe 1). Nos résultats indiquent que 2 familles sont les plus abondantes: les Asteraceae (25%) et les Brassicaceae (13%). La dominance de ces familles est issue des espèces qui les composent, qui sont des espèces compétitrices par de nombreuses stratégies d'adaptations (physiologiques, anatomiques et / ou intense production de graines). A cet effet, Bertaudiere-Montes et al (2015) ont recensé 167 espèces qui appartiennent à 39 familles. Parmi lesquelles, 10 familles ont une intense production de graines ce qui contribue à un enrichissement rapide de la banque de graines du sol et leur permettent aussi la colonisation facile des surfaces. En plus, 4 familles parmi ces 10, sont majoritairement plus abondantes en espèces. A savoir, 47 espèces seulement pour les familles des Asteraceae suivies par les Poaceae avec 22 espèces et en dernière place les Brassicaceae et les Fabaceae respectivement avec 11 et 9 espèces. Ceci montre clairement la forte contribution des

Asteraceae, des Poaceae, des Brassicaceae et des Fabaceae dans la flore réelle et dans la flore potentielle.



**Figure 3.** Contribution e) des familles botaniques f) des catégories biologiques dans les espèces communes entre la végétation et la banque de graines

La Figure 3f montre qu'il y a un pourcentage élevé (62 %) d'espèces éphémères dans la végétation et la banque de graines. Cela peut s'expliquer par deux raisons: la période d'échantillonnage du sol et/ou la période où nous avons fait des relevés floristiques. La période d'échantillonnage pour la banque a été concentrée en hiver, avant la germination des graines au printemps alors que la période des relevés floristiques a été effectuée au printemps après la germination maximale des plantes, ce qui augmente la chance de rencontrer une richesse importante d'éphémères.

Diversité de la flore réelle des parcours sahariens

Pour la végétation en place, nos résultats montrent qu'il y a une différence statistique dans la richesse spécifique entre les parcours sahariens ( $p = 0,002$ ) (Tableau 1). Les parcours des lits d'oueds et les dépressions enregistrent les richesses les plus élevées, respectivement  $11,7 \pm 2,9$  et  $11,3 \pm 3,8$ . Puis, viennent les sols sableux, suivis par les sols rocailleux et les regs, et en dernier ordre, les sols salés avec la richesse la plus faible.

**Tableau 1.** Richesse spécifique moyenne de la végétation en place des différents parcours

Parcours	lo	dp	rc	r	sb	sl	<i>p</i>
S moy	11,7	11,3	4,7	4,3	6,0	3,0	0,002
ETM	2,9	3,8	0,6	2,9	1,0	1,0	

*lo*: lits d'oueds; *dp*: dépressions; *rc*: sols rocailleux; *r*: regs; *sb*: sols sableux; *sl*: sols salés; *p*: seuil de signification de la différence entre les moyenne; ETM: écart type de la moyenne; S moy: richesse moyenne

La plus grande richesse spécifique dans les lits d'oueds et les dépressions comparativement aux autres parcours, est due essentiellement aux caractéristiques de chaque parcours, notamment l'humidité du sol. Dans cette optique, on subdivise les sols des parcours en sols humides et secs; les

lits d'oueds et les dépressions et les sols salés ont un sol relativement humide et les sols rocailloux et sols sableux et regs sont les parcours à sol sec. Les lits d'oueds et les dépressions sont caractérisés par un taux d'humidité du sol relativement élevé (des endroits d'écoulement des eaux), ce qui a permis l'installation des couverts floristiques riches en espèces (vivaces, éphémères et arbres), tandis que les sols salés sont humides mais se caractérisent par une salinité élevée, ce qui n'a permis l'installation que de quelques espèces halophytes qui appartiennent principalement au type biologique vivaces (Chehma 2005, Koll et al 2014). Ces résultats confirment largement ceux obtenus par Chehma (2005) et Chehma et al (2005). D'ailleurs, les parcours (sols sableux, rocailloux et regs) qui sont des sols moins humides, se caractérisent par des espèces indicatrices comme le drinn *Stipagrostis pungens* (sols sableux) et le djouri *Cornulaca monacantha* (regs) (Chahma 2005). Ces espèces ont des adaptations typiques aux conditions environnementales expressives dans leurs parcours (sols légers, en déplacement permanent et secs). A cet effet, ces résultats confirment les travaux de Saadani et Elghezal (1989), Chehma (2005) et Chehma et al (2008b), qui rapportent que la richesse en espèces d'un parcours est généralement liée aux conditions édaphiques dont les lits d'oueds et les dépressions sont les plus favorables, du fait de leur humidité et de leur richesse en alluvions, comparativement aux autres parcours.

#### Diversité de la flore potentielle des parcours sahariens

Nos résultats montrent qu'il y a aussi une différence statistique dans la richesse spécifique entre les banques des graines des parcours sahariens ( $p= 0,001$ ) (Tableau 2). Les parcours des lits d'oueds enregistrent la richesse la plus élevée ( $3,87\pm 1,77$ ), suivis par les dépressions et les sols rocailloux. Puis, viennent les parcours aux banques de graines plus pauvres en espèces végétales, que sont les sols sableux, les regs et les sols salés.

**Tableau 2.** Richesse spécifique moyenne (S) de la banque de graine du sol (BGS) des différents parcours

Parcours	lo	dp	rc	r	sb	sl	p
S moy	3,87	2,20	1,13	0,67	0,33	0,20	0,001
ETM	1,77	1,15	1,41	1,11	1,05	0,42	

*lo: lits d'oueds; dp: dépressions; rc: sols rocailloux; r: regs; sb: sols sableux; sl: sols salés; p: seuil de signification de la différence entre les moyenne; ETM: écart type de la moyenne; S moy: richesse moyenne*

La différence de la banque de semences de ces parcours sahariens, est liée à deux facteurs: abiotiques (édaphiques, humidité) et biotique (l'état actuel de la végétation en surface). Cela signifie que les terrains relativement humides (lits d'oueds et dépressions) favorisent la prolifération et le développement de la végétation en surface, et conduisent ainsi à l'augmentation de la production de graines (biomasse et la productivité peuvent être en corrélation positive). Cela contribue à l'enrichissement de la banque des graines dans ces parcours, comparativement aux autres (rocailloux, sableux et regs), qui ont des sols secs à végétation très maigres et dispersée, ce qui pose des problèmes pour la germination des semences. A cet effet, plusieurs travaux montrent que l'abondance de la banque de semences du sol est influencée par de nombreux facteurs; la texture du sol (Goodson et al 2002), l'humidité (Leckie et al 2000) ainsi que la fertilité (Kitajima et Tilman 1996). Dans les parcours des sols salés, malgré que ce sont des sols humides, n'apparaît qu'un très maigre stock séminal car ces habitats ne peuvent être colonisés que par des plantes halophytes (vivaces). Cependant, les plantes vivaces possèdent une faible production de graines (Rice 1989), ce qui explique la faible densité de leurs graines dans les échantillons des sols. La richesse de la banque de semences du sol dans les écosystèmes arides est attribuée à l'accumulation de graines dans des microenvironnements

favorables (Caballero et al 2008b, Li 2008), ayant des effets pertinents sur le développement des plantes et la structure des communautés (Thompson et Katul 2009). Cela nous permet de constater que les caractéristiques du parcours (édaphique, humidité du sol) peuvent influencer directement la richesse ou la pauvreté de la végétation.

Similarité entre la banque de semences et la végétation aérienne

Dans l'ensemble, la similarité de Jaccard entre la banque de semences et la flore en place était 0,35, les similarités des parcours sahariens allant de 0,06 à 0,25 (Tableau 3). La plus grande similitude qui est attribuée aux parcours type sols salés, est expliquée principalement par la faible richesse de la végétation (seulement 4 espèces) (Tableau 1); et par la suite uniquement une seule espèce a été détectée dans les échantillons de ces sols salés, qui est aussi rencontrée dans la végétation en surface (1/4).

**Tableau 3.** Indice de similarité de Jaccard entre la banque de graines et la végétation en place de chaque parcours

Parcours	lo	dp	rc	r	sb	sl	v-bgs
lj	0,20	0,08	0,10	0,14	0,06	0,25	0,35

*lo: lits d'oueds; dp: dépressions; rc: sols rocailleux; r: regs; sb; sols sableux; lj: Indice de Jaccard; v-bgs: végétation en place-banque de graines*

Pour les autres parcours, ils montrent une similarité inférieure à 0,20. Cela peut s'expliquer par plusieurs raisons, notamment: abiotiques (nature de chaque parcours, dispersion des graines, ...) et biotiques (richesse/ pauvreté la végétation, vivaces et/ ou annuelles). Le groupe (lits d'oueds et dépressions) à végétation en surface riche, montre une similarité inférieure à 0,20. Premièrement, cela peut s'expliquer essentiellement par la différence des espèces éphémères rencontrées dans la végétation avec celles germées des échantillons des sols. Des 36 espèces éphémères inventoriées de la végétation en place et des 27 espèces germées des échantillons des sols, nous avons obtenu seulement 10 espèces communes. Ceci peut s'expliquer, tout d'abord, par le facteur de la dispersion des graines notamment par le vent (Ozenda 1991) du fait de la taille très minuscule des graines des plantes sahariennes (Gutterman 1993). En deuxième lieu, la prédation, surtout dans nos écosystèmes désertiques reconnus pour leur diversité faunistique, formés essentiellement d'oiseaux, de rongeurs et d'insectes qui sont les principaux animaux mangeurs de graines. A cet effet, Lopez de Casenave et al (1998), ont rapporté, plus particulièrement, que les oiseaux sont les principaux animaux mangeurs de graines en hiver. D'ailleurs, Davidson 1977, Mares and Rosenzweig 1978, Reichman 1979, M'Closkey 1980, et Kemp 1989 ont rapporté que les fourmis et les rongeurs affectent énormément le stock semencier dans le désert de Sonora.

Le deuxième groupe (regs, sols rocailleux et sols sableux), possède une similarité inférieure de 0,14. Cela, peut s'expliquer par une végétation en place relativement pauvre avec une richesse moyenne inférieure à 6, accompagnée d'une banque de graines très maigre (1,13), ce qui montre clairement la faible ressemblance entre la végétation en surface et ses banques des graines.

Enfin, nos résultats sont en accord avec d'autres études qui rapportent qu'il y a une mauvaise relation entre la végétation existante et le stock semencier dans les communautés du désert (Khan1993, Aziz and Khan 1996). D'ailleurs, la faible similarité peut être attribuée au rapport des espèces vivaces / annuelles (Peco et al 1998).

## Conclusion

- La végétation des parcours camelins sahariens dans la zone d'étude actuelle au Sud algérien souffre des contraintes climatiques (précipitations rares, vents de sable, sécheresse et aridité) et d'activités humaines agressives telles que l'urbanisme, les voies de circulation, les cultures irriguées, l'exploitation des sols pour la mise en œuvre de cultures, et les surcharges animales en périphérie des villes. La connaissance de l'état actuel de la banque de semences du sol dans ces écosystèmes sahariens naturels est un outil utile qui peut nous aider à orienter les efforts pour la conservation et la régénération de ces parcours.
- La récupération des espèces à partir de semences enfouies dans le sol est difficile et lente dans les parcours à sol relativement sec et mobile (vents de sables) et à végétation maigre et dispersée. D'ailleurs, d'autres parcours tels que les lits d'oueds et les dépressions ont des effets positifs sur la récupération des espèces car ils peuvent avoir des banques de semences de sol persistantes relativement grandes. La faible similitude entre la banque de semences enfouies dans le sol et la végétation en surface, signifie que la banque de semences seule ne serait pas suffisante pour la régénération de la végétation saharienne dégradée par les variations climatiques. Il faudra donc conserver aussi la végétation de surface sous d'autres formes pour pouvoir la régénérer: banque de graines collectées en surface au printemps, mise en défens de certaines surfaces, ou même pépinières.
- Il existe aussi des aspects sur les traits fonctionnels que nous n'avons pu prendre en compte, mais qui pourraient apporter des hypothèses explicatives. Il reste que cette relation est conditionnée par deux facteurs principaux dans ces milieux désertiques très rudes: le type du parcours et l'état de sa végétation aérienne. Ces données sont indispensables pour la biologie de la conservation, ce qui doit faire l'objet d'une attention particulière pour l'ensemble des parcours et leur végétation.

## Références bibliographiques

**Aziz S et Khan M A 1996** Seed bank dynamics of a semi-arid coastal shrub community in Pakistan. *Journal of Arid Environments*, 3: 81–87.

**Bertaudiere-Montes V, Angele B, Bravet P et Robles C 2015** Rencontre des acteurs " sauvages de PACA". Provence-Alpes-Côte d'Azur, Marseille. 20 p.

**Caballero I, Olano J M, Loidi J et Escudero A 2008b** Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. *Plant Ecology*, 195: 215 – 223.

**Cehma A 2005** Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa. Thèse de Doctorat. Université d'Annaba. 178 p.

**Cehma A 2006** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides (Université Kasdi-Merbah Ouargla). Ed. Dar El Houda, Aïn Melila, Algérie. 137 p.

**Cehma A, Bouzegag L et Cehma Y 2008b** Productivité de la phytomasse éphémère des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien. *Fourrages*, 194: 253-56.

- Chehema A, Djebbar M R, Hadjaiji F et Rouabeh L 2005** Etude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse*, 16c(4): 275-285.
- Chehema A et Youcef F 2009** Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse*, 20, 4: 373- 381.
- Chehema A, Gaouar A, Semadi A et Faye B 2004** Productivité fourragère des parcours camelins en Algérie : cas des pâturages à base de drinn (*Stipagrostis pungens*). *Sciences & Technologie*, Université Mentouri - Constantine, n° 21C, pp. 45-52.
- Davidson D W 1977** Foraging ecology and community organization in desert seed-eating ants. *Ecology*, 58: 725–737.
- Elizabeth A 2006** Seed banks of pinyon-juniper woodlands: The effects of tree cover and prescribed burn. Reno, University of Nevada. 10 p.
- Fawzy M S, Monier M A, Noha A E, Hanaa K G et Sara E 2018** Vegetation Analysis and Species Distribution in the Lower Tributaries of Wadi Qena in the Eastern Desert of Egypt. *Jordan Journal of Biological Sciences*.11, (4): 407 – 418.
- Gamoun M 2012** Impact de la mise en repos sur la dynamique du couvert végétal : application à la gestion durable des espaces pastoraux sahariens du Sud tunisien. Thèse de Doctorat. Université de Tunis El Manar. 168 p.
- Gomaa N H 2012** Soil seed bank in different habitats of the Eastern Desert of Egypt. Department of Botany, Faculty of Science, Beni-Suef University, Egypt. *Saudi Journal of Biological Sciences*.19, 211-220
- González-Alday J, Marrs R H et Martínez-Ruiz C 2009** Soil seed bank formation during early revegetation after hydroseeding in reclaimed coal wastes. *Ecological Engineering*. 35(7), 1062 – 1069.
- Goodson J M, Gurnell A M, Angold P G et Morrissey I P 2002** Riparian seed banks along the lower River Dove, UK: their structure and ecological implications. *Geomorphology*. 47, 45–60.
- Grime J P 1989** Seed bank in ecological perspective. In: Leck MA, eds. *Ecology of Soil Seed Bank*. San Diego: Academic Press. 462 p.
- Gutterman Y 1993** Seed Germination in Desert Plants: Adaptations of Desert Organisms. Springer- Verlag Berlin. Germany. 253 p
- Harper J L 1977** Population Biology of Plants. Academic Press, London. 900 p.
- Hills C S et Morris M D 1992** The function of seed banks in Northern forest ecosystems: a literature review. Ontario Ministry of Natural Resources, Forest Research Information Paper. 107, 1–25.
- Jakobsson A et Eriksson G 2003** Trade-offs between dispersal and competitive ability: a comparative study of wind-dispersed Asteraceae forbs. *Evolutionary Ecology*. 17, 233-246.
- Kemp P R 1989** Seed Banks and vegetation processes in deserts. In: Leck, MA, Parker, VT, Simpson, RL (Eds.), *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, San Diego, pp. 257–281.
- Khan M A 1993** Relationship of seed bank to plant distribution in saline arid communities. *Pakistan Journal of Botany*. 25(1):73-82.
- Kitajima K et Tilman D 1996** Seed banks and seedling establishment on an experimental productivity gradient. *Oikos* 76, 381–391.

- Koontz T L et Simpson H L 2010** The composition of seed banks on kangaroo rat (*Dipodomys spectabilis*) mounds in a Chihuahuan Desert grassland. *Journal of Arid Environments*. 74, 1156–1161.
- Koull N et Chehema A 2014** Soil-Vegetation relationships of saline wetlands in North East of Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*. 29 (1): 72-84.
- Leckie S, Vellend M, Bell G, Waterway M J et Lechowicz M J 2000** The seed bank in an old-growth, temperate deciduous forest. *Canadian Journal of Botany*. 78: 181-192.
- Li F R 2008** Presence of shrubs influences the spatial pattern of soil seed banks in desert herbaceous vegetation. *Journal of Vegetation Science*. 19: 537 – 548.
- Li H Y, Mo X Q et Hao C 2009** A review of study on soil seed bank in the past thirty years. *Ecology and Environmental Sciences*. 18 (02), 731 – 737
- Lopez de Casenave J, Cueto V R et Marone L 1998** Granivory in the Monte desert: is it less intense than in other arid zones of the world? *Global Ecology and Biogeography Letters*. 7: 197–204.
- M'Closkey R T 1980** Spatial patterns in sizes of seeds collected by four species of heteromyid rodents. *Ecology*, 61: 486–489.
- Ma J, Liu Z et Zeng D 2010** Aerial seed bank in *Artemisia* species: how it responds to sand mobility. *Trees* 24 (3), 435 – 441.
- Mares M A et Rosenzweig M L 1978** Granivory in North and South American deserts: rodents, birds, and ants. *Ecology*, 59: 235–241
- Mcgraw J B, Vavrek M C et Bennington C C 1991** Ecological genetics variation in seed banks. I. Establishment of a time transect. *Journal of Ecology*. 79, 617–625
- Médail et Quézél 2018** Biogéographie de la flore du Sahara: Une biodiversité en situation extrême. Ed. IRD, Conservatoire et jardin botanique de Genève; 366 p
- Meyer S E et Pendleton B K 2005** Factors affecting seed germination and seedling establishment of a long-lived desert shrub (*Coleogyne ramosissima*: Rosaceae). *Plant Ecology*. 178, 171–187.
- Monod T 1992** Du désert. *Sécheresse*, 3(1). pp. 7-24.
- Nathan R et Muller-Landau HC 2003** Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution*. 15, 278–285. **Ozenda P 1991** Flore du Sahara. 3<sup>ème</sup>édit. Ed. CNRS, Paris, France. 622 p.
- Ozenda P 2004** Flore et végétation du Sahara. 3<sup>ème</sup> édit. Ed. CNRS Paris. 622 p.
- Peco B, Ortega M et Levassor C 1998** Similarity between seed bank and vegetation in Mediterranean grassland: a predictive model. *Journal of Vegetation Science*. 9, 815–828.
- Raunkiaer C 1937** Plant life forms. Clarendon press, Oxford, Great Britain, 105 p.
- Reichman O J 1979** Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distributions. *Ecology*, 60: 1095–1092.
- Rice K J 1989** Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. In *Ecology of Soil Seed Banks*. pp. 211–230. Ed. M A Leck, Parker V T and Simpson R L. Academic Press, San Diego.

**Saadani Y et El ghezal A 1989** Productivité et valeur nutritive comparée de *Acacia cyanophylla*, (Lindl), *Atriplex nummularia* (Lindl) et *Medicago arborea* (Lindl). Séminaire Maghrébin d'Agroforesterie. Jebel Oust – Tunisie. pp. 23-27 octobre 1989.

**Su Y G Li X R et Jia R L 2007** Effects of moss crust on soil seed bank at southeast edge of Tengger Desert. Chinese Journal of Applied Ecology 18(3), 504 – 508.

**Thompson S et Katul G 2009** Secondary seed dispersal and its role in land-scape organization. Geophysical Research Letters 36: L02402,doi:10.1029/2008GL036044

**Trabelsi 2016** Rôle du dromadaire dans la régénération et la prolifération du couvert floristique des parcours du Sahara septentrional algérien. Thèse de Doctorat. Université Kasdi-Merbah Ouargla ; 86p.

**Trabelsi H, Chehma A, Al Jassim R et Senoussi A 2017** Camel as seed disperser in the northern Sahara rangelands of Algeria. International Journal of Biosciences.10, 4. 58-65.

**Zhao L Y et Li F R 2003** Characteristics of the soil seed bank and the seedling bank in fenced sandy meadow. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica. 23(10), 1725 – 1730.

**Zhao T N, Cao Z L et Zheng C L 2005** Impacts of high-parallel sand-barrier on vegetation and soil seed bank in the seriously desertified grassland. Journal of Beijing Forestry University. 27(2), 34 – 37.

**Annexe 1.** Composition floristique (%) de la végétation en place des parcours sahariens

Familles	Espèces	B	lo	dp	sr	r	sb	sl
Asteraceae	<i>Buborium graveolens</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
	<i>Calendula aegyptiaca</i>	e	0	1,7	7,7	0	0	0
	<i>Catananche arenaria</i>	e	3,0	3,4	0	0	0	0
	<i>Chamomilla pubescens</i>	e	1,5	0	0	0	0	0
	<i>Cotula cinerae</i>	e	0	1,7	0	0	0	0
	<i>Echinops spinosus</i>	e	3,0	1,7	3,9	0	0	0
	<i>Koelpinia linearis</i>	e	1,5	1,7	0	0	4,6	0
	<i>Launaea angustifolia</i>	e	4,6	1,7	3,9	10,0	4,6	0
Chenopodiaceae	<i>Atractylis serratuloides</i>	e	1,5	3,4	3,9	0	0	0
	<i>Cornulaca monacantha</i>	v	0	0	0	5	4,6	0
	<i>Traganum nudatum</i>	v	1,5	0	11,5	0	0	0
	<i>Salsola longifolia</i>	v	1,5	0	0	0	0	0
	<i>Salsola tetragona</i>	v	0	0	0	5	0	0

	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	v	0	0	0	0	0	18
	<i>Agtaphora alopecuroides</i>	e	0	0	0	10	0	0
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	v	1,5	0	0	0	0	0
	<i>Phragmites communis</i>	v	0	0	0	0	0	18
	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	e	0	1,7	3,9	0	0	0
	<i>Stipagrostis plumosa</i>	v	1,5	0	0	0	4,6	0
Fabaceae	<i>Astragalus gombo</i>	e	0	0	0	0	4,6	0
	<i>Astragalus gyzensis</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
	<i>Genista saharae</i>	v	1,5	0	0	5	0	0
	<i>Retama retam</i>	v	4,6	3,4	0	0	13,6	0
	<i>Psoralea plicata</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
Geraniaceae	<i>Erodium glaucophyllum</i>	e	1,5	1,7	3,9	0	0	0
	<i>Erodium triangulare</i>	e	1,5	0	3,9	0	4,6	0
	<i>Monsonia heliotropioides</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
	<i>Monsonia nivea</i>	e	0	1,7	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i>	v	4,6	0	0	10	4,6	0
	<i>Euphorbia cornuta</i>	e	1,5	0	3,9	0	0	0
	<i>Ricinus communis</i>	v	1,5	0	0	0	0	0
Brassicaceae	<i>Zilla macroptera</i>	v	3,0	5,1	0	0	0	0
	<i>Oudneya africana</i>	v	0	0	0	0	9,1	0
Zygophyllaceae	<i>Fagonia glutinosa</i>	e	1,5	3,4	0	0	0	0
	<i>Fagonia microphylla</i>	e	3,0	3,4	3,9	5	0	0
Liliaceae	<i>Androcymbium punctatum</i>	e	1,5	3,4	0	0	0	0
	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	e	1,5	5,1	0	0	0	0
Tamaricaceae	<i>Tamarix articulata</i>	v	1,5	0	0	0	0	0
	<i>Tamarix gallica</i>	v	0	0	0	0	0	9,3
Apiaceae	<i>Pituranthos chloranthus</i>	v	1,5	5,1	7,7	0	0	0

Asclepiadaceae	<i>Pergularia tomentosa</i>	v	3,0	5,1	0	0	0	0
Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i>	v	1,5	0	0	5	4,6	0
Resedaceae	<i>Randonia africana</i>	v	4,6	1,7	11,5	5	0	0
Plantaginaceae	<i>Plantago notata</i>	e	0	1,7	0	0	0	0
Capparidaceae	<i>Sueda fruticosa</i>	v	0	0	0	0	0	27
Boraginaceae	<i>Heliotropium undulatum</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
Malvaceae	<i>Malva aegyptiaca</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0

lo: Lits d'oueds; dp: dépressions; sr: sols rocailleux; r: regs; sb: sols sableux; sl: sols salés; B: type biologique; e: éphémères; v: vivaces

## Annexe 2. Richesse spécifique (%) de la banque de semences du sol des parcours sahariens

Familles	Espèces	B	lo	dp	sr	r	sb	sl
Amaranthaceae	<i>Bassia muricata</i>	e	0	0	0	0	33,3	0
Apiaceae	<i>Ammodaucus leucotricus</i>	e	0	3,0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Ifloga spicata</i>	e	24,3	32,4	20	36,4	33,3	0
	<i>Picridium orientale</i>	e	0	0	10	0	0	0
Brassicaceae	<i>Savignya longistyla</i>	e	0	0	10	0	0	0
Cariophyllaceae	<i>Spergularia salina</i>	e	5,7	0	0	0	0	0
	<i>Spergularia diandra</i>	e	5,7	0	0	0	0	0
	<i>Sclerocephalus arabicus</i>	e	0	8,8	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Medicago laciniata</i>	e	0	3,0	0	0	0	0
Labiaceae	<i>Salvia aegyptiaca</i>	e	8,6	5,9	10	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Plantago ovata</i>	e	1,4	5,9	0	0	0	0
	<i>Stipagrostis obtusa</i>	e	1,4	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Stipagrostis ciliata</i>	e	12,9	0	0	0	0	0

Rutaceae	<i>Ruta tuberculata</i>	e	1,43	0	0	0	0	0	0
----------	-------------------------	---	------	---	---	---	---	---	---

lo: Lits d'oueds; dp: dépressions; sr: sols rocailleux; r: regs; sb: sols sableux; sl: sols salés; B: type biologique; e: éphémères

**Annexe 3.** Composition la richesse floristique (%) commune entre la végétation et de la banque de semences du sol des parcours

Familles	Espèces	B	Végétation							
			lo	dp	sr	r	sb	sl	lo	dp
Asteraceae	<i>Rhantherium adpressum</i>	v	1,5	5,1	7,7	0	4,6	0	0	14,7
	<i>Launea glomerata</i>	e	3,0	1,7	3,9	5	0	0	1,4	0
	<i>Launea mucronata</i>	e	1,5	1,7	3,9	0	4,6	0	0	0
	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	e	3,0	1,7	0	0	0	0	1,4	0
Brassicaceae	<i>Malcomia aegyptiaca</i>		3,0	1,7	0	0	4,6	0	4,3	0
	<i>Moricandia arvensis</i>	e	0	3,4	7,7	0	0	0	0	11,8
Boraginaceae	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	v	1,5	0	0	10	4,6	0	0	0
Campanulaceae	<i>Campanula bordesiana</i>	e	0	1,7	3,9	0	0	0	0	0
Capparidaceae	<i>Cleome amblyocarpa</i>	e	3,0	5,1	3,9	0	0	0	5,2	0
Cistaceae	<i>Helianthemum lippii</i>	e	1,5	1,7	0	0	4,6	0	3,0	5,9
Chenopodiaceae	<i>Anabasis articulata</i>	v	1,5	0	0	5	0	0	8,6	0
Cucurbitaceae	<i>Colocynthis vulgaris</i>	e	3,0	3,4	0	0	0	0	1,4	0
Plantaginaceae	<i>Plantago ciliata</i>	e	1,5	3,4	0	0	0	0	4,3	0
Plombaginaceae	<i>Limonastrirum guynianum</i>	v	1,5	0	0	5	0	0	0	0
Poaceae	<i>Stipagrostis pungens</i>	v	3,0	1,7	0	5	13,6	0	0	0
Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum album</i>	v	1,5	0	0	10	4,6	27,3	0	0

lo: lits d'oueds; dp: dépressions; sr: sols rocailleux; r: regs; sb: sols sableux; sl: sols salés; B: type biologique; e: éphémères; v: vivaces

*Received 25 May 2019; Accepted 11 October 2019; Published 2 November 2019*