

**UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Biologiques**

**Année : 2019/2020**

**N°d'enregistrement:**

/...../...../...../...../



**THESE**

**Pour l'obtention du diplôme de Doctorat**

**en Science d'environnement**

**Présentée Par:**

**KHENFER Benhoua**

**Capacité de régénération des ressources fourragères des parcours sahariens.  
Cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa**

**Soutenue le: ../../2020 devant le jury composé de:**

<b>BISSATI-BOUAFIA Samia</b>	<b>Professeur U.K.M. Ouargla</b>	<b>Présidente</b>
<b>CHEHMA Abdelmadjid</b>	<b>Professeur U.K.M. Ouargla</b>	<b>Promoteur</b>
<b>HUGUENIN Johann</b>	<b>Directeur de recherche au CIRAD</b>	<b>Copromoteur</b>
<b>SALHI Nesrine</b>	<b>Professeur U.K.M. Ouargla</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>TRABELSI Hafida</b>	<b>Maitre de Conférences A U.K.M. Ouargla</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>SLIMANI Nouredine</b>	<b>Maitre de Conférences A U.H.L. Eloued</b>	<b>Examinateur</b>

## **Remerciements**

*Avant tout je remercie ALLAH le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens tout d'abord à remercier Mon Directeur de thèse, le Prof. CHEHMA A., pour ses conseils, ses critiques constructives, ses qualités humaines et scientifiques qui m'ont amplement aidé à réaliser ce travail. Veuillez trouver ici, Monsieur, l'expression de ma reconnaissance et de mes remerciements les plus sincères.*

*Je suis extrêmement reconnaissante au Dr. HUGUENIN J, Directeur de recherche au CIRAD de Montpellier, qui a bien voulu, malgré ses nombreuses occupations et ses nombreuses obligations, accepter de Co- Diriger cette thèse, et de m'apporter des conseils précieux, faire des remarques et critiques pertinentes et constructives dans la réalisation de ce travail.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de faire partie des évaluateurs de ce travail*

- *Mme BISSATI Samia Professeur à l'Université Kasdi Merbah Ouargla, pour avoir accepté de présider le jury.*
- *Mlle SALHI N. Professeur à l'Université Kasdi Merbah Ouargla;*
- *Mlle TRABELSI H. Maitre de Conférences 'A' à l'Université Kasdi Merbah Ouargla;*
- *Mr SLIMANI N. Maitre de Conférences 'A' à l'Université Hamma Lakhdar Eloued.*

*Mes sincères remerciements et tous mes respects s'adressent au Prof. SENOUSSE A. de l'Université Kasdi Merbah- Ouargla pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée durant la réalisation de cette thèse. Sa patience, son encouragement et son œil critique m'ont été très précieux pour structurer et améliorer la qualité des différentes sections de cette thèse. Je suis particulièrement reconnaissant à son accueil chaleureux et attentionné, à ses conseils et ses orientations.*

*Mes remerciements chaleureux vont à Mr BELAROUSSI de l'UKMO pour l'aide qu'il a toujours pu m'apporter et surtout m'avoir aidé à faire les analyses statistiques.*

*Ma profonde gratitude et mes remerciements vont également aux nos partenaires du CIRAD de l'UMR SELMET, dans le cadre du projet CAMED, et particulièrement à Mr MESSAD Samir pour m'avoir aidé à faire les analyses statistiques et Mr LIONEL julien pour ses jugements très pertinents et son appui scientifique.*

*Je remercie chaleureusement tout le personnel du Laboratoire Bioressources sahariennes, préservation et valorisation, je leurs assure ma respectueuse considération.*

*Enfin, je tiens également à remercier tous mes enseignants et les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## **Liste des abréviations**

P. An : Précipitations annuelles

T. An : Températures annuelles

V. An : Vitesses annuelles des vents

Is annuelle : indice de Sorensen annuelle

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Variation des précipitations moyennes mensuelles au niveau des stations d'étude (1997-2017).....	12
<b>Figure 2:</b> Températures moyennes mensuelles au niveau des stations d'étude (1997-2017) ..	13
<b>Figure 3:</b> Variations inter annuelles des précipitations au niveau des stations d'étude (1997-2017).....	14
<b>Figure 4:</b> Variations inter annuelles des températures au niveau des stations d'étude (1997-2017).....	14
<b>Figure 5:</b> Vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau des deux stations d'étude (1997-2017).....	15
<b>Figure 6:</b> Diagramme ombrothermique pour la region Ghardaia.....	16
<b>Figure 7:</b> Diagramme ombrothermique pour la région Ouargla.....	17
<b>Figure 8:</b> Localisation d'Ouargla et Ghardaïa sur le climagramme d'EMBERGER .....	18
<b>Figure 9:</b> Zones d'échantillonnage de la banque de graines du sol des différents parcours ...	21
<b>Figure 10:</b> Répartition des classes botaniques des espèces recensées dans la végétation aérienne .....	33
<b>Figure 11 :</b> Répartition des familles dans la végétation aérienne.....	34
<b>Figure 12:</b> Contribution des catégories biologiques dans la végétation aérienne .....	35
<b>Figure 13:</b> Répartition spatiale de la composition spécifique de la végétation aérienne .....	36
<b>Figure 14:</b> Représentation spatiale sur le plan factoriel 1-2 des espèces de la végétation aérienne et des parcours .....	37
<b>Figure 15:</b> Répartition temporelle de la richesse spécifique de la végétation aérienne .....	40
<b>Figure 16:</b> Représentation factoriel (sur le plan1-2) de la répartition temporelle des espèces de la végétation aérienne rencontrées dans les parcours.....	41
<b>Figure 17 :</b> Répartition des espèces inventoriées dans la banque de graines selon la classe ..	44
<b>Figure 18:</b> Répartition des espèces inventoriées de la banque de graines du sol selon les familles.....	45
<b>Figure 19:</b> Répartition des espèces de la banque de graines du sol selon les catégories biologiques .....	46
<b>Figure 20:</b> Répartition spatiale de la richesse spécifique (totale) de la banque de graines du sol .....	50
<b>Figure 21:</b> Répartition temporelle de la richesse globale de la banque de graines du sol.....	54

<b>Figure 22:</b> Représentation spatiale sur le plan factoriel 1-2 des espèces de la banque de graines et des parcours .....	56
<b>Figure 23:</b> Répartition de la flore saharienne aérienne, souterraine et commune .....	64
<b>Figure 24:</b> Similarité entre la végétation aérienne et souterraine de différents parcours sahariens .....	67
<b>Figure 25:</b> Similarité entre la végétation aérienne et souterraine selon les saisons .....	70

### Liste des photos

<b>Photo 1:</b> Technique adoptée pour faire les prélèvements du sol .....	24
<b>Photo 2 :</b> <b>A)</b> Préparation des pots (terreau+gravier). <b>B)</b> déposition des échantillons du sol....	27
<b>Photo 3 :</b> Installation et irrigation des bacs sous serre .....	27
<b>Photo 4 :</b> Levées des germinations de quelques espèces de la banque de graines du sol.....	28
<b>Photo 5 :</b> Etape de l'identification des espèces de la banque de graines du sol .....	29

### Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1997-2017).....	11
<b>Tableau 2:</b> Températures moyennes mensuelles et annuelles (1997-2017).....	12
<b>Tableau 3:</b> Vitesses moyennes mensuelles et annuelles des vents (1997-2017).....	15
<b>Tableau 4:</b> Coordonnées géographiques et types de parcours des différentes stations étudiées .....	20
<b>Tableau 5:</b> Périodes de prélèvement des échantillons du sol pour la banque de graines .....	25
<b>Tableau 6:</b> Liste des espèces recensées dans la végétation aérienne des parcours étudiés .....	32
<b>Tableau 7:</b> Espèces inventoriées dans la banque des graines du sol des parcours sahariens ..	43
<b>Tableau 8:</b> Espèces végétales inventoriées uniquement dans la végétation aérienne des parcours sahariens .....	60
<b>Tableau 9:</b> Espèces végétales trouvées uniquement dans la banque de graines (végétation souterraine) des parcours sahariens .....	62
<b>Tableau 10:</b> Espèces végétales communes entre la végétation aérienne et la banque de graines du sol des parcours sahariens .....	63

## Table des matières

Liste des abréviations .....	ii
Liste des figures .....	iii
Liste des photos .....	iv
Liste des tableaux .....	iv
Table des matières .....	v
ملخص .....	viii
Résumé .....	ix
Abstract .....	x
INTRODUCTION.....	2
<b>CHAPITRE I : ETUDE CLIMATIQUE</b>	
I. 1. Facteurs climatiques.....	10
I.1.1. Précipitations .....	10
I.1.1.1. Précipitations moyennes mensuelles .....	11
I.1.2. Température .....	12
I.1.2.1. Températures moyennes mensuelles .....	12
I.1.3 Variations inter annuelles.....	13
I.1.3.1 Précipitations .....	13
I.1.3.2. Température.....	14
I.1.4. Vent .....	15
I.2. Synthèse climatique .....	16
I.2.1. Diagramme Ombrothèrmique de Bagnouls et Gausсен : .....	16
I.2.2. Climagramme pluviothermique d’Emberger: .....	17
<b>CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES</b>	
II. 1. Site expérimental .....	20
II.1.1. Stations d’étude .....	20
II.1.2. Choix des sites d’étude .....	20

II.1.3. Parcours sahariens: géologie du sol et végétation.....	21
II.2. Etude expérimentale .....	23
II.2.1.Etude de la banque de graines du sol .....	23
II.2.1.1.Échantillonnage de la banque de graines .....	23
II.2.1.2.Période d'échantillonnage .....	25
II.2.1.3. Techniques d'étude de la banque de graines .....	25
II.2.2.Traitements sous serre.....	26
II.2.2.1. Préparation et mise en culture des échantillons .....	26
II.2.2.2. Suivi de la germination .....	27
II.2.2.3. Identification des espèces végétales germées et inventoriées dans les parcours.	28
II.3. Acquisition des données .....	29
II.3.1.Relevés floristiques.....	29
II.3. 2. Analyses statistiques .....	30

## **CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION**

III.1. Etude de la flore réelle ou la végétation aérienne .....	32
III.1.1. Composition et richesse de la végétation aérienne .....	32
III.1.1.1. Répartition de la végétation aérienne suivant les classes.....	33
III.1.1.2.Répartition de la végétation suivant les familles .....	34
III.1.1.3 Importance des catégories biologiques .....	34
III.1.2. Répartition spatio-temporelle des espèces de la végétation aérienne.....	36
III.1.2.1. Répartition spatiale .....	36
III.1.2.2. Répartition temporelle .....	40
III.2. Etude de la banque de graines du sol ou la flore potentielle .....	43
III.2.1. Composition de la banque de graines du sol .....	43
III.2.2. Analyse systématique de la banque de graines du sol .....	44
III.2.2.1. Analyse des espèces trouvées dans la banque de graines du sol en fonction des classes .....	44

III.2.2.2. Analyse des espèces germées dans la banque de graines du sol en fonction des familles botaniques .....	45
III.2.2.3. Analyse des espèces trouvées dans la banque de graines du sol en fonction des types biologiques .....	46
III.2.3. Répartition spatio-temporelle de la banque de graines du sol .....	49
III.2.3.1. Diversité spatiale de la banque de semences du sol .....	49
III.2.3.2. Diversité temporelle de la banque de semences du sol .....	54
III.3. Comparaison entre la banque de semences et la végétation .....	60
III.3.1. Composition floristique; de la flore aérienne, souterraine et commune des parcours sahariens .....	60
III.3.2. Similitude spatiale entre la végétation aérienne et souterraine .....	66
III.3.3. Similitude temporelle entre la végétation aérienne et souterraine .....	70
Conclusion .....	74
Références bibliographiques .....	78

## ملخص: إمكانية تجدد موارد الأعلاف على في المراعي الصحراوية من منطقة ورقلة وغرداية

يعتبر الغطاء النباتي في المناطق الصحراوية الذي يواجه ظروفًا مناخية قاسية مصدر الغذاء الوحيد للإبل، وتمثل بنك البذور الموجودة في تربتها عنصرًا مهمًا في الحفاظ على هذه الثروة الطبيعية إذ لها تأثير محتمل في تجديد النباتات في هذه المراعي الصحراوية بشكل طبيعي بالرغم من أن هناك عدة عوامل تتحكم في هذه العمليات. وانطلاقًا من هذا المبدأ تم جمع عينات من التربة من خلال ستة أنواع لمراعي الإبل في منطقة ورقلة وغرداية على مدار أربعة فصول (خريف 2016 - صيف 2017)، ثم عولجت باستخدام طريقة انتاش البذور. سمحت لنا الدراسة النباتية (المتعلقة بمحطات أخذ عينات التربة) بتعداد ثلاثة وستين (63) صنفًا مقسمة إلى سبعة وعشرين (27) نوعًا من النباتات المعمرة وستة وثلاثين (36) نوعًا من النباتات المؤقتة. هذه النباتات المعمرة والمؤقتة تنتمي إلى اثنتين وعشرين (22) عائلة نباتية. وبالنسبة للتوزيع المكاني تظهر مجاري الوادي والمنخفضات أعلى ثراء نوعي حيث تم تعداد خمسين (50) و تسعة وثلاثين (39) صنفًا على التوالي. ويبدو أن التربة المالحة هي الأشد فقرًا حيث تضم أربعة (04) أنواع فقط، أما بالنسبة للتوزيع الزمني لهذه النباتات فإن الأنواع المعمرة البالغ عددها سبعة وعشرين (27) نوعًا تم مصادفتها طوال مدة الدراسة بينما تظهر أنواع النباتات المؤقتة بأعداد كبيرة في فصل الربيع بحيث تم مصادفة ستة وثلاثين (36) نوعًا ولكن بأعداد صغيرة في الصيف لذلك تم مصادفة خمسة (05) أنواع فقط. بالنسبة لعينات التربة التي اخضعت لاختبار الإنتاش (إنتاش البذور التي تحتويها)، سمح لنا هذا الاختبار بتعداد ستة وخمسين (56) نوعًا مقسم إلى اثنتي عشرة (12) معمرة وست وأربعين (46) مؤقتة، هذه الأنواع تنتمي إلى ست وعشرين (26) عائلة نباتية. كشف لنا بنك البذور التي تحتويه التربة عن أعلى ثراء بالنسبة لمجاري الوادي والمنخفضات من خلال احتوائهم ثلاثة وثلاثين (33) و خمسة وعشرين (25) صنفًا على التوالي وأقل ثراء بالنسبة للتربة المالحة وتضم نوعين فقط. على المستوى الزمني يُظهر بنك البذور ثراءً كبير في الخريف مع ثمانية وثلاثين (38) نوعًا، وهو الأقل في فصل الصيف مع سبعة وعشرين (27) نوعًا، والشتاء والربيع لديهما الحجم نفسه من البذور في التربة بحيث يضم كل منهما واحدًا وثلاثين (31) نوعًا. نسبة التطابق بين بنك البذور في التربة والغطاء النباتي متوسط (مؤشر سورنسون = 0.49). نسبت أعلى مؤشرات التشابه إلى المراعي الصحراوية المالحة والصخرية بنسبة 57% لكل منها ومجاري الوادي بنسبة 43%. يشير هذا إلى أن بنك البذور يلعب دورًا أساسيًا ومهمًا ليس فقط في التجديد ولكن أيضًا في الحفاظ على موارد الأعلاف في ظل الظروف البيئية الصعبة للغاية لهذه البيئة الصحراوية. أخيرًا يمكن القول إن الظروف المناخية للتربة وطبيعة الغطاء النباتي لهذه المراعي لها تأثير مباشر على مساهمة بنك البذور وراثته في تجديد الغطاء النباتي في المراعي الصحراوية.

**الكلمات الدالة:** بنك البذور، البذور، المراعي الصحراوية، موارد الأعلاف، تجدد، التربة.

**Résumé: Capacité de régénération des ressources fourragères des parcours sahariens.  
Cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa**

Notre étude porte sur l'impact et la fonction potentielle de la banque de graines du sol sur le renouvellement de la végétation pastorale, confrontée à des contraintes climatiques. L'objectif est de comprendre comment les plantes de ces parcours sahariens peuvent se maintenir et se régénérer naturellement, ainsi que les facteurs qui participent à ces processus. Pour se faire, des échantillons de sols des écosystèmes pâturés sahariens de la région Ouargla et Ghardaïa ont été prélevés, dans 6 types de parcours, pendant quatre saisons (d'automne 2016 à l'été 2017). Nous avons traité les graines par la méthode d'émergence des semis "technique indirect" en sous serre. A partir de cela, l'étude floristique de la végétation aérienne (relatif aux stations d'échantillonnage du sol), nous a permis d'identifier 63 espèces divisées en 27 vivaces et 36 éphémères, appartenant à 22 familles botaniques. Pour la distribution spatiale, les parcours des lits d'Oueds et des dépressions montrent des richesses spécifiques plus élevées avec respectivement 50 et 39 espèces. Les sols salés apparaissent les plus pauvres avec seulement 4 espèces. Tandis que pour la distribution temporelle de ces plantes, les 27 espèces vivaces persistent pendant toute l'année, alors que les éphémères apparaissent en grand nombre au printemps avec 36 espèces, mais en petit nombre en été, avec seulement 5 espèces. Concernant la "banque de graines du sol", la mise en germination des échantillons du sol a permis d'inventorier 56 espèces, dont 12 plantes vivaces et 46 plantes éphémères, réparties en 26 familles botaniques. La banque de graines du sol a révélé une richesse spécifique plus élevée appartenant aux lits d'Oueds et les dépressions avec respectivement 33 et 25 espèces, et la plus faible pour des sols salés avec seulement 2 espèces. A l'échelle temporelle, la banque de graines montre une plus grande richesse spécifique en automne avec 38 espèces, et la plus faible en été avec de 27 espèces. L'hiver et le printemps ont un même cortège d'espèces, avec 31 espèces de chacun. La similitude entre la richesse de la banque de semences et de la végétation en place était assez important (indice de Sorenson = 0,49). Les indices de similarité les plus élevés ont été attribués aux parcours sahariens, types sols salés et sols rocailloux avec 57% pour chacun et les lits d'Oueds avec 43%. Cela, indique que la banque de semences joue un rôle crucial, non seulement dans la régénération, mais aussi dans le maintien et la conservation des ressources fourragères dans ces conditions environnementales très difficiles du milieu désertique. Cette étude permet de considérer que les conditions édapho-climatiques et l'état de la végétation des parcours sahariens ont une influence directe sur la contribution de la banque de graines des sols et sa richesse qui joue un rôle majeur dans la régénération de la végétation des parcours sahariens.

**Mots-clés:** Banque de graine, graine fourragère dans le sol, parcours sahariens, ressources fourragères, régénération, sol.

**Abstract: Regeneration capacity of the forage resources in the Saharan rangelands. Case of the Ouargla and Ghardaïa regions**

Our study focuses on the impact and potential function of the soil seed bank on the renewal of pastoral vegetation, faced with climatic constraints. The objective is to understand how the plants of these Saharan rangelands can be maintained and regenerated naturally, as well as the factors that contribute to these processes. To do this, soil samples from Saharan grazed ecosystems in the Ouargla and Ghardaïa region were collected in 6 types of rangelands over four seasons (autumn 2016 - summer 2017) and the seeds were treated using the "indirect technique" greenhouse seeding emergence method. From this, the floristic study of aerial vegetation (relating to soil sampling stations), allowed us to identify 63 species divided into 27 perennials and 36 ephemerals, belonging to 22 botanical families. For spatial distribution, the rangelands of the wadi beds and depressions show higher specific richness with 50 and 39 species respectively, while salty soils appear the poorest with only 4 species. While for the temporal distribution of these plants, the 27 perennial species persist throughout the year, while mayflies appear in large numbers in spring with 36 species, but in small numbers in summer with only 5 species. Concerning the "soil seed bank", the germination of soil samples made it possible to inventory 56 species, including 12 perennials and 46 ephemeral plants, divided into 26 botanical families. The soil seed bank revealed a higher species richness belonging to the wadi beds and depressions with 33 and 25 species respectively, and the lowest for saline soils with only 2 species. On a temporal scale, the seed bank shows a greater specific richness in autumn with 38 species, the lowest in summer with 27 species. Winter and spring have the same procession of species from harvested soil seed banks, with 31 species each. The similarity between the richness of the seed bank and the vegetation in place was quite significant (Sorenson index = 0.49). The highest similarity indices were attributed to Saharan rangelands, salty and rocky soils with 57% each and wadi beds with 43%. This indicates that the seed bank plays a crucial role, not only in regeneration, but also in maintaining and conserving forage resources under the very difficult environmental conditions of the desert environment. This study makes it possible to consider that the soil-climatic conditions and vegetation conditions of the Saharan rangelands have a direct influence on the contribution of the soil seed bank and its richness plays a role in the regeneration of vegetation in the Saharan rangelands.

**Keywords:** Seed bank, forage seed in the soil, Saharan rangelands, regeneration, forage resources, soil.

# *Introduction*

## **INTRODUCTION**

Le Sahara septentrional algérien est une écorégion se caractérisant par des formations géomorphologiques variées de type: sols sableux, sablo-caillouteux, sols salés, sols rocailloux et des dépressions. Il s'agit des grands types de parcours sahariens dont leurs végétations offrent la seule ressource naturelle végétale pour les pâturages camelins (CHEHMA, 2005; CHEHMA et *al.*, 2008; SLIMANI, 2013; TRABELSI, 2016). Les dromadaires sont, le plus souvent, les seuls animaux d'élevages capables à valoriser ces espaces qui couvrent plus de 1/3 du Sahara algérien (CHEHMA, 2005; CHEHMA et *al.*, 2008; TRABELSI, 2016, TRABELSI et *al.*, 2017). Les petits ruminants peuvent également valoriser certains de ces parcours, mais de façon exceptionnelle (CHEHMA, 2006; GAMOUN, 2012). La végétation dans ces zones sahariennes peut se décrire selon les caractéristiques physico-chimiques du sol de ces différentes formations géomorphologiques (ergs, lits d'oued, regs, etc.).

Le dromadaire, par son comportement, au Sahara septentrional, n'affecte pas le couvert végétal saharien. Il contribue même à son renouvellement (TRABELSI, 2016). Toutefois, dans certaines zones, les conditions de la survie présentent de sévères vulnérabilités qui imposent une grande pression sur l'écosystème (OZENDA, 1991; CHEHMA, 2005; KOULL et CHEHMA, 2014, KOULL, 2015). Les pressions éoliennes affectent non seulement l'état de la végétation mais peuvent aussi bien accentuer l'intensification de l'érosion des sols, notamment dans les zones aux sols secs et légers. Cela rend plus difficilement la prolifération, et même le maintien de cette flore qui recule et se dégrade. Ceci, accentue la désertification qui est une grande menace, non seulement au niveau régional, mais aussi à l'échelle globale (ZHANG et *al.*, 2008). LU (2002), a signalé que la désertification peut avoir des impacts importants sur les changements climatiques globaux, ce qui affecte le tapis végétal, la structure et la composition en espèces des communautés. Ceci concerne d'autant plus la végétation de nos parcours sahariens, marquée par la rareté végétale, au vue des vastes surfaces qu'elles occupent.

D'ailleurs, les graines sont des éléments centraux de la flore d'un écosystème aride (KEMP, 1989; VAN ROOYEN, 1999). Une description complète d'une communauté végétale devrait inclure la prospection des semences enfouies dans le sol, puisqu'elles font partie intégrante de plantes (MAJOR et PYOTT, 1966). Les semences enfouies dans le sol peuvent prendre les formes les plus répandues, les plus viables et les plus tolérantes, mieux que les plantes elles-mêmes dans les déserts pour plusieurs années (PAKE et VENABLE, 1996; GUO et *al.*, 1999; CABIN et MARSHALL, 2000; KINLOCH et FRIEDEL, 2005). Le climat

désertique réagit à la distribution des formes de vie et la productivité des plantes, qui, à son tour, affecte la production de graines, et par conséquent, la taille de la banque de graines du sol (PAKE et VENABLE, 1996). La banque de graines du sol est un concept écologique qui désigne un ensemble de graines enfouies dans le sol, appartenant à une communauté végétale donnée, mais elles peuvent provenir de la communauté originale de leurs plantes ou des sources différentes (SOLOMON, 2011).

La plupart des auteurs définissent la banque de graines du sol comme un réservoir de graines contenant les graines viables et parfois dormantes dans le sol. Elles sont potentiellement capables de remplacer des plantes adultes (BIGWOOD et INOUYE, 1988; BAKER, 1989; LECK et *al.*, 1989; SIMPSON, 1989). THOMPSON et GRIME (1979) ont déterminé deux principaux types des banques de semences en se basant sur le critère de la viabilité des graines: (i) la banque de graines transitoire constituant les graines qui restent viables moins d'une année (ii) et la banque de graines persistante constituant les graines qui restent viables pour plus d'une année.

En revanche, que ce soit le type de la banque de graines transitoire, persistante ou les deux à la fois, les banques des semences du sol sont des composantes essentielles dans les communautés végétales, du fait de leurs rôles primordiaux et irremplaçables dans plusieurs processus écologiques. A cet effet, de nombreuses études ont été menées dans différentes parties du monde sur la banque de semences du sol montrant leurs intérêts, par la recherche sur: l'écologie des plantes (ZHOU et *al.*, 2005), la restauration (CARTER et UNGAR, 2002; LECK, 2003), les perturbations et la succession végétale (BOSSUYT et HERMY, 2004; AMIAUD et TOUZARD, 2004), les espèces envahissantes (DRAKE, 1998), les projets et les interventions de gestion (LOPEZ-MARINO et *al.*, 2000; KINLOCH et FRIEDEL, 2005), la résilience (GONZALEZ-ALDAY et *al.*, 2009). De ce fait, la recherche sur la banque de semences du sol a suscité un grand intérêt. Sur l'aspect théoriques, ces études se sont concentrées sur leurs importances dans différents environnements, en mettant l'accent sur les zones perturbées et les déserts (COHEN, 1966; LEVIN et *al.*, 1984; ELLNER, 1987; VENABLE, 1989).

Pour cela, les études de la banque de semences de sol dans les déserts ont été entreprises depuis longtemps par WENT (1948) en Californie, par ABDEL-RAHMAN et BATANOUNY (1959) dans le désert oriental d'Egypte, et par ROSCH (1977) dans le Sud d'Afrique, puis de REICHMAN (1984) dans le Déserts Sonora des États-Unis.

En Egypte, ALAILY *et al.* (1987), RAMADAN (1988) et BATANOUNY *et al.* (1991) ont aussi étudié la banque de semences pour donner des estimations approximatives de la flore et les semences potentiellement viables d'une telle zone désertique. Après, ces études ont été complétées par plusieurs travaux de ZAGHLOUL (2008) et GOMAA (2012), qui ont aussi étudié le stock semencier du sol dans différents habitats du désert égyptien.

En Arabie Saoudite, les études sont menées sur l'importance de la banque de graines dans la gestion de différents habitats, dont des parcours sahariens naturels et des terrains affectés par la salinité (ABROL *et al.*, 1988; AL-FARAJ *et al.*, 1997; ASSAEED et AL-DOSS, 2002).

En Tunisie, GAMOUN (2012 et 2017) a étudié le rôle que la banque de graines peut apporter pour la gestion durable des espaces pastoraux sahariens "parcours sahariens"

En Libye, EL-BARASI et BUWARISH (2005), EL-BARASI *et al.*, (2013) ont aussi effectué des travaux, afin de savoir à quel niveau la banque de graines peut préserver les zones pastorales, qui sont considérées comme une ressource économique traditionnelle importante, notamment dans des zones dégradées, compte tenu de l'intensité des activités humaines (la surexploitation, et la mauvaise gestion de ces écosystèmes) et les conditions climatiques difficiles. D'ailleurs, les travaux sur la banque de semences sont bien développés non seulement à l'échelle régionale mais aussi à l'échelle mondiale. En Chine, les recherches sur les banques de semences du sol ont commencé relativement récemment, mais elles se sont développées rapidement (WANG *et al.*, 2006; LI *et al.*, 2009 et JIANG *et al.*, 2013).

En général, des études affirment que la banque de graines peut être utilisée pour prédire la composition du recrutement de nouvelles plantes(ou communautés de plantes) (ELIZABETH, 2006), et surtout pour préserver les espèces qui ne tolèrent pas la survie dans des conditions météorologiques défavorables, ainsi que peut fournir des informations cruciales sur la dynamique structurale de la population et de ses potentiels de régénération (BUTLER et CHAZDON,1998; APONTE *et al.*, 2009). Donc, elle peut promouvoir la stabilité des communautés en réduisant les impacts des événements brutales (FENNER, 1995), surtout dans les écosystèmes hautement imprévisibles, tels que les zones sahariennes, et assurer ainsi la persistance des espèces végétales (KALISZ et MCPEEK, 1992; CHESSON, 2000), ce qui favorise la survie des espèces, à travers l'accumulation des graines dans le sol, même lorsque les conditions environnementales deviennent suffisamment extrêmes pour anéantir tous les individus sur pied.

Récemment, les banques des semences ont fait l'objet de l'attention de nombreux chercheurs dans les écosystèmes désertiques (KEMP, 1989; NATHAN ET MULLER-LANDAU, 2003; MEYER et PENDLETON, 2005; KOONTZ et SIMPSON, 2010), du fait de leurs rôles critiques en matière de la gestion et la conservation de la variabilité génétique, l'entretien de la végétation, la succession, et la récupération des végétaux (HARPER, 1977; MCGRAW *et al.*, 1991; HILLS et MORRIS, 1992, BERTILLER et ALOIA, 1997, MORRIS *et al.*, 2002, LI *et al.*, 2009, HONG *et al.*, 2012), ainsi, elles fournissent des informations sur les pratiques de la gestion passée et leur impact sur la végétation actuelle et future (BOSSUYT *et al.*, 2007; WRIGHT et CLARKE, 2009). Et d'ailleurs, Beaucoup de travaux admettent que les banque des semences interviennent dans le renouvellement et la régénération des plantes (MCDONALD, 1993; GRIME et HILLIER 2000; LEMAUVIEL *et al.*, 2005; VANDERHAGENA *et al.*, 2008 GONZALEZ-ALDAY *et al.*, 2009; FRENCH *et al.*, 2010; LU *et al.*, 2010).

D'où la pertinence de notre étude qui porte sur la banque de graines correspondante au couvert végétal des parcours sahariens, qui se trouvent sous la pression des conditions climatiques et édaphiques extrêmes, tels que : les vents de sables, la forte température, les faibles précipitations, les sols salins et légers et la faible rétention d'eau, .... Nos recherches ont pour questionnement de savoir si les banques des semences suivant les parcours sahariens peuvent contribuer à la régénération du couvert végétal et jouer son rôle dans ces écosystèmes pâturés extrêmes. Nos travaux vont apporter des informations pour aider à prévenir l'altération d'un écosystème donné, notamment pour les écosystèmes du désert septentrional. Nous déclinons comme questions spécifiques: une diminution dans la densité des graines enterrée dans ces parcours sahariens peut-elle empêcher la régénération de leurs plantes ? Cela peut-il conduire à un déséquilibre et une perturbation de cet écosystème? La stabilité et la durabilité écologique peuvent-elles compromises par l'émergence d'autre d'espèces non fourragère voir même toxiques et invasives? Les espèces envahissantes produisent, souvent, un plus grand nombre de semences, et possèdent une phénologie plus rapide et des ressources plus utilisables que les espèces locales (BAKER, 1974), ce qui peut créer une nouvelle dimension de concurrence souterraine, en réduisant le nombre de sites de germination favorables aux semences des plantes spontanées et l'augmentation de la pression de propagule.

La régénération naturelle ou spontanée d'une zone se définit comme un processus par lequel des végétaux peuvent se renouveler via la reproduction sexuée (par la graine) et /ou

végétative, donnant un peuplement de qualité qui s'adapte bien aux conditions locales. Ce potentiel naturel d'un écosystème se révèle le plus souvent après une période de perturbation (PARKER *et al.*, 1989; VAN DER VALK et PEDERSON 1989; WILLIAMS-LINERA, 1993). Donc, la régénération serait majoritairement influencée et dépendante de la densité en graines disséminées et de leur robustesse dans le sol. La banque de semences est considérée comme la plus importante composante de la niche régénérative (KIRKMAN et SHARITZ, 1994), du fait que ses graines qui sont capables de reproduire des nouvelles plantes adultes (UHL *et al.*, 1981,1982; MARKS et MOHLER, 1985; LAWTON et PUTZ, 1988; BAKER, 1989; KALAMEES et ZOBEL, 2002).

Donc, pour comprendre le processus de la régénération et la récupération naturelle des plantes, il est nécessaire d'avoir une meilleure connaissance de la dynamique des populations de graines enfouies dans le sol (FENNER, 1985; FENNER et THOMPSON, 2005). D'ailleurs, d'autres avantages que l'étude des processus de la régénération naturelle peuvent être apportée sur les écosystèmes naturels "non perturbés et non dégradés", surtout si l'étude est réalisée dans des écosystèmes sahariens connus pour leurs fragilités et pouvant être facilement affectés:

1. Une étude qui vise à élucider le processus de la régénération naturelle des plantes, à travers des banques de graines du sol des parcours sahariens, peut être considérée comme une "étude exploratoire" offrant des informations originales à ces parcours naturels; tels que l'histoire de la composition des espèces à un parcours donné, et déterminer également le type des plantes qui ont des graines enfouies dans le sol potentiellement disponible pour le recrutement futur, comme elle peut déterminer comment la communauté végétale réagira aux perturbations.
2. Une telle étude permet aussi de mesurer, à quel niveau, la flore souterraine peut récupérer et remplacer la flore aérienne, elle permet donc d'estimer la capacité de régénération du couvert végétal dans ces parcours sahariens naturels et intacts "écosystèmes de références".
3. Les résultats obtenus via l'estimation de la capacité de régénération naturelle de ces écosystèmes de références peuvent être utilisés comme des données référentielles, divrivant l'état initial de nos parcours avant de leur dégradation.
4. Une meilleure exploitation de ces données référentielles constitue la clé de nombreux aspects de la pratique de gestion et des projets de la conservation des écosystèmes. Elles peuvent apporter des informations sur les biens et les ressources de

la végétation originales des parcours sahariens, tels que: la diversité des espèces aérienne et souterraines, la densité de graines, la richesse de chaque type biologique, la viabilité des graines. Elles peuvent encore distinguer les espèces végétales qui peuvent former une grande banque de graines de celles qui forment qu'une très maigre banque de graines ou qui n'en ont pas car elles peuvent se régénérer par une voie végétative.

Cependant, si les plantes des parcours sahariens sont naturellement endommagées, sous l'effet des changements climatiques ou par des actions anthropiques, telles que: la pression anthropique aux alentours des zones urbaines qui se développent ; conversions de terres pour des cultures par exemple. Alors les données issues de la régénération de ces parcours naturels "références" deviennent pertinentes et peuvent être considérées comme des guides, car ils peuvent nous permettre de fournir une argumentation pour protéger des parcours, avant de changer leurs fonctions et usages. En conséquence, si une dégradation partielle s'est installée, on pense que la végétation pourrait se régénérer et ne nécessite qu'une juste intervention pour initier ou accélérer l'autoréparation du couvert floristique par une relique de la banques de graines existante et par la dispersion naturelle des graines ou des propagules. Il s'agit de compter sur la restauration écologique (SER, 2004). Dans ce cas, nous posons comme question de thèse que les parcours sahariens présentent encore une certaine capacité pour se réparent eux-mêmes. Cette restauration s'avère de plus gratuite ou de faible intervention.

Par conséquent, les données de la régénération naturelle des ressources fourragères des parcours camelins naturels, à travers la banque de graines du sol, peuvent être utilisées tout d'abord, pour décrire leur état futur, ainsi que pour juger si d'autres écosystèmes similaires sont dégradées ou non, donnant une estimation sur les pressions exercées sur un écosystème (trop intenses ou sont juste modérées). Elles donnent, surtout, des informations sur le niveau des impacts (réversible ou irréversible), ainsi que la façon de la réparation (restauration ou/et réhabilitation), donc elles donnent une estimation pour le coût de cette gestion et le temps nécessaire pour que cet écosystème peut revenir parfaitement ou partiellement à son état antérieur ou historique. Alors, l'importance de ces écosystèmes de références et leurs données deviendront la norme qui permet d'évaluer le succès d'une opération de restauration, de réhabilitation ou d'autre gestion raisonnée.

Malgré tout ça, peu d'attention a été accordée à l'évaluation de la régénération naturelle de la composition floristique potentielle "banque de graines" des parcours sahariens naturels du Sahara septentrional. Cependant, sur les vingt ans écoulés plusieurs études ont été menées sur

l'état actuel de leur composition floristique aérienne, affirmant que ces réserves naturelles ont une grande importance socio-économiques tant que ressources fourragères disponibles pour le pâturage des troupeaux et spécialement les dromadaires, des plantes médicinales ‘‘pharmacopée’’ et d'autres usages comme source de bois...etc.

Devant cette situation et problématique, et pour avoir les données de base qui contribuent à la prolifération et la régénération de la ressource fourragères saharienne, nous nous sommes intéressés à l'étude de la banque de graines du sol de différents parcours sahariens afin (i) d'apprécier le pouvoir de régénération spatiotemporelles de leur couvert floristique et, (ii) de savoir, dans quelle mesure la banque de graines des communautés végétales des parcours sahariens ressemble à la végétation réelle.

Dans ce contexte, les questions spécifiques centrales de notre recherche sont principalement:

1. Est-ce que les parcours sahariens peuvent révéler des potentialités différentes (biologiques et écologiques): plus riches en productivités et biodiversités, selon les situations météorologiques et pédologiques?
2. Est-ce que la richesse de la banque de graines du sol est influencée par l'état de la végétation de chaque parcours?
3. Y a-t-il un effet de saisons sur la richesse et la composition de la banque de graines du sol de ces parcours?

Nous avons retenu pour notre recherche les hypothèses spécifiques suivantes:

- ✓ Selon les parcours (lits d'Oueds, dépressions, sols rocailleux, sols sableux, regs et sols salés) la banque de graines du sol peut s'avérer très variée.
- ✓ Les semences des espèces vivaces peuvent présenter des levées plus lentes que pour les éphémères, en raison de l'écologie fonctionnelle, de la dormance, et de l'aptitude de reproduction végétative de certaines vivaces.
- ✓ Dans cet écosystème désertique, la banque de graines du sol est sujette à une variation spatio-temporelle; suivant l'espace (type de parcours), et les saisons.

# *Chapitre I: étude climatique*

## **I. 1. Facteurs climatiques**

Le climat est un ensemble de facteurs abiotiques qui agissent en même temps pour former un milieu climatique, tels que : les précipitations, la température, le vent, etc. En écologie, les facteurs climatiques influencent directement à la répartition (biogéographie) et au développement des plantes. Il intervient également fortement dans la formation et l'évolution du sol (caractéristiques édaphiques).

Le climat saharien est caractérisé par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température. Les précipitations ont une variation inter annuelle considérables, où les valeurs les plus faibles sont enregistrées en été (juillet-août) et les plus fortes en hiver-printemps (de janvier à mars) (DUBIEF, 1963). Les températures moyennes annuelles sont élevées, avec des maxima absolus en juillet-août, pouvant atteindre et dépasser 50 °C, et des minima de janvier variant de 2 à 9 °C (LE HOUEROU, 1990).

HALIMI (1980), a particulièrement souligné que la croissance des végétaux dépend de deux facteurs essentiels ; L'intensité et la durée du froid (dormance hivernale) et la durée de la sécheresse estivale (maturation). La répartition et le développement des végétaux sont conditionnées par trois facteurs principaux : précipitations (l'eau), la chaleur (température) et l'éclairement (l'intensité de la lumière) (OZENDA, 1991).

Pour mieux appréhender le climat de nos zones d'étude trois paramètres essentiels sont prises en considération, à savoir les précipitations, la température et le vent. La pluie et la température sont la charnière du climat. Alors que le vent, dans notre cas, peut intervenir positivement et aide à la dispersion des graines, qui peuvent coloniser de nouveaux habitats, plus favorables à la survie que leur origine habitat. Soit il affecte négativement et se traduit par le transport et l'accumulation du sable et surtout l'accentuation de l'évaporation (MONOD, 1992), ce qui pose des problèmes lors de la germination des graines et de l'installation des plantes, surtout pour les éphémères qui ont un système racinaire peu profond.

### **I.1.1. Précipitations**

DJEBAILI (1978) les définit comme un facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. Pour BELGAT(2001), l'intensité des pluies et leurs fréquences peuvent jouer un rôle prépondérant sur:

### A. la nature des sols

Les précipitations combinées aux autres facteurs physiques peuvent favoriser ou défavoriser la stabilité structurale du sol. Elles agissent aussi sur la solubilité et la migration des nutriments dans le sol et elles peuvent accélérer ou bloquer l'évolution des matériaux organiques et minéraux.

### B. la diversité floristique

La moyenne annuelle de la pluie est d'un grand intérêt car les précipitations participent à la répartition spatiale des espèces.

L'importance et la fréquence des pluies d'une région donnée sont sous l'influence de deux groupes de facteurs: facteurs géographiques (altitude, latitude, distance à la mer, orientation des versants) et facteurs météorologiques (masse d'air, trajectoires des dépressions) (HALIMI, 1980).

#### I.1.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

A partir de l'analyse des données climatiques de la pluviométrie des zones d'étude (Ghardaïa et Ouargla (1997-2017)), on relève que les précipitations dans la région de Ghardaïa représentent presque le double de la quantité des précipitations de la région Ouargla. Les précipitations moyennes annuelles (1997-2017) sont 78,10 et 37,77 mm respectivement pour la région de Ghardaïa et d'Ouargla (Tableau 1).

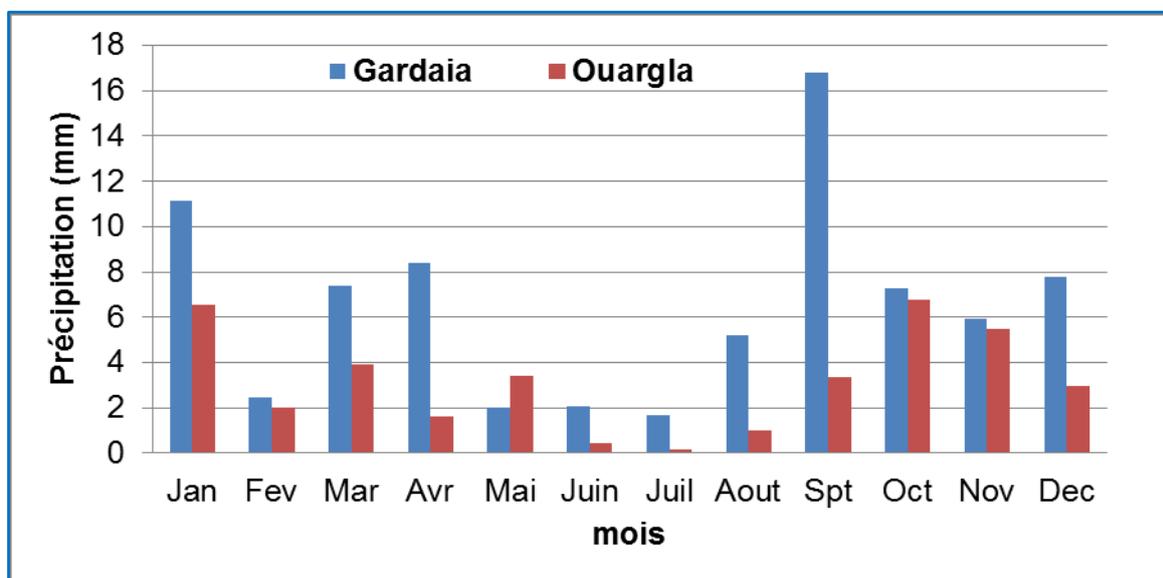
**Tableau 1:** Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1997-2017)

	Jan	Fev	Mar	Aav	Mai	Jui	Juil	Aou	Spt	Oct	Nov	Dec	P. An
GHA	11,16	2,44	7,37	8,37	2	2,06	1,67	5,21	16,8	7,3	5,93	7,79	78,1mm
OUA	6,55	2,02	3,94	1,63	3,42	0,44	0,19	1,01	3,33	6,78	5,48	2,98	37,7mm

GHA: Ghardaïa, OUA: Ouargla. (O.N.M. 2018)

Pour les variations moyennes mensuelles (figure 1), nous remarquons que pour l'ensemble des données des précipitations il y a deux mois distinctifs propres à chaque zone concernant la quantité maximale et minimale des précipitations. Pour la zone de Ghardaïa, les maximums sont enregistrés pendant les mois de janvier (11.1 mm) et septembre (16.8 mm), les minimums sont enregistrés en juin et juillet (inférieure à 2 mm). Pour la région d'Ouargla, les maximums sont enregistrés pendant les mois de janvier (6.55 mm) et d'octobre (6,78 mm), et les minimums sont presque nuls en juin et juillet (inferieures à 0,44 mm). D'une façon générale, nos résultats sont proches de la synthèse des données climatique de CHEHMA

(2005), néanmoins, sa valeur maximale des précipitations de la région Ouargla a été enregistrée en mars (5,8 mm). A cet effet, Il faut noter que les valeurs mensuelles des précipitations peuvent fortement varier d'une année à l'autre (DUBIEF, 1953).



**Figure 1:** Variation des précipitations moyennes mensuelles au niveau des stations d'étude (1997-2017)

## I.1.2. Température

### I.1.2.1. Températures moyennes mensuelles

Les valeurs des températures (tableau 2), montrent que les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont enregistrées au mois de juillet pour la station d'Ouargla (32,35 °C) et Ghardaïa (34,7°C°), et les températures moyennes mensuelles minimales sont enregistrées au mois de janvier pour les deux régions avec 11,4 C° pour Ghardaïa et 11,8 C° pour Ouargla.

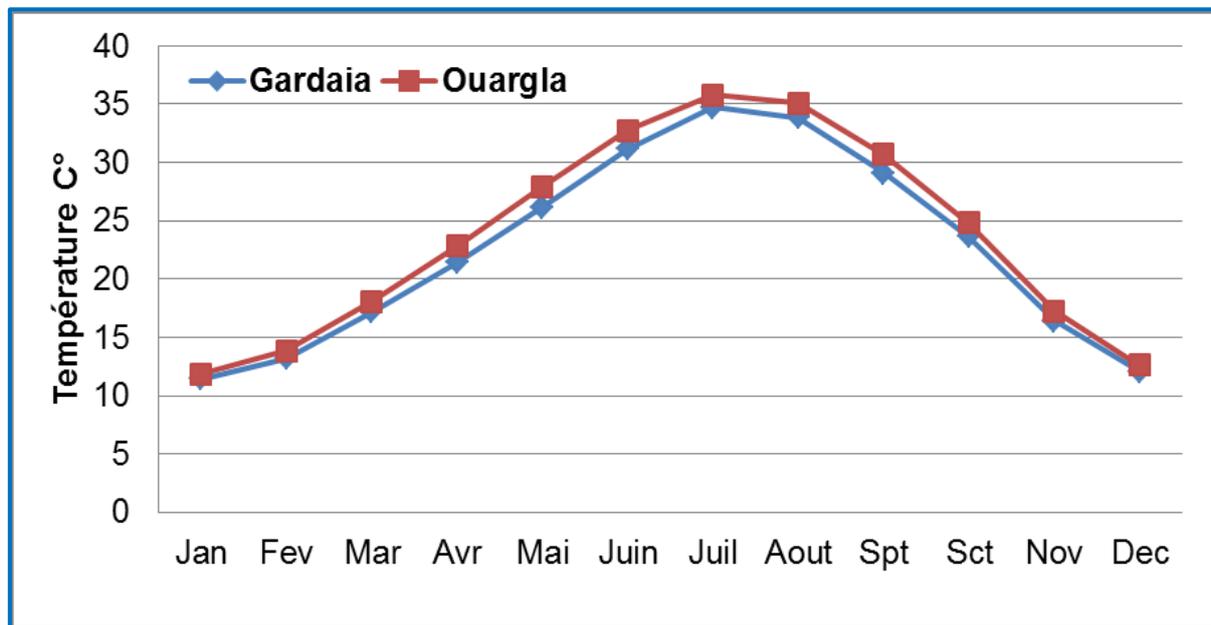
**Tableau 2:** Températures moyennes mensuelles et annuelles (1997-2017)

	Jan	Fev	Mar	Aav	Mai	Jui	Juil	Aou	Spt	Oct	Nov	Dec	T. An
GHA	11,4	13,2	17,2	21,4	26,2	31,2	34,7	33,9	29,1	23,7	16,5	12,1	270 C°
OUA	11,8	13,9	18,1	22,9	28	32,8	35,8	35,1	30,7	24,8	17,2	12,6	284 C°

(O.N.M. 2018)

A partir des valeurs statistiques climatiques (Température) des stations météorologiques de nos zones d'étude (Ghardaïa et Ouargla), on observe que la variation des températures moyennes mensuelles est identique dans les deux zones (figure 2). A cet effet, OZENDA

(1991) a affirmé que la variation des températures des régions sahariennes est relativement régulière.

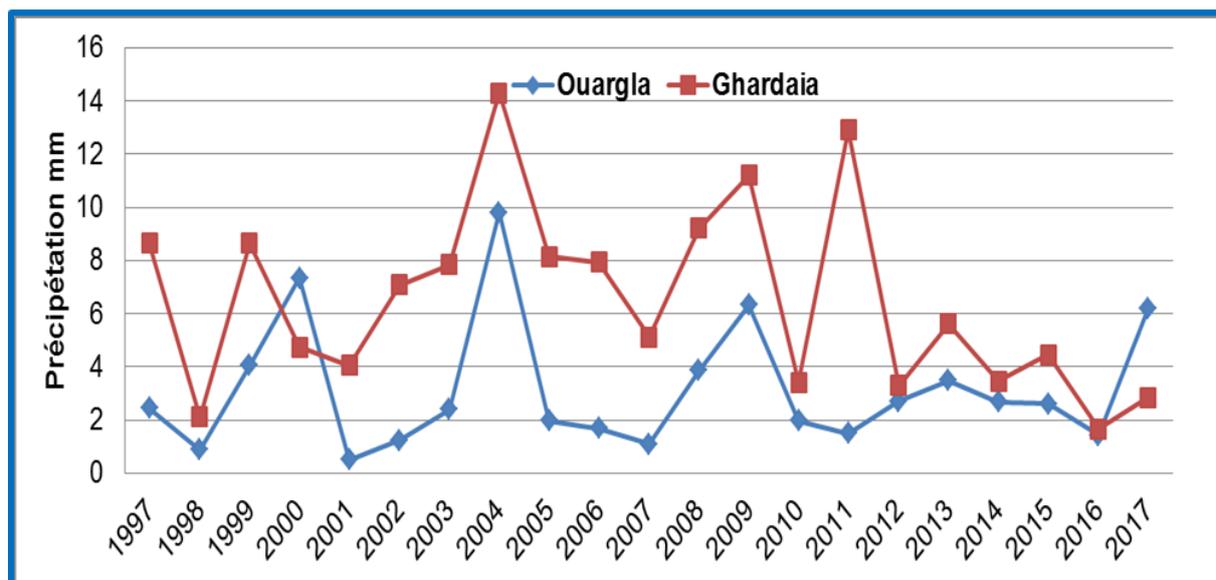


**Figure 2:**Températures moyennes mensuelles au niveau des stations d'étude (1997-2017)

### I.1.3 Variations inter annuelles

#### I.1.3.1 Précipitations

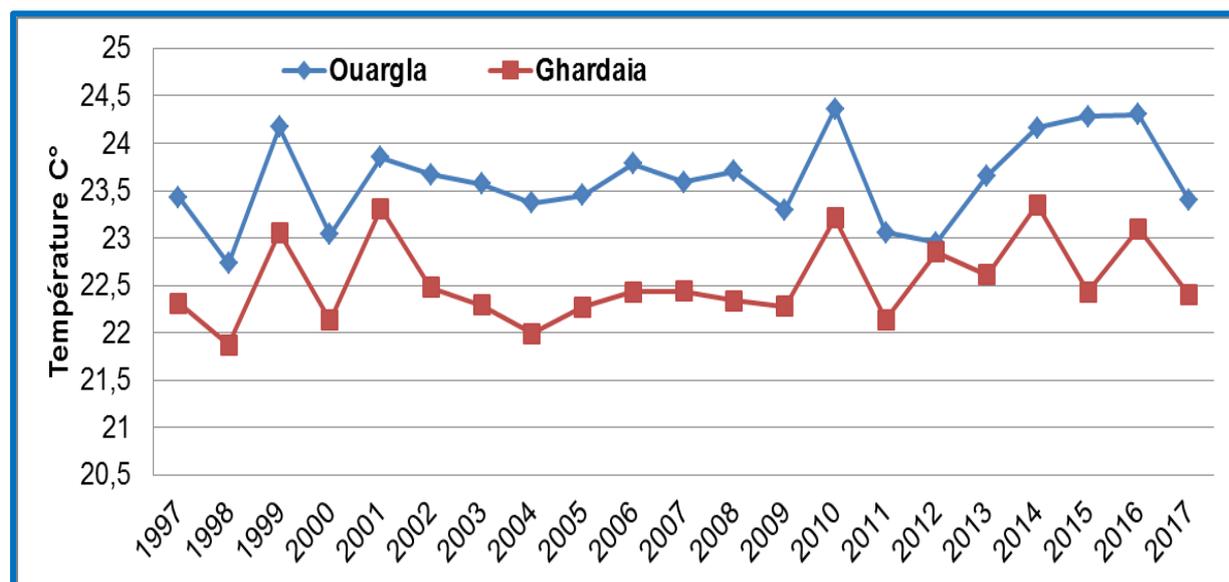
Les variations inter annuelles des précipitations, sur 20 ans écoulées (1997 à 2017), sont illustrées par la figure 3. L'examen des courbes nous indique, tout d'abord, que la variation des précipitations est fortement irrégulière. Une quantité très faible des précipitations dans les deux régions et parfois on note presque nulle (en 2001 pour la région Ouargla). La quantité des précipitations la plus élevée était depuis 15 ans (en 2004), avec 14 mm pour la région Ghardaïa et 10 mm pour Ouargla. D'ailleurs, rares sont les années où des précipitations dans la région d'Ouargla sont plus élevées que celles de la région Ghardaïa. Depuis les 20 ans écoulés, il n'a plus été enregistrée ces hautes valeurs des précipitations, où CHEHMA (2005) avait noté plus de 100 mm de quantité de précipitations pour les deux zones, dont 102,7 mm pour Ouargla en 1990 et 164,5 mm pour Ghardaïa en 1994, ce qui s'approche de 30 ans. A cet effet, DUBIEF (1963) a rapporté que les précipitations sont caractérisées par la faiblesse quantitative et les pluies torrentielles sont rares.



**Figure 3:** Variations inter annuelles des précipitations au niveau des stations d'étude (1997-2017)

### I.1.3.2. Température

Les variations inter annuelles des températures sur 20 ans (1997 à 2017) écoulées sont rapportées par la figure 4. L'examen des courbes nous indique que la variation des températures de la région Ouargla et Ghardaïa est corrélée positivement avec aucun point d'intersection entre les courbes. Malgré, il y a des variations de températures entre ces deux régions, mais qu'elles sont légères et ne dépassent guère 2 C°. La température de la région Ouargla est toujours plus élevée que celle de la région Ghardaïa.



**Figure 4:** Variations inter annuelles des températures au niveau des stations d'étude (1997-2017)

### I.1.4. Vent

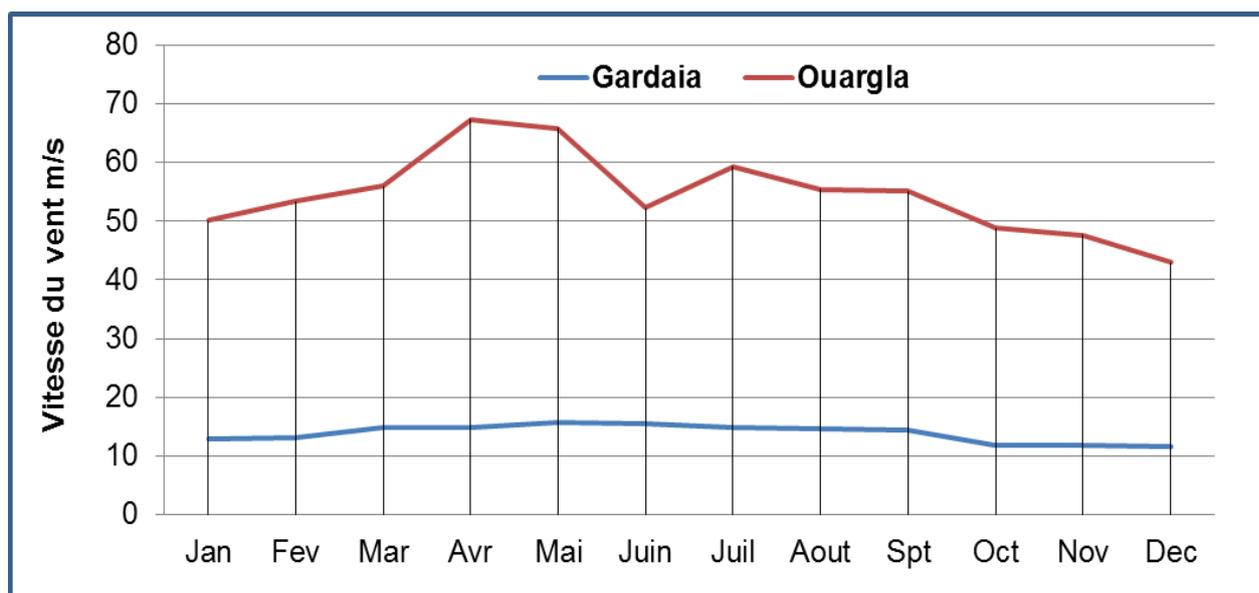
D'après le tableau 3, on remarque que la vitesse moyenne annuelle des vents au niveau de la région Ouargla est très élevée (54,52 m/s), ce qui représente plus de 3 fois de la région Ghardaïa (13,81 m/s).

**Tableau 3:** Vitesses moyennes mensuelles et annuelles des vents (1997-2017)

	Jan	Fev	Mar	Aav	Mai	Jui	Juil	Aou	Spt	Oct	Nov	Dec	V. An
GHA	12,8	13,04	14,92	14,84	15,6	15,4	14,86	14,71	14,34	11,89	11,9	11,48	13,81m/s
OUA	50,08	53,38	55,99	67,36	65,8	52,27	59,37	55,4	55,15	48,85	47,59	42,97	54,52m/s

(O.N.M. 2018)

On remarque pour la région Ghardaïa, la période des vents de sables s'étale de février à octobre avec un seuil maximal de 15,4 m/s, lors du mois de mai. Pour la région d'Ouargla, la période des vents de sables est subdivisée en deux phases. La première phase, de mars à juin, se caractérisant par des vents de sables plus élevés, pouvant atteindre à un seuil maximal de 67,36 m/s au mois d'avril, alors que pour la seconde est plus modérée que la première, elle s'étale de juin à octobre, avec un seuil de 59,37 m/s en juillet (figure 5). Cette dernière, représentant le sirocco qui dure 22 jours au Sud, résultant de la coaction de la température la plus élevée et des courants chauds et secs. Il souffle surtout en été, son maximum de fréquence à lieu en juillet (DJEBAÏLI, 1984).



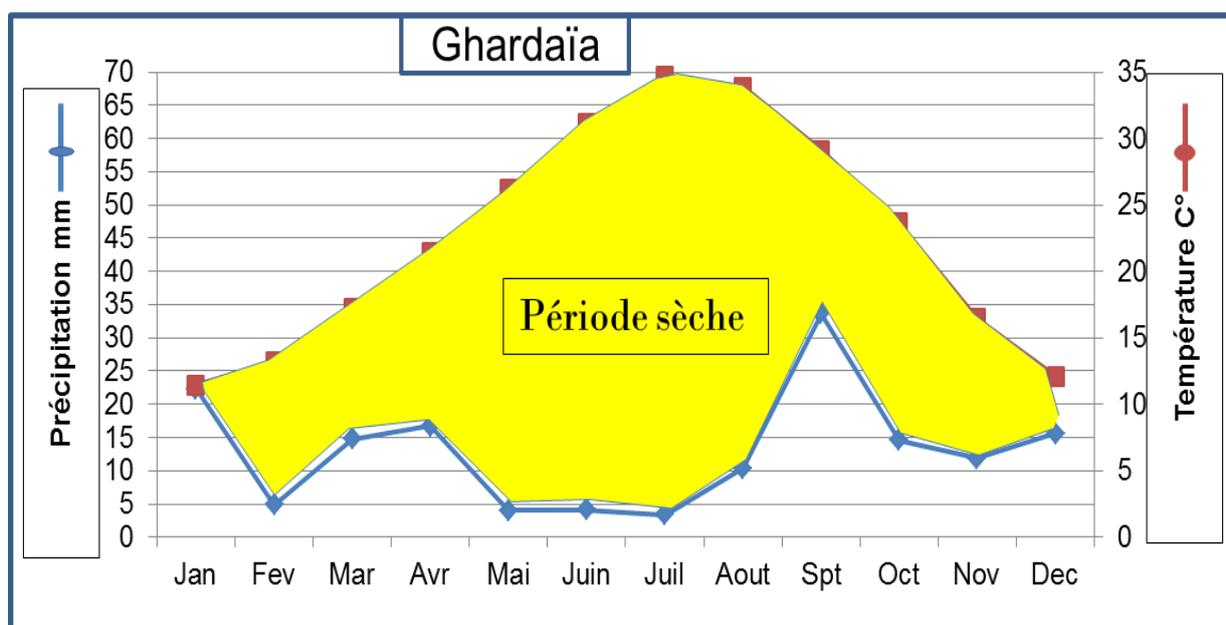
**Figure 5:** Vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau des deux stations d'étude (1997-2017)

## I.2. Synthèse climatique

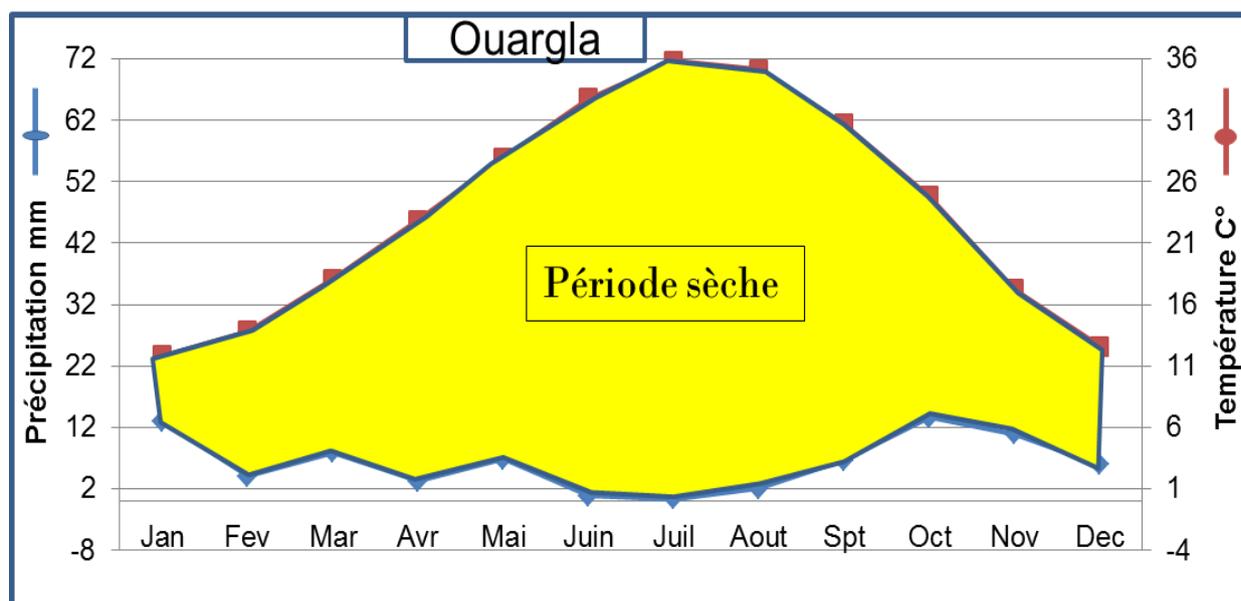
### I.2.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен :

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois nommé biologiquement sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades". Cette formule ( $P \leq 2T$ ) permet de construire des diagrammes ombrothermiques traduisant la durée sèche d'après les intersections des deux courbes.

Les diagrammes ombrothermiques des régions de Ghardaïa et de Ouargla sont illustrés par les figures 6 et 7 respectivement.



**Figure 6:** Diagramme ombrothermique pour la région Ghardaïa



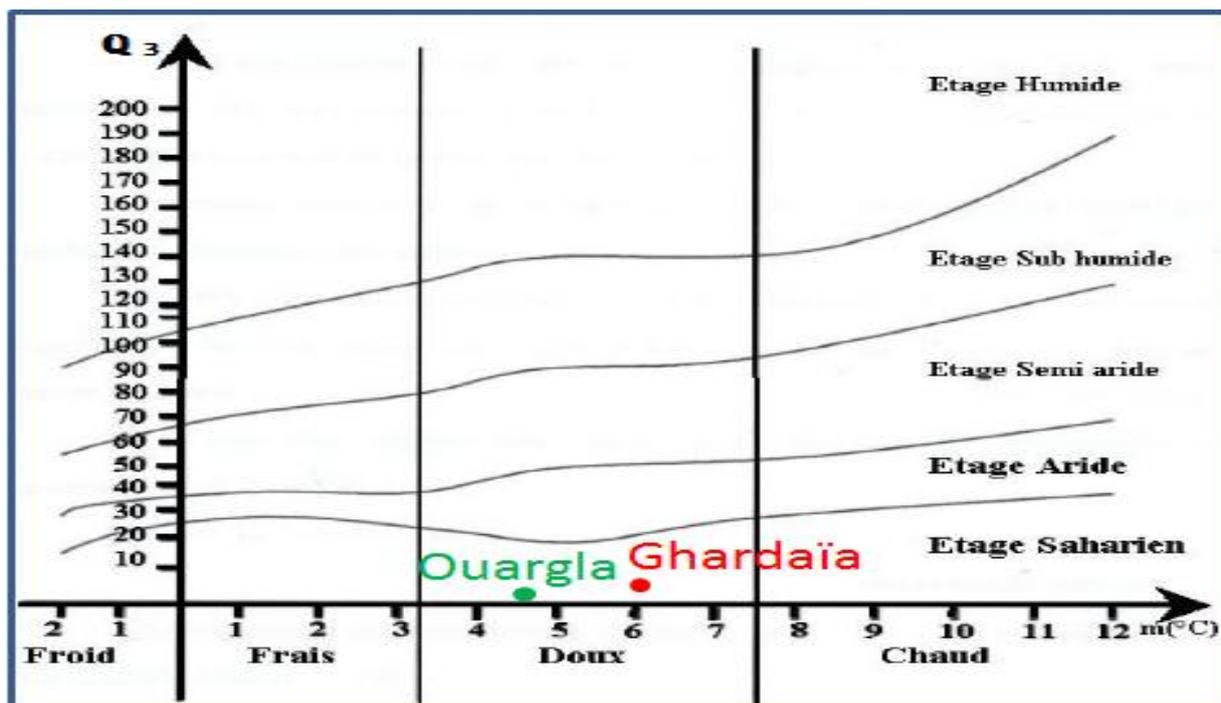
**Figure 7:** Diagramme ombrothermique pour la région Ouargla

D'après la Figure 6 et 7, On peut constater que la courbe des précipitations pour les deux régions, est toujours en dessous de celle des températures, donc la période sèche s'étale sur toute l'année (12 mois).

### I.2.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger:

Le quotient pluviométrique d'Emberger (**Q3**) prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M en °C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m en °C) EMBERGER (1955). Il permet de positionner une région donnée dans son étage bioclimatique. Ce dernier est calculé en appliquant la formule suivante:  **$Q3 = 3.43 (P/M-m)$** .

Nous avons calculé le (Q3) de nos régions, dont Q3= 3.39 pour la région Ouargla et Q3=7.55 pour la région Ghardaia. Alors, le climagramme pluviothermique classe les deux stations d'étude à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (figure 8).



**Figure 8:** Localisation d'Ouargla et Ghardaïa sur le climagramme d'EMBERGER

L'analyse des données climatiques de nos zone d'étude, permet de mettre en évidence que les conditions climatiques sont particulièrement défavorables à la survie spontanée des plantes. Les valeurs des précipitations annuelles sont très faibles, associées à une variation annuelle et inter annuelle considérables, les températures moyennes annuelles sont très élevées et les vents soufflent sur un période presque de 7 mois (mars à octobre) de l'année. En plus, la période de la sècheresse s'étale sur toute la longue d'année dans les deux régions étudiées.

## *Chapitre II: Matériel et méthodes*

## II. 1. Site expérimental

### II.1.1. Stations d'étude

Notre travail a pour objectif d'étudier la banque de graines des différents parcours sahariens (Lits d'Oueds, dépressions, sols rocailloux, sols sableux, Regs, sols salés), à travers l'appréciation du pouvoir de la régénération naturelle des ressources fourragères de leurs sols.

Pour atteindre cela, nous avons travaillé sur 18 stations représentatives de différents parcours sahariens, distribuées sur trois grandes zones de la région d'Ouargla et Ghardaïa. Ces stations sont reconnues comme parcours camelins très fréquentés par les dromadaires (CHEHMA, 2005; CHEHMA *et al.*, 2008; SLIMANI *et al.*, 2013; TRABELSI, 2016).

**-La zone Une** : Située entre l'axe d'Ouargla-Ghardaïa. Regroupant les parcours dans des terrains géomorphologiques de : dépressions, lits d'Oued, sols rocailloux et sols sableux.

**-La zone Deux**: Située entre l'axe d'Ouargla-Touggourt. Regroupant les parcours dans des terrains géomorphologiques de: Regs et sols sableux (erg).

**-La zone Trois** : Située entre l'axe d'Ouargla-Oued N'sa. Regroupant les parcours dans des terrains géomorphologiques de : sols salés, Regs et lits d'Oueds.

### II.1.2. Choix des sites d'étude

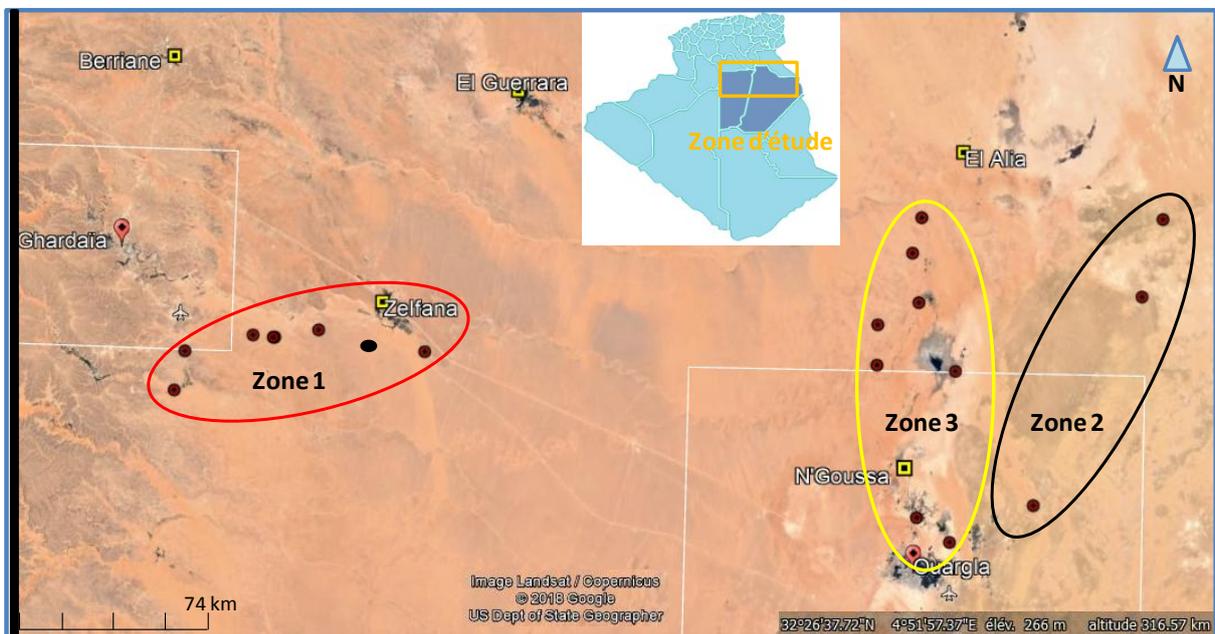
Les critères de choix des sites d'étude, sont tout d'abord basés essentiellement sur la détermination des terrains géomorphologiques renfermant des parcours sahariens naturels qui n'ont pas subi aux activités humaines, et la présence d'une diversité floristique (ressources fourragères) dans les stations retenues.

Les coordonnées géographiques des stations retenues, ont été localisées à l'aide d'un GPS (Figure 9 et Tableau 4).

**Tableau 4:** Coordonnées géographiques et types de parcours des différentes stations étudiées

Régions	Zones	Type de parcours	Stations	Coordonnées	
				Nord	Est
Ghardaïa	1	Lits d'Oueds	1	32° 14. 539'	03° 47. 132'
			2	32°19. 144'	04° 18. 818'
		Sols rocailloux	3	32°23. 504'	03° 46. 790'
	4		32°20. 498'	04° 00. 072'	
	5		32° 19. 231'	04° 18. 771'	
			6	32° 18. 722'	03° 48. 908'

		Depressions	7	32° 20. 652'	03° 57. 353'
			8	23°21. 418'	04° 05. 521'
		Sol sableux	9	32° 20. 486'	03°59. 888'
Ouargla	2	Sol sableux	1	32° 35.266'	05° 50. 549'
		Sol sableux	2	32° 04. 639'	05° 34. 893'
		Regs	3	32° 26. 992'	05° 48. 051'
			4	32° 31. 184'	05° 19. 223'
	3	Lit d'oued	1	32° 34. 964'	05° 20. 287'
		Reg	2	32° 25. 948'	05° 20. 134'
		Sols salés	3	32°00. 581'	05° 24. 552'
			4	32° 03. 134'	05° 20. 390'
		5	32° 18. 739'	05° 24. 854'	



**Figure 9:** Zones d'échantillonnage de la banque de graines du sol des différents parcours

### II.1.3. Parcours sahariens: géologie du sol et végétation

La distribution, l'abondance et le type de végétation au Sahara septentrional sont contrôlés par deux grands facteurs abiotiques; le types du sol (parcours) et le climat (précipitations) (OZENDA, 1991 ; MONOD, 1992 ; CHEHMA, 2005). Le type de végétation peut aussi décrire et donner les caractéristiques et la nature (physico-chimiques, structure et texture...) du sol qu'il occupe dans ces parcours sahariens.

#### 1- Sols sableux

Ce sont l'un des éléments essentiels qui définissent le paysage saharien. Ils s'agissent de massifs de dunes de sables en mouvement permanent sous l'effet du vent, occupant des types

différents de substrats comme les plaines et les piedmonts rocheux (COUDE-GAUSSEN, 2002). Ce type de parcours marqué par leur dominance absolue par *Stipagrostis pungens* (Drinn), est une espèce psamophylle très adaptée aux conditions sahariennes et possédant une puissance de prolifération extraordinaire, puisqu'elle peut former à elle seule de vastes steppes homogènes dans ces types de parcours (CHEHMA, 2005). Cependant, il peut se présenter à côté du Drinn quelques espèces de type arbustives, comme *Ephedra alata*, *Retama retam*, *Gentisa Saharae*..., et des herbacées, comme l'espèce de *Cyperus conglomeratus*, *Moltkia ciliata* (OZENDA, 1991).

## **2- Lits d'Oueds**

Ce terme général, donné pour un cours d'eau temporaire quel que soit son importance, désigne souvent un lit desséché où l'eau n'a plus coulé depuis de nombreuses années (FABRE, 2004). Ces formations géologiques offrent des conditions plus favorables à la survie des plantes spontanées qui traduisent un véritable statut écologique des espèces vivaces, des éphémères et des arbres "Steppes arborées" ou "forêts steppiques" (OZENDA, 1991).

## **3- Dépressions**

Les Dépressions sont des formations géologiques souvent de tailles plus modestes que celles des lits d'Oueds. Elles se caractérisent par une végétation riche constituant des espèces éphémères et vivaces, comme l'espèce de *Pistacia atlantica* "betoum", *Zizyphus lotus* "Sedra"..., à cause de l'accumulation des eaux après la pluie (OZENDA, 1991).

## **4- Sols rocailleux**

Ce sont des terrains rocheux constitués principalement de deux géomorphologies: des plateaux rocheux et des collines. Les deux formations sont marquées par la présence d'annuelles comme l'espèce de *Fagonia glutinosa*, *Erodim*,... et des vivaces tels que *Limonastrum spp*, *Rhanterium adpressum* (OZENDA, 1991 ; MONOD, 1992).

## **5- Regs**

Ce sont des terrains caillouteux occupant des surfaces non mesurées (MONOD, 1992). Au Sahara septentrional, ce type du parcours se colonise par une végétation très dispersée, formée essentiellement par des Amarantacées arbustives. Le couvert végétal du reg est varié selon la variation de sa texture. En cas où le Reg est ensablé superficiellement, le genre *Stipagrostis* peut constituer un tapis dense, formé notamment des espèces de *S. plumosa*, *S. obtusa* et *S.*

*ciliata*. Pour le Reg argilo-sableux, l'espèce de *Cornulaca monocantha* « Had » est l'espèce la plus dominante, en association avec *Randonia africana* (OZENDA, 1991).

## **6- Sols salés**

Lorsque les eaux s'évaporent sous l'effet de la chaleur, des plaques de sels divers se déposent en surface formant, suivant l'origine de leurs eaux (phréatiques ou superficielles) des chotts et des sebkhas (MONOD, 1992). La végétation est marquée par la présence de seulement quelques espèces vivaces, qui sont principalement des halophytes très adaptés à la forte salinité Amarantacées (*Halocnemum Strobilaceum*) Zygophyllacées (*Zygophyllum album*), *Tamarix gallica*, *Phragmites* spp... (CHEHMA, 2005).

## **II.2. Etude expérimentale**

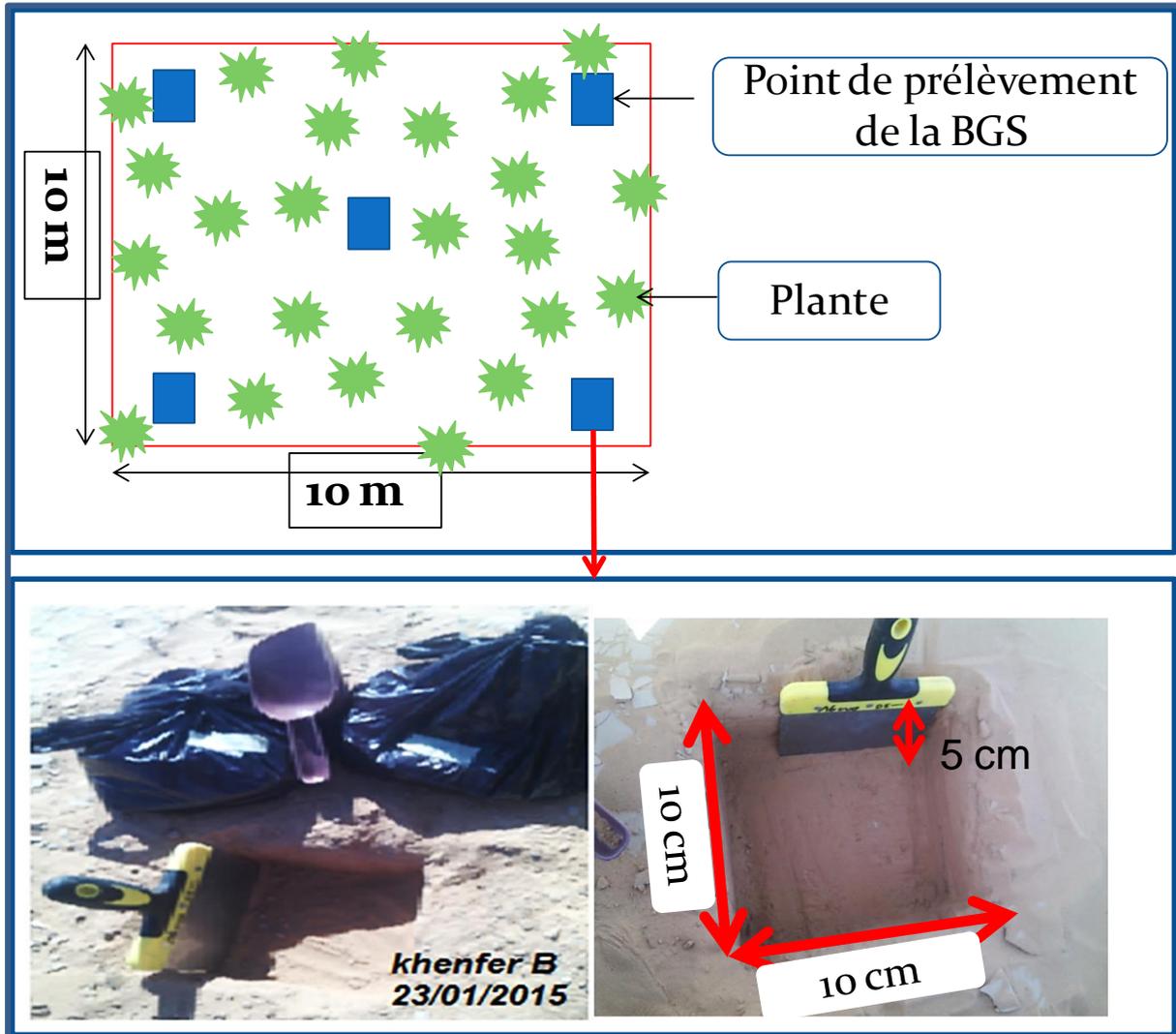
### **II.2.1. Etude de la banque de graines du sol**

#### **II.2.1.1. Échantillonnage de la banque de graines**

Pour chaque parcours, trois stations ont été choisies au hasard pour l'échantillonnage de la banque de semences du sol. Sur chaque station, des relevés floristiques ont été effectués, grâce à la méthode de l'aire minimale sur une parcelle de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>) (BRAUN-BLANQUET, 1964), tout au long de la période d'étude, afin de comparer la composition floristique aérienne avec celle de la banque de semences du sol. Pour avoir une meilleure l'hétérogénéité du sol, de chaque parcelle, nous avons fait le prélèvement de cinq échantillons sous forme de petits carrés de 10 cm x 10 cm et 5 cm de profondeur (500 m<sup>3</sup>), où 04 carrés sont positionnés dans les quatre côtés de la parcelle, et le cinquième, au milieu (Photo 1). Quinze échantillons des sols ont été prélevés au niveau des trois stations qui représentent un seul parcours, à savoir cinq échantillons de chaque station. Les cinq échantillons prélevés de chaque station ont été mis dans des sacs en plastiques étiquetés et transportés pour traitement.

Au total, 90 échantillons de sols pour tous les parcours par saison ont été prélevés. En raison des variations climatiques, notamment des vents qui rendent la terre arable de ces parcours sahariens en mouvement permanent, ce qu'il a été important de prélever des sols avec leur banque de semences en différentes saisons afin d'avoir une meilleure connaissance sur la composition des espèces et la dynamique de la banque de semences d'une façon générale selon les saisons.

Chaque échantillon du sol a été pris manuellement à l'aide d'un grattoir à une profondeur de 5 cm (Photo 1). Cette profondeur (5 cm) d'échantillonnage du sol a été choisie car les semences de sol du désert sont peu profondes et se rencontrent souvent dans les premiers 5 cm du sol, et aussi car la banque diminue avec la profondeur (REICHMAN,1984 ; PAKE et VENABLE, 1996; GUO et *al.*, 1998; LORTIE et TURKINGTON, 2002 ; LI et *al.*, 2003 ; ZHAO et *al.*, 2004 ; CHEN et *al.*, 2008 ; XU et *al.*, 2008; LI et *al.*, 2008 ; YU et *al.*, 2008 ; PLASSMANN et *al.*, 2009 ; FRENCH et *al.*, 2010).



**Photo 1:** Technique adoptée pour faire les prélèvements du sol

Au total, 360 échantillons ont été prélevés durant la période de l'étude (automne 2016- été 2017). Ce nombre important d'échantillons vise à la bonne estimation de la banque de graines du sol de différents parcours sahariens.

### **II.2.1.2. Période d'échantillonnage**

Le moment de la récolte des échantillons du sol est très important puis qu'il dépend des cycles reproductifs des espèces au cours de l'année, et du fait de la quantité des semences qui ne seront pas identique au cours du temps. A cet effet, on peut considérer que la période de l'hiver est généralement le moment où il n'y pas a pas ni entré ni sorti de semences (période de repos végétative), ce qui diffère de celle du printemps qui se caractérise par un potentiel germinatif plus important (LI et *al.*, 2003 ; ZHAO et *al.*, 2003 ; ZHAO et *al.*, 2004 ; SU et *al.*, 2007 ; XU et *al.*, 2008 ; SHI et *al.*, 2011). D'autre part, l'été et l'automne, sont des saisons où les plantes arrivent à la fin du cycle végétatif et de maturation des graines, donc de la dissémination des graines (CHEHMA, 2005 ; ZHU et *al.*, 2005 ; CHEN et *al.*, 2008 ; WU et *al.*, 2009 ; MA et *al.*, 2010). Pour ces raisons l'échantillonnage du sol de la banque de graines a été effectué d'une façon saisonnière (de l'automne 2016 à l'été 2017).

**Tableau 5:** Périodes de prélèvement des échantillons du sol pour la banque de graines

Saison	Automne 2016	Hiver 2017	Printemps 2017	Eté 2017
Période de prélèvement du sol	15 octobre - 01 novembre	15 janvier - 01 février	15 avril - 01 mai	15 juillet - 01 août

### **II.2.1.3. Techniques d'étude de la banque de graines**

Deux méthodes sont couramment utilisées pour estimer la banque de semences du sol:

- (1) La technique directe préconisée par MALONE (1967), s'appuie principalement sur l'extraction et l'isolement des graines, ensuite sur leur identification et leur comptage sous une loupe binoculaire, enfin elles sont soumises à un test de viabilité au chlorure de tétrazolium.
- (2) La technique indirecte: elle consiste à mettre en germination des échantillons de terre et de compter les plantules qui apparaissent, correspondant ainsi aux semences présentes dans les échantillons.

Pour la méthode directe, qui s'appuie à l'extraction des graines du sol prend beaucoup du temps et de la main d'œuvre (surtout pour de petites graines) et les résultats ne sont pas fiables, car elle peut surestimer la taille réelle de la banque de graines du sol, si des graines non

viables sont présentes dans les échantillons (Gross, 1990). A cet effet, ANNE (2009) a isolé beaucoup de graines de la banque de graines à l'aide de cette technique, tandis qu'aucune de ces espèces a été détectée par la technique indirecte. Pour cette raison, TER HEERDT et *al.* (1996) ont rapporté qu'elle est très efficace seulement pour les espèces qui ont des graines volumineuses, et ne convient pas avec les espèces qui ont des graines des petites tailles. De leur part, De Villiers et *al.* (1994) ont rapporté que l'extraction physique des graines est extrêmement laborieuse et peu pratique pour les études à grande échelle, surtout si elle utilise pour étudier la banque de graines dans les zones arides. D'ailleurs, il est difficile de détecter et identifier les petites graines (LECK et *al.*, 1989, GUTTERMAN, 1993).

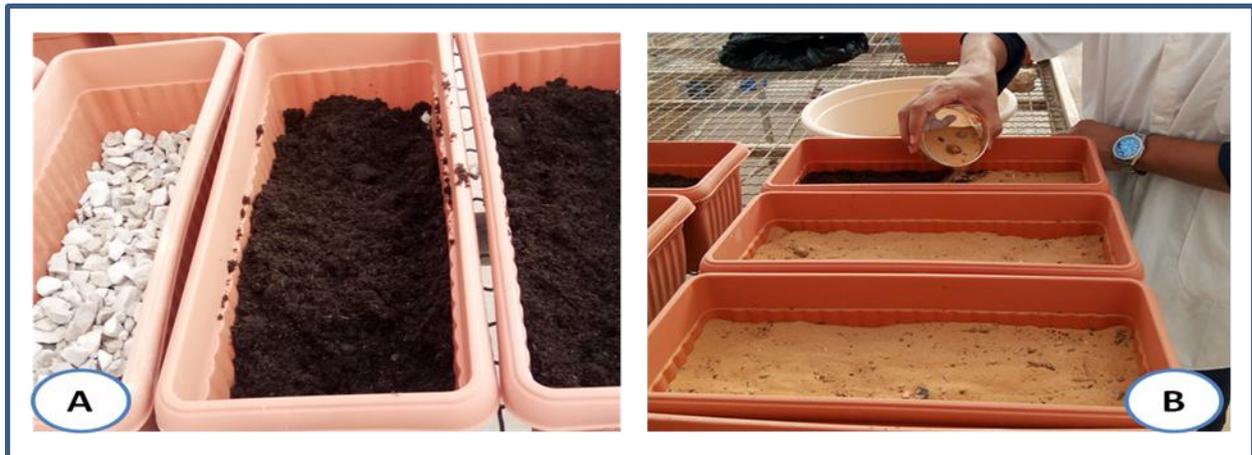
Cependant, la méthode d'émergence de semis sous-estime la banque de semences exprimant la taille réelle de la banque dont seulement les graines faciles à germer sont comptées (BROWN 1992), ce qui assure la fiabilité et la rapidité pour déterminer la composition des espèces de la banque de semences d'une communauté végétale donnée. A cet effet, plusieurs auteurs rapportent que la méthode d'émergence des semis est considérée comme la plus fiable que la méthode d'extraction des semences (ZHAO et LI, 2003 ; ZHAO et *al.*, 2005 ; LEMAUVIEL et *al.*, 2005 ; SU et *al.*, 2007 ; CHEN et *al.*, 2008 ; MA et *al.*, 2010). Donc, Il a été choisie la méthode de l'émergence de semis pour la détermination de la composition spécifique de la banque de semences du sol afin assurer l'exactitude relative des résultats.

## **II.2.2.Traitements sous serre**

### **II.2.2.1. Préparation et mise en culture des échantillons**

Dans la méthode d'émergence des semis, les échantillons de sol sont généralement répartis de sous serre et conservés dans des conditions contrôlés, pour favoriser la germination des graines que possibles (MANDERS, 1990; BAKKER et *al.*, 1996; TER HEERDT et *al.*,1996; KELLERMAN, 2004).

Sous serre, les échantillons de sols correspondant à chaque station sont mélangés et homogénéisés, puis traités comme un seul échantillon. 5 répétitions de celle-ci sont déposées en couche de 8mm (maximum 1cm) sur une couche de terreau dans des bacs à germinations en plastiques rectangulaires de 45cm x 17cm x 16cm (Photo 2. B). La couche de terreau se trouve au-dessus d'une couche de gravier pour permettre d'éliminer d'excès d'eau d'irrigation (Photo 2. A).



**Photo 2 :** A) Préparation des pots (terreau+gravier).B) déposition des échantillons du sol

Les bacs à germinations ont été installés sous serre en verre au niveau de l'exploitation de la faculté des sciences de la nature et de la vie (UKM Ouargla) (Photo 3. C); à une température ambiante variable, représentant la température à l'extérieur de la serre qui varie entre 15 et 40 C° par jour, reflétant l'amplitude thermique du milieu naturel du couvert végétal de notre site d'étude.



**Photo 3 :** Installation et irrigation des bacs sous serre

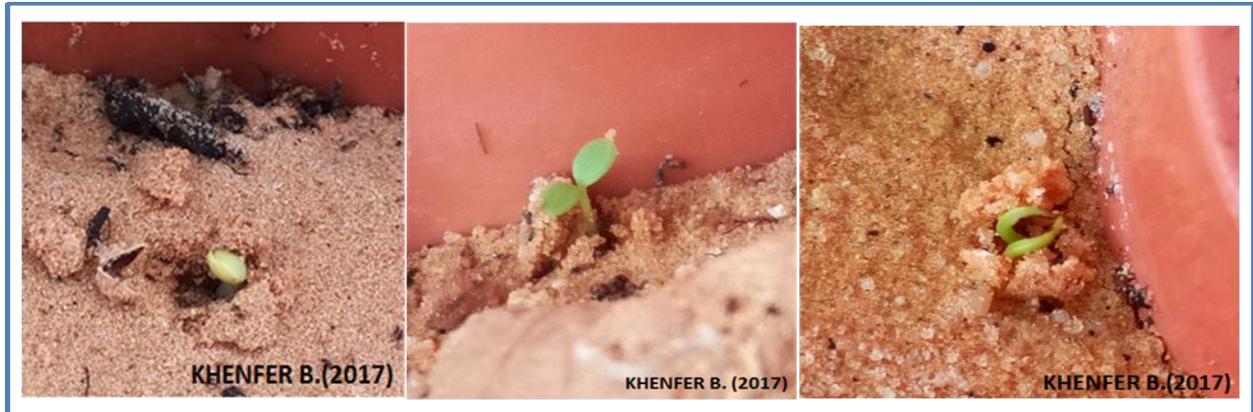
#### **II.2.2.2. Suivi de la germination**

Le suivi a été effectué toutes les semaines où il y a eu:

- L'irrigation des bacs a été faite régulièrement (trois fois par semaines), afin d'assurer des conditions idéales d'humidité.
- dénombrement des graines germées (photo 4).

- détermination des plantules par espèce pour les identifier.

-Les bacs ont été tournés régulièrement, pour assurer des conditions identiques de germination pour tous les essais, surtout l'effet de la lumière et la température.



**Photo 4 :** Levées des germinations de quelques espèces de la banque de graines du sol

### **II.2.2.3. Identification des espèces végétales germées et inventoriées dans les parcours**

L'étape la plus importante est l'identification des espèces sahariennes spontanées. Elle est aussi la plus délicate et aussi la plus difficile (Photo 5). Ceci est lié tout d'abord à la morphologie (forme, couleur, taille ...) des espèces apparues dans la banque de graines qui est généralement différente que celle rencontrée sur le terrain (parcours). En plus, la phase la plus cruciale "floraison" pour identifier les espèces arrive beaucoup plus tard, notamment pour les espèces vivaces. Certaines espèces sont presque absentes des parcours durant toute l'année et n'apparaissent que dans une période très réduite (espèces éphémères), ce qui rend donc très difficile l'identification de ces espèces, qui appartiennent généralement au type biologique d'éphémères.

Les clés de détermination utilisées pour l'identification des espèces sont:

- Nouvelle flore d'Algérie (QUEZEL et SANTA, 1962-1963).
- Flore du Sahara (OZENDA, 1991).
- Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien (CHEHMA, 2006).



**Photo 5** : Etape de l'identification des espèces de la banque de graines du sol

### **II.3. Acquisition des données**

#### **II.3.1.Relevés floristiques**

L'étude de la flore porte sur la réalisation des relevés floristiques que ce soit sur la flore réelle ou la flore potentielle et le traitement des résultats par l'application de quelques indices écologiques appropriés.

- 1- La liste des espèces végétales: le but de cet inventaire est de recenser toutes les espèces végétales qui se rencontrent dans la végétation aérienne et sa banque de graines du sol.
- 2- L'indice de Sorensen ( $I_s$ ) a été calculé pour comparer la composition en espèces de la banque de semences du sol et la végétation en surface :

$$I_s = 2C / (A+B+c)$$

A : nombre d'espèces germées dans la banque de graines du sol,

B : nombre d'espèces rencontrées lors des relevés floristiques de la végétation de surface,

C : nombre d'espèces communes entre la banque de graines du sol et de celui de la végétation.

### **II.3. 2. Analyses statistiques**

Afin de faire une meilleure exploitation et interprétation de nos résultats, nos données ont fait l'objet d'analyses statistiques appropriées, à savoir:

- 1- L'analyse factorielle des correspondances (AFC) à l'aide d'un logiciel XLSTAT (2009) pour les espèces de la végétation aérienne et de la banque de graines du sol.
- 2- L'analyse de variance a été par XLSTAT (2009), afin de comparer la composition spécifique de la végétation en place, et pour comparer la richesse des banques de graines du sol entre elles.

## ***Chapitre III. Résultats et discussion***

### III.1. Etude de la flore réelle ou la végétation aérienne

#### III.1.1. Composition et richesse de la végétation aérienne

En général, dans les zones arides, la végétation est composée d'arbustes, de sous arbustes et principalement de plantes éphémères, qui sont mieux adaptées aux conditions environnementales difficiles.

Durant notre étude sur le terrain, lors des relevés floristiques de nos parcours, nous avons recensé plus de 2 200 plantes divisées en 63 espèces appartenant à 22 familles, appartenant aux deux classes botaniques (tableau 6).

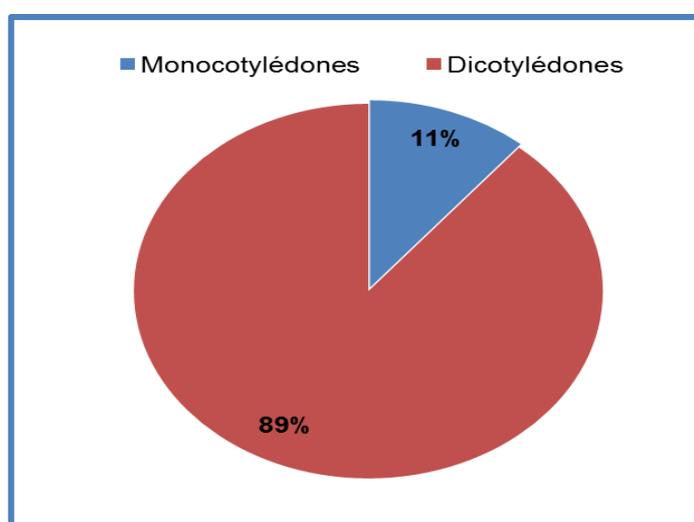
**Tableau 6:** Liste des espèces recensées dans la végétation aérienne des parcours étudiés

Classe	Famille	Espèce	Famille	Espèce	
Monocoty lédones	Liliaceae	<i>Androcymbium punctatum</i>	Poaceae	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	
				<i>Cynodon dactylon</i>	
		<i>Asohodelus tenuifolius</i>		<i>Phragmites communis</i>	
				<i>Stipagrostis plumosa</i>	
				<i>Stipagrostis pungens</i>	
Dicotylédones	Amaranthaceae	<i>Agtaphora alopecuroides</i>	Campanulaceae	<i>Campanula bordesiana</i>	
		<i>Anabasis articulate</i>	Capparidaceae	<i>Cleome amblyocarpa</i>	
		<i>Cornulaca Monacantha</i>		<i>Sueda fruticosa</i>	
		<i>Halocnemum Strobilaceum</i>	Cistaceae	<i>Helianthemum lippii</i>	
		<i>Salsola longifolia</i>	Cucurbitaceae	<i>Colocynthis vulgaris</i>	
		<i>Salsola tetragona</i>	Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i>	
		<i>Traganum nudatum</i>		<i>Euphorbia cornuta</i>	
	Apiaceae	<i>Pituranthos chloranthus</i>	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i>	
	Asclepiadaceae	<i>Pergularia tomentosa</i>		<i>Ricinus communis</i>	
	Asteraceae		<i>Atractylis serratuloides</i>	Fabaceae	<i>Astragalus gombo</i>
			<i>Buborium graveolens</i>		<i>Astragalus gyzensis</i>
			<i>Calendula aegyptiaca</i>		<i>Genista saharae</i>
			<i>Catananche arenaria</i>		<i>Psoralea plicata</i>
			<i>Chamomilla pubescens</i>		<i>Retama retam</i>
			<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>		
			<i>Cotula cinerae</i>	Geraniaceae	<i>Erodium triangulare</i>
			<i>Echinops spinosus</i>		<i>Monsonia heliotropioides</i>
			<i>Koelpinia linearis</i>		<i>Monsonia nivea</i>
			<i>Launaea angustifolia</i>		Malvaceae
			<i>Launaea glomerata</i>	Plantaginaceae	<i>Plantago ciliata</i>
			<i>Launaea mucronata</i>		<i>Plantago notata</i>
			<i>Rhantherium adpressum</i>	Plombaginaceae	<i>Limonastrirum guynianum</i>
	Boraginaceae	<i>Heliotropium undulatum</i>	Resedaceae	<i>Randonia africana</i>	

	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	<i>Tamaricaceae</i>	<i>Tamarix articulata</i>
Brassicaceae	<i>Malcomia aegyptiaca</i>		<i>Tamarix gallica</i>
	<i>Moricandia arvensis</i>		<i>Fagonia glutinosa</i>
	<i>Oudneya africana</i>	Zygophyllaceae	<i>Fagonia microphylla</i>
	<i>Zilla macroptera</i>		<i>Zygophyllum album</i>

### III.1.1.1. Répartition de la végétation aérienne suivant les classes

D’après la figure 10, il ressort que la classe des dicotylédones est la plus représentée avec 89%, par rapport à la classe des Monocotylédones qui ne représente que 11% au niveau de la flore réelle de nos parcours sahariens (figure 10).

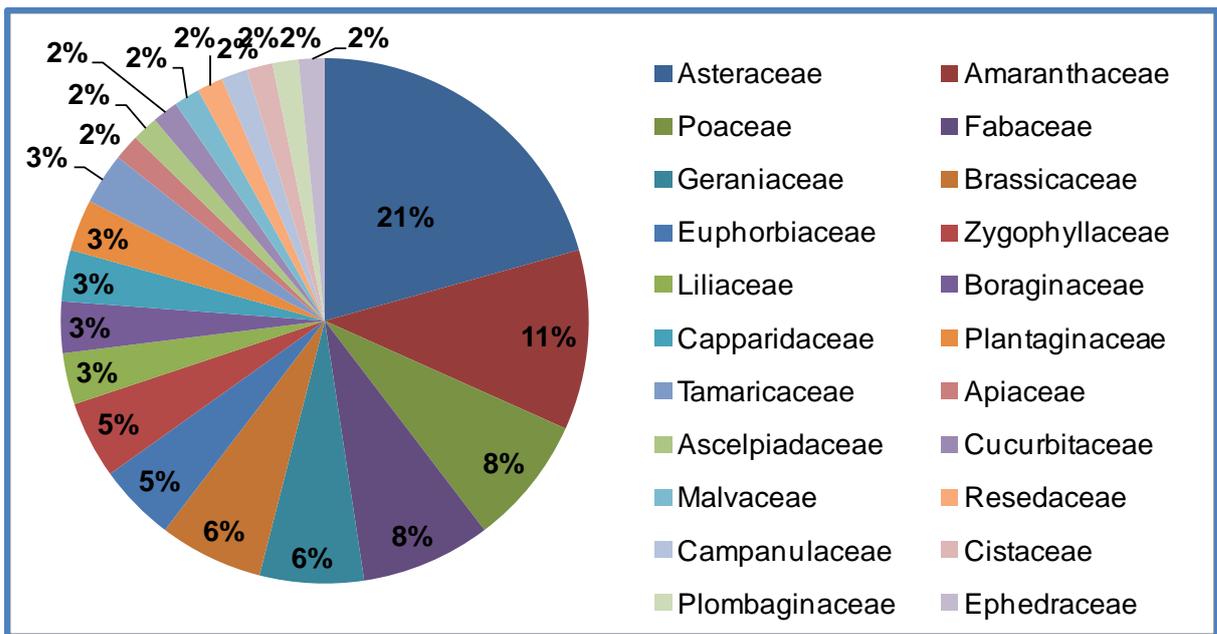


**Figure 10:** Répartition des classes botaniques des espèces recensées dans la végétation aérienne

La supériorité de la classe des dicotylédones peut s’expliquer par le fait que cette dernière renferme les espèces compétitives possédant des adaptations particulières, leurs permettant de tolérer des conditions climatiques extrêmes (les fortes températures, la sécheresse et l’aridité). Nos résultats sont conformes aux autres travaux dans les parcours camelins du Sahara septentrional et occidental algérien (OZENDA, 1991; CHEHMA, 2005; BOUALLALA, 2013). A cet effet, les travaux de GOMAA (2012) dans différents habitats du désert d’Egypte, et même dans des zones semi-désertiques Libyenne (EL-BARASI et al., 2013), ont tous aussi confirmé que la classe des Dicotylédones est la plus contributive que celle des Monocotylédones.

**III.1.1.2. Répartition de la végétation suivant les familles**

Au total, 22 familles botaniques sont rencontrées dans la flore réelle des parcours sahariens (figure 11). 4 familles sont les plus dominantes; les Astéraceae (21%), les Amaranthaceae (11%), les Poaceae et les Fabaceae 8% pour chacune d’elle, qui renferment presque la moitié des espèces inventoriées (48%). D’ailleurs, il faut signaler que sur les 22 familles contributives dans la flore réelle, il y a 9 familles qui sont représentées uniquement par une seule espèce.

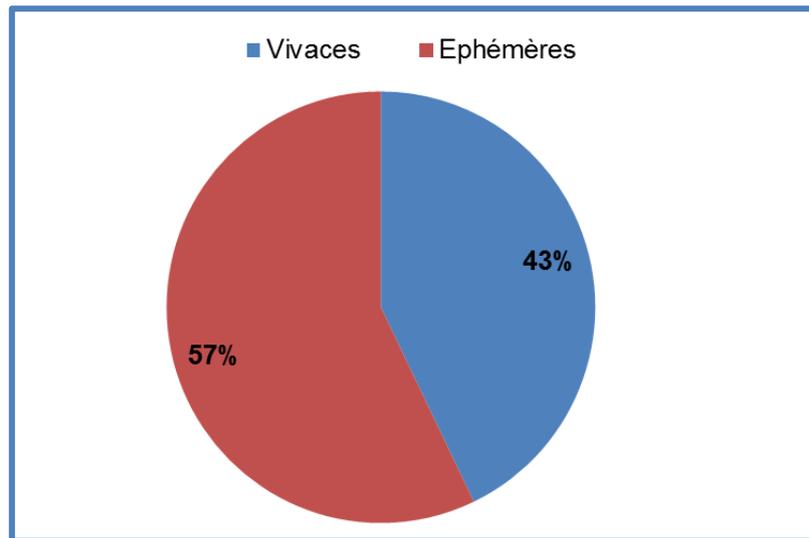


**Figure 11** : Répartition des familles dans la végétation aérienne

Dans ce contexte, nos résultats sont conformes avec 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 YUCEF, 2009). D’ailleurs, ces résultats sont cohérents avec des études précédentes dans des écosystèmes désertiques AL-SODANY *et al.*,(2003), FAWZY *et al.* (2018), ont également indiqué que les Asteraceae, Poaceae, Fabaceae et Amaranthaceae sont aussi les familles les plus grandes en nombre d’espèces.

**III.1.1.3 Importance des catégories biologiques**

L’analyse des espèces inventoriées dans la végétation aérienne en fonction des catégories biologiques a montré que la contribution des éphémères est relativement élevée (57%) comparativement à celles des vivaces (43%) (figure 12).



**Figure 12:** Contribution des catégories biologiques dans la végétation aérienne

Les plantes éphémères occupent une place importante dans la végétation des parcours étudiés comparativement aux vivaces (figure 12). La prédominance des éphémères est un indice que le milieu est perturbé (conditions climatiques et ressource vitales imprévisibles) qui sont les caractéristiques des écosystèmes arides. En effet, la stratégie d'adaptation particulière de ce type biologique "les éphémères" ne se base pas sur l'adaptations morphologiques à l'aridité, mais ils échappent, plutôt, totalement à la sécheresse (DAGET, 1980; BARBERO *et al.*, 1990 ; CHEHMA 2005; CHEHMA *et al.* , 2008), sous forme de graines enfouies dans le sol (POILICOT, 1996; RAUNKIAER, 1905 et 1937). Néanmoins, leur présence dans la végétation actuelle des milieux arides dépend directement des précipitations (QUEZEL, 1965; MONOD, 1992; CHEHMA 2005; CHEHMA *et al.*, 2008; ALATAR *et al.*, 2012). Tandis que, les plantes vivaces qui viennent en deuxième position dans la composition de la flore réelle de ces parcours, sont généralement les plus adaptées face aux conditions du climat désertiques très rudes (RAUNKIAER, 1934; FLORET *et al.*, 1990), par le fait de leur physiologie et leurs adaptations anatomiques et morphologiques ; la réduction de la taille des feuilles ou la transformation de ces dernières en épines, le développement des organes souterrains (rhizomes, bulbes), la sclérophylle et le stockage de l'eau dans leurs tissus, cuticule, position des stomates, etc. (MONOD, 1992). Ce qui leur permet d'être présente durant toute l'année, quelle que soit les conditions climatiques (CHEHMA *et al.*, 2008).

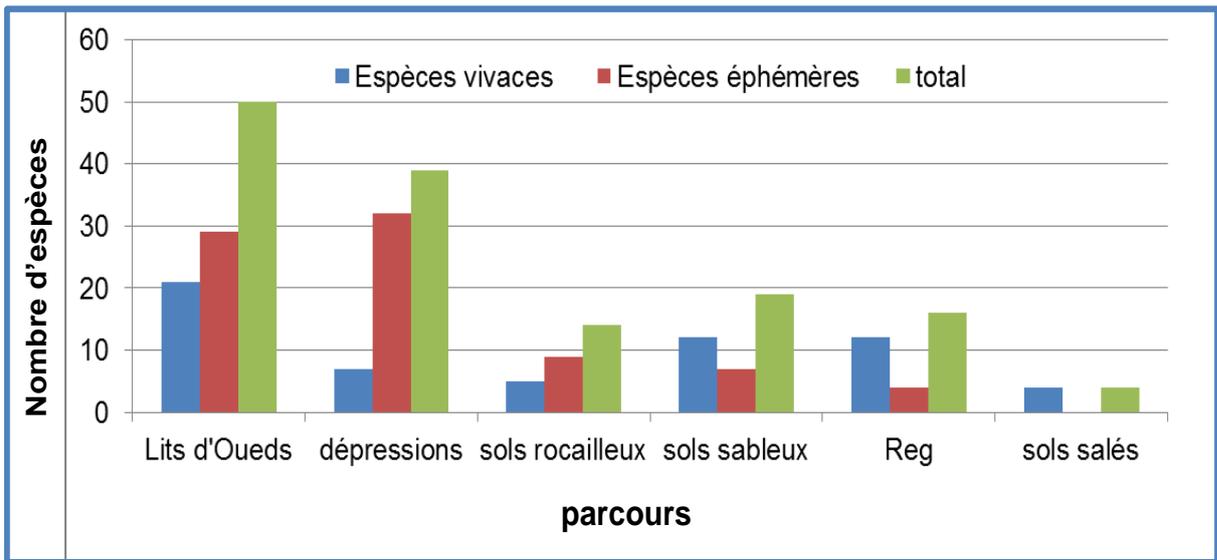
D'une façon générale, les plantes sahariennes se divisent en deux principales catégories biologiques (éphémères et vivaces) ou en deux formes de vie (végétation accidentelle ou permanente). L'émergence des éphémères ou des plantes accidentelles est déterminé par la

disponibilité de l'eau (facteurs externes). Alors que, les vivaces qui ont des cycles de vie particuliers sont moins dépendantes des facteurs externes, mais plutôt des facteurs internes sous forme d'adaptations physiologiques, anatomiques et morphologiques qui leurs permettent de subsister le long de tout l'année dans ces milieux désertiques.

### III.1.2. Répartition spatio-temporelle des espèces de la végétation aérienne

#### III.1.2.1. Répartition spatiale

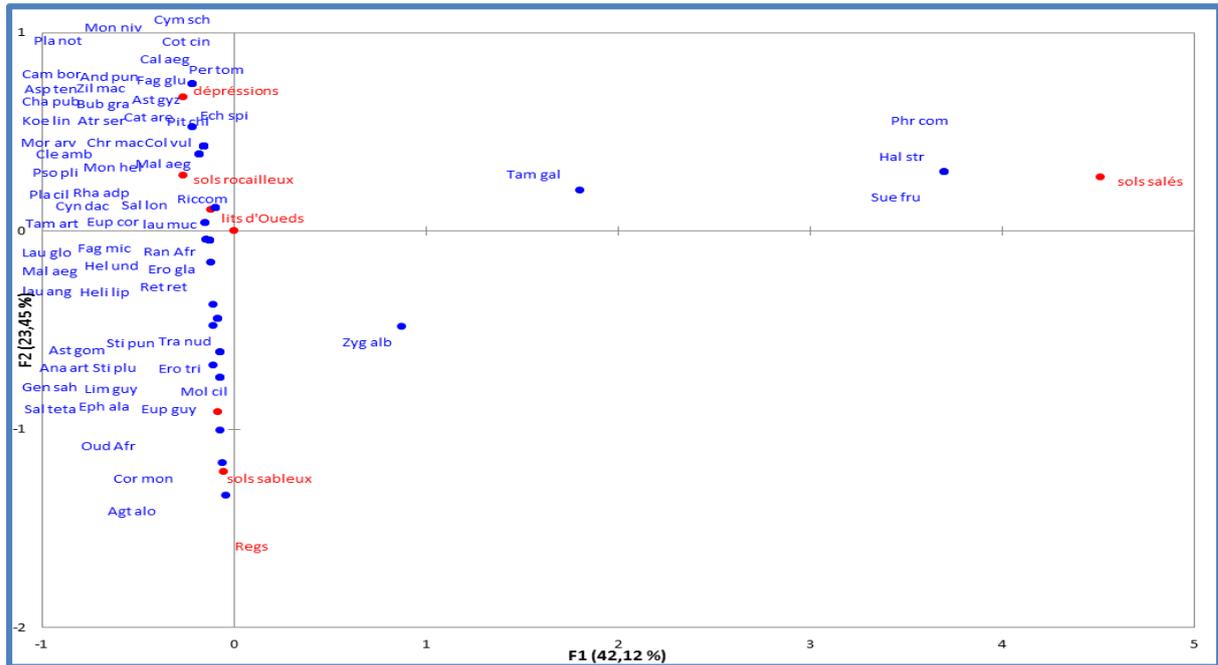
L'ANOVA montre qu'il y a une différence hautement significative ( $P\text{ value}=0,000$ ) dans la richesse spécifique entre les parcours. Ceci montre qu'il y a des différences dans la richesse spécifique de la végétation aérienne entre les parcours sahariens. Les parcours des lits d'Oueds enregistrent la plus grande richesse spécifique avec 50 espèces, suivit par les dépressions avec 39 espèces, ensuite les sols sableux, les sols rocailleux et les Regs avec respectivement 19, 16, 14 espèces. Enfin, les sols salés qui sont les parcours les plus pauvres avec seulement 4 espèces vivaces (figure 13).



**Figure 13:** Répartition spatiale de la composition spécifique de la végétation aérienne

Du point de vue spatial, on remarque que la distribution des plantes est très variable d'un type de parcours à l'autre. En général, nos résultats montrent que les lits d'Oueds et les dépressions sont les parcours les plus diversifiés, et que les sols rocailleux, sols sableux, Reg et sols salés les moins diversifiés. Ces résultats sont conformes avec nombreux de travaux dans le Sahara algérien et non seulement dans sa partie septentrionale (CHEHMA, 2005; CHEHMA et al., 2008), mais aussi dans sa partie occidentale(BOUALLALA, 2013).

Afin de mieux analyser la répartition de la flore saharienne suivant les différents parcours, nous avons effectué une analyse factorielle de nos données (figure 14)



**Figure 14:** Représentation spatiale sur le plan factoriel 1-2 des espèces de la végétation aérienne et des parcours

L'AFC montre que la plupart des espèces se répartissent le long de l'axe 2. Cette distribution traduit un gradient d'humidité décroissant. Il oppose les espèces qui prolifèrent dans les biotopes à sols humides, qui sont essentiellement rencontrées dans des endroits de cours d'eau (Oueds, dépressions): *Stipagrostis pungens*, *Oudneya Africana*, *Genista saharae*, *Moltkiopsis ciliata*, *Anabasis articulata*, *Astragalus gombo*, *Cornulaca monacantha*, *Ephedra alata*, *Traganum nudatum*, *Euphorbia guyoniana*, *Limonastrirum guynianum*, *Erodium triangulare*, *Agtaphora alopecuroide*, *Stipagrostis plumosa*, *Salsola tetragona*, à celles des sols secs, notamment les sols sableux et les Regs. Par contre, au niveau de l'axe 1, on a alors une séparation nette des espèces des parcours des sols salés (humides) qui sont : *Halocnemum Strobilaceum*, *Tamarix gallica*, *Sueda fructicosa*, *Phragmites communis*.

Il est à retenir que la plupart des environnements désertiques se caractérisent par des précipitations rares et des sécheresses fréquentes. Cela limite la distribution de la végétation dans des endroits plus ou moins propices pour la survie, ce qui révèle que la végétation saharienne relativement plus dense dans les lits d'Oueds et aux dépressions car ils disposent d'un approvisionnement en eau plus favorable, en plus, ces parcours sont des endroits du

ruissellement principaux des eaux durant les saisons pluvieuses emportés par des sédiments fins et des matières organiques. Ceci permet aux plantes de ces parcours de profiter des sols plus humides pour une période relativement longue, quelque temps après les pluies. D'ailleurs, la texture du sol de ces parcours peut optimiser la capacité de rétention de l'eau, dont un pourcentage des matières organiques est plus élevé, ainsi en limon et en argile. Pour la matière organique est également connue comme étant un élément clé de la fertilité du sol, qui est peut-être issue de la décomposition des résidus des plantes ou emportée avec le ruissellement des eaux. Tandis que la différence de taille des sédiments (limon, argile et sable) des surfaces joue un rôle dans la détermination de la quantité de l'humidité emmagasinée par le sol. A cet effet, le type du sol qui contient un pourcentage plus élevé du limon et d'argile devient plus dense et compact, ce qui minimise l'évaporation et la percolation d'eau, dont ces caractéristiques sont surtout attribuées par la géologie et la texture des sols des parcours des lits d'Oueds et des dépressions, ce qui laisse ces parcours fertiles et généralement toujours humides dans des profondeurs plus proche de la surface, offrant à la végétation les besoins essentielles pour la survie, notamment pour les éphémères qui peuvent profiter d'une faible humidité du sol pour accomplir leur cycle de vie. A cet effet, SHARAF EL-DIN et SHALTOU(1985) ont souligné que la matière organique dans le sol joue un rôle crucial dans la délimitation des groupes de végétation dans les lits d'Oueds, puisqu'elle diminue la toxicité du sodium (TAIZ et ZEIGER, 2002) et conduit à enrichir la diversité de la végétation (TRAUT, 2005). D'autre part, DASTI et AGNEW (1994) ont également rapporté que les sédiments ont des effets significatifs sur l'humidité du sol. Tout cela, peut expliquer l'importance dans la richesse et la diversité spécifiques des lits d'oueds et des dépressions, qui sont les seuls parcours sahariens possédant une stratification biologiques pouvant être qualifié d'excellent, compte-tenu du contexte, surtout pour les arbres tels que; *Tamarix articulata* et *Ephedra alata* (Oued N'sa), *Retama retam* et *tamarix gallica* (Oued Zelfana).

En revanche, les parcours de type sols sableux et Regs ont des structurations de sol différentes au premier groupe (lits d'Oueds et dépressions). Pour les sols sableux, ils sont souvent secs et généralement pauvres en substance nutritives, et leurs capacités à retenir d'eau sont très faibles. Quant aux Regs, ils ont des surfaces caillouteuses, en général, sont combinés avec une couche très mince de sable. Ces deux types du sol (sableux et Regs) qui sont poreuses, qui peuvent, tout d'abord, favoriser la percolation d'eau, et d'autre part, permettent aux rayons soleils et aux courants d'airs chauds de traverser facilement la couche superficielle contribuant à accélérer le phénomène de l'évaporation. En plus, ces formations

géomorphologiques accumulent souvent l'eau dans des couches plus profondes. Ceci peut expliquer la pauvreté de ces parcours en végétation, notamment pour les éphémères dont leurs racines n'aboutissent que de quelques centimètres de profondeur, comparativement aux vivaces, qui peuvent tolérer et se développer d'une façon permanente dans ces conditions environnementales expressives, à travers leurs systèmes racinaires bien développés. Cela, montre clairement que la disponibilité de l'eau est l'un des principaux facteurs qui ne contrôle seulement la distribution des plantes mais aussi leurs types. Ceci a été démontré, auparavant, par plusieurs auteurs (YAIR et DANIN, 1980; BOUDET et *al.*, 1983; SAADANI et ELGHEZAL, 1989; CHEHMA, 2005; CHEHMA et *al.*, 2008; SALAMA et *al.*, 2016). D'autre part, FAWZY et *al.* (2018) concluent que les éphémères dominent dans les plaines limoneuses tandis que les vivaces préfèrent les sols sableux. Cela montre la cause de prédominance des espèces vivaces comme l'*Ephedra alata*, *Stipagrostis pungens*, *Cornulaca Monacantha*, *Zilla spinosa*,... dans les terrains sableux et caillouteux (regs).

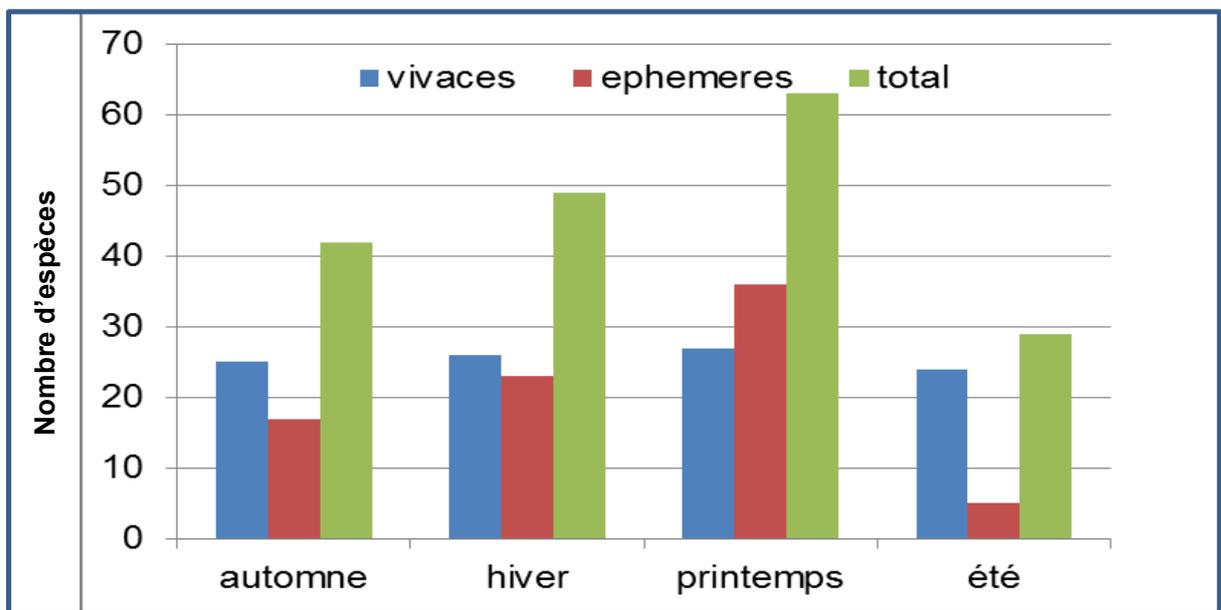
Pour les deux d'autres types de parcours (sols rocaillieux et sols salés), ils sont totalement différents des deux premiers groupes. Pour les parcours rocaillieux ce sont des terrains rocheux composés d'un ensemble de collines qui peuvent constituer des abris formant des microclimats et offrant des conditions plus ou moins favorables à la survie des plantes notamment pour l'humidité. Ce qui explique qu'il y a seulement quelques plantes qui peuvent s'adapter et coloniser de ce type de parcours sahariens. Alors que les parcours salés sont des terrains qui se caractérisant par l'excès de sels formés sous l'effet des conditions climatiques (température élevée, courant d'air chaud,...), Ce type du parcours comprend donc des formations végétales caractéristiques de type des halophytes appartenant aux types biologiques vivaces; comme *Zygodium album*, *Tamarix gallica*, *phragmites*, etc.

Globalement, on en déduit que plus que le climat qui est le même pour tous les parcours, c'est les types de terrains géomorphologiques qui caractérisent les habitats et donc qui ont un effet considérable sur le type et l'abondance de la végétation émergée. Ces différents terrains déterminent le rapport entre les espèces éphémères et pérennes. Les caractéristiques de l'habitat sélectionnent aussi le type des communautés végétales installées en réponse à leur type de sol (SKARPE, 1986; COFFIN et LAUENROTH, 1989; MA et *al.*, 2006), leur humidité du sol (PUGNAIRE et LAZARO, 2000; REBELLO et *al.*, 2001; SNYMAN, 2004), leur température du sol (SNYMAN, 2004), le vent (MA et *al.*, 2006), le rayonnement (PIERCE et COWLING, 1991; GUTIERREZ et *al.*, 2000), la topographie / pente (ORTEGA et *al.*, 1997; CABALLERO et *al.*, 2005; MA et *al.*, 2006), la teneur en éléments nutritifs

(PIERCE et COWLING, 1991). Enfin, les interactions entre ces facteurs jouent un rôle primordial dans un écosystème précis, car ils peuvent engendrer une bonne diversification écologique contenant une diversité biologique plus ou moins riche en communautés végétales qui se répartissent selon les types des habitats (parcours) de cet écosystème.

### III.1.2.2. Répartition temporelle

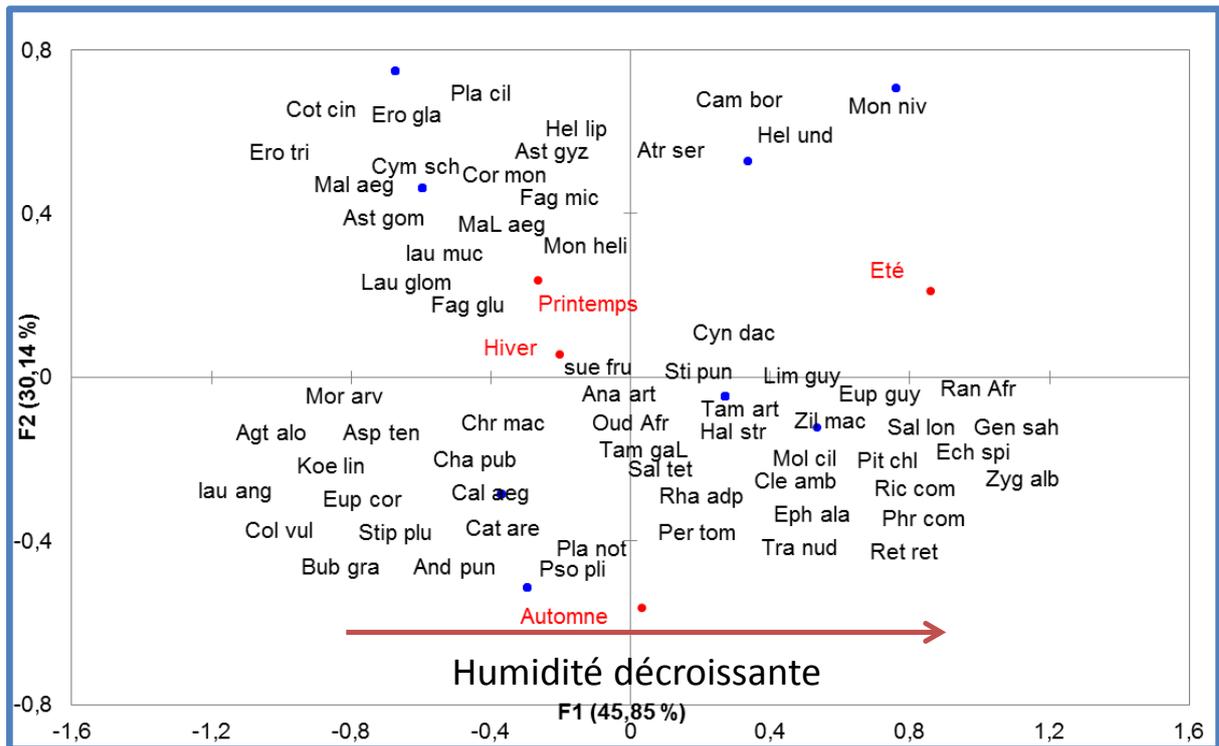
L'ANOVA montre qu'il y a une différence hautement significative ( $P$  value=0,002) dans la richesse spécifique entre les saisons (figure 15). Le printemps apparaît comme la saison la plus diversifiée avec une richesse spécifique de 63 espèces, et l'été est le moins diversifié avec une richesse spécifique de 29 espèces. Pour l'hiver et l'automne, ils enregistrent une richesse spécifique moyenne presque similaire avec respectivement 49 et 42 espèces.



**Figure 15:** Répartition temporelle de la richesse spécifique de la végétation aérienne

Nos résultats sont similaires à ceux des travaux de CHEHMA (2005), CHEHMA et *al.*(2008) et CHEHMA et YUCEF (2009).

Afin de mieux analyser et interpréter cette répartition temporelle des espèces vivaces et éphémères suivant les quatre saisons, nous avons effectué une analyse factorielle rassemblant la totalité des espèces rencontrées au niveau des différents parcours (figure 16).



**Figure 16:** Représentation factorielle (sur le plan 1-2) de la répartition temporelle des espèces de la végétation aérienne rencontrées dans les parcours

L'AFC a permis de former quatre groupements d'espèces indiquant des situations particulières.

L'un de ces groupes est localisé au centre, qui renferme 25 espèces vivaces et seulement 2 espèces éphémères respectivement sont : *Anabasis articulata*, *Cynodon dactylon*, *Ephedra alata*, *Euphorbia guyoniana*, *Genista saharae*, *Halocnemum strobilaceum*, *Limonastrirum guynianum*, *Moltkiopsis ciliata*, *Oudneya Africana*, *Pergularia tomentosa*, *Phragmites communis*, *Pituranthos chloranthus*, *Randonia African*, *Retama retam*, *Rhantherium adpressum*, *Ricinus communis*, *Salsola longifolia*, *Salsola tetragona*, *Stipagrostis pungens*, *Sueda fructicosa*, *Tamarix articulate*, *Tamarix gallica*, *Traganum nudatum*, *Zilla macroptera*, *Zygophyllum album* et *Cleome amblyocarpa*, *Echinops spinosus*. Cette dominance pour les espèces pérennes permet de fournir à ces parcours le caractère permanent du couvert végétal saharien durant les quatre saisons. Ceci peut être attribué à la capacité des espèces vivaces à résister aux conditions environnementales difficiles du désert.

Généralement, l'axe 1 (du côté négatif au côté positif), traduit un gradient d'humidité décroissante. Il oppose les deux groupements des espèces qui prédominent dans les conditions plus au moins humides, c'est-à-dire les espèces qui appartiennent aux 3 saisons humides (hiver, printemps et automne), qui sont représentés essentiellement par la majorité des espèces

éphémères rencontrées dans tous les saisons par rapport à la saison sèche (été), qui n'est représentée seulement que par 4 espèces (*Campanula bordesiana*, *Heliotropium undulatum*, *Monsonia nivea* et *Atractylis serratuloides*).

En général, l'ANOVA et le plan factoriel traduisent le même type de gradient dans la richesse spécifique pour les différentes saisons, ce qui confirme très bien l'effet de la saison sur la distribution des espèces. Néanmoins, l'analyse factorielle montre clairement que cette distribution saisonnière est essentiellement due à la variation dans la richesse des espèces éphémères d'une saison à l'autre. Par conséquent, l'apparence des éphémères vient juste après la pluviométrie, donnant une bonne image de la physionomie de la végétation. En effet, de nombreux travaux montrent que les éphémères sont très liés aux conditions climatiques, et leur présence dépend directement des précipitations (BOUDET et al., 1983; OZENDA, 1991; MONOD, 1992; CHEHMA, 2005; ALATAR et al., 2012). En plus, les éphémères ne présentent pas d'adaptions morphologiques particulières vis-à-vis de l'aridité pour se maintenir. La stratégie fonctionnelle de ces plantes étant de raccourcir leur cycle de vie végétative et le reste du temps elles cachent sous forme de graines. Ce qui explique leur dominance à certaine saison par rapport à d'autres. D'ailleurs, l'analyse des données climatiques de la pluviométrie des zones d'étude sur 20 ans (figure 3), montre que la répartition des précipitations dans les deux régions (Ghardaïa, Ouargla) est caractérisée par la distinction de deux mois où la quantité des précipitations est maximale (septembre 8,85 mm et janvier 8,85 mm). Ceci peut expliquer clairement pourquoi l'automne, l'hiver et le printemps sont plus diversifiés en espèces végétales, notamment pour les éphémères. De tout cela, on peut noter que l'abondance des éphémères dans une année précise, peut décrire l'état du climat, reflétant un régime annuel de précipitations important. Ce qui se traduit trivialement, par une bonne ou mauvaise année.

### III.2. Etude de la banque de graines du sol ou la flore potentielle

#### III.2.1. Composition de la banque de graines du sol

Au total, 497 plantes ont été recensées durant l’opération de germination et d’élevage des plants en serres de la banque de graines du sol, aux cours des 18 mois (d’automne 2016 à printemps 2018) de ce travail expérimental: la mise en culture des échantillons des sols, l’irrigation, le comptage et l’identification des plantes. Les échantillons des sols prélevés au niveau des trois axes (Ouargla -Ghardaïa, Ouargla - Oued N’sa et Ouargla -Touggourt) représentent les différents parcours sahariens. Les plantes apparues dans les bacs de germinations, nous ont permis d’inventorier 56 espèces, divisées en 12 plantes vivaces et 46 éphémères, réparties en 25 familles botaniques.

La liste des espèces correspondantes aux échantillons du sol étudiés est rapportée dans le tableau 7.

**Tableau 7:** Espèces inventoriées dans la banque des graines du sol des parcours sahariens

Classe	Familles	Espèces	Familles	Espèces
Monocotylédones	Liliaceae	<i>Androcymbium punctatum</i>	Poaceae	<i>Crypsis aculeata</i>
		<i>Dipcadi serotinum</i>		<i>Lolium multiflorum</i>
				<i>Phragmites communis</i>
				<i>Stipagrostis ciliata</i>
				<i>Stipagrostis obtusa</i>
				<i>Stipagrostis pungens</i>
Dicotylédones	Amaranthaceae	<i>Anabasis articulata</i>	Cistaceae	<i>Helianthemum lipii</i>
		<i>Bassia muricata</i>	Cucurbitaceae	<i>Colocynthis vulgaris</i>
	Apiaceae	<i>Ammodaucus leucotricus</i>	Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i>
		<i>Daucus sahariensis</i>	Fabaceae	<i>Argyrolobium uniflorum</i>
		<i>Pituranthos chloranthus</i>		<i>Astragalus cruciatus</i>
		<i>Centaurea bimorpha</i>		<i>Médicago laciniata</i>
		<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>		
	<i>Ifloga spicata</i>	Geraniaceae		<i>Erodium glaucophyllum</i>
	<i>Launaea angustifolia</i>		<i>Monsonia heliotropioides</i>	
	<i>Launaea glomerata</i>		<i>Monsonia nivea</i>	
	<i>launaea mucronata</i>		Labiaceae	<i>Salvia aegyptiaca</i>
	Asteraceae	<i>Launaea resedifolia</i>	Malvaceae	<i>Malva aegyptiaca</i>
		<i>Picridium orientale</i>	Plantaginaceae	<i>Plantago ciliata</i>
		<i>Rhantherium adpressum</i>		<i>Plantago ovata</i>
		Boraginaceae	<i>Arnebia decumbens</i>	Plombaginaceae
	<i>Moltkiopsis ciliata</i>		Rutaceae	<i>Ruta tuberculata</i>
	Brassicaceae	<i>Malcomia aegyptiaca</i>	Scrophulariaceae	<i>Linaria laxiflora</i>
		<i>Moricandia arvensis</i>		<i>Linaria sagittata</i>

		<i>Oudneya Africana</i>	<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum nigrum</i>
		<i>Savignya longistyla</i>	<i>Tamaricaceae</i>	<i>Tamarix gallica</i>
	<i>Campanulaceae</i>	<i>Campanula bordesiana</i>	<i>Thymeliaceae</i>	<i>Thymelia microphylla</i>
	<i>Capparidaceae</i>	<i>Cleome amblyocarpa</i>		<i>Fagonia glutinosa</i>
		<i>Sclerocephalus arabicus</i>		<i>Fagonia microphylla</i>
		<i>Spergularia diandra</i>		
	<i>Cariophyllaceae</i>	<i>Spergularia salina</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Zygophyllum album</i>

### III.2.2. Analyse systématique de la banque de graines du sol

L'analyse systématique de la flore potentielle des parcours sahariens s'est réalisée en fonction des classes, des familles et les catégories biologiques.

#### III.2.2.1. Analyse des espèces trouvées dans la banque de graines du sol en fonction des classes

L'examen de la contribution de chaque classe botanique dans la banque de graines du site d'étude (figure 17), montre que la classe des dicotylédones est la plus représentée avec 86% par rapport à la classe des Monocotylédones qui ne représente que 14% de la flore potentielle. Nos résultats sont conformes aux travaux de HERINE (1990), qui a identifié 50 espèces dans la banque de semences dont 43 de dicotylédones soit 86% et 7 monocotylédones soit 14%.

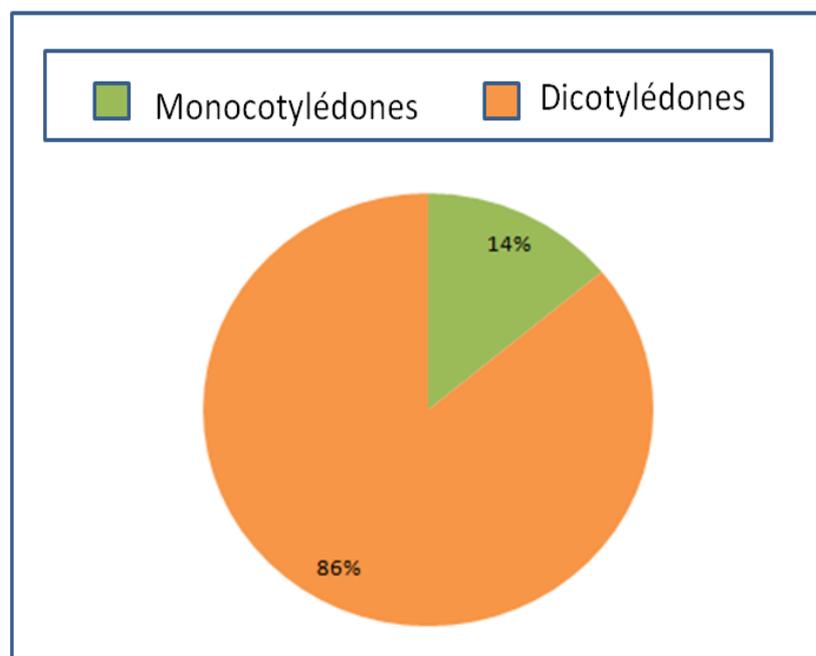
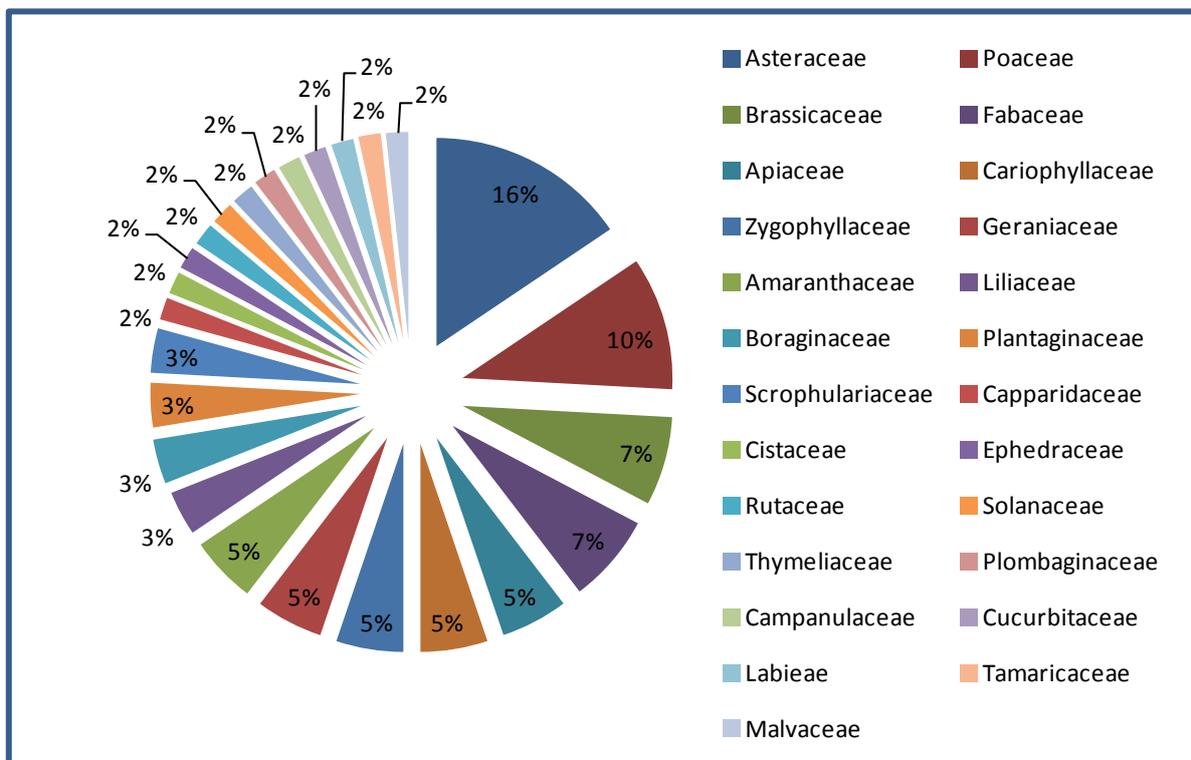


Figure 17 : Répartition des espèces inventoriées dans la banque de graines selon la classe

D'autre part, les travaux ont été réalisés par de TRABELSI (2016) sur les semences sahariens disséminées par le dromadaire (dans les fèces), ont montré que 78 % des graines disséminées dans ces parcours sahariens appartiennent à la classe des dicotylédones et seulement 22% de monocotylédones. Et d'autre part, cette constatation nous permet de bien expliquer pour quoi la classe des dicotylédones est aussi dominante au niveau de la flore aérienne (figure 10).

**III.2.2.2. Analyse des espèces germées dans la banque de graines du sol en fonction des familles botaniques**

Selon les résultats obtenus (figure18), on remarque que les espèces rencontrées dans la flore potentielle appartenant à 26 familles. 04 familles botaniques sont les plus représentatives: les Asteraceae (09 espèces), les Poaceae (05 espèces), les Brassicaceae et les Fabaceae avec (04 espèces), et 13 familles sont mono-espèces. Les autres familles ont un pourcentage faible (inferieure 5%), certaines d'elles sont représentées par 2 espèces et d'autres par 3 espèces. Nos résultats sont conformes à ceux de GOMAA (2012), qui a également montré que dans les écosystèmes désertiques (Egypte), les Asteraceae, les Poaceae et les Brassicaceae sont les familles les plus dominantes dans la banque de semences du sol.

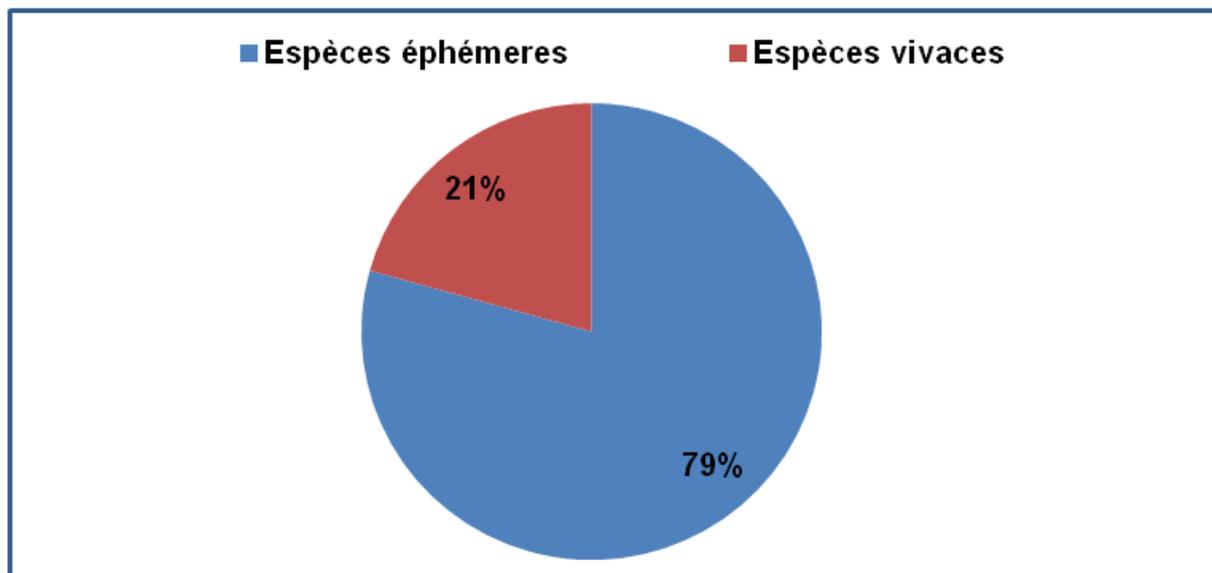


**Figure 18:** Répartition des espèces inventoriées de la banque de graines du sol selon les familles

A cet effet, les travaux de BERTAUDIÈRE-MONTES *et al.* (2015), ont permis de recenser 167 espèces appartenant à 39 familles. Parmi lesquelles, 10 familles ont une intense production de graines ce qui leur permet l'enrichissement rapide de leurs banques des graines du sol, ainsi que la colonisation facile des surfaces. En plus, 4 familles parmi ces 10, sont majoritairement plus abondantes en espèces, à 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 Fabaceae et des Brassicaceae dans la végétation en surface et dans la composition de la banque de graines de nos parcours sahariens.

### III.2.2.3. Analyse des espèces trouvées dans la banque de graines du sol en fonction des types biologiques

L'analyse des résultats de la figure 19, nous montre que la banque de graines du sol des parcours sahariens est beaucoup plus diversifiée par les espèces éphémères (46 espèces) représentant 79 % et seulement 12 espèces vivaces soit 21%. Malgré que les relevés de la végétation en place (figure 12), nous avons inventorié un pourcentage d'espèces vivaces considérables (43%). D'ailleurs, GOMAA (2012) a également enregistré, dans le stock semencier du sol, un taux élevé des espèces annuelles soit 43 (70%) comparativement aux espèces vivaces avec 18 plantes seulement.



**Figure 19:** Répartition des espèces de la banque de graines du sol selon les catégories biologiques

En effet, plusieurs hypothèses peuvent expliquer pourquoi il y a une différence entre le stock semencier des annuelles et les vivaces, qui est tout d'abord en relation directe aux modes de vie de chaque type biologique. Les annuelles ont une durée de vie très courte et leur apparition dépend directement des pluies, et afin s'assurer leur survie, elles vont profiter des bonnes conditions climatiques et des ressources vitales imprévisibles, notamment leurs fluctuations dans les écosystèmes désertique. Donc, elles vont se reproduire pour atteindre dans un temps rapide la phase de fructification et de maturation des graines avant que ces conditions disparaissent. Cela leur permet de se protéger des imprévisibilités et des incertitudes climatiques, ainsi elles peuvent de compenser par ce stock semencier imposant, caché dans le sol. En revanche, Les plantes vivaces qui ont une grande aptitude à survivre à l'état végétative au cours de l'année, quelle que soit les conditions climatiques. Elles vont persister contre la sécheresse, l'aridité, la forte température et les courants d'airs très chauds et secs par des adaptations anatomiques et physiologiques contrôlées par plusieurs hormones (auxines, acide abscissique, éthylène,...) en durcissant leurs tissus par la lignification et réduisant l'opération de l'évaporation à travers la fermeture des stomates. Il y a aussi des adaptations morphologiques en diminuant au maximum la surface des feuilles et/ ou parfois leur abscission complète, en plus qu'elles possèdent aussi des systèmes racinaires bien développés et denses. Les mécanismes extraordinaires, de ces plantes vivaces, sont bien bien contrôlés par des métabolites secondaires "essentiellement des hormones" qui peuvent permettre aux vivaces de ne pas avoir un besoin de se constituer une importante banque de graines du sol, comparativement aux éphémères qui ont besoin de cette banque importante qui leur permet de disparaître et réapparaître à travers les graines de la banque composée par elles-mêmes. D'une part, cela peut nous expliquer nettement la différence dans la richesse du stock semencier du sol entre ces deux types biologiques.

D'autre part, la forte contribution des éphémérophytes dans le stock séminal du sol des parcours sahariens peut être liée aux stratégies démographiques des adaptations «stratégies r» et «stratégies K» (GRIME, 1979; DIAZ et al., 2004). Les plante éphémères ont une stratégie de reproduction (démographique) de type 'r', signifiant qu'elles sont basées sur la production massive et intense des graines. A cet effet, AIDOU (1989) a décrit que certaines espèces du type biologique éphémère peuvent germer et fleurir trois fois durant la même année, et les graines produites d'une telle saison peuvent germer à la saison propice suivante, lorsqu'elles se trouvent dans des facteurs propices pour la germination. Ce qui nous permet évidemment de comprendre comment les éphémères enrichissent leur banque de graines du

sol. D'ailleurs, les plantes vivaces qui ont une stratégie de reproduction de type "k", se base essentiellement sur leur persistance avec un taux de fécondité relativement faible. Ce qui nous laisse supposer des hypothèses expliquant la faible contribution des vivaces, qui se maintiennent à l'état végétatif contrairement au type biologique éphémère, qui subsiste surtout sous forme de graines enfouies dans le sol, ou qu'elles produisent un nombre de graines très limité, ce qui le rend difficilement et rarement rencontré dans les échantillons du sol, ou bien que les vivaces se caractérisent par un phénomène des dormances de leurs graines qui nécessitent des traitements spécifiques pour qu'elles germent.

Pour comprendre l'importance de ces deux stratégies adaptatives, pour la survie ces deux catégories biologiques, on suppose que la production des graines des éphémères n'est pas importante. Cela peut les conduire à la disparition ou à l'extinction, surtout si les semences de la banque survivent à une longue durée enfouies dans le sol sous l'état grainière qui peuvent être affectées par plusieurs facteurs d'altérations, avant qu'elles germent telle que la dispersion, la prédation des animaux (insectes, fourmis, rongeurs, etc.), maladies fongiques, etc. Pour toutes ces raisons, les éphémères ont une production de graines plus grande que les plantes ligneuses, où leur exigences pour les semences sont limitées (KEMP, 1989), et même si une population des plantes ligneuses subit à des pertes occasionnelles, la plupart de ces plantes ligneuses peuvent se reproduire par une voie végétative, plutôt que par les graines comme chez les éphémères. A cet effet, GOODSON et *al.* (2001); CAPON et BROCK (2006), ont suggéré que les plantes vivaces se reproduisent principalement par la voie végétative. D'après tous cela, il nous apparait que la caractéristique reproductive typique, intense et massive des graines par des éphémères est un choix strictement facultatif, leur assurant l'aptitude pour se maintenir et surtout pour se régénérer non seulement à l'échelle spatiale mais aussi à l'échelle temporelle. Tandis que, pour les vivaces, ce choix (la reproduction par des graines) peut se manifester facultativement accompagné principalement d'une reproduction asexuée. Dans ce contexte, 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 éphémères vont produire de nombreuses petites graines, dans une durée de vie très courte. Cela nous explique également la nécessité des éphémères de composer une importante banque de graines plus diversifiée comparativement aux vivaces, particulièrement, dans des milieux perturbés avec des conditions climatiques fluctuant et des ressources vitales imprévisibles.

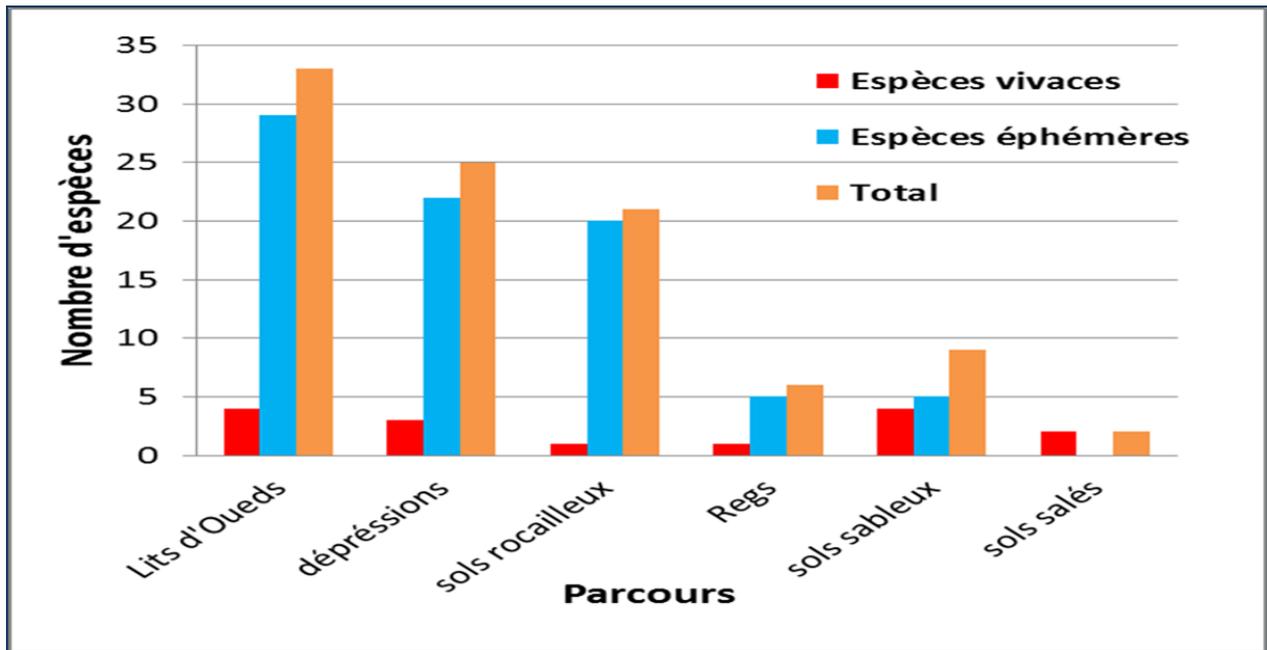
D'ailleurs, nos résultats sont confirmés avec nombreuses études qui ont été effectuées sur les banques de semences du sol. RICE (1989), BOSSUYT et HERMY (2003), MIDDLETON (2003) et CAPON et BROCK (2006), ont également rapporté que les éphémères avaient une importante banque de semences, plus que celles des vivaces qui avaient une banque généralement plus pauvre.

D'une façon générale, cette différence dans la densité de la banque de graines entre les éphémères et les vivaces est liée essentiellement à des facteurs biotiques (état de la végétation diversification, riche ou pauvre,...) et abiotiques (type du sol, topographie, régime annuel des températures et surtout des précipitations, etc.), qui peuvent se combiner pour servir la végétation à l'élaboration d'une plus grande ou une plus maigre banque de graines. Enfin, on peut déduire que la nécessité des plantes éphémères à la composition d'une banque de semences est strictement nécessaire pour qu'elles se régénèrent. Tandis que les vivaces valorisent leurs capacités adaptatives pour qu'elles peuvent se développer et proliférer avec une très maigre banque de semences, elles peuvent plutôt avoir un autre type de banque c'est une "banque de bourgeons" qui leur permet aussi de se régénérer.

### **III.2.3.Répartition spatio-temporelle de la banque de graines du sol**

#### **III.2.3.1.Diversité spatiale de la banque de semences du sol**

Le test ANOVA, montre qu'il y a une différence significative dans la composition spécifique de la banque de graines entre les parcours ( $p= 0,03$ ). Les parcours des lits d'Oueds enregistrent la richesse spécifique la plus élevée contenant de 33 espèces, suivis par les dépressions et les sols rocailleux respectivement 25 et 21 espèces. Puis, viennent les sols sableux, les regs et les sols salés qui sont généralement les parcours les plus pauvres avec une richesse moyenne inférieure de 6 espèces (figure 20).



**Figure 20:** Répartition spatiale de la richesse spécifique (totale) de la banque de graines du sol

Les banques des semences des lits Oueds et des dépressions sont plus importantes que les autres parcours. Ceci peut être attribué, tout d'abord, à l'environnement (caractéristiques du milieu) et aux types des espèces qui survivent dans ces types du parcours. Dans le Sahara, les endroits du ruissellement des eaux (vallées, oueds, dépressions) sont des microenvironnements très imprévisibles, mais ils peuvent devenir inondés périodiquement. En outre, ils ont, généralement, une texture de sol fine, ce qui signifie qu'ils peuvent avoir un pourcentage élevé d'argile et/ou limon mélangé avec le sable formant un substrat plus stable et gorgé d'eau temporairement, ce qui permet de fournir aux espèces certaines conditions de vie optimales (humidité). Ainsi, ils possèdent un type de végétation, qui se compose par des pérennes (arbres et arbustes) et des éphémères (herbacés), avec une dominance considérable des espèces éphémères. A cet effet, dans la végétation aérienne des lits d'Oueds, nous avons inventorié 50 espèces, 29 espèces sont annuelles et les 21 autres sont vivaces, tandis que pour les 39 espèces des dépressions, 32 sont éphémères et seulement 7 sont vivaces (figure13). Cette diversité biologique dans ces deux types de parcours, notamment la dominance des éphémères, n'est pas exclusivement pour la végétation aérienne, mais aussi bien pour la banque de graines où 29 espèces éphémères et 4 espèces vivaces sont enregistrées pour les lits d'Oueds et 22 espèces éphémères et seulement 2 vivaces pour les dépressions (figure 20). Cette supériorité des éphémères dans la banque de graines peut expliquer par la coaction des facteurs abiotiques (caractère opportuniste d'espèces) et biotiques (taux d'humidité) de ces

parcours dont les caractères de leur sols sont plus ou moins fins pouvant être plus stables, et rétenteurs des eaux et plus riches en des éléments minéraux. Lorsque ces types de sols sont humides (suite à des pluies) deviennent plus ou moins denses même pour une longue durée après les pluies. Ces avantages permettent aux sols de garder un taux élevé d'humidité, ce qui laisse ce type biologique (éphémères) profiter au maximum de ces conditions, en général, favorables à la vie induisant un potentiel germinatif élevé de leur stock semencier enfoui dans le sol pour que les plantules puissent assurer leur développement à la phase de la maturation et la dissémination des graines. Ainsi, le substrat de ces parcours aide à la fixation des jeunes tiges fragiles et les graines à leur germination (levée de germination) mieux que les autres substrats (sable par exemple) face aux tempêtes qui succèdent les pluies (caractéristiques du milieu désertique), empêchant le déracinement des plantules et surtout l'érosion du sol, et donc empêche le transport des graines, et assurant une végétation plus riche et plus diversifiée. Cela conduit à une augmentation dans la production des semences car la corrélation entre la biomasse et la fécondité est généralement positive (COUSENS et MORTIMER, 1995), Ceci assure toujours dans ces parcours un meilleur développement pour la végétation aérienne, ainsi qu'une bonne chance pour composer une banque de graines.

Cependant, pour les parcours, les types de sols sableux et Reg, ça peut poser beaucoup de problèmes, se traduisant par une très maigre banque de graines, que ce soit pour les éphémères ou pour les vivaces comparativement aux lits d'Oueds et les dépressions, qui ont ou moins une banque de graines importante pour les éphémères. La figure 13 et 20, ont montré que dans la végétation aérienne, 12 vivaces sont inventoriées dans chacun de sols sableux et Reg, et moins de 4 espèces vivaces dans leurs banques de graines, tandis que pour les éphémères moins de 7 espèces dans leurs végétations aériennes et moins de 5 espèces dans leurs banques des graines. Parmi les causes qui peuvent expliquer ces maigres banques des semences, est que pour la végétation aérienne des parcours sableux et Reg, il y a une dominance pour des espèces vivaces qui peuvent avoir d'autres stratégies de survivre en dehors des semences, telle que la *Stipagrostis pungens*, qui réussit à proliférer principalement par les stolons et très difficilement par les graines produites. Une autre raison probable est liée à la topographie et la géologie du sol de ces parcours, qui sont généralement des surfaces ouvertes en plein d'air ou des massifs de dunes des sables avec une végétation généralement dispersée. Cette formation géologique laisse ces biotopes bien exposés aux balayages de vents, donc seulement un petit nombre des graines a été trouvé dans le sable. D'ailleurs, une telle différence dans la densité de la banque de graines des parcours sahariens, a également été

observée dans la savane (Sud d'Afrique) entre les habitats du sable et l'habitat du lit de la rivière. ANNE (2009), a montré que la banque de semences du lit de la rivière était toujours la plus grande par rapport aux autres habitats. En outre, des environnements secs durant toute l'année (Sahara) ou pendant une grande partie de l'année (savanes), cette constatation, qui concerne la variation de la banque de graines selon le type du sol, est aussi bien montrée dans les écosystèmes les plus pluvieux qui gardent des précipitations assez importantes même lors des mois les plus secs de l'année comme les prairies. COFFIN et LAUENROTH (1989) ont constaté que dans les prairies, la densité de la banque de graines, notamment pour les éphémères, était significativement plus abondante sur les habitats à texture fine (lits des rivières, vallées, dépressions), tandis la densité des graines des vivaces était significativement plus grande sur les habitats à texture grossière (sable). A cet effet, DAVY et FIGUEROA (1993); WOLTERS et BAKKER (2002), ont rapporté que les stress environnementaux, tels que les fortes températures, la rareté des précipitations et le vent,... rendent très difficilement la germination et l'établissement des espèces dans ces milieux. C'est comme le cas de nos parcours sableux et Regs qui sont susceptibles d'être endommagés plus aisément. Sachant que la vitesse moyenne annuelle des vents au niveau de la région Ouargla (où la prédominance des parcours sableux et regs) est 3 fois plus élevée (54,52 m/s) que la région Ghardaïa (où la prédominance des parcours Oueds et dépressions) (13,81 m/s) (tableau 3 et figure 7). Ces forces éoliennes peuvent aussi affecter et endommager énormément ces habitats formés essentiellement des dunes de sables, par apport aux biotopes qui ont une basse altitude (Oueds, dépressions,..). Les endroits à basse altitude peuvent avoir des effets positifs, non seulement pour la végétation, mais aussi sur les parcours (sols) eux-mêmes, parce qu'ils diminuent l'impact direct des facteurs climatiques rudes, comme la température et le vent, comparativement à des surfaces plates (Regs, sols sableux) qui peuvent s'altérer facilement, se traduisant par l'érosion des ressources vitales (les graines, des plantes), et les ressources édaphiques (sol et terre arable). MA et *al.* (2006) ont rapporté que les vents, les précipitations, la topographie et la morphologie des graines, sont des facteurs peuvent influencer sur la taille de la banque du sol, qui peut avoir une plus forte densité en basse altitude HAVRDOVA et *al.* (2015), surtout avec un taux de salinité relativement faible (REKA et *al.* , 2017).

Pour les parcours de type rocaillieux, les roches peuvent agir non seulement sur la dynamique de la banque de graines mais aussi bien pour le sol lui-même. D'une part, ils peuvent être considérés comme des obstacles pour la migration des graines par le vent, comme ils peuvent être des pièges pour les graines issues d'autres habitats par divers agents: soufflées par le

vent, transportées par les mammifères (ovins, caprins et surtout le dromadaire), ce qui pourrait conduire à l'enrichissement de la banque de graines dans ces types de parcours rocaillieux. D'autre part, les petits espaces entre les roches, peuvent créer un microclimat relativement humide et favorable à la germination des graines. D'ailleurs, la dissémination des graines entre les rochers sont probablement mieux cachées que ceux qui tombent à l'air libre, car elles sont plus susceptibles d'échapper à la prédation lorsqu'elles sont cachées dans les roches. En plus, le sol est moins exposée aux rayonnements des soleils, réduisant, ainsi, l'évaporation (VAN WESEMAEL et al., 1996), qui ont tous des facteurs qui peuvent servir la végétation à se maintenir, et particulièrement pour les éphémères qui vont profiter de ces microclimats pour compléter leur cycle de vie.

Les parcours des sols salés font apparaître un stock semencier très maigre. Seulement 2 espèces ont germé dans leur banque de graines, qui sont *Zygophyllum album* et *Phragmites communis* (figure 20). Cela peut s'expliquer par le fait que ces parcours ne sont généralement colonisés que par des plantes halophytes (vivaces), où nous avons rencontré seulement 4 espèces (*Zygophyllum album*, *Sueda fruticosa*, *Tamarix gallica*, *Phragmites communis*) dans leur végétation aérienne (figure 13), et qui sont bien adaptées à ces contraintes environnementales et peuvent se proliférer par une voie végétative. En effet, RICE (1989), a rapporté que les vivaces possèdent une faible production des graines. En général, nos résultats sont similaires aux travaux réalisés par GOMAA (2012), sur l'étude de la banque de graines du sol du Sahara occidental (Égypte), où il a montré, généralement, que les terrains non salés ont une banque de graines plus riche comparativement aux terrains salés qui ont une banque plus pauvre en espèces.

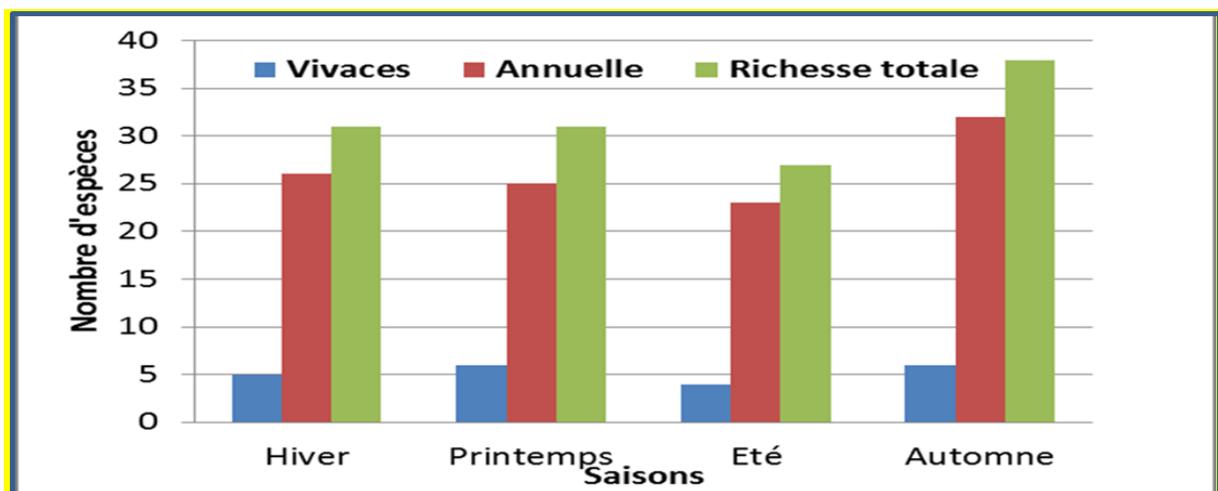
Dans la présente étude, la différence dans la densité de la banque de semences entre les parcours sahariens, peut-être la preuve des caractéristiques des facteurs biotiques : état et type de végétation (annuelle ou vivaces), taux de reproduction, et la physiologie des graines (dormance) et abiotique (texture du sol, l'altitude, la topographie et la géologie du sol, les vents, la dispersion des graines,...) propres à chaque parcours. Dans ce contexte, REICHMAN (1984), a également signalé que la banque de semences à une distribution spatiale très variable, sous l'influence du type du sol (caractéristiques édaphiques) de l'habitat (CHAMBERS et al., 1991; RUNDEL et GIBSON, 1996; GOODSON et al., 2002 ; JALILI et al. 2003 ; CABALLERO et al., 2005), d'humidité (THOMPSON et GRIME, 1979, LECKIE et al., 2000) et de la fertilité (KITAJIMA et TILMAN, 1996), de la topographie (terrain

rocheux, position de la pente et altitude) (MCINTYRE et LAVOREL, 1994), ainsi que de la dispersion des graines (CHAMBERS et MAC MAHON, 1994).

D’une façon générale, on peut conclure que l’accumulation des graines de la banque du sol dans les écosystèmes arides est sélectionnée par 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). D’autre part, selon les caractéristiques des espèces sahariennes dont les vivaces se basent sur des caractères spécifiques pour survivre; le caractère de persistance par voie asexuée, et l’autre type, des espèces éphémères, qui sont opportunistes et peuvent germer et survivre avec des besoins minimales (surtout d’humidité). Enfin, l’ensemble de ces caractéristiques et de ces modes de survie de ces espèces sont primordiales dans ces milieux désertiques expressifs qui permettent i) d’assurer l’équilibre et l’aspect permanent de la végétation sahariennes, ii) de montrer comment ce couvert végétal fait à des facultés de résilience (maintenir et s’entretenir) par la banque de graines, et iii) d’expliquer aussi comment les plantes vont composer une banque de graines du sol et puis comment elles vont l’enrichir.

**III.2.3.2.Diversité temporelle de la banque de semences du sol.**

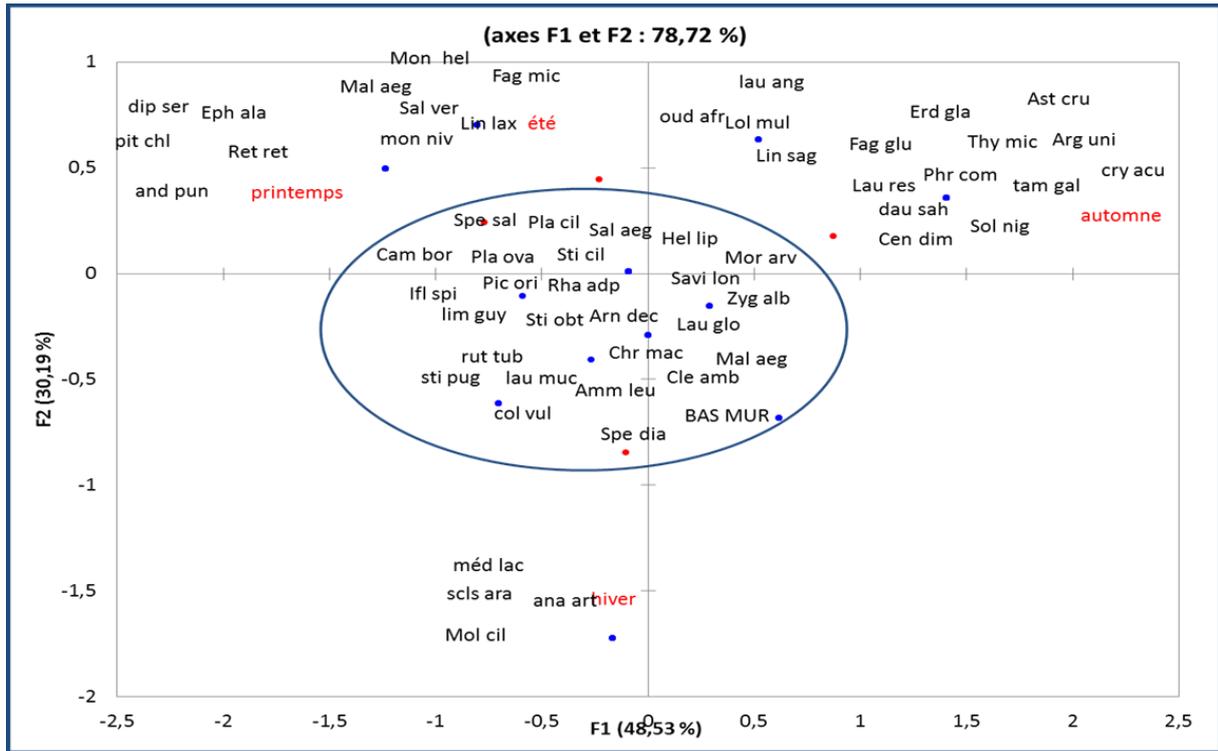
L’ANOVA à une voie a montré que la saison est un facteur significatif dans la variation de la composition et la taille de la banque de graines (P = 0,003). L’automne montre la plus grande banque de semences avec de 38 espèces germées, alors que la plus petite banque de semences était en été avec de 27 espèces. En revanche, l’hiver et le printemps ont une même taille de banques de graines du sol, avec 31 espèces pour chacune (figure 21).



**Figure 21:** Répartition temporelle de la richesse globale de la banque de graines du sol

Tout d'abord, il est bien difficile de généraliser les résultats, mais des études antérieures menées sur ce sujet ont montré qu'il y a une variation saisonnière dans la taille de la banque de semences du sol (GROMBONE-GUARATINI et al., 2004; FLORES et DEZZEO, 2005; TANG et al., 2006; ANNE 2009).

Il semble que cette variabilité saisonnière dans la composition de la banque de graines du sol des parcours sahariens est liée essentiellement à la présence-absence des espèces annuelles, qui changent d'une saison à l'autre, comparativement aux vivaces qui montrent qu'une légère variabilité dans la taille de leur banque de graine du sol au cours des quatre saisons (figure 21). D'ailleurs, l'AFC (figure 22) nous a permis de mieux analyser cette dynamique du stock semencier du sol suivant les saisons. Tout d'abord, elle permet de regrouper 27 espèces au centre, qui ont germé dans la banque de graines du parcours sahariens de toutes les saisons dont 23 espèces éphémères qui sont : *Spergularia salina*, *Plantago ciliata*, *Plantago ovata*, *Campanula bordesiana*, *Picridium orientale*, *Ifloga spicata*, *Stipagrostis obtusa*, *Arnebia decumbens*, *Ruta tuberculata*, *Chrysanthemum macrocarpum*, *Launea mucronata*, *Ammodaucus leucotricus*, *Colocynthis vulgaris*, *Spergularia diandra*, *Salvia aegyptiaca*, *Helianthemum lippii*, *Moricandia arvensis*, *Savignya longistyla*, *Launea glomerata*, *Malva aegyptiaca*, *Bassia muricata*, *Cleome amblyocarpa* et seulement 4 espèces vivaces qui sont: *Stipagrostis pungens*, *Limonastrirum guynianum*, *Rhantherium adpressum*, *Zygophyllum album*. Ce groupement d'espèces a pu former une banque de graines du sol constante et germant de toutes les saisons. Cela peut expliquer que les espèces de ce groupement ont une forte production des graines que d'autres espèces, surtout que ce groupement est majoritairement composé des plantes éphémères. A cet effet, REBELLO et al. (2001) ont rapporté que la régénération des plantes éphémères dépend principalement de l'abondance de leur stock semencier dans le sol facile à germer. Plus particulièrement, TRABELSI (2016), a pu séparer des fèces du dromadaire 7709 des graines appartenant à 39 espèces broutées par le dromadaire. Parmi ces espèces broutées qui ont un nombre de graines plus élevé sont l'*Helianthemum lippii* et *Plantago ciliata*, qui représentent 28% de la quantité totale des graines disséminée par le dromadaire soit 2206 grains. Cette intense production des graines de ces espèces, leur permet d'avoir une banque de graines plus dense, ce qui laisse leurs graines facilement rencontrées dans les échantillons du sol lors du prélèvement de la banque de graines.



**Figure 22:** Représentation spatiale sur le plan factoriel 1-2 des espèces de la banque de graines et des parcours

Généralement, l'axe 2 traduit, du côté négatif au côté positif, un gradient d'humidité décroissant. Il oppose les espèces germées dans la banque de graines la moins diversifiée qui a été échantillonnée au cours des saisons humides (hiver et printemps), représentée essentiellement par *Moltkia ciliata*, *Médicago laciniata*, *Sclerocephalus arabicus*, *Anabasis articulata*, *Ephedra alata*, *Dipcadi serotinum*, *Retama retam*, *Pituranthos chloranthus*, *Androcymbium punctatum* à celles des espèces germées des échantillons du sol de la banque la plus diversifiée qui a été prélevée lors des saisons sèches (d'été et d'automne) qui sont: *Fagonia glutinosa*, *Solanum nigrum*, *Crypsis aculeata*, *Erodium glaucophyllum*, *Astragalus cruciatus*, *Daucus sahariensis*, *Thymelea microphylla*, *Tamarix gallica*, *Argyrolobium uniflorum*, *Centaurea Bimorpha*, *Launea resedifolia*, *Phragmites communis*, *Linaria sagittata*, *launaea angustifolia*, *Oudneya africana*, *Lolium multiflorum*. Cette représentation factorielle de la répartition temporelle des espèces germées de la banque de graine, a permis de montrer que depuis la saison d'été, la banque de graines a commencé à se diversifier en graines, mais elle atteint leur diversification maximale (16 graines germées) pendant la saison d'automne, comparativement à la saison d'hiver et du printemps qui ont une banque de graines du sol plus pauvre, formée de moins de 5 graines germées dans chaque saison.

Cette synchronisation dans la densité de la banque de graines composée de différents parcours sahariens peut s'expliquer tout d'abord, par le fait que l'été et l'automne sont reconnus par la phase de fructification et de maturation des graines, ce qui signifie qu'il y aura un nouvel apport des graines au stock semencier caché dans le sol (dispersion primaire), donc cet apport joue un rôle majeur dans l'abondance de la banque de graines lors de ces saisons sèches. A cet effet, DALLING et al. (1997); PEREZ et SANTIAGO(2001); MARTINS et ENGEL (2007) ont aussi observé une augmentation de la densité des graines lors de la période sèche (automne).

L'hiver est la période du repos végétatif, et le printemps est la période de la reprise des activités végétatives marquée essentiellement par la reproduction sexuée ou/et asexuée et aussi par une fluctuation climatique. En effet, cette période il y a des vents de sables plus élevés, pouvant atteindre un seuil de 60m/s dans notre site d'étude (figure 5). Donc, l'hiver et le printemps peuvent laisser la banque de graines sujette aux différents agents qui affectent d'une façon directe ou indirecte la densité de la banque de graines du sol.

Pendant l'hiver, les graines sont sujettes à altération par des maladies et des moisissures et à la prédation, surtout dans nos écosystèmes désertiques qui sont reconnus par une biodiversité faunistique formées essentiellement par de petits mammifères, des oiseaux, des rongeurs, d'insectes et des fourmis qui se basent dans leur régime alimentaire non seulement sur la forte consommation des graines mais aussi sur sa grande quantité magasinée, surtout que les activités de ces prédateurs se croisent avec la fin de la période de la dissémination des graines(automne par exemple). A cet effet, LOPEZ DE CASENAVE et al. (1998) ont rapporté, plus particulièrement, que les oiseaux sont les principaux animaux mangeurs de graines en automne et en hiver, ainsi que les granivores et notamment les fourmis en été. Par ailleurs, DAVIDSON(1977); MARES et ROSENZWEIG(1978); REICHMAN(1979); M'CLOSKEY(1980) et KEMP(1989) ont rapporté que la prédation par les fourmis et les rongeurs affecte énormément la densité des graines dans le désert de Sonora.

Pendant le printemps, les graines sont aussi soumises essentiellement à deux genres de prédatations qui sont la germination et l'érosion éolienne. Le vent souffle et emporte directement les graines avant et/ou après qu'elles diffusent dans le sol à des endroits plus éloignés à la communauté originale (dispersion secondaire) (HOPKINS et al., 1990), surtout que la taille des graines sahariennes est généralement minuscule (GUTTERMAN, 1993 ;TRABELSI, 2016). En plus, le vent va détruire et endommager énormément leur

biotope, surtout leurs sols qui sont souvent légers et susceptibles à être érodés avec les graines qui y sont enfouies, entraînant donc un épuisement pour la banque de graines souterraine. Pour cette raison, MARTÍNEZ-DURO et *al.*(2009b), ont rapporté que pour déterminer la structure et la taille de la banque de semences, cela nécessite une meilleure connaissance de la pluie directe de semences dans le sol "dispersion primaire" et de la dispersion secondaire. L'hiver et le printemps sont caractérisés principalement par une sortie des graines et rarement leur entrée. Donc il n'y a pas un apport des graines mais il y a toujours une perte, ce qui laisse la taille de la banque plus modeste en hiver et au printemps.

Les facteurs abiotiques qui peuvent influencer la taille de la banque de graines d'une saison à l'autre sont liés essentiellement à l'état du climat et météorologique, dont les variations climatiques sont non seulement annuelles mais aussi interannuelles, notamment pour les précipitations, les températures et le vent. Ces conditions climatiques peuvent influencer positivement ou négativement la taille de la banque de graines formée. Globalement, trois facteurs climatiques "précipitations, températures et vent" peuvent contrôler plusieurs opérations biologiques ; telle que la germination, la croissance, et la production des graines "sortie et entrée des graines", et physiques dont l'érosion, la dispersion primaire et secondaire des graines, agissant comme des facteurs de la richesse ou de la pauvreté de la banque de graines du sol d'une année à l'autre.

Un autre facteur probable qui peut causer un grand impact sur la densité de la banque de graines peut provenir des caractéristiques d'échantillonnage du sol (type, période, nombre et volume d'échantillons,...). En effet, un type d'échantillonnage peut convenir bien avec quelques espèces, ce qui se traduit, par exemple, de rencontrer les graines des espèces qui ont une forte production des graines, même avec n'importe quelle méthode ou période où se fait le prélèvement des sols, et même sur n'importe quelle taille. Néanmoins, ce dernier ne peut pas être efficace avec d'autres espèces qui ont une production de graines un peu modeste. Dans ce contexte, BOULET (1985) ; LECK et *al.* (1989) insistent sur l'importance de récolter plusieurs échantillons de petites tailles mieux que de quelques échantillons de grande taille. Cela augmente la chance de rencontrer une grande diversité des graines dans les échantillons des sols.

Nos résultats sur la taille et la composition de la banque de semences fluctuant d'une saison à l'autre sont cohérentes à de nombreuses études (THOMPSON et GRIME, 1979; HODGKINSON et *al.*, 1980; HENDERSON et *al.*, 1988; COFFIN et LAUENROTH, 1989;

PIERCE et COWLING, 1991; RUSSI *et al.*, 1992; LAVOREL *et al.*, 1993; ORTEGA *et al.*, 1997; LOPEZ-MARINO *et al.*, 2000; DE VILLIERS *et al.*, 2002; LOPEZ, 2003; LE MAIRE *et al.*, 2003; CABALLERO *et al.*, 2005). Dans ce contexte, COFFIN et LAUENROTH (1989) ont trouvé que la variabilité temporelle des banques de semences était plus importante que la variabilité spatiale.

D'un façon générale, les interactions entre les éléments d'un écosystème peuvent contrôler plusieurs phénomènes tels que la germination et la dissémination des graines "la sortie/l'entrée" (SHEN *et al.*, 2007), la dispersion des semences (COFFIN et LAUENROTH, 1989) ; soit dispersion primaire (ELLNER et SHMIDA, 1981; GUTTERMAN et SHEMTOV, 1996; VENABLE *et al.*, 2008) soit secondaire par le vent (OZENDA, 1991) et par les animaux comme le dromadaire dans notre cas (TRABELSI *et al.*, 2017), ainsi que la prédation des semences par des vertébrés (KELT *et al.*, 2004) ou invertébrés (MARTINEZ-DURO *et al.*, 2010) et attaques des champignons (MEYER *et al.*, 2010), le type d'échantillonnage (Zhao et Li, 2003; Chen *et al.*, 2008), sa période (SU *et al.*, 2007; SHI *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2010; ZHU *et al.*, 2005) le nombre d'échantillons (WU *et al.*, 2009; ZHAO *et al.*, 2004, ZHAO *et al.*, 2005) sa forme et sa taille (LI *et al.*, 2003, LI *et al.*, 2008) ainsi que sa profondeur (WANG et LIANG 1995; PEGMAN et RAPSON, 2005; LEICHT-YOUNG *et al.*, 2008). Alors, la banque de graines du sol des parcours sahariens présente une variabilité saisonnière, dont les changements climatiques exercent certains contrôles sur les espèces de la végétation, ce qui se traduit par des réponses différentes d'une espèce à l'autre (vivaces et éphémères), conduisant à déterminer la densité et la taille de la banque composée, qui peuvent varier considérablement suivant l'intensité des effets des changements climatiques.

Enfin, on déduit que la graine est la meilleure forme capable de conserver le couvert floristique (HARPER et WHITE, 1974; HARPER, 1977; GRIME, 1981, DUTOIT et ALARD, 1995; CHANG *et al.*, 2001, DIAZ-VILLA *et al.*, 2003), ce qui peut lorsque les conditions deviennent favorables, faire régénérer naturellement une partie de ces ressources fourragères de nos parcours sahariens que ce soit dans le temps (d'une saison à l'autre ou d'une année à l'autre) ou dans l'espace (d'un type de parcours à l'autre).

### III.3. Comparaison entre la banque de semences et la végétation

La documentation est de plus en plus abondante sur les études relatives aux banques des graines témoignant sur le rôle primordial que jouent ces banques à l'échelle spatio-temporel, que ce soit sur la dynamique des écosystèmes et ses micro-habitats différents, que ce soit sur la colonisation des plantes des nouveaux habitats influençant la structure des communautés végétales.

D'ailleurs, une étude sur les semences du sol est importante, car elle peut fournir un diagnostic sur la taille de la banque de graines donc une estimation pour le potentiel germinatif souterraine qui sert à maintenir et modifier (résilience) la composition et la productivité de la végétation. Néanmoins, tout ça sera intéressant non seulement pour les scientifiques mais aussi bien pour les plans de gestion pour aider et faciliter la conservation de ces biotopes. A cet effet, plusieurs études ont été effectuées pour évaluer la différence entre la végétation et sa banque de semences du sol (MILBERG et HANSSON, 1993; BERTILLER, 1996; PECO et al., 1998; CABIN et MARSHALL, 2000; LOPEZ-MARINO et al., 2000 ; CARTER et UNGAR, 2002; TOUZARD et al., 2002; AMIAUD et TOUZARD, 2004 ; KINLOCH et FRIEDEL, 2005).

#### III.3.1. Composition floristique; de la flore aérienne, souterraine et commune des parcours sahariens

Durant notre étude, nous avons recensé sur le terrain 63 espèces dans la végétation aérienne des parcours sahariens et 58 espèces de sa banque de graines du sol dont 30 espèces communes entre ces deux types de flore (aériennes et souterraines). La composition spécifique de chaque type (aérienne, souterraine et commune) est illustrée dans la figure 23 et les tableaux 8, 9 et 10.

**Tableau 8:** Espèces végétales inventoriées uniquement dans la végétation aérienne des parcours sahariens

Tb	Parcours		
	Lits d'Oueds	Dépressions	Sols rocailleux
Vivaces	<i>Pergularia tomentosa</i>	<i>Pergularia tomentosa</i>	<i>Pituranthos chloranthus</i>
	<i>Pituranthos chloranthus</i>	<i>Pituranthos chloranthus</i>	<i>Randonia africana</i>
	<i>Randonia africana</i>	<i>Psoralea plicata</i>	<i>Rhantherium adpressum</i>
	<i>Retama retam</i>	<i>Randonia africana</i>	<i>Salsola tetragona</i>
	<i>Rhantherium adpressum</i>	<i>Retama retam</i>	<i>Traganum nudatum</i>

	<i>Stipagrostis pungens</i>	<i>Rhantherium adpressum</i>	
	<i>Zilla macroptera</i>	<i>Stipagrostis pungens</i>	
	<i>Psoralea plicata</i>	<i>Zilla macroptera</i>	
Ephémères	<i>Androcymbium punctatum</i>	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	<i>Asphodelus tenuifolius</i>
	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	<i>Astragalus gyzensis</i>	<i>Atractylis serratuloides</i>
	<i>Astragalus gyzensis</i>	<i>Atractylis serratuloides</i>	<i>Calendula aegyptiaca</i>
	<i>Atractylis serratuloides</i>	<i>Buborium graveolens</i>	<i>Campanula bordesiana</i>
	<i>Buborium graveolens</i>	<i>Calendula aegyptiaca</i>	<i>Cleome amblyocarpa</i>
	<i>Calendula aegyptiaca</i>	<i>Campanula bordesiana</i>	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>
	<i>Campanula bordesiana</i>	<i>Catananche arenaria</i>	<i>Echinops spinosus</i>
	<i>Catananche arenaria</i>	<i>Chamomilla pubescens</i>	<i>Erodium glaucophyllum</i>
	<i>Chamomilla pubescens</i>	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	<i>Erodium triangulare</i>
	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	<i>Cleome amblyocarpa</i>	<i>Euphorbia cornuta</i>
	<i>Cleome amblyocarpa</i>	<i>Colocynthis vulgaris</i>	<i>Fagonia glutinosa</i>
	<i>Colocynthis vulgaris</i>	<i>Cotula cinerae</i>	<i>Fagonia microphylla</i>
	<i>Cotula cinerae</i>	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	<i>Launaea angustifolia</i>
	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	<i>Echinops spinosus</i>	<i>Launea glomerata</i>
	<i>Echinops spinosus</i>	<i>Erodium glaucophyllum</i>	<i>launea mucronata</i>
	<i>Erodium glaucophyllum</i>	<i>Fagonia glutinosa</i>	<i>Moricandia arvensis</i>
	<i>Fagonia glutinosa</i>	<i>Fagonia microphylla</i>	
	<i>Fagonia microphylla</i>	<i>Helianthemum lippii</i>	
	<i>Helianthemum lippii</i>	<i>Heliotropium undulatum</i>	
	<i>Heliotropium undulatum</i>	<i>Koelpinia linearis</i>	
	<i>Koelpinia linearis</i>	<i>Launaea angustifolia</i>	
	<i>Launaea angustifolia</i>	<i>Launea glomerata</i>	
	<i>Launea glomerata</i>	<i>Launea mucronata</i>	
	<i>Launea mucronata</i>	<i>Malcomia aegyptiaca</i>	
	<i>Malcomia aegyptiaca</i>	<i>Malva aegyptiaca</i>	
	<i>Malva aegyptiaca</i>	<i>Monsonia heliotropioides</i>	
	<i>Monsonia heliotropioides</i>	<i>Monsonia nivea</i>	
	<i>Monsonia nivea</i>	<i>Moricandia arvensis</i>	
<i>Moricandia arvensis</i>	<i>Plantago ciliata</i>		
<i>Plantago ciliata</i>			
<i>Plantago notate</i>	<i>Plantago notate</i>		
Tb	Parcours		
	Regs	Sols sableux	Sols salés
Vivaces	<i>Cornulaca monacantha</i>	<i>Cornulaca monacantha</i>	<i>Halocnemum strobilaceum</i>
	<i>Ephedra alata</i>	<i>Ephedra alata</i>	<i>Phragmites communis</i>
	<i>Euphorbia guyoniana</i>	<i>Euphorbia guyoniana</i>	<i>Sueda fruticosa</i>
	<i>Genista saharae</i>	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	<i>Tamarix gallica</i>
	<i>Limonastrirum guynianum</i>	<i>Oudneya africana</i>	
	<i>Randonia africana</i>	<i>Retama retam</i>	<i>Zygophyllum album</i>
	<i>Salsola tetragona</i>	<i>Rhantherium adpressum</i>	

	<i>Stipagrostis pungens</i>	<i>Salsola tetragona</i>	
	<i>Traganum nudatum</i>	<i>Stipagrostis plumosa</i>	
		<i>Stipagrostis pungens</i>	
		<i>Traganum nudatum</i>	
	<i>Zygophyllum album</i>	<i>Zygophyllum album</i>	
éphémères	<i>Fagonia microphylla</i>	<i>Astragalus gombo</i>	
	<i>Launaea angustifolia</i>	<i>Erodium glaucophyllum</i>	
	<i>Launea glomerata</i>	<i>Erodium triangulare</i>	
	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	<i>Helianthemum lippii</i>	

**Tableau 9:** Espèces végétales trouvées uniquement dans la banque de graines (végétation souterraine) des parcours sahariens

TB	Parcours		
	lits d'Oueds	dépressions	sols rocailleux
Vivaces	<i>Ephedra alata</i>		
	<i>Retama retam</i>	<i>Retama retam</i>	
	<i>Stipagrostis pugens</i>	<i>Rhantherium adpresssum</i>	
	<i>Thymelea microphylla</i>		
	<i>Anabsis articulata</i>	<i>Pituranthos chlorothus</i>	<i>Rhantherium adpresssum</i>
Ephémères	<i>Arnebia decumbens</i>	<i>Ammodaucus leucotricus</i>	<i>Ammodaucus leucotricus</i>
	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	<i>Androcymbium punctatum</i>	<i>Astragalus cruciatus</i>
	<i>Cleome amblyocarpe</i>	<i>Argyrolobium uniflorum</i>	<i>Campanula bordesiana</i>
	<i>Colocynthis vulgaris</i>	<i>Arnebia decumbens</i>	<i>Centaurea dimorpha</i>
	<i>Daucus sahariensis</i>	<i>Campanula bordesiana</i>	<i>Crypsis aculeata</i>
		<i>Dipcadi serotinum</i>	
	<i>Fagonia glutinosa</i>		<i>Fagonia glutinosa</i>
	<i>Helianthemum lippii</i>	<i>Fagonia microphylla</i>	<i>Helianthemum lippii</i>
	<i>Ifloga spicata</i>	<i>Helianthemum lippii</i>	<i>Ifloga spicata</i>
	<i>Launaea angustifolia</i>	<i>Ifloga spicata</i>	<i>Launaea angustifolia</i>
	<i>Launea glomerata</i>	<i>Launaea angustifolia</i>	<i>Launea mucronata</i>
	<i>Launea mucronata</i>	<i>Launea mucronata</i>	<i>Moricandia arvensis</i>
	<i>Limoniastrum guyonianuium</i>	<i>Launea resedifolia</i>	<i>Picridium orientale</i>
	<i>Linaria laxiflora</i>	<i>Linaria sagittata</i>	<i>Plantago ciliata</i>
	<i>Loliummultiflorum</i>	<i>Médocago laciniata</i>	<i>Plantago ovata</i>
	<i>Malcomia aegyptiaca</i>	<i>Moricandia arvensis</i>	<i>Salsola vermiculata</i>
	<i>Malva aegyptiaca</i>	<i>Picridium orientale</i>	<i>Salvia aegyptiaca</i>
	<i>Monsonia heliotropioides</i>	<i>Plantago ciliata</i>	<i>Savignya longistyla</i>
	<i>Monsonia nivea</i>	<i>Plantago ovata</i>	<i>Solanum nigrum</i>
	<i>Picridium orientale</i>	<i>Salvia aegyptiaca</i>	<i>Spergularia salina</i>
	<i>Plantago ciliata</i>	<i>Sclerocephalus arabicus</i>	
<i>Plantago ovata</i>	<i>Spergularia salina</i>		
<i>Ruta tuberculata</i>	<i>Stipagrostis obtusa</i>	<i>Stipagrostis ciliata</i>	

	<i>Salvia aegyptiaca</i>		
	<i>Savignya longistyla</i>		
	<i>Spergularia diandra</i>		
	<i>Spergularia salina</i>		
	<i>Stipagrostis ciliata</i>		
	<i>Stipagrostis obtusa</i>		
	Parcours		
TB	Regs	Sols sableux	sols salés
Vivaces		<i>Oudneya africana</i>	<i>Phragmites communis</i>
		<i>Rhantherium adpressum</i>	
		<i>Stipagrostis pugens</i>	
	<i>Limoniastrum guyonianuium</i>	<i>Tamarix gallica</i>	<i>Zygophyllum album</i>
Ephémères	<i>Helianthemum lippii</i>	<i>Bassia muricata</i>	
	<i>Ifloga spicata</i>	<i>Ammodaucus leucotricus</i>	
	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	<i>Ifloga spicata</i>	
	<i>Plantago ovata</i>		
	<i>Stipagrostis obtusa</i>	<i>Picridium orientale</i>	

**Tableau 10:** Espèces végétales communes entre la végétation aérienne et la banque de graines du sol des parcours sahariens

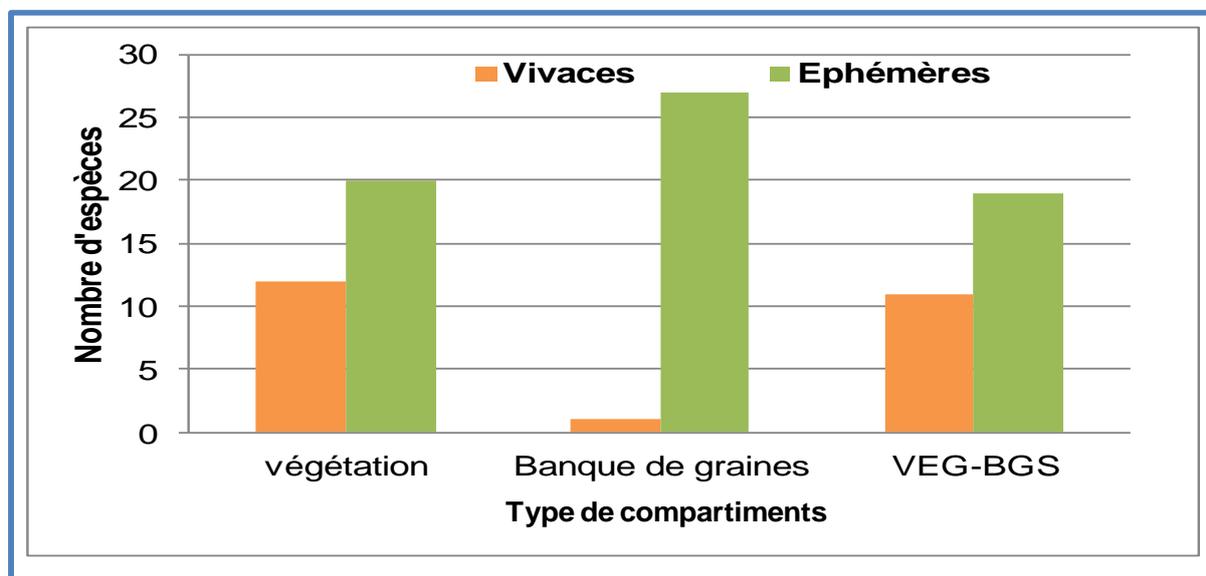
Espèces vivaces	Espèces éphémères	
<i>Anabsis articulate</i>	<i>Campanula bordesiana</i>	<i>Launea mucronata</i>
<i>Ephedra alata</i>	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	<i>Malcomia aegyptiaca</i>
<i>Limoniastrum guyonianuium</i>	<i>Cleome amblyocarpa</i>	<i>Malva aegyptiaca</i>
<i>Oudneya africana</i>	<i>Colocynthis vulgaris</i>	<i>Moltkiopsis ciliata</i>
<i>Phragmites communis</i>	<i>Erdium glaucouphyllum</i>	<i>Monsonia heliotropioides</i>
<i>Retama retam</i>	<i>Fagonia glutinosa</i>	<i>Monsonia nivea</i>
<i>Rhantherium adpressum</i>	<i>Fagonia microphylla</i>	<i>Moricandia arvensis</i>
<i>Stipagrostis pugens</i>	<i>Helianthemum lippii</i>	<i>Plantago ciliata</i>
<i>Tamarix gallica</i>	<i>Launaea angustifolia</i>	<i>Savignya longistyla</i>
<i>Thymelea microphylla</i>	<i>Launea glomerata</i>	
<i>Zygophyllum album</i>		

Sur les 63 espèces répertoriées dans la végétation aérienne (tableau 8 et figure 23), il y a seulement 30 espèces qui ont été rencontrées dans la banque de semences, qui sont des espèces régénérées à travers les graines enfouies dans le sol, alors que, les autres 33 espèces ont été inventoriées uniquement dans la végétation aérienne divisées en 12 espèces vivaces et 21 espèces éphémères.

Parmi les 58 espèces recensées dans la banque de graines, il y a 28 espèces trouvées seulement dans cette banque, qui sont divisé en 27 éphémères et seulement une espèce

vivaces, (tableau 10 et figure 23). Alors que, les autres 30 espèces sont rencontrées au niveau les deux flores (réelle et potentielle).

Pour les 30 espèces communes (VEG-BGS) entre la végétation aérienne et souterraine, il y a 19 espèces éphémères et 11 espèces vivaces (tableau 9 et figure 23).



**Figure 23:** Répartition de la flore saharienne aérienne, souterraine et commune

D'après la figure 23, il ressort qu'il y a une différence entre la composition floristique des parcours sahariens et sa banque de semences du sol dont les éphémères sont bien représentées dans les deux types de végétations; 20 espèces pour la flore aérienne et 27 espèces pour la flore souterraine, qui n'ont aucune relation entre-elles. La germination de 27 espèces éphémères à travers les échantillons des sols même qui n'ont pas été inventoriées dans la végétation peut être expliquée par le fait que de leurs graines issues des autres communautés végétales, ou peut-être il y a eu des phénomènes de dormance ou simplement elles n'ont pas été relevées lors des mesures au niveau des parcours. Ces résultats sont cohérents avec ceux d'ASSAEED et D'AL-DOSS (2002) et GOMAA (2012) qui ont aussi rapporté qu'il y avait plusieurs espèces d'éphémères qui ont été apparues seulement dans la banque de semences du sol du désert en Arabie Saoudite et en Egypte.

Les vivaces sont mal représentées dans la banque de graines, où la banque n'a pas pu récupérer qu'une seule espèce vivace (*Pituranthos chloranthus*), qui n'avait pas été remarquée lors des relevés floristiques de la végétation aérienne. En revanche, les autres 11 espèces vivaces ont été recensées dans les deux types de flores. Une tendance similaire à nos

résultats a été rapportée par GUO et *al.* (1999) et MARONE et *al.* (1998) GOMAA (2012) qui ont indiqué la faible présence de plantes vivaces dans la banque de semences des écosystèmes désertiques par rapport aux espèces éphémères.

Cette diversification pour les éphémères comparativement aux vivaces dans les conditions de germination contrôlées et appropriées “sous serre” est souvent due à la biologie et la différence des besoins de germination entre les éphémères et les vivaces dont les éphémères ne nécessitent pas de besoins particulières pour qu’elles germent “opportunistes”, ainsi qu’ils possèdent un taux de germination élevé. En plus, les éphémères n'ont aucune chance de se reproduire si un stress environnemental s’installe tel que la sécheresse dans le désert, donc le seul moyen pour une espèce éphémère d’assurer leur survie dans tel environnement expressif est d’avoir une banque de graines du sol considérable (UNGAR, 1988; BASKIN et BASKIN, 1998; DE VILLIERS et *al.*, 2003), mais la caractéristique la plus importante de ce type biologique est leur capacité de germination facultative de leur graines, qui peut sauver les éphémères avec des minimums exigences de la germination donc assurant aux plantes éphémères de future régénération et la meilleure colonisation de déférentes parcours sahariens. En revanche, cela se diffère pour les vivaces qui ont tout d’abord une très maigre banque de graines, même s’il y a un stock semencier dans le sol, elle sera difficilement récolté et germé dans la banque de graines, où nous avons trouvé une seule espèce vivace dans la banque malgré qui n’est pas correspondante aux relevés floristiques de la végétation aérienne. Cela peut s’expliquer par le fait que les espèces vivaces favorisent la dormance de leurs semences. Cela signifie, un faible taux de germination ou cela nécessite des conditions et des traitements précis. A cet effet, MILBERG et HANSSON (1993) ont émis l'hypothèse que les espèces dont leur présence dans la végétation est plus constante (permanente), seraient relativement moins fréquentes dans la banque de semences comparativement aux espèces dont leur taux de renouvellement est élevé seraient relativement plus fréquentes dans la banque. Cela nous permet de dire que les espèces qui ont une courte durée de vie dépendent dans le processus de régénération des semences qui s'accumulent dans des banques de semences enfouies dans le sol, tandis que l'absence de la banque de semences de plusieurs espèces qui peuvent dominer au cours de l’année dans la végétation aérienne peut s’expliquer par la biologie de la germination et de leurs exigences typiques (MILBERG et HANSSON, 1993), ce qui peut empêcher l'accumulation des graines faciles à germer dans la banque du sol.

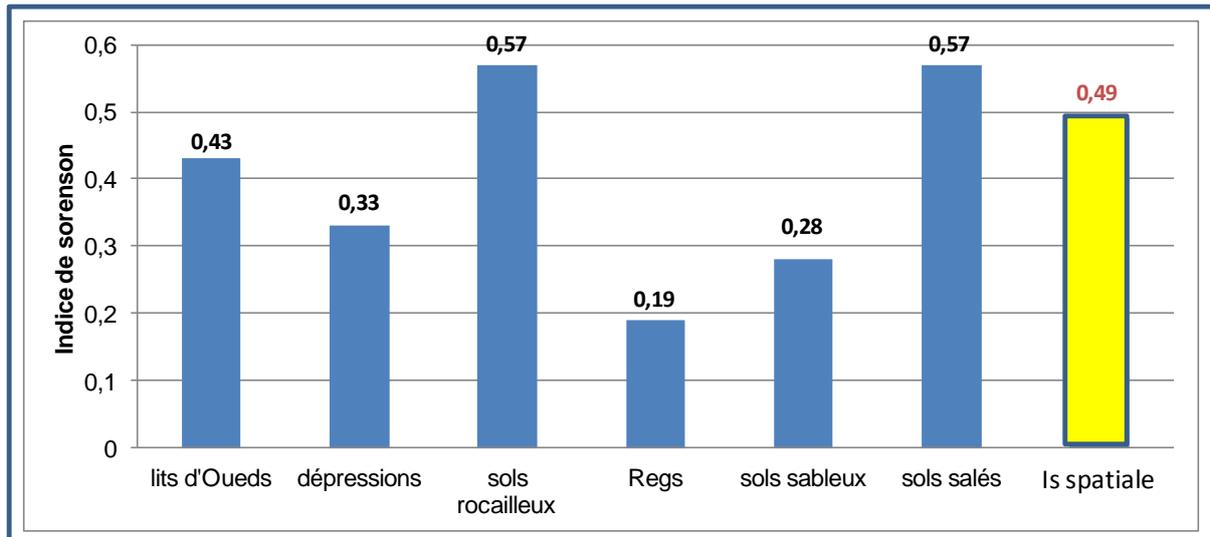
D’une façon générale, la compréhension de l’écologie de la banque de graines est un élément important pour élucider la facette et la dynamique dont la communauté végétale se développe.

Pour cela, l'examen de la banque de graines de nos parcours sahariens nous a indiqué le rôle que joue cette banque dans le fonctionnement des parcours qui se concentre énormément à sauver et maintenir les espèces éphémères comparativement à celle des vivaces. Donc, ces données peuvent être utiles dans divers aspects surtout pour la biologie de conservation ainsi que pour les pratiques de gestions des écosystèmes arides. Il est à noter l'importance des espèces vivaces de la végétation aérienne qui ont une modeste banque de graines, malgré qu'elles peuvent occuper le rôle des espèces clés dans ces différents parcours tel que l'espèce de l'*Oudneya africana* et *Stipagrostis pungens* pour les parcours sablonneux, *Ephedra alata* et *Retama retam* pour les lits d'oueds, *Cornulaca monacantha* et *Limonastrirum guynianum* pour les regs et les autres vivaces en général dans ces types de parcours et les halophytes en particulières dans les parcours salés tels que *Zygophyllum album*, *Tamarix gallica*, *Phragmites communis*, etc. Ces espèces clés ont des intérêts primordiaux dans la structuration de leurs biotopes en assurant leur équilibre et stabilité écologique face aux contraintes climatiques comme l'érosion éolienne ou hydrique, donc d'une façon indirecte elles servent à protéger et maintenir les éphémères et notamment pour leur banque de graines enfouie dans le sol.

Enfin, on conclut que l'extinction ou juste l'absence de certaine de ces espèces clés dans un écosystème précis surtout dans les parcours sahariens qui sont déjà fragiles, peut entraîner une cascade de disparition des autres espèces, alors la meilleure connaissance de l'état naturelle de la végétation et sa banque de semences du sol dans ces écosystèmes sahariens naturels peut faciliter leur gestion dans le temps actuel et dans le future qui comprend leur restauration ou/et leur réhabilitation dans le cas de nécessité, ce qui va servir bien à sauver de ces écosystèmes d'une dégradation importante et éventuellement relativement rapide.

### **III.3.2. Similitude spatiale entre la végétation aérienne et souterraine**

Dans l'ensemble, la similitude entre la banque de graines et la végétation aérienne est moyenne et égale 0,49 (49%). Pour atteindre une meilleure interprétation de ce niveau de similarité on subdivise les parcours sahariens selon le niveau de la ressemblance entre la végétation et sa banque de graines en 03 sous-groupes. Les parcours rocailleux et salés montrent la plus grande similitude entre la végétation et sa banque de graines avec 57%, les sols sableux et Regs montrent une faible similitude avec respectivement 28% et 19%, et en fin les lits d'Oueds et les dépressions apparaissent une similitude moyennement importante avec respectivement 43% et 33% (figure 24).



**Figure 24:** Similarité entre la végétation aérienne et souterraine de différents parcours sahariens

La forte ressemblance entre la flore aérienne et souterraine des parcours rocailleux et salés peut s'expliquer par le fait que ces parcours ont, d'une part, une maigre flore aérienne et d'autre part beaucoup d'espèces qui ont été inventoriées sur cette flore aérienne étaient également germées dans la banque de graines. Donc, le contraste entre le nombre d'espèces trouvées en surface et celles trouvées sous terre était petit. A cette image, on trouve la flore aérienne des parcours rocailleux et salés a été composé respectivement de 21 et 4 espèces, alors que leurs banques des semences ont été composées respectivement de 20 et 2 espèces dont 6 espèces communes pour les parcours rocailleux et 2 espèces pour les parcours salés. Cette faible tendance dans la différence du nombre d'espèces entre le type de végétation aérienne et souterraine des parcours rocailleux et salés qui va expliquer évidemment la forte similitude entre ces deux flores (aérienne et souterraine) pour ces deux parcours, même qu'il y a peu d'espèces communes entre elles.

Pour les parcours sableux et Regs qui montrent une faible similitude entre leurs flores aériennes et leurs banques des graines. Cela est essentiellement due à la forte contribution des vivaces dans la partie aérienne, sachant que les espèces vivaces forment qu'une petite banque de graines. Des 12 espèces vivaces qui ont été inventoriées lors des relevés floristiques dans les terrains sableux et 10 espèces vivaces dans les Regs, il ressort seulement 4 espèces apparues dans la banque de graines des parcours sableux et uniquement que d'une espèce apparue dans les parcours Regs, ce qui pourrait augmenter l'écart entre le nombre d'espèces relevé dans la flore aérienne et sous-sol. Donc, la faible similitude était probablement due à

cause de la différence dans le nombre d'espèces vivaces entre la végétation et la banque de graines pour ces parcours. A cet effet, PECO et *al.* (1998) et OSEM et *al.* (2006) ont trouvé aussi une faible similarité dans des prairies dominées par des espèces pérennes. Cela a été expliquée par la contribution mineure des espèces pérennes dans la formation de la banques de semences de ces prairies (PECO et *al.*, 1998), parce que ces plantes se reproduisent essentiellement sous la forme végétative et leurs graines ont une courte durée de persistance dans le sol (PECO et *al.*, 1998; AMIAUD et TOUZARD, 2004).

En revanche, la similitude moyenne montrée par les parcours des lits d'Oueds et les dépressions peut s'expliquer par le fait que ces parcours avaient une végétation aérienne qui était plus riche et une banque de graines aussi plus riche contenant de nombreuses espèces. Premièrement, 8 espèces vivaces trouvées dans la flore aérienne pour chaque parcours, avec 31 espèces éphémères dans les lits d'oueds et 30 espèces éphémères dans les dépressions. En revanche, dans la banque de graines, il y avait 5 espèces vivaces dans les Oueds et seulement 3 pour les dépressions, mais 28 espèces éphémères dans les Oueds et 22 dans les dépressions. Malgré que la richesse en espèces de la flore souterraine qui est presque identique à la richesse de la flore aérienne, néanmoins le niveau de la ressemblance était modéré. Cela s'explique essentiellement par un nombre plus élevé des éphémères (19 pour les oueds et 24 pour les dépressions) inventorié à la végétation aérienne dans les deux parcours, mais qui était absent dans leurs banques des graines, ou plutôt leurs banques des graines ont récupéré une richesse spécifique des éphémères majoritairement qui se diffère à celle de la végétation aérienne. D'après cette richesse plus élevée en espèces de la banque de graines et de la flore aérienne de ces deux parcours, qu'ils sont normalement apparus une grande similitude et surtout leur abondance en éphémères. Puisque la forte similitude peut être en corrélation positive avec la dominance des éphémères dans les communautés végétales, car tout simplement les éphémères sont facilement récupérés dans les échantillons de sols comprenant des banques de graines s'ils sont rencontrés dans la végétation. A cet effet, OSEM et *al.* (2006) ont rapporté que dans la végétation aérienne dominée par des éphémères, il n'y aura pas vraiment une grande différence dans la richesse en espèces, entre la banque de graines et la flore aérienne.

Donc, on explique cette faible similarité spécifique entre la végétation aérienne et souterraine des parcours lits d'Oueds et les dépressions par le fait que ces parcours pourraient être considérés comme des écosystèmes soumis à un régime de perturbations imprévisibles causées par une alternance d'inondations/sécheresses même si l'inondation est instantanément

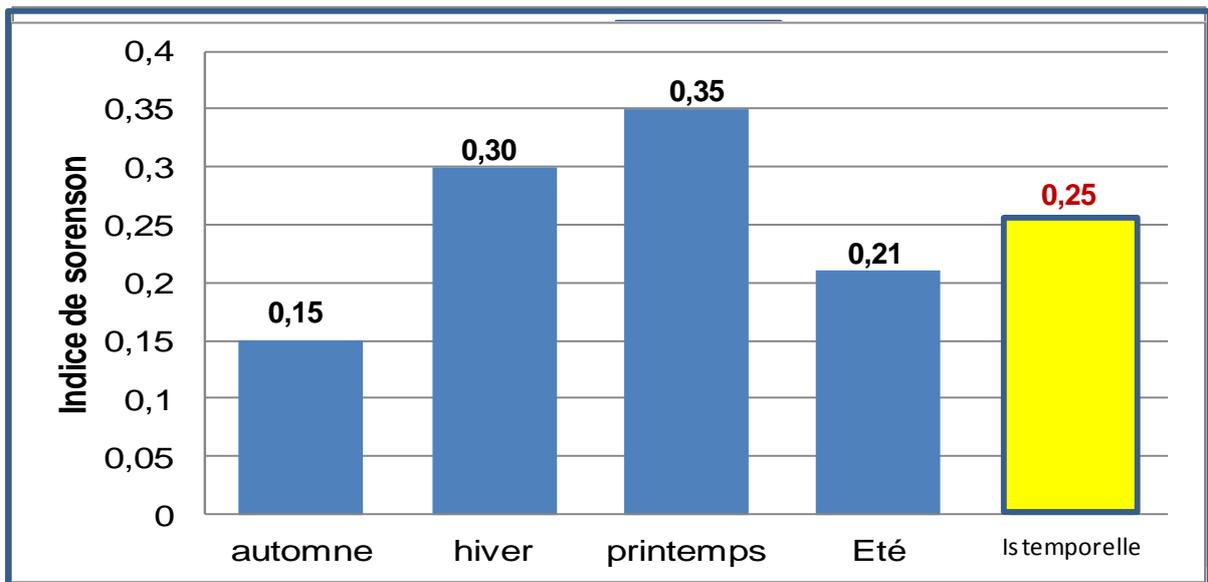
et que le cumul des précipitations est très faible. En conséquence, les éphémères avec leurs caractéristiques d'opportunistes vont directement faire profiter de ces ressources imprévisibles, où elles germeront et feront leur cycle dans une durée qui ne dépasse pas généralement quelques jours (maximum une semaine) pour terminer leur cycle de vie. Donc cela rend très difficilement de rencontrer les éphémères dans la végétation aérienne, plutôt que dans la banque de graines sous forme des graines. D'autres raisons probables peuvent expliquer cette mauvaise similitude, il s'agit des apports de graines des parcours environnants qui s'ajoutent également aux graines de la végétation aérienne, par le fait du vent et aussi des ruissellements alentours. Tous ces facteurs se réunissent pour donner une image d'une flore aérienne différente de celle du sol dans les parcours des Oueds et des dépressions.

Nos résultats concernant la comparaison (similarité/différence) entre la végétation aérienne et sa banque de graines sont cohérents avec d'autres études. En général, dans les écosystèmes pluvieux, comme dans les prairies, le degré de la similarité est également différents selon : les habitats, les conditions environnementales, et le type de perturbations (OSEM et *al.*, 2006), ainsi que les écosystèmes subtropicaux (LOONEY et GIBSON, 1995). Plus particulièrement, plusieurs études rapportent qu'il y a aussi une différence entre la végétation saharienne aérienne et son stock semencier du sol dans les écosystèmes désertiques (KHAN 1993; AZIZ et KHAN 1996; ANNE 2009; GOMAA 2012).

D'une façon générale, dans le Sahara septentrional où la différence entre le nombre d'espèces de la végétation aérienne et le nombre d'espèces de la banque de graines est importante. Dans chacun des six parcours, la banque de graines détecte une partie d'espèces qui n'a jamais été vue en surface, et aussi une d'autre partie d'espèces rencontrée dans la végétation n'a pas été détectée dans la banque de semences. Alors, le degré de la similarité a été décrit par la caractéristique de chaque parcours incluant plusieurs facteurs environnementaux tels que l'humidité du sol, la salinité et de l'altitude, ce qui vont par la suite déterminer le type et l'abondance des végétations (vivaces et/ou éphémères). A cette image, les parcours rocailloux il y a un petit nombre d'espèces vivaces et beaucoup d'éphémères. Dans les terrains salés seulement certaines espèces vivaces sont abondantes. Les parcours sablonneux et les Regs possédant un nombre important d'espèces vivaces par apport aux éphémères. Les parcours de lits d'Oueds et de dépressions contiennent une richesse importante pour les deux types biologiques. Donc c'est le rapport entre les vivaces et les éphémères qui va délimiter la bonne ou la mauvaise ressemblance entre la végétation aérienne et sa banque de graines dans chaque parcours saharien.

### III.3.3. Similitude temporelle entre la végétation aérienne et souterraine

Dans cette section, nous avons examiné globalement la différence saisonnière entre la flore aérienne et la flore souterraine de différents parcours sahariens, où la similarité moyenne de toutes les saisons était faible et ne représente presque que la moitié de la similarité moyenne spatiale avec de 0,25 (25%). Le degré de la similitude entre la flore aérienne et souterraine des parcours sahariens suivant les saisons était plus grand en printemps (35%) et en hiver (30%) qu'en été et en automne avec respectivement 21% et 15% (figure 25).



**Figure 25:** Similarité entre la végétation aérienne et souterraine selon les saisons

Les parcours sahariens montrent une forte similitude entre la flore aérienne et souterraine pendant le printemps et l'hiver comparativement à l'été et l'automne. Cela peut être expliqué par la façon dont les espèces se développent d'une saison à l'autre. Pour la flore aérienne (figure 12), on trouve que les espèces vivaces sont abondantes à toutes les saisons et elles repartissent d'une façon régulière, où toutes les saisons s'enregistrent presque la même richesse spécifique (27 espèces). Alors que pour les éphémères, elles étaient abondantes seulement en printemps et en hiver mais pas en automne et en été. Tandis que pour la flore souterraine (figure 23), on trouve qu'il y a une faible richesse spécifique des vivaces: seulement moins de 6 espèces présentées pour chaque saison. En revanche les éphémères sont abondants pendant les quatre saisons, avec plus de 25 espèces éphémères pour chaque saison dans la banque de graines. La forte représentation des éphémères dans la flore souterraine est liée à leur stratégie d'adaptation, basée sur leur disparition aérienne pendant les périodes défavorables. Ainsi, on peut avoir une diminution de ce grand écart entre la flore réelle et potentielle, pendant les

périodes les plus favorables, ce qui va expliquer la similitude relativement élevée pendant l'hiver et le printemps.

D'ailleurs, la faible similitude entre les deux types des flores suivant les autres saisons (automne et été), est expliquée premièrement par l'écart important entre la richesse des espèces vivaces de la flore aérienne et souterraine qui dépasse 20 espèces sur les quatre saisons, ce qui pourrait être attribuer par le fait que la banque de graines ne récupère que certaines espèces vivaces. De la même façon, la faible similitude pour l'été et l'automne pourrait être attribué par la disparition des éphémères de la végétation aérienne lors ces saisons sèches. A cet effet, LOPEZ et MARINO *et al.* (2000) ont rapporté que dans les habitats fréquemment perturbés, la composition des espèces de la banque de semences et de la végétation est habituellement similaire mais au fur et à mesure où la végétation mûrit, la disparité entre les deux augmente (FENNER, 1985).

On peut expliquer ainsi que le milieu qui est fréquemment perturbé est un milieu marqué tout d'abord par des changements climatiques se répètent d'une saison à l'autre (pluie ou sécheresse hivernale, printanière ou/ et estivale) ou d'une année à l'autre, ce qui signifie une partie importante de leur végétation contenant des plantes éphémères. Donc, l'existence des éphémères dans un écosystème donné augmentent la ressemblance avec leur végétation aérienne et sa banque de graines mais pour une courte durée, qui est généralement la période de la prédominance des éphémères dans la végétation aérienne (le printemps par exemple), mais tout de suite les éphémères vont rapidement arriver à la phase de la maturation, donc disparaître lors des saisons sèches. En été et en 'automne, la divergence entre les deux flores (aérienne et souterraines) augmente car les éphémères de la végétation aérienne appartiennent à la végétation souterraines sous formes de graines et il reste seulement les vivaces dans la végétation aérienne qui sont presque absentes dans la végétation souterraines.

D'une façon générale, la variation de la similarité entre la banque de semences et la végétation aérienne est contrôlée par plusieurs facteurs. PECO *et al.* (1998) et OSEM *et al.* (2006) ont également conclu que le niveau de la ressemblance peut être expliqué par: l'inhibition ou la promotion de la germination, la variation de l'émergence de semis, les changements dans la proportion de l'année pour les espèces vivaces et éphémères selon la manière de la tolérance aux différents stress abiotiques. Tous ces facteurs réagissent en ensemble pour engendrer une convergence ou une divergence entre la flore aérienne et souterraine dans une période à l'autre.

Globalement, en conclusion à ce chapitre sur la comparaison spatio-temporelle entre la végétation aérienne et souterraine, les résultats ont montré clairement la résilience de la végétation aérienne grâce à la dynamique de la banque de graines du sol par apport aux contraintes abiotiques dont les conditions climatiques exercent des impacts d'une dureté très sévère (vent, forte température, précipitations rares) sur la végétation. Cela, nous avons permis de noter une similarité temporelle entre la flore aérienne et souterraine basse de 25%, comparativement aux effets exercés par les parcours sahariens, qui peuvent être souvent plus tolérables que les précédentes (conditions climatiques) dont ces biotopes sahariens offrent par leur certaines caractéristiques édaphiques des microenvironnements plus ou moins favorables à la survie de cette végétation et donnant une valeur de 49% de la similarité avec sa banque de graines, même ils sont sous l'influence de ces stress environnementaux expressifs.

Dans ce cas, il apparaît que le rôle primordial que joue chacune des banques de graines et de la végétation est en synergie pour assurer l'entretien et le maintien de la végétation saharien et surtout le bon fonctionnement de cet écosystème aride.

En fin, une meilleure compréhension des processus de régénération à travers la banque de graines est nécessaire pour des politiques de mise en place de la conservation et de la gestion adéquates de ces parcours sahariens qui commencement à souffrir des changements climatiques sévères.

# *Conclusion*

## **Conclusion**

Ce travail avait comme objectif d'étudier le pouvoir du potentiel régénératif des 'banques des graines du sol' des plantes fourragères des différents parcours sahariens (lits d'Oueds, dépressions, sols rocaillieux, sols sableux, Regs, sols salés). Cette étude a permis d'apporter de nouvelles informations pour la compréhension des mécanismes qui permettent, souvent, aux plantes sahariennes (vivaces et éphémères) de s'adapter, persister et surtout coexister au sein d'une communauté végétale.

A travers nos résultats sur la végétation aérienne, nous avons montré que, malgré des conditions climatiques qui sont particulièrement défavorables et expressifs à la survie spontanée des plantes, (précipitations annuelles très faibles, des températures moyennes annuelles très élevées, des vents qui soufflent durant plus de la moitié de l'année et surtout une période de sécheresse qui s'étale tout au long de l'année) les parcours sahariens peuvent maintenir un couvert végétal (plantes vivaces et éphémères), où l'abondance et la répartition de chacun de ces types biologiques sont sous le contrôle du climat et le type de parcours. Cela signifie que les régimes de perturbations et les caractéristiques de chaque parcours déterminent la composition, et la richesse ainsi que le rapport entre les espèces éphémères et pérennes.

D'après l'étude de la banque de graines du sol des parcours sahariens (régions de Ghardaïa et d'Ouargla), il apparaît nettement que les sols de ces parcours ne sont pas stériles en biodiversité biologique en termes de graines. Ils agissent, comme un réservoir de nombreuses graines de plantes fourragères sahariennes. La richesse de chaque banque de graines est variable suivant le type de parcours. Cela nous conduit à déduire que la végétation en place 'flore réelle' des parcours sahariens se maintiennent par un potentiel biologique enfoui dans le sol. Cette banque de graines du sol s'avère un soutien assez important de la régénération naturelle de la couverture floristique saharienne dont elle récupère 49% de la végétation aérienne, mais cette régénération est expliquée essentiellement par :i) les variations météorologique saisonnières et climatiques, ii) les caractéristiques édaphiques des parcours, et surtout iii) les caractéristiques floristiques, tels que la richesse spécifique, le type biologique qui domine,....Ceci va intervenir pour influencer les propriétés de la banque de graines du sol, (densité et diversité, type biologique, etc.).

Il apparaît que chaque végétation et sa banque de graines ont des effets sur l'entretien, le maintien, le bon fonctionnement de l'écosystème végétal aride, et surtout dans la résilience de

cette végétation. A cet effet, les parcours qui se caractérisent par une végétation aérienne de type vivaces maigre et dispersée, qui peut persister toute la longue d'année, comme les parcours des sols sableux, salés et les Regs représentent une régénération naturelle difficile et lente. Les parcours tels que les lits d'Oueds et les dépressions ont des effets positifs sur la récupération des espèces car ils sont caractérisés par une végétation aérienne relativement riche constituant des plantes vivaces et des éphémères, ce qui leur permet d'avoir également une banque de semences de sol importante.

La banque de graine du sol, dans ces parcours sahariens, agit bien comme un réservoir pour les espèces fourragères, notamment pour le type biologique d'éphémère, qui leur assure de survivre après une perturbation, ou des changements climatiques exceptionnelles, ainsi que dans ce milieu de vie très hostiles et sévères. Cependant, pour les plantes vivaces la banque de graine ne contribue que partiellement à leurs régénérations, ce qui nous laisse supposer : i) que leurs graines ne restent viables que pendant une courte période, ii) que leur graines ont des dormances prononcées, iii) qu'elles ont d'un nombre très limité de graines, ce qui rend difficilement et rare de rencontrer leurs graines dans les échantillons du sol, en plus de la possibilité que leur prolifération soit favorise par la voie végétative. Donc, elles peuvent posséder un autre type de banque, qui est la banque de bourgeons, ce qui leur permet de persister à l'état végétatif aux conditions environnementales très difficiles dans ce milieu désertique, assurant la durabilité, l'équilibre et la stabilité de cet écosystème très vulnérable.

En outre, des variations spatiales (des parcours) de la banque de graines du sol qui sont observées. Cette banque montre également une variabilité temporelle importante (des saisons), ce qui joue un rôle crucial dans le maintien de la diversité floristique, surtout pour les éphémères. Ces réponses végétatives, que ce soit à l'échelle spatiale ou à l'échelle temporelle, traduisent que ce type biologique se base extrêmement sur les graines pour qu'il puisse se régénérer, occuper et coloniser de nouveaux territoires.

D'ailleurs, il existe aussi d'autres aspects sur les traits fonctionnels, que nous n'avons pas pu prendre en compte ; tels que les aptitudes de reproduction végétative, la dispersion des graines, leur dormance et l'impact de la prédation. Ces points pourraient faire l'objet d'un travail complémentaire. Ils peuvent fournir des questions de recherche et des hypothèses pertinentes sur la régénération de ces parcours et le rôle que joue cette banque dans ce processus, mais il reste à signaler, à ce niveau, que la capacité de régénération de ces parcours camelins est conditionnée par deux facteurs principaux dans ces milieux désertiques très rudes: le type de parcours et l'état de sa végétation aérienne.

Ces informations obtenues, malgré leur modestie, peuvent être indispensables pour la biologie de la conservation, ce qui doit, en premier temps, faire l'objet d'une attention particulière pour l'ensemble des parcours et leur végétation.

En second temps, et afin d'avoir plus d'informations sur ce sujet, il est nécessaire de conserver la végétation de surface sous d'autres formes pour pouvoir la régénérer: banque de graines collectées en surface à l'automne et/ou printemps par exemple, la mise en défens de certaines surfaces, ou même pépinières. C'est donc la régénération préventive, qui pourrait aider ultérieurement lors d'une gestion entreprise de ces parcours, et même pour la réintroduction du matériel végétal pour les écosystèmes (parcours) dégradés. Afin d'avoir une meilleure idée sur la banque de graine des vivaces, il est encore indispensable de bien adopter d'autre type d'échantillonnage et/ou d'autre méthodes d'étude beaucoup plus appropriés à cette catégorie d'espèces.

En fin, cette étude doit être complétée par une étude qui s'intéresserait aussi à la répartition verticale (plus de 5 cm) de la banque de graines, pour déterminer à quelle profondeur on peut rencontrer une banque de graines, tant qu'il y a distribution horizontale (spatiale) et saisonnière de ces différents parcours sahariens.

# *Références bibliographiques*

**Références bibliographiques**

- 1- **ABDEL-RAHMAN A. A. et BATANOUNY K. H. (1959):** Germination of desert plants under different environmental conditions. *Bulletin de l'Institut Du Desert D' Egypte*. 9: 21-40.
- 2- **ABROL I. P., YADOUR J. S. P. et MASSOUD F. I. (1988):** Salt affected soils and their management. *FAO Soil Bulletin*, No. 39. FAO, Rome, p. 131.
- 3- **AIDOUD A. (1989):** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Plaines Algéro-Oranaises, Algérie). Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 240 p.
- 4- **ALAILY E., BOMKAMM R., BLUME H. P., KEHL H. et ZIELINSKI H. (1987):** Ecological investigations in the Gilf Kebir (SW-Egypt). *Phytocoenologia* 15: 1-20.
- 5- **ALATAR M. A., EL-SHEIKH I. et THOMAS J. (2012):** Vegetation analysis of Wadi Al-Jufair, a hyper-arid region in Najd, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*.19: 357-68.
- 6- **AL-FARAJ M. M., AL-FARHAN A. et AL-YEMENI M. (1997):** Ecological studies on Rawdhat system in I- Rawdhat khorim. *Pakistan Journal of Botany*.29, 75–88.
- 7- **AL-SODANY Y. M., SHEHATA M. N. ET SHALTOUT K. H. (2003):** Vegetation along an elevation gradient in Al-Jabal Al-Akhdar, Libya. *Journal of méditerrananean Ecology*. 2 (29) 125-139.
- 8- **AMIAUD B. et TOUZARD B. (2004):** The relationship between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in old embanked marshlands of Western France. *Flora*.199, 25-35.
- 9- **APONTE C., KAZAKIS G., GHOSN D. et PAPANASTASIS V. P. (2009):** Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. *Wetlands Ecology and Management*. 18(3), 243 – 253.
- 10- **ARONSON J., FLORET C., LEFLOC'H E., OVALLE C. et PONTANIER R. (1995):** Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait? Paris, pp.11-29.
- 11- **ASSAEED A. M. et AL-DOSS A. A. (2002):** Soil seed bank of a desert range site infested with *Rhazya strictain* Raudhat al-Khafs, Saudi Arabia. *Arid Land Research and Management*. 16, 83–95.
- 12- **ASSAEED A. M. et AL-DOSS A. A. (2002):** Soil seed bank of a desert range site infested with *Rhazya strictain* Raudhat al-Khafs, SaudiArabia. *Arid Land Reserch and Management*. 16, 83–95
- 13- **BAGNOULS F. et GAUSSEN H. (1953):** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull soc. Hist Nat .Toulouse*. 88:3-4 et 193-239.
- 14- **BAKER H. G (1974):** The evolution of weeds. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*.5:1-24.
- 15- **BAKER, H.G. (1989):** Some aspects of the natural hystory of seed banks. In: LECK, M.A.; PARKER, V.T.; SIMPSON, R.L. (Ed) *Ecology of soil seed banks*. London: Academic Press, p.5-19.
- 16- **BAKKER J. P., POSCHLOD P., STRYKSTRA R. J., BEKKER R. M. et THOMPSON K. (1996):** Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*. 45, 461- 490.

- 17- **BARBERO M., QUEZEL P. et LOISEL R. (1990):** Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et des perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne.*, XII : 194-215.
- 18- **BASKIN C.C. et BASKIN J. M. (1998):** Seeds Ecology, Dormancy and Germination. *American Journal of Botany.* 86(6):903-905.
- 19- **BATANOUNY K. H., RAMADAN A. A., WILLEMS J. H. et WERGER M. J. A. (1991):** Seed bank study in Wadi Feiran Area, Sinai, Egypt. Proceeding of International Conference "Plant Growth Drought and Salinity in the Arab Region". Giza, Dec. 3-7, *Egyptian Botanical Society.* pp. 77-95.
- 20- **BELGAT S. (2001):** Le littoral Algérien : Climatologie, géo-pédologie, syntaxonomie, édaphologie et relation sol-végétation. Thèse de Doctorat. Sci. Agr. I.N.A. El Harrach. 261p.
- 21- **BENNVENUTI S. (2007):** Natural weed seed burial: effect of soil texture, rain and seed characteristics. *Seed Science Research.* 17: 211-219.
- 22- **BERTILLER M. B et ALOIAD. A. (1997):** Seed bank strategies in Patagonian semi-arid grasslands in relation to their management and conservation. *Biodiversity and Conservation.*6, 639-650.
- 23- **BERTILLER M. B. (1996):** Grazing effects on sustainable semiarid rangeland in Patagonia: The state and dynamics of the soil seed bank. *Environmental Management.* 20, 123-132.
- 24- **BIGWOOD D.W. ET INOUE D.W. (1988):** Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology.*69:497-507.
- 25- **BOSSUYT B et HERMY M. (2004):** Seed bank assembly follows vegetation succession in dune slacks. *Journal of Vegetation Science.* 15,449 – 456.
- 26- **BOSSUYT B. et HERMY M. (2001):** Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems: a review. *Ecography.* 24:225-238.
- 27- **BOSSUYT B. et HERMY M. (2003):** The potential of soil seed banks for the ecological restoration of grassland and heath land plant communities. *Belgian Journal of Botany.* 136: 23-34.
- 28- **BOSSUYT B. et HERMY M. (2003):** The potential of soil seed banks in the ecological restoration of grassland and heath land communities. *Belgian Journal of Botany.* 136:23–34.
- 29- **BOSSUYT B., VAN WICHELEN J. et HOFFMANN M. (2007):** Predicting future community composition from random soil seed bank sampling -evidence from a drained lake bottom. *Journal of Vegetation Science.* 18, 443 – 450.
- 30- **BOUALLALA M. (2013):** étude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du Sahara occidental algérien. Cas des régions de Béchar et Tindouf. Thèse de Doctorat. Université d'Ouargla, 132 p.
- 31- **BOUDET G., DIEYE K. et VALENZA J. (1983):** Environnement biotique. Le couvert herbacé. In : Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. ACC-GRIZA, (LAT), GERDAT, ORSTOM, Paris. pp. 37-62.
- 32- **BOULET C. (1985):** Bilan floristique d'une garrigue de chêne kermès soumise à deux types de perturbations contrôlées. Contribution à la reconnaissance au stade plantule de quelques unes des espèces observées. Thèse 3 ème cycle, Univ. Aix-Marseille 1 – 214p.
- 33- **BRAUN-BLANQUET J.(1964) :** Plant sociology. Fundamentals of vegetation science. 3ème

- 34- **BRENCHLEY W. E. (1918):** Buried weed seeds. *Journal of Agricultural Science*. 9, 1-31.
- 35- **BROWN D. (1992):** Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Canadian Journal of Botany*.70, 1603-1610.
- 36- **BUTLER B. J. et CHAZDON R. L. (1998):** Species richness, spatial variation, and abundance of the soil seed bank of a secondary tropical forest. *Biotropica* 30(2): 214-222.
- 37- **CABALLERO I., OLANO J. M., LUZURIAGA A. L. et ESCUDERO A. (2005):** Spatial coherence between seasonal seed banks in a semi-arid gypsum community: density changes but structure does not. *Seed Science Research*. 15, 153-160.
- 38- **CABIN R.J. et MARSHALL D.L. (2000):** The demographic role of soil seed banks. I. Spatial and temporal comparisons of below- and above-ground population of the desert mustard *Lesquerella fendleri*. *Journal of Ecology*.88, 283-292.
- 39- **CAPON S. J. et BROCK M. A (2006):** Flooding, soil seed bank dynamics and vegetation resilience of a hydrologically variable desert floodplain. *Freshwater Biology*. 51:206–223. doi: 10.1111/j.1365-2427.2005.01484.
- 40- **CARTER C.T. et UNGAR I. A. (2002).**Aboveground vegetation, seed bank and soil analysis of a 31-year-old forest restoration on coal mine spoil in Southeastern Ohio. *American Midland Naturalist*.147, 44-59.
- 41- **CHAMBERS J. C. et MACMAHON J. A (1994):** A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology evolution and Systematics*. 25:263-292.
- 42- **CHANG E. R., JEFFERIES R. et CARLETON T. J. (2001):** Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh. *Journal of Ecology*. 89:367-384.
- 43- **CHEHMA 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.
- 44- **CHEHMA A. et YUCEF F. (2009) :** Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse*. 20 (4). 373-381. <http://www.jle.com/e-docs/00/04/51/6A/article.phtml>
- 45- **CHEHMA A., BOUZEGAG L. et CHEHMA Y. (2008a):** Productivité de la phytomasse éphémère des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien. *Fourrages*. 194. 253-56.
- 46- **CHEN R. Y., ZHANG Y. M. et WEI W. S. (2008):** Effects of Different Dune Positions and Microbiotic Crusts on Soil Seed Banks in the Gurbantonggut Desert. *Arid Zone Research*. 25 (1), 107 – 113.
- 47- **CHESSON P. (2000):** General theory of competitive coexistence in spatially-varying environments. *Theoretical Population Biology*. 58 (3): 211-237.
- 48- **COFFIN D. P. et LAUENROTH W. K. (1989):** Spatial and temporal variation in the seed bank of a semi-arid grassland. *American Journal of Botany*. 76, 53-58.
- 49- **COHEN D. (1966):** Optimizing reproduction in a randomly varying environment. *Journal of Theoretical Biology*.12: 119-/29.
- 50- **COUDE-GAUSSIN G. (2002):** Les formations superficielles des déserts chauds et de leurs marges In : *Géologie de la préhistoire*. 125-44.
- 51- **COUSENS R. et MORTIMER M. (1995):** Dynamics of weed populations. Cambridge University Press, Cambridge. pp.331.

- 52- **DAGET P. H. (1980)** : Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. Cas des thérophytes in : Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. Ed. Malonie Paris: 89-114.
- 53- **DALLING J. W., SWAINE M. D. et GARWOOD N. C. (1997)**: Soil seed bank community dynamics in seasonal moist lowland tropical forest, Panamá. *Journal of Tropical Ecology*. 13:659-680.
- 54- **DASTI A. et AGNEW ADQ. (1994)**: The vegetation of Cholistan and Thal deserts, Pakistan. *Journal of Arid Environments*. 27: 193-208.
- 55- **DAVIDSON D.W. (1977)**: Foraging ecology and community organization in desert seed-eating ants. *Ecology*. 58: 725-737.
- 56- **DAVY A. J. et FIGUEROA M. E. (1993)**: The colonization of strand-lines. In: Miles, J. & Walton, D.W.H. (eds.) Primary Succession on Land, Blackwell, London. 113-132 pp.
- 57- **DE VILLIERS A. J., VAN ROOYEN M.W. et THERON G. K.(2003)**: Similarity between the soil seed bank and the standing vegetation in the Strandveld Succulent Karoo, South Africa. *Land Degradation Development*. 14, 527-540.
- 58- **DERRUAU M., (1967)** : Précis de géomorphologie. Ed : Masson, Paris. 415 p.
- 59- **DIAZ S., HODGSON J. G. ET THOMPSON K. (2004)**: The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science*. 15:295-304.
- 60- **DIAZ-VILLA M. D., MARANON T., ARROYO J., GARRIDO J. et GARRIDO B. (2003)**: Soil seed bank and floristic diversity in a forest-grassland mosaic in southern Spain. *Journal of Vegetation Science*. 14: 701-709.
- 61- **DJEBAILI S. (1978)**: Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse de doctorat, Montpellier, 229p.
- 62- **DJEBAILI S. (1984)**: Steppe Algérienne, phytosociologie et écologie O.P.U. Alger. 127p.
- 63- **DRAKE R. E.(1998)**: a brief history of individual placement and support mode. *Psychiatric Rehabilitatio Journal*. 22, 3-7.
- 64- **DUBIEF J. (1953)**: Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Ed : service des études scientifiques, Alger. pp. 26-103.
- 65- **DUBIEF J. (1963)**: Le climat du Sahara. Ed: Inst. Rech. Saha., Alger. Mémoire h.s. Tome II. 298 p.
- 66- **DUTOIT T. et ALARD D. (1995)**: Permanent seed banks in chalk grassland under various management regimes: their role in the restoration of species-rich plant communities. *Biodiversity and Conservation*. 4: 939-950.
- 67- Ed. Springer. Wien-New York. 865 p.
- 68- **EL-BARASI Y. M., BARRANI M. W., AL TAJOURY R. O. (2013)**: Land Deterioration of a Semi-desert Grazing Area in the North-Eastern Zone of Libya. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2, 357-373
- 69- **EL-BARASI Y. M., BARRANI M.W. et AL TAJOURY R. O. (2013)**: Land Deterioration of a Semi-desert Grazing Area in the North-Eastern Zone of Libya (Cyrenaica). *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2, 357-373.
- 70- **EL-BARASI Y.M. et BUWARISH B.M. (2005)**: The effect of human activities on the soil seed bank of a semi desert zone in south EL-Jabal EL-Akhadar in northern Cyrenaica (Libya), F. Al-Ashab and A. Mami (Eds), New Trends in Science and Their Applications, ISBN 9959-24-096-7, Garyounis Un. Press, Benghazi-Libya.

- ELIZABETH A. (2006):** Seed banks of pinyon-juniper woodlands: The effects of tree cover and prescribed burn. Reno: University of Nevada. 10 p.
- 71- ELLNER S. (1987):** Competition and dormancy: a reanalysis and review. - Amer. Nat. 130:798-803.
- 72- ELLNER S. et SHMIDA A. (1981):** Why area adaptations for long-range seed dispersal rare in desert plants. *Oecologia*. 51: 133 – 144.
- 73- EMBERGER L. (1955):** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav.Labo. Bot. Zool. Fac. Sci. Montpellier. Pp 1-43.
- 74- FABRE J. (2004):** Géologie du Sahara occidental et central. Ed. Musée Rooyal de l'Afrique central. 572 p.
- 75- 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.
- 76- FENNER M et THOMPSON K. (2005)** The ecology of seeds. Cambridge University Press. 260pp.
- 77- FENNER M. (1985):** Seed Ecology. Chapman and Hall, New York. 151pp.
- 78- FENNER M. (1995):** Ecology of seed banks. In Seed development and germination (J. Kiegel & G. Galili, eds.). Marcel Dekker, New York, p.507-528
- 79- FLORES S. et DEZZEO N. (2005):** Temporal variations in the number of seeds in a gradient forest-savannah in the Gran Sabana, *Venezuela.Inci*. 30: 39-43.
- 80- FLORT C., GALAN M. J., LE FLO'CH E., ORSHAN G. et ROMANE F. (1990):** Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studing vegetation. *Journal of Vegetation Science*. 1:71-80.
- 81- FONSECA C. E. L. et WALTER B. M. T. (2001):** As matasde galeria no contexto do bioma Cerrado. In Cerrado caracterização e recuperação de matas de galeria (J.F.Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Souza, eds.). Embrapa, Planaltina, p.29-47.
- 82- FRENCH K., MASON T J. et SULLIVAN N. (2010):** Recruitment limitation of native species in invaded coastal dune communities. *Plant Ecology*. 212 (4), 601 – 609.
- 83- GAMOUN M. (2012):** impact la mise en repos sur la dynamique du couvert végétal: application à la gestion durable Les parcours sahariens du Sud tunisien. Thèse de Doctorat. Université de Tunis El Manar. 168 p.
- 84- GAMOUN M. (2017):** Les parcours sahariens et gestion. ED. EUE, 317 p.
- 85- 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
- 86- 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.
- 87- GOODSON J. M., GURNELL A. M., ANGOLD P. G. et MORRISSEYI. P(2001):** Riparian seed banks: structure, process and implications for riparian management. *Progress in Physical Geography*. 25:301–325.
- 88- GRIME J. P (1979):** Plant strategies and vegetation processes. John Wiley, Chichester, UK.
- 89- GRIME J. P. (1981):** The role of seed dormancy in vegetation dynamics. *Annals of Applied Biology*. 98, 555-8.
- 90- GRIME J. P. and HILLIER S. H. (2000):** The Contribution of Seedling Regeneration to the Structure and Dynamics of Plant Communities, Ecosystems and

- Larger Units of the Landscape. 2nd edition; In *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. p 14
- 91- **GROMBONE-GUARATINI M.T., LEITAˆO-FILHO H. F. et KAGEYAMA P.Y. (2004)**: The seed bank of a gallery forest in southeastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 47: 793-797.
- 92- **GUO Q., RUNDEL P. W. et GOODALL D. W. (1998)**: Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes and implications. *Journal of Arid Environments*.38, 465 - 478.
- 93- **GUO Q., RUNDEL P.W. et GOODALL D. W. (1999)**: Structure of desert seed banks: comparisons across four North American deserts. *Journal of Arid Environments*. 42, 1–14.
- 94- **GUTIERREZ J. R., ARANCIO G. et JAKSIC F. M. (2000)**: Variation in vegetation and seed bank in a Chilean semi-arid community affected by ENSO 1997. *Journal of Vegetation Science*.11, 641-648.
- 95- **GUTTERMAN Y. (1993)**: Seed Germination in Desert Plants: Adaptations of Desert Organisms. Springer- Verlag Berlin. Germany. 253 p
- 96- **GUTTERMAN Y. et SHEM-TOV S. (1996)**: Structure and function of the mucilage inous seed coats of *Plantago coronop* usinhabiting the Negev Desert. 125-133p.
- 97- **HACHICHA M., JOB J.O. et MTIMET A. (1994b)**: Les sols salés et la salinisation des sols en Tunisie. Bulletin de la Direction des Sols "Sols deTunisie"n015, pp.270-341.
- 98- **HALIMI A. (1980)**: L'Atlas Blideen- Climat et étages végétaux. O.P.U. Alger. 484 p.
- 99- **HARPER J. L. et WHITE J. (1974)**: The demography of plants. *Annual Review of Ecology evolution and Systematics*. 5, 419-63.
- 100- **HARPER J. L. (1977)**: Population biology of plants. Academic Press, London. New York. San Francisco. 892pp.
- 101- **HERINE L. et GROS S. (1990)**: comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. W. K. Kellogg Biological Station, Michigan State University, Hickory Corners, MI 49060, U.S.A. *journal of Ecology*. 78, 1079-1093.
- 102- **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.
- 103- **HOPKINS M. S., TRACEY J. G. and GRAHAM A.W. (1990)**: The size and composition of soil seed banks in remnant patches of three structural rainforests in North Queensland. *Australian Journal of Ecology*. 15: 43-50.
- 104- **JIANG D., YONGCUI W., TOSHIO O., YONGMING L., HONGMEI W. et QUANLAI Z. (2013)**: Review of research on soil seed banks in desert region. *Disaster Advances*. Vol. 6 (S1), 9 p.
- 105- **KALAMEES R et ZOBEL M.(2002)**: The role of seed bank in gap regeneration in calcareous grassland community. *Ecology*. 83: 1017-1025.
- 106- **KALISZ S, MCPEEK MA (1992)**: Demography of an age-structured annual: resampled projection matrices, elasticity analyses, and seed bank effects. *Ecology*. 73: 1082-1093.
- 107- **KELLMAN M.C. (1970)**: The Viable Seed Content of Some Forest Soils in Coastal British Columbia. *Canadian Journal of Botany*. Vol. 48, p. 1383-1385.

- 108- KELT D. A., MESERVE P. L. et GUTIE'RREZ J. R. (2004):** Seed removal by small mammals, birds and ants in semi-arid Chile, and comparison with other systems. *Journal of Biogeography*. 31: 931 – 942.
- 109- KEMP P. R. (1989):** Seed bank and vegetation processes in deserts. In: Allesio-Leck, M., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds), *Ecology of Soil Seed Banks*, pp. 257–281. San Diego, CA: Academic Press. 462 pp.
- 110- KINLOCH J.E. et FRIEDEL M.H. (2005):** Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 1: seed bank and vegetation dynamics. *Journal of Arid Environments*. 60, 133-161.
- 111- KIRKMAN L. K. et SHARITZ R. R. (1994):** Vegetation disturbance and maintenance of diversity in intermittently flooded Carolina bays in South Carolina. *Ecological Applications*.4:177–188.
- 112- 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.
- 113- LAWTON R. O et PUTZ F. E. (1988):** Natural disturbance and gap-phase regeneration in a wind-exposed tropical cloud forest. *Ecology*. 69: 764-777.
- 114- LE HOUEROU H. N. (1990):** Définition et limites bioclimatiques du Sahara. *sècheresse*, 1 (4) .pp. 246-259.
- 115- LECK M. A., PARKER V. T. et SIMPSON R. L. (1989).** Ecology of soil seed banks. Academic Press, San Diego. 462p.
- 116- Leck M. A., Parker V.T. et Simpson R. L. (1989):** Ecology of soil seed banks. Academic Press, Inc., San Diego, California. 462p.
- 117- LEMAUVIEL S., ROZÉ F. et CLÉMENT B. (2005):** A Study of the Dynamics of the Seed Banks in a Complex Dune System, with the Aim of Restoration. *Journal of Coastal Research*. 215,991 – 999.
- 118- LEVIN S., COHEN D. et HASTINGS A. (1984):** Dispersal strategies in patchy environments. -*Theor. Pop. Biol.* 26: 165-191.
- 119- LI F. R., LIU J. L. et KANG L. F. (2008):** Responses of Soil Seed Banks and Above-ground Plant Communities to Grazing Exclusion in a Degraded Sandy Grassland. *Journal of Desert Research*. 28(6), 1078 – 1085.
- 120- 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.
- 121- LI R. F., ZHAO L. Y. et WANG S. F.(2003):** Effects of enclosure management on the structure of soil seed bank and standing vegetation in degraded sandy grasslands of eastern Inner Mongolia. *Acta Prata culturae Sinica*. 12 (4), 90 – 99.
- 122- LOONEY P. B. et GIBSON D J. (1995):** The relationship between the soil seed bank and above-ground vegetation of a coastal barrier island. *Journal of Vegetation Science*. 6: 825-836.
- 123- LOPEZ DE CASENAVE J., CUETO V. R. et MARONE L. (1998):** Grani-vory in the Monte desert: is it less intense than in other aridzones of the world? *Global Ecology and Biogeography Letters*. 7:197–204.
- 124- LOPEZ-MARINO A., LUIS-CALABUIG E., FILLAT F. et BERMUDEZ F. F. (2000):** Floristic composition of established vegetation and the soil seed bank in pasture communities under different traditional management regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 78: 273-282.
- 125- LORTIE C. J. et TURKINGTON R. (2002):** The effect of initial seed density on the structure of a desert annual plant community. *Journal of Ecology*. 90, 435-445.

- 126- Lu Q. (2002):** Responses of Desertification to Global Climatic Change. *China Population Resources and Environment*. 12 (1), 95 – 98.
- 127- LU Z. J., LI L. F. et JIANG M. X. (2010):** Can the soil seed bank contribute to revegetation of the drawdown zone in the Three Gorges Reservoir Region?. *Plant Ecology*. 209 (1), 153 –165.
- 128- LUIS MARONE V. R. CUETO F.A. MILESI. et JAVIER LOPEZ D. C. (2004):** Soil seed bank composition over desert microhabitats: patterns and plausible mechanisms. *Canadian Journal of Botany*. 82:1809–1816.
- 129- M'CLOSKEY R. T. (1980):** Spatial patterns in sizes of seeds collected by four species of heteromyid rodents. *Ecology*. 61: 486–489.
- 130- MA J. Y., REN J., WANG G. et CHEN F. H. (2006):** Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed banks of sand stabilising species. *South African Journal of Botany*. 72, 46-50.
- 131- MA S. L., MA M. et WANG G. F. (2010):** Seed Dispersal and Pattern of Seed Bank of Ephemeric Desert Plant *Eremurus Inderiensis*. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*. 28(1), 11 – 17.
- 132- MAJOR J. et PYOTT W.T. (1966):** Buried, viable seeds in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of a flora. *Vegetation Acta Geobotanica*.13, 253 – 282.
- 133- MALONE C. R. (1967):** A rapid method for enumeration of viable seed in soil. *Weeds*. 15:381-382.
- 134- MANDERS P.T. (1990):** Quantifying soil seed banks: A comparison of physical separation and seedling emergence techniques in Cape fynbos and forest vegetation. *South African Journal of Ecology*.1, 27- 30.
- 135- MARES M. A. et ROSENZWEIG M. L. (1978).**Granivory in North and South American deserts: rodents, birds, and ants. *Ecology*. 59: 235–241.
- 136- MARKS P. L. et MOHLER C. L. (1985):** Succession after elimination of buried seeds from a recently plowed field. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 122: 376-382
- 137- MARONE L., ROSSI B. E. et HORNO M. E. (1998):** Timing and spatial patterning of seed dispersal and redistribution in a South American warm desert. *Plant Ecology*. 137, 143–150
- 138- MARTÍNEZ-DURO E., FERRANDIS P. et HERRANZ J. M. (2009b):** Factors controlling the regenerative cycle of *Thymus funkii subsp funkii* in a semi-arid gypsum steppe: a seed bank dynamics perspective. *Journal of Arid Environments*.73:252 – 259.
- 139- MARTÍNEZ-DURO E., FERRANDIS P., HERRANZ J. M. et COPETE M. A. (2010):** Do seed harvesting ants threaten the viability of a critically endangered non-myrmecochorous perennial plant population? A complex interaction. *Population Ecology*. 52: 397-405.
- 140- MARTINS A. M. et ENGEL V. L. (2007):** Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. *Ecological Engineering*.31:(3).165-174.
- 141- 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.

- 142- MEYER S. E., STEWART T. E. et CLEMENT S. (2010): The quick and the deadly: growth vs virulence in a seed bank pathogen. *New Phytologist*.187: 209 – 216.
- 143- MEYER S.E. ET PENDLETON B.K. (2005): Factors affecting seed germination and seedling establishment of a long-lived desert shrub (*Coleogyneramosissima*: Rosaceae). *Plant Ecology* 178: 171–187.
- 144- MIDDLETON B. A. (2003): Soil seed banks and the potential restoration of forested wetlands after farming. *Journal of Applied Ecology*. 40:1025–1034.
- 145- MILBERG P. et HANSSON M. L. (1993) : Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland. *Journal of Vegetation Science*. 4, 35 - 42.
- 146- MONOD T. (1992): Du désert. Sécheresse., Vol. 3 n°1, pp 7-24.
- 147- MORIUCHI K. S., VENABLE D. L. et PAKE C. E. (2000): Direct measurement of the seed bank age structure of a Sonoran Desert annual plant. *Ecology*.81:1133 – 1138.
- 148- MOUSTAFA A. A., et KAMEL W.M. (1995): Ecological on the floristic composition and Endemic Species of saint Catherine area, South Sinai, Egypt. *Journal of Botany*. 35(2):177-200.
- 149- NATHAN R. et MULLER-LANDAU H.C. (2003): Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 278–285.
- 150- OLANO I. J., CABALLERO M. et ESCUDERO A. (2011): Soil seed bank recovery occurs more rapidly than expected in semi-arid Mediterranean gypsum vegetation. *Annals of Botany*. 10.1093.
- 151- OOSTING H. J. et HUMPHREYS M. E. (1940): Buried Viable Seeds in a Successional Series of Old Fields and Forest Soils. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Vol. 67, p. 253-273.
- 152- ORTEGA M., LEVASSOR C. et PECO B. (1997): Seasonal dynamics of Mediterranean pasture seed banks along environmental gradients. *Journal of Biogeography*.24, 177-195.
- 153- OSEM Y., PEREVOLOTSKY A. et KIGEL J. (2006): Similarity between seed bank and vegetation in a semi-arid annual plant community: The role of productivity and grazing. *Journal of Vegetation Science*.17, 29-36.
- 154- OWEN N. W., KENT M. et DALE M.P.(2001): Spatial and temporal variability in seed dynamics of machair sand dune plant communities. The Outer Hebrides. Scotland. *Journal of Biogeography*. 28: 565-588.
- 155- OZENDA P. (1991): Flore de Sahara (3 édition mise à jour et augmentée) Paris, Editions du CNRS. 662 p.
- 156- OZENDA P. (2004): Flore et végétation du Sahara. 3<sup>ème</sup> édition. Ed. C.N.R.S.Paris. 622p.
- 157- PAKE C. E. et VENABLE D. L. (1996): Seed banks in desert annuals: implications for persistence and co-existence in variable environments. *Ecology*.77, 1427-1435.
- 158- PARKER V. T., SIMPSON R. L. et LECK M. A. (1989): Pattern and process in the dynamics of seed banks. - In: Leck, M.A., Parker, V. T. & Simpson, R.L. (eds.): Ecology of soil seed banks, p. 367-384. - Academic Press, San Diego.
- 159- PECO B., ORTEGA M. et LEVASSOR C. (1998): Similarity between seed bank and vegetation in the Mediterranean grassland: a predictive model. *Journal of Vegetation Science*. 9, 815-828.

- 160- PEREZ E. M. et SANTIAGO E. T. (2001):** Dinámica estacional de Ibanco de semillas en unasabana en los Llanos Centro-orientales de Venezuela. *Biotropica* 33:435-446.
- 161- PIERCE S. M. et COWLING R. M. (1991):** Disturbance regimes as determinants of seed banks. *Journal of Vegetation Science*. 2, 403-412.
- 162- PLASSMANN K., BROWN N. et JONES M. L. M.(2009):** Can atmospheric input of nitrogen affect seed bank dynamics in habitats of conservation interest? The case of dune slacks. *Applied Vegetation Science*. 11(3),413 – 420.
- 163- POILICOT P. (1996):** La réserve naturelle nationale de l'AIR et du TENERE (Niger):Analyse descriptive. Etude initiale, 712 p.
- 164- QUEZEL S. et SANTA S. (1963) :** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris.
- 165- QUEZEL P. (1965):** La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie, edi. Stuttgart, 333 p.
- 166- QUEZEL P. et SANTA S. (1962):** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. 7eme édition. Ed. C.N.R.S. Paris. 565 P.
- 167- RAMADAN A. A. (1988):** Ecological Studies in Wadi Feiran, Its Tributaries and the Adjacent Mountains. Ph. D. Thesis. Botany Department, Faculty of Science, Suez Canal University, Egypt. 307pp.
- 168- RAUNKIAER C. (1905):** Types biologiques pour la géographie botanique, Académie royale des sciences et des lettres de Danemark, extrait de bulletin, N°5, pp 348- 437.
- 169- RAUNKIAER C. (1937):** Plant life forms, Oxford at clarendon press, Great Britain, 105 p.
- 170- REICHMAN O. J. (1979):** Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distributions. *Ecology*. 54: 111-117.
- 171- REICHMAN O. J. (1984):** Spatial and temporal variation in seed distributions in Sonoran desert soils. *Journal of Biogeography*.11, 1-11.
- 172- REICHMAN O. J. (1984):** Spatial and temporal variation of seed distributions in Sonoran Desert soils. *Journal of Biogeography*. 11:1-11
- 173- RÉKA K., ORSOLYA V., BÉLA T. et PÉTER T. (2017):** seed bank research in central-europe an grasslands- an overview. In: Seed Banks: Types, Roles and Research ISBN: 978-1-53610-388-5.
- 174- RICE K. J. (1989):** Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. In Ecology of Soil Seed Banks. Ed. M A Leck, Parker V T and Simpson R L. Academic Press, San Diego. pp. 211–230.
- 175- ROSCH M. W. (1977):** Enkele plante kologische aspecte van die Hester Malan-Natuurse servaat. Ph. D. Thesis, University of Pretoria, Pretoria. 365pp.
- 176- SALAMA F. M., ABD EL-GHANI M. M., EL-TAYEH N., AMRO A. et ABDRABBU H. S. (2016):** Weed flora of common crops in desert reclaimed arable lands of southern Egypt. *Taekholmia*. 36: 62-85.
- 177- SER (2004):** Society for Ecological Restoration International. 2<sup>nd</sup> USA. [www.ser.org](http://www.ser.org).
- 178- SHARAF EL-DIN A. et SHALTOUT K. H. (1985):** On the phytosociology of Wadi Araba in the Eastern Desert of Egypt. *Egyptian journal of Botany*. 4: 1311-1325.
- 179- SHEN Y., LIU W., CAO M. et LI Y. (2007):** Seasonal variation in density and species richness of soil seed-banks in karst forests and degraded vegetation in central Yunnan, SW China. *Seed Science Research*. 17: 99-107.

- 180-SHER AA, GOLDBERG DE, NOVOPLANSKY A. (2004):** The effect of mean and variance in resource supply on survival of annuals from Mediterranean and desert environments. *Oecologia*.144: 353 – 362.
- 181-SHI X., ZHANG D. Y. et WANG J. C. (2011):** Characteristics of Soil Seed Bank of Desert Plant *Eremosparton songoricum* and Their Effects on Seed Germination. *Journal of Desert Research* 31(4), 968 – 973.
- 182-SIMPSON R. L. (1989):** Ecology of Soil Seed Bank. San Diego: Academic Press 149 – 209.
- 183-SLIMANI N., CHEHMA A., FAYE B. et HUGUENIN J. (2013):** Régime et comportement alimentaire du dromadaire dans son milieu naturel désertique en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. 25 (12). <http://www.lrrd.org/lrrd25/12/slim25213.htm>
- 184-SOLOMON T.B. (2011):** Soil seed bank dynamics in relation to land management and soil types in the semi-arid savannas of Swazi land. *African journal of agricultural research*. 6: 2494–2505.
- 185-SOUSA-SILVA J. L., RIBEIRO J. F., FONSECA C. E. L. et ANTUNES N. B. (2001):** Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em matas de galeria. In Cerrado – caracterização e recuperação de matas de galeria. (J.F. Ribeiro, C.E.L.Fonseca & J.C. Souza-Silva, orgs.). Embrapa, Planaltina, p.379-422.
- 186-STRICKLER G. S. et EDGERTON P. J. (1976):** Emergent Seedlings from Coniferous Litter and Soil in Eastern Oregon. *Ecology*. Vol. 57, p. 801-807.
- 187-TAIZ L. et ZEIGER E. (2002):** Plant Physiology. 3rd ed. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates. 690pp.
- 188-TANG Y., CAO M. et FU X. (2006):** Soil seed bank in a Dipterocarp Rain Forest in Xishuangbanna, Southwest China. *Biotropica*. 38 (3): 328-333.
- 189-TERHEERDT G. N. J., VERWEIJ G. L., BEKKER R. M. et BAKKER J. P. (1996):** An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology*. 10, 144-151.
- 190-THOMPSON K. et GRIME J. P. (1979):** Seasonal variation in seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*. 167:893-921
- 191-TOUZARD B., ARMIAUD B., LANGLOIS E., LEMAUVIEL S. et CLEMET B. (2002):** The relationship between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in an eutrophic alluvial wetland of western France. *Flora*.197, 175-185
- 192-TRABAUDL MARTINEZ- SANCHEZ J. J., FERRANDIS P., GONZALEZ-OCHOA A. I. et HERRANZ J. M. (1997):** végétation épigée et banque de semences du sol : leur contribution à la stabilité cyclique des pinèdes mixtes de *Pinus halepensis* et *P. pinaster*. *Canadian Journal of Botany*. 75: 1012-1021.
- 193-TRABELSI H. (2016) :** Rôle du dromadaire dans la régénération et la prolifération du couvert floristique des parcours du Sahara septentrional algérien. Thèse de Doctorat. Université d’Ouargla, 113p.
- 194-TRAUT B. H. (2005):** The role of coastal ecotones: a case study of the salt marsh/upland transition zone in California. *Journal of Ecology*. 93: 279-290.
- 195-UHL C, CLARK K, CLARK H, MURPHY P (1981):** Early plant succession after cutting and burning in the Upper Rio Negro region of the Amazon Basin. *Journal of Ecology*. 69: 631-649.

- 196- UHL C. CLARK K. CLARK H. MAQUIRINO P. (1982):** Successional patterns associated with slash-and burn agriculture in the Upper Rio Negro region of the Amazon Basin. *Biotropica*. 14: 249-254.
- 197- UNGAR I. A. (1988):** A significant seed bank for *Spergularia marina* (Caryophyllaceae). *Ohio Journal of Science*. 88, 200–202.
- 198- VALERIE B., BOSSU A., PAULINE B. et CHRISTINE R. (2015):** Rencontre des acteurs “ sauvages de PACA”. Provence-Alpes-Côte d’Azur, Marseille. p 20.
- 199- VAN ROOYEN M.W. (1999):** Functional aspects of short-lived plants, In: Dean, R.W.J. & Milton S.J. (eds). *The Karoo Ecological patterns and processes*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 107-122.
- 200- VAN WESEMAEL B., POESEN J., KOSMAS C. S., DANALATOS N. G. et NACHTERGAELE J. (1996):** Evapotranspiration from cultivated soils containing rock fragments. *Journal of Hydrology*. 182:65- 82
- 201- VANDER VALK A. G. et PEDERSON R. L. (1989):** Seed banks and the management and restoration of Natural vegetation. In Leck, M.A., Parker, V.T. et Simpson, R.L. (Edition), *Ecology of seed banks*. Academic press, Inc. San Diego. pp.329-346.
- 202- VANDERHAGENA H., GEELENB L. et DEVRIES C. (2008):** Dune slack restoration in Dutch mainland coastal dunes. *Journal for Nature Conservation*. 16, 1-11.
- 203- VENABLE D. L. (1989):** Modeling the evolutionary ecology of seed banks. - In: Leck, M.A., Parker, V. T., Simpson, R. L. (eds.): *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego. p. 367-384
- 204- VENABLE D. L., FLORES-MARTINEZ A., MULLER-LANDAU H.C., BARRON-GAFFORD G. et BECERRA J. X. (2008):** Seed dispersal of desert annuals. *Ecology*. 89:2218 – 22.
- 205- WANG G. et LIANG X. G. (1995):** The Dynamics of Seed Bank on Shapotou Artificially Stabilized Dunes. *Acta Botanica Sinica*. 37(3), 231 – 237.
- 206- WENT F.W. (1948):** Ecology of desert plants. I- Observations on germination in the Joshua Tree National Monument, California. *Ecology*. 29: 242-253.
- 207- WHIPPLE S. A. (1978):** The Relationship of Buried, Germinating Seeds to Vegetation in Wan Old-growth Colorado Subalpine Forest. *Canadian Journal of Botany*. Vol,56 .p. 1505-1509.
- 208- WILLEMS J. H. (1995):** Soil seed bank, seedling recruitment and actual species composition in an old and isolated chalk grassland site. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*. 30:141-156.
- 209- WILLEMS J. H. et BIK L. P. M. (1998):** Restoration of high species density in calcareous grassland – the role of seed rain and soil seed bank. *Applied Vegetation Science* 1:91-100.
- 210- WOLTERS M. et BAKKER J.P. (2002):** Soil seed bank and driftline composition along a successional gradient on a temperate salt marsh. *Applied Vegetation Science*. 5:55-62.
- 211- WRIGHT B. R. et CLARKE P. J. (2009):** Fire, aridity and seed banks. What does seed bank composition reveal about community processes in fire-prone desert? *Journal of Vegetation Science*. 20,663–674.

- 212- WU T., WANG X. Q. et GAI S. G. (2009): Effect of Grazing in Spring-Summer on Soil Seed Bank and Vegetation in Southern Part of Gurbantunggut Desert. *Journal of Desert Research*. 29 (3), 499 – 507.
- 213- XU H. L., YE M. et LI J. M. (2008): Effect of different water treatments on the germination of soil seed bank at lower reaches of Tarim River. *Arid Land Geography*. 31(5), 650 – 658.
- 214- YAIR A . et DANIN A. (1980): Spatial variation as related to the soil moisture regime over an arid limestone hillside, northern Negev. *Oecologia*, 47: 83-88.
- 215- YU S., BELL D. et STERNBERG M. (2008): The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. *Journal of Arid Environments*. 72 (11), 2040 – 2053.
- 216- ZHANG Y. M. ET ZHAO S. T. (2008): Desertification: Current State and Trends, Scenarios and Response Options. *Advances in Earth Science*. 23 (3), 307 – 311.
- 217- ZHAO L. Y., LI R. F. ET ZHANG H. (2004): Characteristics of the soil seed bank at the fenced sandy meadow in Horqin Sandy Land. *Chinese Journal of Ecology*. 23(2), 45 – 49.
- 218- ZHOU G. Y., CHEN G. C. et WANG S. Z. (2005): Soil seed banks of *Achnatherum splendens* steppes in the Qinghai Lake area. *Chinese Journal of Ecology*. 24(07),724 – 728.
- 219- ZHU Y J, DONG M, HUANG Z Y. (2005): Effects of sand burial and seed on seed germination and seedling emergence of *Psammochloavillosa*. *Acta Phytoecologica Sinica*. 29(5) 730 –739.

## Annexe 1: Article publié dans *Livestock Research for Rural Development* ‘LRRD’ (khenfer *et al.*, 2019).

Livestock Research for Rural LRRD      Guide for preparation LRRD      Citation of this  
Development 31 (11) 2019      Misssion      of papers      Newsletter      paper

### 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 Cariophyllaceae. 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 (Chehma 2005, Chehma 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 Chehma (2006).

### Analyses statistiques

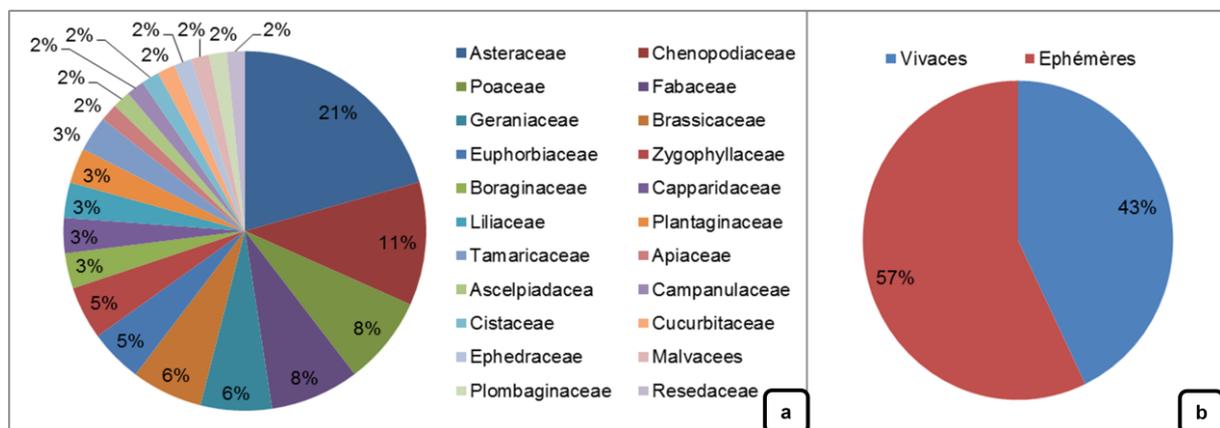
Une analyse de variance (one- way ANOVA, SPSS Version 25), a été réalisée pour comparer la composition spécifique de la végétation en place, ainsi que pour comparer la richesse des banques de graines du sol entre elles. L'indice de Jaccard (Is) a été calculé pour comparer la composition en espèces de 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.



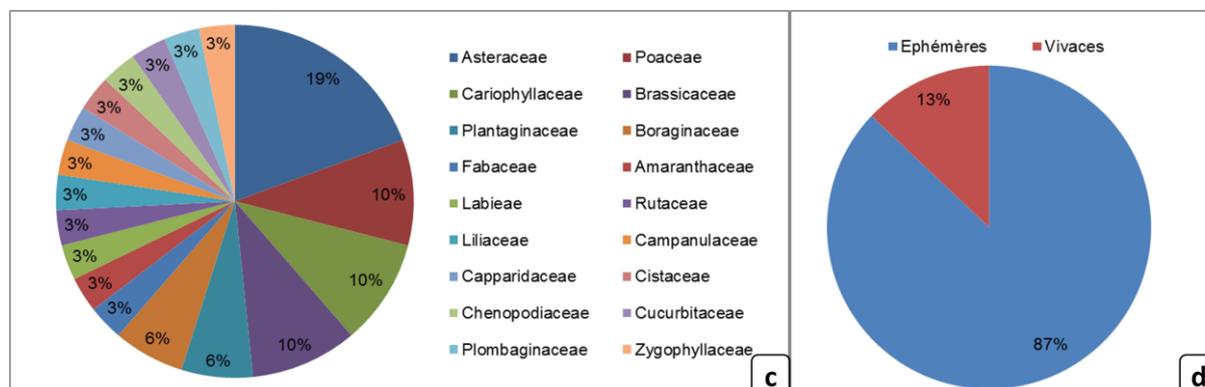
**Figure 1.** Contribution a) des catégories biologiques b) des familles botaniques dans la végétation des parcours

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 Caryophyllaceae (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

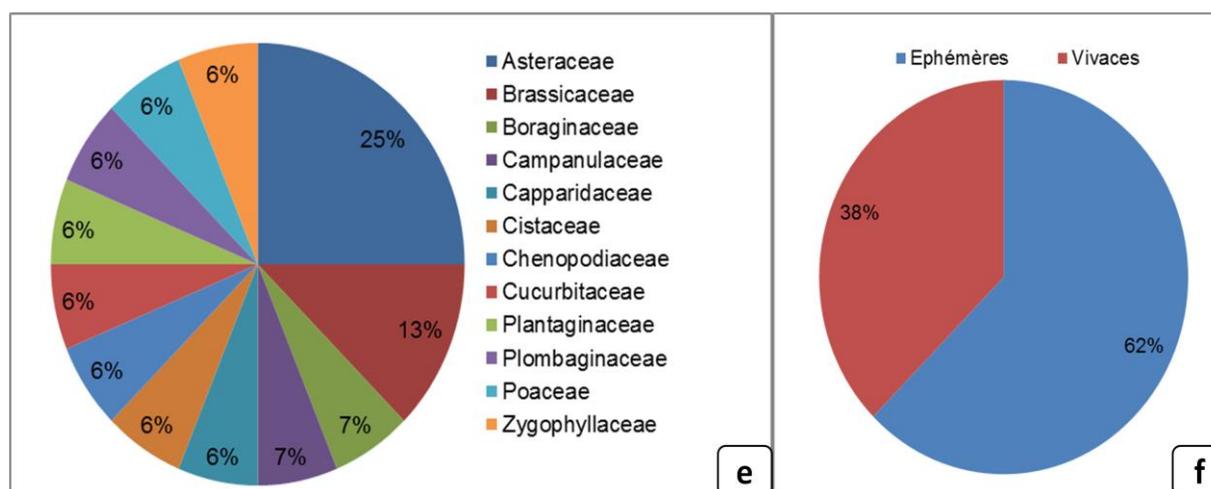
La Figure 2d, montre qu'il y a une très forte différence dans la richesse du stock semencier entre les vivaces et les éphémères. Cela est lié principalement aux stratégies des adaptations de chaque type biologique. Ainsi, les éphémères ont une durée de vie très courte, et pour assurer leur survie dans 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	p
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 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 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 (Chehema 2005, Koll et al 2014). Ces résultats confirment largement ceux obtenus par Chehema (2005) et Chehema 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), Chehema (2005) et Chehema 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
Ij	0,20	0,08	0,10	0,14	0,06	0,25	0,35

*lo: lits d'oueds; dp: dépressions; rc: sols rocailloux; r: regs; sb; sols sableux; Ij: 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 (Khan 1993, 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.

**Chehema 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.

**Chehema 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.

**Chehema A, Bouzegag L et Chehema 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> édité. Ed. CNRS, Paris, France. 622 p.
- Ozenda P 2004** Flore et végétation du Sahara. 3<sup>ème</sup> édité. 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 :** Composition floristique (%) de la végétation en place des parcours sahariens

Familles	Espèces	B	lo	dp	sr	r	sb	SI
	<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	3,85	0	0	0
	<i>Koelpinia linearis</i>	e	1,5	1,7	0	0	4,55	0
	<i>launaea angustifolia</i>	e	4,55	1,7	3,85	10	4,55	0
Asteraceae	<i>Atractylis serratuloides</i>	e	1,5	3,4	3,85	0	0	0
	<i>Cornulaca monacantha</i>	v	0	0	0	5	4,55	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>Halochnemum strobilaceum</i>	v	0	0	0	0	0	18,2
Chenopodiaceae	<i>Agtaphora alopecuroides</i>	e	0	0	0	10	0	0
	<i>Cynodon dactylon</i>	v	1,5	0	0	0	0	0
	<i>Phragmites communis</i>	v	0	0	0	0	0	18,2
	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	e	0	1,7	3,85	0	0	0

	<i>Stipagrostis plumosa</i>	v	1,5	0	0	0	4,55	0
	<i>Astragalus gombo</i>	e	0	0	0	0	4,55	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	4,55	3,4	0	0	13,6	0
Fabaceae	<i>Psoralea plicata</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
	<i>Erodium glaucophyllum</i>	e	1,5	1,7	3,85	0	0	0
	<i>Erodium triangulare</i>	e	1,5	0	3,85	0	4,55	0
	<i>Monsonia heliotropioides</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
Geraniaceae	<i>Monsonia nivea</i>	e	0	1,7	0	0	0	0
	<i>Euphorbia guyoniana</i>	v	4,55	0	0	10	4,55	0
	<i>Euphorbia cornuta</i>	e	1,5	0	3,85	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	v	1,5	0	0	0	0	0
	<i>Zilla macroptera</i>	v	3,0	5,1	0	0	0	0
Brassicaceae	<i>Oudneya Africana</i>	v	0	0	0	0	9,1	0
	<i>Fagonia glutinosa</i>	e	1,5	3,4	0	0	0	0
Zygophyllaceae	<i>Fagonia microphylla</i>	e	3,0	3,4	3,85	5	0	0
	<i>Androcymbium punctatum</i>	e	1,5	3,4	0	0	0	0
Liliaceae	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	e	1,5	5,1	0	0	0	0
	<i>Tamarix articulata</i>	v	1,52	0	0	0	0	0
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica</i>	v	0	0	0	0	0	9,1
	<i>Pituranthos chloranthus</i>	v	1,5	5,1	7,7	0	0	0
Apiaceae	<i>Pergularia tomentosa</i>	v	3,0	5,1	0	0	0	0
Ascelpiadaceae	<i>Ephedra alata</i>	v	1,5	0	0	5	4,55	0
Ephedraceae	<i>Randonia Africana</i>	v	4,55	1,7	11,5	5	0	0
Resedaceae	<i>Plantago notata</i>	e	0	1,7	0	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Sueda fructicosa</i>	v	0	0	0	0	0	27,3
Capparidaceae	<i>Heliotropium undulatum</i>	e	1,5	1,7	0	0	0	0
Boraginaceae	<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	2,94	0	0	0	0
	<i>Ifloga spicata</i>	e	24,3	32,4	20	36,4	33,3	0
Asteraceae	<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	2,94	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

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 sahariens

Familles	Espèces	Végétation							banque de graines						
		B	Lo	dp	sr	r	sb	sl	lo	dp	sr	r	sb	Sl	
	<i>Rhantherium adpresssum</i>	V	1,5	5,1	7,7	0	4,55	0	0	14,7	0	0	0	0	
	<i>Launea glomerata</i>	E	3,0	1,7	3,85	5	0	0	1,4	0	0	0	0	0	
	<i>Launea mucronata</i>	E	1,5	1,7	3,85	0	4,55	0	0	0	10	0	0	0	
	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	E	3,0	1,7	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	
Brassicaceae	<i>Malcomia aegyptiaca</i>		3,0	1,7	0	0	4,55	0	4,3	0	0	0	0	0	
	<i>Moricandia arvensis</i>	E	0	3,4	7,7	0	0	0	0	11,8	0	0	0	0	
Boraginaceae	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	V	1,5	0	0	10	4,55	0	0	0	0	9,1	0	0	
Campanulaceae	<i>Campanula bordesiana</i>	E	0	1,7	3,85	0	0	0	0	0	10	0	0	0	
Capparidaceae	<i>Cleome amblyocarpa</i>	E	3,0	5,1	3,85	0	0	0	5,2	0	0	0	0	0	
Cistaceae	<i>Helianthemum lippii</i>	E	1,5	1,7	0	0	4,55	0	3,0	5,9	20	9,1	0	0	
Chenopodiaceae	<i>Anabasis articulata</i>	V	1,5	0	0	5	0	0	8,6	0	0	0	0	0	
Cucurbitaceae	<i>Colocynthis vulgaris</i>	E	3,0	3,4	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	
Plantaginaceae	<i>Plantago ciliata</i>	E	1,5	3,4	0	0	0	0	4,3	0	10	27,3	0	0	
Plombaginaceae	<i>Limonastrirum guynianum</i>	V	1,5	0	0	5	0	0	0	0	0	9,1	0	0	
Poaceae	<i>Stipagrostis pungens</i>	V	3,0	1,7	0	5	13,6	0	0	0	0	0	33,3	0	
Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum album</i>	V	1,5	0	0	10	4,55	27,3	0	0	0	0	0	100	

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

**Go to top**