

SYNTHÈSE DE TRAVAUX RÉALISÉS SUR CERTAINES ESPÈCES APPARTENANT AUX GENRES *TRIFOLIUM* L. ET *HEDYSARUM* L. (FABACEAE) EN ALGÉRIE

R. ISSOLAH

INRAA, CRP Mehdi Boualem. Division des Ressources phytogénétiques. BP 37. Baraki. Alger. Algérie.
E-mail : rachida.issolah@yahoo.com

RÉSUMÉ

Les *Fabaceae*, communément appelés légumineuses, constituent une importante famille de plantes cultivées à travers le monde. Au sein de la flore algérienne, les légumineuses fourragères occupent une part importante. Des travaux d'évaluation et de valorisation de populations algériennes de plusieurs espèces appartenant aux genres *Trifolium* L. et *Hedysarum* L. ont été réalisés par de nombreux auteurs. La présente synthèse englobe, notamment, les principales études morphologiques, phénologiques, biométriques et caryologiques, menées sur ces deux genres. Globalement, les résultats obtenus ont mis en relief l'existence d'une variation intraspécifique et intrapopulation significative. Les caractères biométriques se sont révélés déterminants chez plusieurs espèces. La variation observée serait liée aux conditions écologiques du milieu d'origine des populations prises en compte. L'influence de l'altitude et de la pluviométrie serait prépondérante ; néanmoins, dans certains cas, l'effet de l'altitude semble plus accentué. Des études complémentaires sont en cours pour une meilleure exploitation de la variation observée lors d'un programme de sélection ultérieur et une meilleure valorisation de certaines espèces, particulièrement dans les régions les plus déshéritées et isolées du pays, où l'apport d'engrais n'est pas économiquement recommandable.

Mots Clés : Chromosomes, Facteurs écologiques, *Hedysarum* L., Morphologie, *Trifolium* L.

ABSTRACT

The *Fabaceae*, commonly known as legumes, are a large family of plants cultivated throughout the world. Within the algerian flora, forage legumes present an important part. Assessment of algerian populations of several species belonging to the genera *Trifolium* L. and *Hedysarum* L. were made by many authors. This synthesis includes, the main morphological, phenological, biometrical and karyological studies, conducted on these two genera. Overall, the results highlighted the existence of a significant variation, within and between the populations of different species. Biometrical characteristics have a significant importance in several species. The variation observed is linked to the ecological conditions of the populations natural habitat. The influence of altitude and rainfall is predominant, however, the effect of altitude seems to be more pronounced, in some cases. Further studies are conducted for a better exploitation of the observed variation in a future breeding program and a better valorization of some species, particularly in the most deprived and isolated areas of the country, where fertilizer is not economically advisable.

Key Words : Chromosomes, Ecological factors, *Hedysarum* L., Morphology, *Trifolium* L.

INTRODUCTION

Après les *Poaceae*, les *Fabaceae*, communément appelés légumineuses, constituent la plus importante famille de plantes cultivées dans les régions tropicales et tempérées du monde ; elles forment aussi une très grande famille comprenant quelques 700 genres et 18000 espèces (Langer et Hill, 1991).

Il est à préciser que les légumineuses comprennent trois grandes sous familles : Les *Caesalpinoideae*, les *Mimosoideae*, les *Papilionoideae*. Avec environ 500 genres contenant 12000 espèces (Langer et Hill, 1991), la troisième sous famille (*Papilionoideae*) renferme la majorité des genres tempérés ainsi que la majorité des espèces nodulées (Dommergues, 1970).

C'est dans cette sous famille que l'on rencontre les légumineuses fourragères (Quézel et Santa, 1962), représentées en Algérie par quelques 33 genres renfermant environ 293 espèces (Issolah et Beloued, 2005).

Au sein des légumineuses fourragères (*Fabaceae*), certaines plantes sont à la fois fourragères, mellifères et ornementales, en plus de leur rôle dans la lutte contre l'érosion des sols en pente sur lesquels elles sont fréquemment rencontrées (*Hedysarum coronarium* L., etc...). Ces espèces contribuent également à l'amélioration de la fertilité du sol grâce à leur pouvoir de fixer naturellement l'azote atmosphérique. Pour toutes ces raisons, ces plantes méritent une attention particulière (Issolah, 2007).

La présente synthèse fera le point sur les différents travaux relatifs à certaines espèces appartenant aux genres *Trifolium* L. et

Hedysarum L. en Algérie et exposera, notamment, les principales études morphologiques, phénologiques, biométriques et caryologiques réalisées. Elle a pour principal objectif la compréhension des mécanismes héréditaires et de la diversité des espèces et populations au sein de ces deux genres.

I. Le genre *Trifolium* L.

Le genre *Trifolium* renferme environ 290 espèces réparties à travers les régions tempérées et subtropicales mais principalement dans les régions tempérées du nord (Clapham *et al.*, 1962). En Algérie, une classification générique a permis de classer le genre *Trifolium* (37 espèces) (Quézel et Santa, 1962), parmi les plus riches au sein des légumineuses fourragères (Issolah et Beloued, 2005). Dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phylogénétiques d'intérêt fourrager et pastoral, de nombreuses études ont été consacrées aux populations algériennes de plusieurs espèces appartenant au genre *Trifolium* L. Divers aspects ont été abordés (Aguenarous, 1986 ; Ghoubay, 1987 ; Goumiri, 1987 ; Ouzzane, 1988 ; Aissaoui-Benbouali, 1990 ; Younès, 1990 ; Issolah, 1991 ; Benyounès, 1991 ; Larbi Youcef, 1991 ; Samer, 1991 ; Goumiri et Abdelguerfi, 1991 ; M'hammedi-Bouzina, 1992 ; Ait Aissa, 1993 ; Ait younès, 1995 ; Zatout, 1995 ; Issolah, 1997 ; Chouaki, 2008).

I.1. Morphologie, phénologie et biométrie

Les travaux réalisés sur la caractérisation morphologique de plusieurs espèces du genre *Trifolium* ont indiqué une variation significative mise en évidence sur certaines espèces de trèfles (Issolah et

Abdelguerfi, 1993 ; 1995 ; 1998 ; 2000 ; 2001 ; 2002 ; 2003 ; 2004 ; 2010 ; Issolah et al., 2000). Une étude du comportement de 144 populations algériennes correspondant à 13 espèces de trèfles a indiqué que le développement végétatif final en largeur, le plus faible, a été observé chez *T. pratense* L. alors que *T. resupinatum* L. et *T. spumosum* L. ont présenté le recouvrement du sol le plus important (Issolah et al., 1993 ; Issolah et Abdelguerfi, 2003) ; concernant le début de floraison relatif à cette même étude, *T. tomentosum* L. et *T. spumosum* L. se sont révélées les plus précoces alors que *T. fragiferum* L. a été la plus tardive (Issolah et al., 1993 ; Issolah et al., 2000 ; Issolah et Abdelguerfi, 2003). Une étude biométrique menée sur 139 populations algériennes relatives à 12 espèces de trèfles a montré que *T. spumosum*, *T. repens*, *T. bocconeii* Savi et *T. fragiferum* L. présentent des infrutescences de grande taille et un nombre de graines par infrutescence élevé (Issolah et Abdelguerfi, 1995). L'analyse factorielle discriminante appliquée sur sept espèces du genre *Trifolium* (*T. campestre* Schreb., *T. scabrum* L., *T. tomentosum* L., *T. glomeratum* L., *T. fragiferum* L., *T. resupinatum* L., *T. striatum* L.) a indiqué que les caractères biométriques (largeur des infrutescences, poids de mille grains, poids des infrutescences, nombre de gousses par infrutescence et nombre de grains par infrutescence), sont plus discriminants (Fig. 1) par rapport aux caractères liés à la floraison, mais surtout par rapport à ceux liés au développement végétatif (Issolah, 1997 ; 2006).

Certaines espèces suscitent un intérêt particulier en raison de la variation

morphologique observée entre les populations de diverses provenances. Ainsi, trois types de feuilles (grandes, moyennes et petites) ont été constatés chez *T. glomeratum* et *T. scabrum* (Issolah, 1991 ; 1997). Chez *T. fragiferum*, des observations ont indiqué que les plants présentant un marqueur (tache orange pâle) au point d'insertion des trois folioles correspondent aux populations les plus vigoureuses (Issolah, 1991 ; 1997).

Chez *T. squarrosum*, les plants présentant un marqueur ont un port dressé, sont caractérisées par une forte végétation, une floraison tardive et de longues inflorescences, contrairement, aux plants sans marqueur qui ont un port relativement rampant, de petites inflorescences et une floraison beaucoup plus précoce (Chouaki, 1988 ; Redjimi-Chaulet, 1989).

Chez *T. scabrum* et *T. campestre*, deux types d'infrutescences bien distinctes de par leur taille (grandes et petites), caractérisent des populations différentes (Fig. 2 et 3) au sein de chacune des deux espèces (Issolah, 1997 ; Issolah et al., 1993 ; Issolah et Abdelguerfi, 1995 ; 1999a).

Chez *T. resupinatum*, deux types morphologiques ont été observés chez cette espèce (Issolah et Abdelguerfi, 1995) ; en effet, certaines infrutescences sont constituées de gousses à extrémités pointues, bien visibles ; la forme générale apparaît plus ou moins lâche (type I) ; d'autres sont représentées par des gousses regroupées, serrées les unes contre les autres, constituant une forme générale compacte (type II) ; les deux types morphologiques observés représentent des populations bien distinctes ; la population la plus performante

du point de vue taille des infrutescences, nombre de gousses par infrutescence et nombre de graines par infrutescence, correspond au type I ; cette même population figure parmi les plus performantes en ce qui concerne la taille des graines, le poids des infrutescences et le poids de mille grains (Issolah, 1997 ; Issolah et Abdelguerfi, 2002).

Signalons enfin que l'analyse de variance a indiqué des résultats très hautement significatifs pour le caractère "largeur des infrutescences" chez *T. striatum*. Ceci serait probablement lié à la morphologie des infrutescences. En effet, au sein d'une même population, les infrutescences sont soit solitaires ou en paires constituées par deux infrutescences solidement rassemblées, presque confondues (Issolah, 1997).

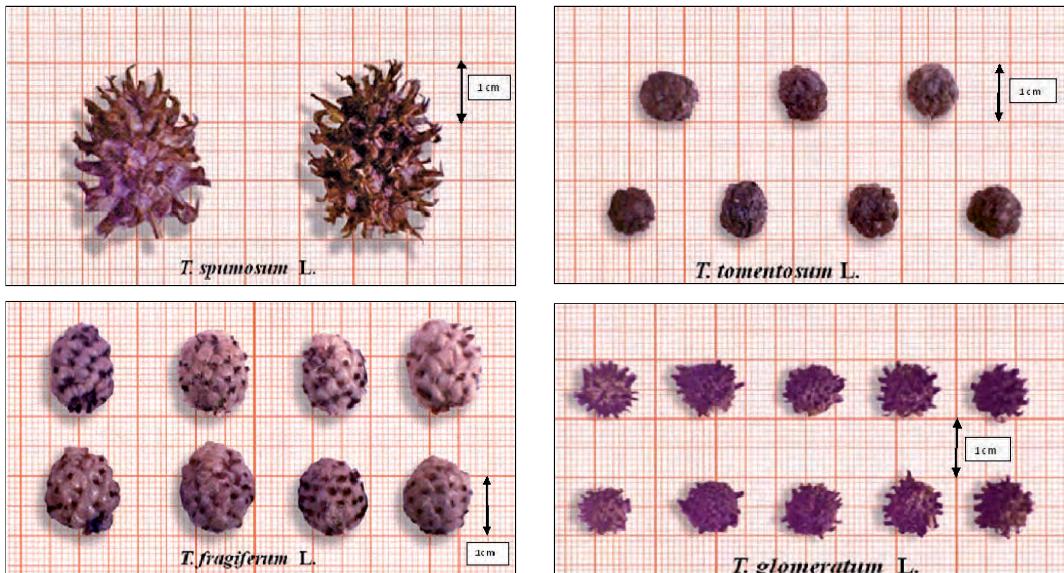


Figure 1 : Infrutescences appartenant à quelques espèces de trèfles spontanés en Algérie.

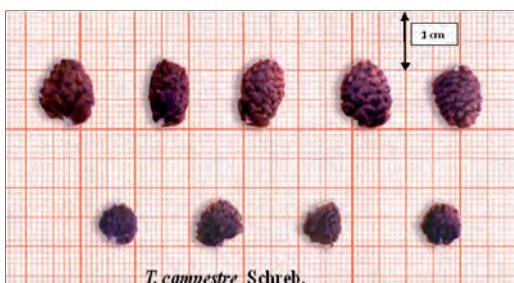


Figure 2 : Présentation de deux types d'Infrutescences chez des populations algériennes distinctes appartenant à *T. campestre* Schreb.

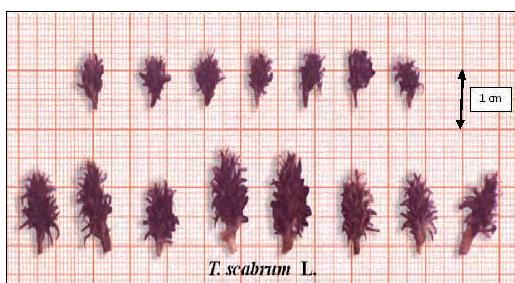


Figure 3 : Présentation de deux types d'Infrutescences chez des populations algériennes distinctes appartenant à *T. scabrum* L.

I.2. Caryologie

Chez la tribu *Trifolieae*, l'évolution a eu lieu par décroissance du chiffre de base 8 vers 7, 6 et 5 ; accroissement du chiffre de base 8 vers 9 ; polyploidie primaire du chiffre de base primaire et des chiffres de base secondaires ; polyploidie secondaire ; et hybridation d'espèces à degrés de polyploidie différents (Fernandes et Queiros, 1978).

La première étude caryologique réalisée sur des populations algériennes du genre *Trifolium* a été réalisée par Benmalek (1987) à travers la détermination du nombre chromosomique chez une quinzaine d'espèces.

Des résultats originaux ont été mis en évidence chez quatre espèces (*T. glomeratum* L., *T. pallidum* Waldst. & Kit., *T. squarrosum* L. et *T. stellatum* L.) (Benmalek, 1987).

En effet, chez *T. glomeratum* et *T. pallidum*, les dénombrements chromosomiques ont indiqué, respectivement, $n=6$ et $2n=12$ pour la première et $n=6$ pour la seconde alors que les nombres cités par d'autres auteurs sont, respectivement, $2n=16$ et $2n=14$ pour la première et $2n=14$ pour la seconde (Benmalek, 1987). De là, $x=6$ a été proposé comme nouveau nombre de base pour ces deux espèces (Benmalek, 1987).

Chez *T. squarrosum*, outre les nombres $2n=14$ et $2n=16$, déjà signalés par différents auteurs, le nombre $n=6$ a été observé ($2n=12$) et $x=6$ a été alors proposé comme nouveau nombre de base pour cette espèce (Benmalek, 1987).

Chez *T. stellatum*, deux nombres chromosomiques ont également été signalés ($n=7$ et $n=8$) (Benmalek, 1987). Le nombre $n=8$ ($x=8$) n'a pas été mentionné

par d'autres auteurs (Benmalek, 1987). La variation du nombre chromosomique, chez l'espèce *T. stellatum*, a été confirmée par Khaber (1992).

Des dénombrements chromosomiques ont également été réalisés sur 12 espèces et 25 populations algériennes de trèfles spontanés, de provenances diverses. Les populations sont différentes du point de vue type de feuille, type de marques foliaires, type de port, précocité et nombre de gousses par infrutescence (Issolah, 1997 ; Issolah et Abdelguerfi, 1999b, 2002). Les résultats obtenus confirment ceux déjà cités par divers auteurs, à l'exception de *T. scabrum*. En effet, les observations effectuées ont révélé l'existence de deux nombres chromosomiques ($2n = 10$ et $2n = 12$) caractérisant des populations distinctes appartenant à cette espèce (Issolah, 1997 ; Issolah et Abdelguerfi, 1999b) alors que le nombre habituellement signalé par divers auteurs est $2n=10$ (Kliphuis, 1962 ; Fernandes et al., 1977 ; Van Loon and Kieft, 1980 ; Angulo et al., 1981 ; Benmalek, 1987) et moins fréquemment $2n=16$ (Karpechenko, 1925 In Bolkhoskikh et al., 1974 ; Rodrigues, 1953 In Bolkhoskikh et al., 1974). La population algérienne caractérisée par le nouveau nombre chromosomique ($2n=12$) présente un nombre de gousses et de graines par infrutescence élevé et des infrutescences de grande taille (Issolah, 1997 ; 2006 ; Issolah et Abdelguerfi, 1999b).

I.3. Relations avec les facteurs du milieu d'origine

Les premières collectes concernant le genre *Trifolium* en Algérie, ont été réalisées

par Abdelguerfi A. en 1985, Abdelguerfi A. et Abdelguerfi-Berrekaia R. en 1986, Abdelguerfi A. et Bouazza L. en 1990 (Issolah, 1997).

Une étude autoécologique effectuée sur des espèces du genre *Trifolium* L. a montré que sur 299 sites, *T. scabrum*, *T. angustifolium*, *T. campestre*, *T. tomentosum* et *T. laplaceum* sont les espèces les plus fréquemment rencontrées (Abdelguerfi *et al.*, 2006).

Des relations intéressantes ont été mises en évidence entre de nombreux caractères étudiés et entre certains caractères et quelques uns des facteurs écologiques du milieu d'origine des populations spontanées. Ainsi, une étude réalisée sur plusieurs espèces de trèfles a montré que le poids de mille grains, chez *T. campestre*, *T. resupinatum* et *T. scabrum*, est lié positivement à l'altitude et évolue indépendamment de la pluviométrie du milieu d'origine. L'altitude est le seul et unique facteur qui intervient dans la taille des infrutescences (longueur), notamment chez *T. scabrum* et *T. campestre* (Issolah et Abdelguerfi, 1998 ; 1999a). Le nombre de gousses par infrutescence, chez ces mêmes espèces, est corrélé négativement à l'altitude. Chez *T. campestre*, le développement végétatif en largeur est corrélé positivement à l'altitude. Ce facteur intervient également dans la floraison chez *T. tomentosum* et *T. glomeratum* (Issolah et Abdelguerfi, 2000 ; 2001). En effet, les populations relatives à ces deux espèces et provenant des régions de forte altitude, sont caractérisées par un début de floraison tardif. Signalons le rôle non moins important de la pluviométrie, principalement sur la floraison et plus particuliè-

rement le début de floraison. Ainsi, chez *T. campestre*, *T. scabrum* et *T. tomentosum*, les populations originaires des régions les plus arrosées, sont caractérisées par un début de floraison tardif. Chez *T. campestre*, le nombre de gousses par infrutescence est corrélé positivement à la latitude et la longitude du milieu d'origine (Issolah, 1997) alors que ce nombre n'est corrélé qu'à la latitude du milieu d'origine dans le cas de *T. bocconeii* (Issolah et Abdelguerfi, 2010). Chez *T. tomentosum*, le nombre de graines par infrutescence est corrélé négativement à la latitude du milieu d'origine (Issolah, 1997 ; Issolah et Abdelguerfi, 2000 ; Issolah, 2006).

Du point de vue caryologique, les différences de provenances de quelques espèces de trèfles (*T. angustifolium*, *T. resupinatum*, *T. squarrosum*, *T. stellatum*, et *T. scabrum*) se trouvent associées, dans certains cas, aux variations des nombres chromosomiques constatées (Benmalek, 1987 ; Issolah, 1997, Issolah et Abdelguerfi, 1999b). Chez *T. scabrum*, la population algérienne caractérisée par $2n=12$, provient d'une des régions les moins arrosées, de faible altitude, de longitude et de latitude relativement élevées (Est du pays) (Issolah, 1997, Issolah et Abdelguerfi, 1999b).

II. Le genre *Hedysarum* L.

Hedysarum vient du mot grec Hedys, qui signifie fourrage doux à brouter (Bonnier, 1934). Ce genre comprend 70-100 espèces réparties à travers l'Europe tempérée, la région méditerranéenne de l'Afrique du Nord, l'Ouest de l'Asie, la Sibérie et l'Amérique du Nord en allant de l'Arizona jusqu'au Canada et les régions

Arctiques (Allen et Allen, 1981). Selon Coste (1901), environ 60 espèces habitent l'Europe, l'Asie, l'Afrique et l'Amérique septentrionales. Une vingtaine d'espèces se rencontrent en Europe, où quelques unes sont endémiques (Tutin *et al.*, 1967., 1967 In Abdelguerfi-Berrekkia, 1985). Environ dix espèces existent dans les régions pria- riales ouest des Etats Unis (Allen and Allen, 1981). En Afrique du Nord, la Tunisie comprend six espèces (Battandier et Trabut, 1902), le Maroc présente environ six espèces (Jahandiez et Maire, 1932) et l'Algérie comprend neuf espèces (Quezel et Santa, 1962), parmi elles, *Hedysarum coronarium* L., communément appelé Sulla et récemment reclassée par Choi et Ohashi (2003) comme *Sulla coronaria* (L.) Medik.

En Algérie, le genre *Hedysarum* a fait l'objet de nombreux travaux se rapportant à divers aspects (Saadia, 1981 ; Hacène, 1982 ; Abdelguerfi-Berrekkia, 1985 ; Goumiri, 1987 ; Ouzzane, 1988 ; Kheffache, 1988 ; Bousbaa, 1996 ; Benguedouar *et al.*, 1997 ; Saadaoui, 1999 ; Mokrani, 2001 ; Issolah *et al.*, 2001 ; Benhizia *et al.*, 2004 ; Benhizia *et al.*, 2006 ; Issolah, 2007 ; Khelifi, 2008 ; Bezini, 2010).

II.1. Morphologie, phénologie et biométrie

Dans le cadre de la caractérisation morphologique des espèces appartenant au genre *Hedysarum*, Abdelguerfi-Berrekkia (1985) a caractérisé 113 populations appartenant à ce genre. Certaines espèces telles *H. coronarium* L., *H. flexuosum* L. et *H. aculeolatum* Munby ont présenté un déve- loppement végétatif remarquable (Berrekia et Abdelguerfi, 1988).

La variabilité morphologique chez le genre *Hedysarum*, a également été étudiée par Kheffache (1988), Benadjila (1989), Bousba (1992), Saouli (1992), Djilali (1993), Belarbi (1998), Issolah et Yahiaoui (2008), Issolah et Khalfallah (2009 ; 2010).

A l'issue d'une étude réalisée sur 29 populations Algériennes, Gaad (2010) a également décelé une variabilité phénoty- pique et biométrique très intéressante rela- tive à certains caractères (stade levée, stade deuxième feuille simple, stade troisième feuille simple, développement hivernal en largeur, développement printanier en lar- geur, nombre moyen de gousses par infrus- tescence, nombre moyen d'articles par gousse, nombre moyen de grains par gous- se, longueur moyenne d'une gousse) (Gaad, 2010 ; Gaad *et al.*, 2012).

Hormis le poids de mille grains, qui a manifesté un coefficient de variation moyen, et quatre caractères morphophysiologiques qui se sont révélés significatifs : Pourcentage de plantules au stade deuxième feuille sim- ple, développement de l'axe orthotrope, fin de la floraison, pleine formation de gousses, *Hedysarum coronarium* constitue une espè- ce très intéressante en terme de production végétale (Fig. 4), avec un recouvrement du sol (développement maximal en largeur) très appréciable, pouvant atteindre jusqu'à 3m chez certaines populations (Issolah, 2007). L'analyse en composantes principales a mis en relief l'existence d'une grande variabilité morphophysiologique entre les populations provenant d'une même région, particuliè- rement celle de Sétif, chez l'espèce *Hedysarum coronarium* L. (Issolah, 2007 ; Issolah et Khalfallah, 2007).

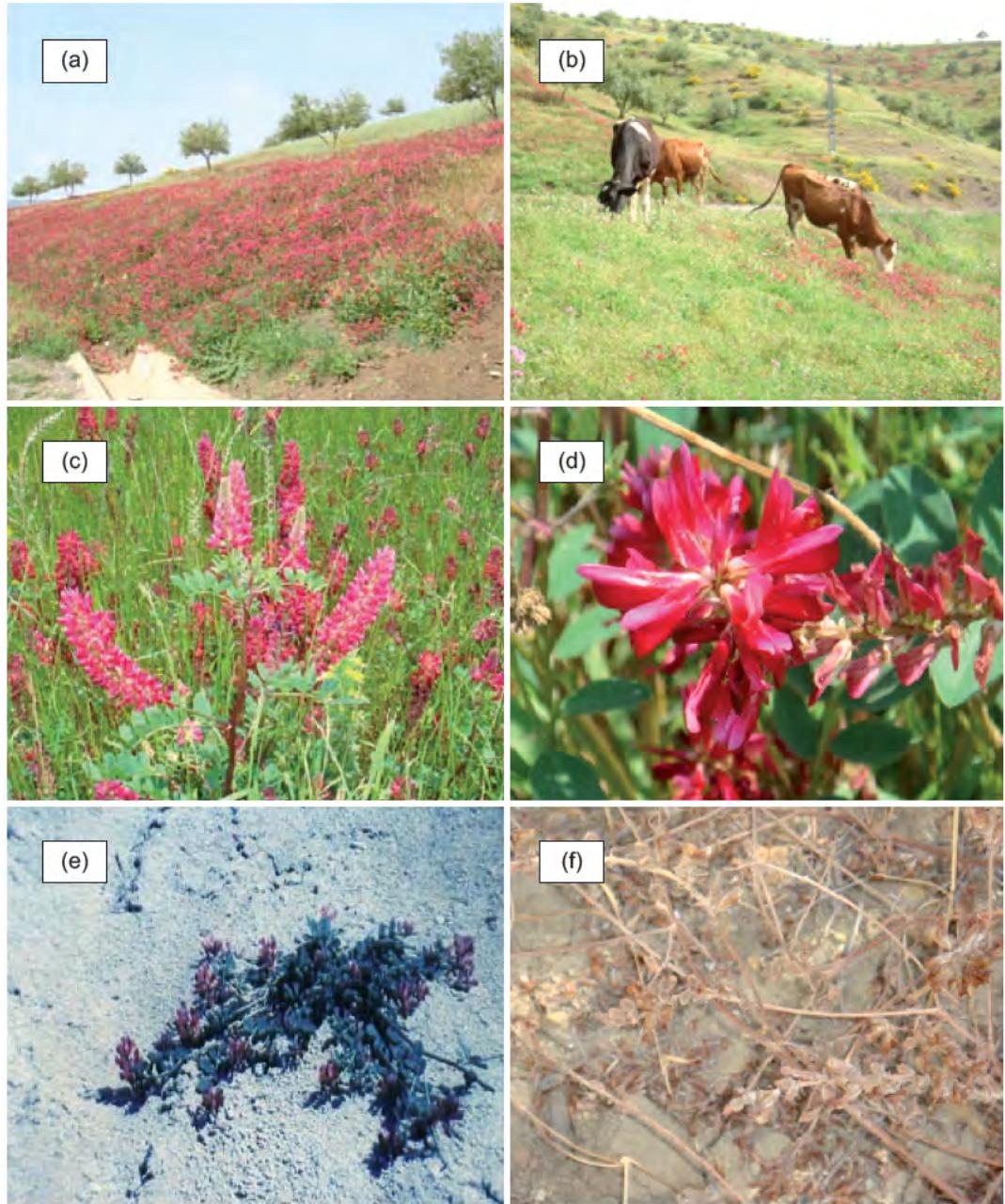


Figure 4 : Présentation de populations algériennes de l'espèce *Hedysarum coronarium* L. (*Sulla*) à travers le Nord Est Algérien.

(a). Population de Sulla sur terrain en pente ; (b). Population de Sulla pâturee par des bovins dans la région de Sétif ; (c). Population de Sulla à port dressé ; (d). Inflorescence de Sulla ; (e). Plant de Sulla à port rampant dans la région de Souk Ahras ; (f). Sulla au stade maturité des gousses.

II.2. Caryologie

En Algérie, peu d'études caryologiques approfondies ont concerné le genre *Hedysarum*.

Une étude menée sur 30 populations et 8 espèces de ce genre montre que le nombre chromosomique est généralement stable ($2n=2x=16$) à l'exception d'*Hedysarum pallidum* (Abdelguerfi-Berrekaia, 1985 ; Abdelguerfi-Berrekaia *et al.*, 1986 ; Abdelguerfi-Berrekaia *et al.*, 1988).

Une étude caryologique réalisée sur une espèce endémique Nord-Africaine, *Hedysarum pallidum* Desf, confirme l'existence d'un cytotype diploïde $2n=2x=16$, soit $n=x=8$. Néanmoins, une variabilité chromosomique a été observée chez les populations de la même espèce, contaminées par l'antimoine (Benhizia, 2001).

Bousba (1992) a dénombré $2n=18$ et 32 chromosomes chez *H. perrauderianum*, espèce endémique algérienne.

Sadaoui (1999) a également réalisé une étude caryologique sur une espèce endémique de l'Algérie, en l'occurrence, *Hedysarum aculeolatum* Munby. Cette espèce est caractérisée par un caryotype stable ($2n=2x=16$).

Les résultats relatifs à l'étude cytogénétique de *Hedysarum coronarium* ont révélé l'existence de deux nombres chromosomiques chez les populations algériennes de cette espèce. Le premier nombre ($2n=16$) est habituellement observé alors que le second ($2n=18$) a été récemment observé (Issolah *et al.*, 2006). Les chromosomes observés sont métacentriques ; le caryotype s'est révélé primitif du point de vue forme et taille (Issolah *et al.*, 2006 ; Issolah, 2007).

II.3. Relations avec les facteurs écologiques du milieu d'origine

Les premiers travaux d'autoécologie sur le genre *Hedysarum* en Algérie remontent à 1985 (Abdelguerfi-Berrekaia, 1985 ; Abdelguerfi-Berrekaia *et al.*, 1988). Le genre *Hedysarum* est le seul genre de la tribu des *Hedysareae* à aller du saharien à l'humide. Ce genre peut aller dans les régions de faible altitude ainsi que sur des sols calcaires et salés (Abdelguerfi, 2002).

Des prospections réalisées en 1998 ont permis de constater la large répartition du *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.) à travers le Nord Est algérien et ce, en terme de localisation biogéographique (littoral, atlas tellien, hautes plaines telliennes) et bioclimatique (humide chaud, sub-humide frais et chaud, à la limite inférieure du sub humide doux et la limite supérieure du semi aride doux, à la limite inférieure du subhumide frais) (Issolah *et al.*, 2001). A l'issue de ces prospections, un inventaire préliminaire concernant les espèces associées à *Hedysarum coronarium* L., a permis de déterminer 73 genres et 106 espèces constituées par des fourrages et des mauvaises herbes. Parmi toutes ces espèces, notons l'existence de graminées et de légumineuses fourragères (18 genres et 40 espèces). De nombreuses mauvaises herbes ont également été identifiées (55 genres et 66 espèces) (Issolah *et al.*, 2011).

Chez *Hedysarum coronarium*, des travaux ont indiqué l'existence de plusieurs relations entre les caractères morpho-physiologiques d'une part, et d'autre part, entre quelques uns de ces caractères et certains facteurs écologiques (altitude et pluviométrie) du milieu d'origine des différen-

tes populations (Issolah *et al.*, 2001 ; Issolah, 2007 ; Issolah et Khalfallah, 2007 ; 2010). De plus, l'altitude constitue le facteur le plus important quant à son influence sur quatre caractères morphophysiologiques (poids de mille grains, fin de la floraison, apparition des premières gousses, pleine formation des gousses) alors que la pluviométrie intervient sur deux caractères seulement (pourcentage de plantules au stade deuxième feuille simple, fin de la floraison) (Issolah et Khalfallah, 2007 ; Issolah, 2007 ; Issolah et Khalfallah, 2010). Pour sa part, Gaad (2010) et Gaad *et al.* (2012) signalent, chez cette même espèce, l'effet déterminant de l'altitude sur dix caractères (stade levée, deuxième feuille simple, troisième feuille simple, deuxième feuille composée, troisième feuille composée, stade rosette, le début de maturité, développement printanier en hauteur, vitesse de croissance en hauteur et le poids de mille grains) alors que, dans ce cas, la pluviométrie ne semble pas avoir d'influence sur la variation observée.

Par ailleurs, une étude de comportement menée sur vingt populations algériennes de *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.) a montré que les populations ayant présenté un faible développement final en hauteur proviennent des régions de forte altitude (Issolah *et al.*, 2001). Le type de port est fortement lié à l'altitude chez *H. coronarium* et *H. flexuosum* ; les populations des basses altitudes ont un port dressé, alors que celles des fortes altitudes ont un port rampant (Abdelguerfi, 2002). L'existence de deux types de port (dressé, prostré) chez les populations de l'espèce *H. coronarium* permet de la destiner ultérieurement à deux types d'exploitation (fauche, pâture).

D'autre part, des hypothèses ont été émises pour essayer d'expliquer la variation chromosomique constatée pour la première fois chez les populations algériennes appartenant à *H. coronarium*. Les facteurs écologiques (altitude, pluviométrie) du milieu d'origine des populations auraient une influence sur cette variation (Issolah *et al.*, 2006 ; Issolah, 2007). De plus, des résultats ont indiqué que la taille des chromosomes chez les populations algériennes de *H. coronarium* L. est relativement plus importante par rapport à celle atteinte par les populations italiennes. De par la diversité des bandes hétérochromatiques, les populations algériennes seraient également plus riches en hétérochromatine que les populations italiennes (Issolah *et al.*, 2006 ; Issolah, 2007).

CONCLUSION

L'Algérie renferme un réservoir génétique à la fois diversifié et très intéressant en matière de ressources phytogénétiques d'intérêt fourrager et pastoral.

Les travaux menés sur plusieurs espèces appartenant aux genres *Trifolium* L. et *Hedysarum* L. indiquent l'existence d'une variation intraspécifique et intrapopulation significative. En effet, les descriptions réalisées, notamment du point de vue morphologique, phénologique, biométrique et chromosomique, ont permis de mettre en exergue une variabilité, plus ou moins accentuée, selon les espèces. Cette variabilité serait liée à certaines conditions écologiques du milieu d'origine des populations. L'altitude et la pluviométrie auraient une influence significative sur de

nombreux caractères pris en compte. L'effet de l'altitude semble plus accentué.

Les investigations se poursuivent, à travers des études complémentaires, pour une meilleure connaissance des potentialités réelles des populations algériennes et par voie de conséquence, une meilleure valorisation du patrimoine génétique existant.

Références bibliographiques

- Abdelguerfi A., 2002. Ressources génétiques d'intérêt pastoral et/ou fourrager : Distribution et variabilité chez les légumineuses spontanées (*Medicago*, *Trifolium*, *Scorpiurus*, *Hedysarum* et *Onobrychis*) en Algérie. Thèse Doc. D'Etat en Sciences Agronomiques. INA : 1- 431.
- Abdelguerfi-Berrekaia R., 1985. Contribution à l'étude du genre *Hedysarum* L. en Algérie. Thèse Magister. INA Alger : 1- 131.
- Abdelguerfi-Berrekaia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., et Guittonneau G. C., 1986. IOPB. Chromosome number reports. XC. Taxon 35, 1 : 197.
- Abdelguerfi-Berrekaia R., Abdelguerfi A., Bounaga N. et Guittonneau G. C., 1988. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Hedysarum* L. en Algérie. III. Dénombrement chromosomique chez 29 populations de 8 espèces. Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach 12, 1 : 233-247.
- Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M., M'hammedi Bouzina M., Guittonneau G. G., Huguet T., Abbas K., Mebarkia A., Aouani M.E., Madani T., 2006. Distribution et écologie de quelques *Fabaceae* spontanées d'intérêt pastoral et /ou fourrager en Algérie. Workshop international « Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications Biotechnologiques, Agronomiques et Environnementales ». Alger, (Algérie). 19-22 Février 2006 : 81-83.
- Ait-Aissa A., 1993. Contribution à l'étude de la variabilité morphologique chez quelques populations spontanées de *Trifolium squarrosum* L. Thèse ing. INA : 1- 46.
- Ait Younes K., 1995. Phénologie et biométrie de quelques populations du complexe d'espèces *Trifolium squarrosum* L. Thèse ing. INA. El-Harrach : 1- 82.
- Aguenarous R., 1986. Contribution à l'étude de biométrique de quelques espèces spontanées de trèfles (*Trifolium* L.) en Algérie. Thèse ing. INA : 1- 81.
- Aissaoui-Benbouali S., 1990. Etude biométrique de quelques descendance issues de populations spontanées de *Trifolium squarrosum* L. Thèse ing. INA : 1- 164.
- Allen O. N. et Allen E. K., 1981. The Leguminosae. A Source Book of characteristics, Uses and Nodulations. Univ. Wisconsin Press, Madison, W1 : 324-325.
- Angulo M.^a D., De Figueras M.^a C. et Sanchez de Rivera A. M.^a , 1981. Estudios cariohistológicos en el genero *Trifolium*. Bol. Soc. Brot. Ser. 2, 53 (2) : 877- 885.

- Battandier J. A. et Trabut L., 1902. Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie. Ed. Girald. Alger : 117-118.
- Belarbi N., 1998. Comportement et évaluation de quelques espèces fourragères dans la région de Sétif. Thèse ing. INA Alger : 1-155.
- Benadjila S., 1989. Contribution à l'étude de la variabilité morphologique chez quelques espèces spontanées du genre *Hedysarum* en Algérie. Thèse ing. INA Alger : 1-80.
- Benguedouar A., Corich V., Giacomini A., Squartini A., Nuti M. P., 1997. Characterisation of symbiotic bacteria from the mediterranean legume crop *Hedysarum coronarium* (sulla) by multilocus enzyme electrophoresis. Agr. Med., Vol. 127, 173-177.
- Benhizia H., 2001. Etude caryologique d'une espèce endémique Nord-Africaine, *Hedysarum pallidum* Desf, provenant d'un milieu contaminé par l'antimoine. Thèse Magister. Constantine. Fac. Des Sciences : 1-60.
- Benhizia Y., Benhizia H., Benguedouar A., Muresi R., Giacomini A., 2004. Gamma Proteobacteria can nodulate legumes of the Genus *Hedysarum*. System. Appl. Microbiol. 27 : 462-468.
- Benhizia Y., Benhizia H., Benguedouar A., Squartini A., 2006. Des légumineuses du genre *Hedysarum* nodulées par des Gamma Proteobacteria. Workshop international «Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications Biotechnologiques, Agronomiques et Environnementales». Alger. 19-22 Février 2006 : 135-137.
- Benmalek S., 1987. Contribution à la détermination du nombre chromosomique de quelques espèces spontanées du genre *Trifolium* L. en Algérie. Thèse ing. INA : 1-68.
- Benyouunes R., 1991. Etude du comportement de populations spontanées de (09) espèces du genre *Trifolium*. Thèse ing. INA : 1-126.
- Berrekaia R. et Abdelguerfi A., 1988. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Hedysarum* L., en Algérie. II. Comparaison en culture expérimentale de 113 populations appartenant à 6 espèces. Ann. Inst. Nat. Agro. El- Harrach 12, 1 : 220-232.
- Bezini E., 2010. Caractérisation physiologique et moléculaire d'une collection de Rhizobiums nodulant quatre espèces du genre *Hedysarum* L. en Algérie. Mémoire de Magister : 1- 88.
- Bolkhoskikh Z., Grift V., Matvejera T., Zakharyeva O., 1974. Chromosome numbers of flowering plants. Ed. Fedorov Koeltz CS. Pub., 319-321.
- Bonnier G., 1934. Flore complète illustrée en couleurs de France Suisse et Belgique (comprenant la plupart des plantes d'Europe). Tome troisième : 84-85.

- Bousba A., 1992. Contribution à l'étude morphologique et comparative de deux espèces du genre *Hedysarum* (F. des légumineuses) endémiques de l'Algérie. Thèse de Magister. Univ. Sétif : 1-80.
- Bousbaa B., 1996. Etude de la symbiose Rhizobium-Hedysarum coronarium. Essai de fabrication d'un inoculum. Thèse Magister, Univ. Constantine : 1-88.
- Choi B. H. and H. Ohashi. 2003. Generic criteria and infrageneric system for *Hedysarum* and related genera (*Papilionoideae - Leguminosae*). Taxon. 52 : 567-576.
- Chouaki S., 1988. Analyse de la variabilité chez quelques populations spontanées de *Trifolium stellatum* L. et *Trifolium squarrosum* L. Thèse ing. INA : 1- 68.
- Chouaki S., 2008. Evaluation et structuration de la variabilité du complexe d'espèces *Trifolium squarrosum* L. (*Fabaceae*) en Algérie. Thèse de Magister. INA : 1- 110.
- Clapham A. R., Tutin T. G., Warburg E. F., 1962. Flora of the British isles. Second edition. Cambridge - at the university press. 338-346.
- Coste H., 1901. Flore descriptive et illustrée de la France. Tome premier : 411-412.
- Djilali S., 1993. Contribution à l'étude de la biologie florale chez quelques espèces annuelles spontanées du genre *Hedysarum*. Thèse ing. INA Alger : 1-101.
- Dommergue Y., 1970. Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson et Cie : 597-598.
- Fernandes et Queiros, 1978. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des spermatophyta du Portugal. IV. *Leguminosae* (suppl. 3) : Bol. Soc. Brot. Ser. 2, 52 : 79-164.
- Fernandes A., Santos M. F. and Queiros M., 1977. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des spermatophyta du Portugal. IV. *Leguminosae* (suppl. 2) : Bol. Soc. Brot. Ser. 2, 51 : 137-186.
- Gaad D., 2010. Contribution à l'étude biométrique de plusieurs populations Algériennes de l'espèce *Hedysarum Coronarium* L. Mémoire de Magister. INA : 1-103.
- Gaad D., Issolah R., Yahiaoui S., 2012. Variation phénologique et biométrique chez plusieurs populations Algériennes de *Sulla coronaria* (L.) Medik. Recherche Agronomique, INRAA (sous presse).
- Ghoubay A., 1987. Contribution à l'étude des infrutescences des populations de trèfles et de production fourragère de quelques espèces spontanées en Algérie. Thèse ing. INA : 1- 75.
- Goumiri R., 1987. Contribution à la détermination de la qualité fourragère de quelques légumineuses spontanées en Algérie des genres *Hedysarum* L., *Medicago* L., *Onobrychis* Adan., *Scorpiurus* L. et *Trifolium* L. Thèse ing. INA : 1- 105.
- Goumiri R., Abdelguerfi A. 1991. Contribution à l'étude des espèces sponta-

- nées de la tribu des *Hedysarées* en Algérie : Analyse chimique du fourrage au stade végétatif. In *Actes du quatrième congrès international sur les terres de parcours*. 22-26 Avril, Montpellier (France). 1 : 379-380.
- Hacène A, 1982. Etude de la fixation biologique de l'azote chez quelques légumineuses. Thèse ing. INA Alger : 1-72.
- Issolah R., 1991. Etude du comportement de populations spontanées de treize (13) espèces du genre *Trifolium* L. Thèse ing. INA : 1- 235.
- Issolah R., 1997. Comportement, biométrie et caryologie de populations spontanées de treize espèces du genre *Trifolium* L. en Algérie. Thèse magister. INA : 1-125.
- Issolah R., 2006. Synthèse de Travaux réalisés sur des populations Algériennes de plusieurs espèces du genre *Trifolium* L. Workshop international «Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications Biotechnologiques, Agronomiques et Environnementales». Alger, (Algérie). 19-22 Février 2006 : 81-83.
- Issolah R., 2007. Analyse de la variabilité morphophysiologique et caryotypique de populations Algériennes de l'espèce *Hedysarum coronarium* L. Thèse Doc. INA : 1-76.
- Issolah R., A. Abdelguerfi and Bouazza L., 1993. Behaviour of 144 populations of 13 spontaneous species of the genus *Trifolium* L. : comparative study. 7th Meeting of FAO European sub-network on mediterranean pastures and fodder crop – M.A.I of Chania. Greece. REUR technical series 28. Crète. Greece : 36-39.
- Issolah R. et Abdelguerfi A., 1995. Etude comparative des graines, gousses et infrutescences des trèfles spontanés en Algérie. Systèmes sylvopastoraux pour un environnement, une agriculture et une économie durable. Proceeding of the meeting of the mediterranean working group of the FAO/CIHEAM - Inter - Regional Research and development Network ou pastures and fodder crops, Avignon (France). Cahiers options méditerranéennes. Vol 12 : 13-16.
- Issolah R. et A. Abdelguerfi., 1998. Etude de la variabilité de 31 populations spontanées de *Trifolium campestre* Schreb. Relations avec les facteurs du milieu d'origine. Recherche Agronomique, INRAA. N° 2 : 43-54.
- Issolah R. et A. Abdelguerfi., 1999a. Variability within 31 spontaneous populations of *Trifolium scabrum* L., nature of relations with factors of the site of origin. At the conference "Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems". IX Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on mediterranean pastures and fodder crops. Badajoz, Spain from 26 to 29 November 1997. Cahiers options méditerranéennes. Vol 39 : 123-127.
- Issolah R. and A. Abdelguerfi., 1999b. Chromosome numbers within some spontaneous populations of *Trifolium species* in Algeria. Caryologia. Vol.52, n.3-4. 151-154.

- Issolah R., Abdelguerfi A., Bouazza L. et Hamici K., 2000. Etude de la variabilité chez 08 populations spontanées de *Trifolium fragiferum* L., Relations avec les facteurs du milieu d'origine. Recherche Agronomique, INRAA. N°6 : 87-93.
- Issolah R., Abdelguerfi A., 2000. Study of the variability in 28 spontaneous populations of *Trifolium tomentosum* L. : relations with factors of the environment of origin. Proceeding of the 10th meeting of the mediterranean Subnetwork of the FAO-CIHEAM Inter – Regional. Sassari (Italy). Cahiers options méditerranéennes. Vol. 45 : 29-32.
- Issolah R., Yahiaoui S., Yassa S., Beloued A., Kerkouche R., Makhlouf A., Kherraz R., Terki N., Mansour B., Hamdaoui A., 2001. Comportement de vingt populations spontanées de sulla (*Hedysarum coronarium* L.) en Algérie. Actes des 3^{èmes} journées de l'INRAA. Agriculture de Montagne. Bejaia les 11-12 et 13 Avril 2001 : 209-222.
- Issolah R. et Abdelguerfi A., 2001. Variabilité chez 17 populations spontanées de l'espèce *Trifolium glomeratum* L. en Algérie ; Relations avec les facteurs du milieu d'origine. Recherche Agronomique, INRAA. N°9 : 54-63.
- Issolah R. et Abdelguerfi A., 2002. Etude morphologique et caryologique de quelques populations spontanées de l'espèce *Trifolium resupinatum* L. en Algérie. Recherche Agronomique, INRAA. N° 11 : 17-25.
- Issolah R. and Abdeguerfi A., 2003. Morphological Variability within four Algerian populations of the species *Trifolium spumosum* L. 25th EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section Meeting. 1st – 4th September 2003. Czech J. Genet. Plant Breed., 39 (Special Issue) : 205-208.
- Issolah R. et Abdelguerfi A. 2004. Variabilité morphologique chez plusieurs trèfles spontanés en Algérie. Actes de la 11^{ème} réunion du Sous Réseau Ressources fourragères Méditerranéennes du réseau coopératif interrégional FAO-CIHEAM de Recherche et Développement sur les pâtures et les cultures fourragères. Djerba (Tunisie). Cahiers Options Méditerranéennes. Vol. 62 : 81 - 84.
- Issolah R. and Beloued A., 2005. The fodder legumes in Algeria : Distribution, Endemism and Utilization. Proceeding of the International conference on promoting community-driven conservation and sustainable use of dryland agrobiodiversity. ICARDA, Aleppo, Syria, 18-21 April 2005 (in press).
- Issolah R., Benhizia H. and Khalfallah N. 2006. Karyotype Variation within Some Natural Populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. Genetic Resources and Crop Evolution. Vol. 53, 8 : 1653-1664.
- Issolah R., 2006. Synthèse de Travaux réalisés sur des populations Algériennes de plusieurs espèces du genre *Trifolium* L. Workshop international « Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes :

Applications Biotechnologiques, Agronomiques et Environnementales ». Alger, (Algérie). 19-22 Février 2006 : 81-83.

Issolah R. and Khalfallah N. 2007. Analysis of the morpho-physiological variation within some Algerian populations of *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L. ; *Fabaceae*). Journal of Biological Sciences. 7 (7) : 1082-1091.

Issolah R. and Yahiaoui S., 2008. Phenological variation within several algerian populations of *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L., *Fabaceae*). 12th Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on mediterranean pastures and Fodder crops. Elvas (Portugal). 9-12 April 2008. Options Méditerranéennes. Série A : Séminaires Méditerranéens. Numéro 79 : 385-388.

Issolah R. and Khalfallah N., 2009. The vegetative development within some Algerian populations of *Hedysarum coronarium* L. e-Biosphère 09 : International Conference on Biodiversity informatics. 1-3 june 2009. London-UK. Conference Abstracts Volume : 1- 199.

Issolah R. and Abdelguerfi A., 2010. Morphological study within some Algerian populations of *Trifolium bocconeii* Savi. 13th Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on mediterranean pastures and Fodder crops. Alicante (Spain). April 2010. Options Méditerranéennes. Série A : Mediterranean Seminars. Number 92 : 109-111.

Issolah R. and Khalfallah N., 2010. Variation of the bloom and fruiting within fourteen Algerian populations of *Sulla*. 13th Meeting of the FAO-CIHAM Sub-Network

on mediterranean pastures and Fodder crops. Alicante (Spain). April 2010. Options Méditerranéennes. Série A : Mediterranean Seminars. Number 92 : 135-138.

Issolah R., Belouid A., Yahiaoui S., 2011. Preliminary Inventory of the species associated to *Sulla coronaria* (L.) Medik. (*Fabaceae*) in northeastern Algeria. Pakistan Journal of Weed Science Research. 17 (1) : 83-101.

Jahandiez E. et Maire R., 1932. Catalogue des plantes du Maroc. Tome deuxième. Dicotylédones Archichlamydées : 422-423. Khaber D., 1992. Caractérisation de 3 populations de *Trifolium stellatum* à partir de données biométriques et caryologiques. Thèse ing. INA : 1- 74.

Kheffache R., 1988. Polymorphisme morphologique et enzymatique d'*Hedysarum aculeolatum* Munby en relation avec le milieu écologique. Thèse de Magister, ISI USTHB Alger. 1-105.

Khelifi H. E., 2008. Etude du comportement de quelques variétés de populations de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) et de *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.). Mémoire de Magister. INA : 1-165.

Kliphuis E., 1962. Chromosome numbers of some *Trifolium* species, occurring in the Netherlands. Brief reports. Acta Botanica Neerlandica. 11 : 90 – 92.

Langer R. H. M. and Hill G. D., 1991. Agricultural plants. Sec. Ed. Cambridge university Press. First published 1981. 387P.

- Larbi Youcef Y., 1991. Comportement et variabilité morphologique chez *Trifolium squarrosum* L. Etude comparée de descendance de 2^{ème} et 3^{ème} générations. Thèse ing. INA : 1-117.
- M'hammedi Bouzina M., 1992. Contribution à l'étude des graines et des gousses de quelques légumineuses fourragères spontanées en Algérie. Thèse de Magister INA : 1-106.
- Mokrani D., 2001. Etude de la symbiose : *Hedysarum coronarium* L., Rhizobium «hedysari». Essai de production d'un inoculum. Thèse Magister. Univ. Constantine. Fac. Des Sciences de la Nature et de la Vie : 1-105.
- Ouzzane A., 1988. Contribution à l'étude du développement du système racinaire chez quelques légumineuses spontanées d'intérêt fourager en Algérie. Thèse ing. INA : 1- 60.
- Quezel P. et Santa L., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS : 505-514.
- Redjimi-Chaulet E. M., 1989. Etude du comportement de quelques populations de deux espèces spontanées de trèfle en Algérie : *Trifolium stellatum* L. et *Trifolium squarrosum*. Thèse ing. INA : 1-176.
- Saadaoui S., 1999. Contribution à l'étude de l'espèce *Hedysarum aculeolatum* Munby (*Papilionacée*) en Algérie. Morphologie, caryologie, biologie florale et mode de reproduction. Thèse Magister, ISI-USTHB Alger : 1-102.
- Saadia A., 1981. Etude de la fixation biologique de l'azote chez certaines espèces de légumineuses spontanées. Thèse ing., INA. Alger : 1-43.
- Samer F., 1991. Comportement et variabilité morphologique de trois populations de *Trifolium stellatum* L. Etude comparée des descendances de trois générations. Thèse ing. INA : 44 p.
- Saouli L., 1992. Contribution à l'étude du système de reproduction de quatre espèces spontanées du genre *Hedysarum* : *Hedysarum carnosum* Desf., *Hedysarum flexuosum* L., *Hedysarum coronarium* L. et *Hedysarum spinosissimum* L. Thèse ing. INA : 1-94.
- Van Loon J. Chr. and B. Kieft., 1980. Chromosome number reports LXVIII. Taxon. 29 (4) : 533 – 547.
- Younes A., 1990. Etude biométrique de quelques descendances issues de populations de *Trifolium stellatum* L. Thèse ing. INA : 1- 102.
- Zatout M., 1995. Contribution à l'étude de la répartition des espèces spontanées du genre *Trifolium* L. en Algérie. Thèse Magister. INA : 1- 126.