

CARACTÉRISATION ÉCOLOGIQUE DE L'HABITAT NATUREL
DU TRÈFLE SOUTERRAIN (*TRIFOLIUM SUBTERRANEUM* L., *FABACEAE*)
DANS LE NORD-EST DE L'ALGÉRIE

Rachida ISSOLAH¹, Lakhdar BOUAZZA¹, Ali TAHAR², Nassima TERKI³, Idir DEHILES³,
Boualem MANSOUR³ & Toufik NAGOUDI¹

¹ INRAA, CRP Mehdi Boualem. Division des Ressources Phytogénétiques. BP 37. Baraki. 16200. Alger. Algérie. E-mail : rachida.issolah@yahoo.com.

² Université Badji Mokhtar. Département de Biologie. Laboratoire de Biologie végétale et de l'environnement. Annaba. Algérie.

³ INRAA, CRP Mehdi Boualem. Division des Sols. BP 37. Baraki. 16200. Alger. Algérie.

SUMMARY.— *Ecological characterization of the Subterranean Clover* (*Trifolium subterraneum* L., *Fabaceae*) *natural habitat in Northeastern Algeria.*— Within the framework of the evaluation and valorization of the plant genetic resources bearing a fodder and pastoral interest in Algeria, a study was carried out about the ecological characterization of the Subterranean Clover natural habitat. Following a prospecting and collecting mission conducted in the northeastern part of the country, thirty nine (39) Subterranean Clover sites were identified. For each site, three soil samples were taken randomly (117 samples). Sixteen (16) physical and chemical parameters of soils (pH, electric conductivity, total limestone, total nitrogen, potassium, phosphorus, carbon, organic matter, C/N ratio, particle composition) were analysed. Two (02) additional variables, linked to the topography (altitude) and to the climate (rainfall) of the natural habitat of the species were as well taken into account. The variance analysis showed highly significant results for the whole physical and chemical characteristics of the soils taken into consideration. Thus, the Subterranean Clover seems to be adapted to unsalted and calcareous soils, characterized by rather diverse textures (clay, clayey loam, loamy sand, sandy clay loam, loam) and a pH varying from 6.46 to 8.64 (slightly acid, neutral, slightly alkaline, alkaline). The record of Algerian populations of Subterranean Clover on frankly alkaline soils appears as the first one for some subspecies and/or varieties of the species *T. subterraneum*. The Subterranean Clover seems as well to tolerate soils whose phosphorus and potassium content are variable and the C/N ratio relatively high. Significant relations were noticed between altitude and rainfall, on the one hand and some soil physical and chemical parameters on the other, with a relatively stronger influence of the first factor (altitude). The pH seems to vary with the natural habitat altitude of the different populations of Subterranean Clover. The use and valorization of this clover, in different edaphical and climatic conditions, would permit the development of marginal regions, mainly the ones located in mountainous regions to which the species seems to be well adapted.

RÉSUMÉ.— Dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phytogénétiques d'intérêt fourrager et pastoral en Algérie, une étude portant sur la caractérisation écologique de l'habitat naturel du Trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum* L. ; *Fabaceae*), a été réalisée. Suite à une mission de prospection et de collecte menée dans le Nord-Est du pays, trente-neuf (39) sites de Trèfle souterrain ont été identifiés. Pour chaque site, trois échantillons de sol ont été prélevés de façon aléatoire (117 échantillons). Seize (16) paramètres physico-chimiques des sols (pH, conductivité électrique, calcaire total, azote total, potassium, phosphore, carbone, matière organique, rapport C/N, composition de la texture du sol) ont été analysés. Deux (02) variables supplémentaires liées à la topographie (altitude) et au climat (pluviométrie) de l'habitat naturel de l'espèce ont également été considérées. L'analyse de variance a montré des résultats très hautement significatifs pour l'ensemble des variables physico-chimiques considérées. Le Trèfle souterrain semble ainsi adapté aux sols non salins, franchement calcaires, caractérisés par des textures assez diverses (argileux, argileux francs, sableux francs, argilo-sableux francs, équilibrés) et un pH variable (légèrement acide, neutre, légèrement alcalin, alcalin) allant de 6,46 à 8,64. La présence de plusieurs populations Algériennes de Trèfle souterrain sur des sols franchement alcalins est signalée pour la première fois pour certaines sous-espèces et/ou variétés appartenant à *T. subterraneum*. Le Trèfle souterrain semble également tolérer des sols dont les teneurs en phosphore et en potassium sont variables et le rapport C/N relativement élevé. Des relations significatives ont été mises en relief entre l'altitude et la pluviométrie, d'une part, et certains paramètres physico-chimiques des sols d'autre part, avec une influence relativement plus prononcée du premier facteur (altitude). Le pH semble varier avec l'altitude de l'habitat naturel des différentes populations de Trèfle souterrain. L'utilisation et la valorisation du trèfle souterrain, dans des conditions édapho-climatiques différentes, permettraient la mise en valeur des régions marginales, notamment celles localisées dans les zones montagneuses, au niveau desquelles l'espèce semble bien adaptée.

Les trèfles vrais appartiennent au genre *Trifolium*, qui comporte un total d'environ 250 espèces. En général, ils habitent les régions tempérées du monde, montrant trois centres primaires de diversité : Eurasien, Américain et Africain (sud du Sahara) (Taylor, 1985). Le fait que la plus grande diversité dans le nombre de chromosomes et la forme se trouve dans un centre méditerranéen suggère que la région méditerranéenne pourrait être le vrai centre d'origine des trèfles (Taylor *et al.*, 1980 in Taylor, 1985).

Localisée au nord de l'Afrique et au sud de la Méditerranée, la flore algérienne compte 37 espèces de trèfles, parmi lesquelles *T. subterraneum* L., espèce assez commune dans le Tell et rencontrée dans les prairies surtout montagnardes (Quézel & Santa, 1962). Selon McGuire (1985), le Trèfle souterrain est le plus commun de trois espèces du genre *Trifolium* d'origine méditerranéenne ; en plus de *T. subterraneum* L., les deux autres espèces sont *T. yanninicum* Katzn. & Morley et *T. brachycalycinum* Katzn. & Morley (McGuire, 1985). Le Trèfle souterrain (*T. subterraneum* L.) est un trèfle annuel hivernal qui pousse dans la zone de climat méditerranéen (Varis *et al.* 1990). Peu de plantes annuelles sont aussi persistantes que *T. subterraneum* ou mieux adaptées que lui à un environnement difficile ; il est toutefois mieux adapté aux régions à hivers doux et aux étés chauds et secs (Langer & Hill, 1991).

La présente étude a pour but d'analyser la nature des sols sur lesquels se développent des populations spontanées de Trèfle souterrain dans la région Nord-Est de l'Algérie, le degré de variation de certains paramètres climatiques et topographiques (pluviométrie, altitude) et la combinaison existant entre ces différents facteurs écologiques caractérisant l'habitat naturel de l'espèce. L'objectif de ce travail est de contribuer à l'élaboration d'une stratégie adéquate de développement des fourrages destinée aux différentes régions édapho-climatiques du pays, particulièrement les régions montagneuses. Cette étude entre dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phytogénétiques d'intérêt fourrager et pastoral en Algérie et fait suite aux nombreuses études réalisées sur les légumineuses fourragères spontanées (Issolah & Abdelguerfi, 1999a, 1999b, 2000, 2003, 2004, 2010 ; Issolah & Khalfallah, 2007, 2010 ; Issolah & Yahiaoui, 2008 ; Issolah *et al.*, 2006, 2011, 2012, 2014).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

SITES D'ÉTUDE

Une mission de prospections et de collecte de plusieurs populations naturelles de Trèfle souterrain a été réalisée par l'INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), en juillet 2010, dans le Nord-Est de l'Algérie (Fig. 1). Trente-neuf sites éloignés les uns des autres ont été désignés aléatoirement. Chaque site correspond à une population distincte. La superficie est variable d'un site à l'autre et dépend de l'abondance ou non de la population considérée.

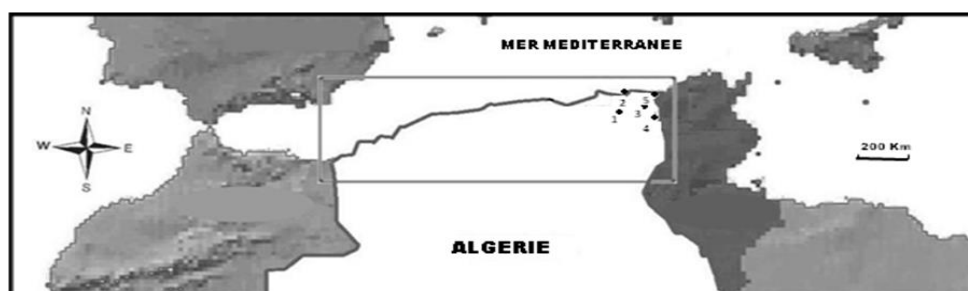


Figure 1.- Localisation de plusieurs sites de Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie
(1 : Constantine ; 2 : Skikda ; 3 : Guelma ; 4 : Souk Ahras ; 5 : Tarf)

PARAMÈTRES BIOCLIMATIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

Au cours de ces prospections, deux facteurs écologiques liés au climat (pluviométrie : P_1) (ANRH, 1993) et à la topographie (altitude : ALT) des sites repérés, ont également été pris en considération. Ils se sont révélés importants lors des études antérieures effectuées sur des populations algériennes de certaines espèces appartenant à la famille des légumineuses, plus particulièrement aux genres *Trifolium* (Issolah & Abdelguerfi, 1995) et *Hedysarum* (Issolah & Khalfallah, 2007 ; Gaad *et al.*, 2012). En effet, ces facteurs semblent exercer une influence sur la variation morphologique (Issolah & Abdelguerfi, 1993 ; 1995 ; 1999b ; 2000 ; 2003 ; 2004 ; Issolah, 2006 ; Issolah *et al.*, 2011) et chromosomique observées (Issolah & Abdelguerfi, 1999a, 2002 ; Issolah *et al.*, 2006). L'objectif de cette étude est de connaître le degré de variation de ces facteurs et leurs relations avec les différents paramètres édaphiques pris en compte au niveau de l'habitat naturel du Trèfle souterrain.

ESPÈCES VÉGÉTALES ASSOCIÉES

Les espèces végétales associées au Trèfle souterrain, notamment les légumineuses fourragères et plus particulièrement les espèces appartenant au genre *Trifolium*, ont également été identifiées dans les différents sites repérés. L'identification des espèces est basée sur la flore de Quézel & Santa (1962). Sur chaque site, la reconnaissance des espèces considérées a été réalisée au niveau de toute l'aire de distribution du Trèfle souterrain. Cela permettra d'identifier les plantes qui présentent les mêmes aptitudes d'adaptation que celles de *Trifolium subterraneum*.

PARAMÈTRES ÉDAPHIQUES

Dans chacun des trente-neuf sites retenus, trois échantillons de sol ont été prélevés aléatoirement sur 30 cm de profondeur. Au total, 117 échantillons ont ainsi été obtenus. La distance entre les points de prélèvements des échantillons de sol était aléatoire au niveau d'un même site et entre les différents sites.

Chaque échantillon de sol a fait l'objet d'une étude physico-chimique (Mathieu & Pieltain, 1998, 2003 ; IPAS, 1986). Seize paramètres du sol dont 7 physiques (granulométrie : argiles, limons fins, limons grossiers, teneur totale en limons, sable fin, sable grossier, teneur totale en sable) et 9 chimiques (pHeau, conductivité électrique, calcaire total, azote total, phosphore, potassium, carbone, matière organique, C/N) ont été ainsi considérés :

pHeau : sa détermination a été effectuée sur une suspension du sol (rapport sol / solution = 1 / 2,5). *Conductivité électrique* (CE) (mmhos/cm) : les mesures ont été effectuées sur une suspension du sol (rapport sol / solution = 1 / 10). *Calcaire total* (T CaCO₃) (%) : le dosage a été réalisé par la méthode du calcimètre de Bernard (méthode gazométrique). *Azote total* (N) (%) : ce dosage a été effectué par la méthode de Kjeldahl. *Phosphore* (P) (ppm) : le dosage du phosphore assimilable a été effectué par la méthode Olsen (Mathieu & Pieltain, 2003). *Potassium* (K) (meq/100g de sol) : le dosage a été effectué par photométrie à flamme. L'extraction a été réalisée à l'aide de l'acétate d'ammonium (1N). *Carbone* (C) (%) : il a été déterminé par la méthode d'Anne modifiée (Mathieu & Pieltain, 2003). *Granulométrie* : elle a été effectuée par l'emploi de la pipette de Robinson selon la méthode internationale (Soltner, 1988).

La texture du sol a été déterminée sur la base de sa composition en argiles (A) (%), limons fins (LF) (%), limons grossiers (LG) (%), teneur totale en limons (LT) (%), sable fin (SF) (%), sable grossier (SG) (%), teneur totale en sable (ST) (%). La taille des particules est inférieure à 2 mm (limite supérieure à 50 microns pour la fraction limoneuse).

Suite à cela, deux paramètres ont été déduits : *Matière organique* (MO) : Le taux de matière organique a été déduit par la formule : Carbone organique x 1,724. *C/N* : ce rapport renseigne sur la décomposition de la matière organique.

ANALYSE DES DONNÉES

Les données obtenues (117 pour chaque variable / 18 variables au total) ont fait l'objet de traitements statistiques (Anova, Manova). Nous avons par la suite analysé les corrélations entre les variables relatives aux différents facteurs, sur la base des moyennes de chaque site (39 moyennes au total pour chacune des variables étudiées). La classification hiérarchique des 39 sites de Trèfle souterrain a été réalisée sur la base de l'ensemble des caractéristiques écologiques considérées (sol, altitude, pluviométrie). Le dendrogramme (groupes de sites) a été obtenu suite à l'application de la méthode du linkage simple et de la distance carrée de Pearson pour une similarité de 70 %. Les traitements statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel MINITAB (2003).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

DESCRIPTION DES SITES D'ÉTUDE :

Les prospections réalisées dans le Nord-Est de l'Algérie ont permis de rencontrer le Trèfle souterrain dans des régions d'altitude très variable (55 à 1110 m) et de pluviométrie moyenne à élevée (500 à 900 mm) (Tab. 1).

TABLEAU I

Caractéristiques écologiques de plusieurs sites de populations naturelles de Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie

N° site	Origine	Altitude (m)	Pluviométrie (mm)	Légumineuses fourragères associées
1/10	Guelma	350	600	-
2/10	Guelma	530	600	<i>T. squarrosus</i> L.
3/10	Guelma	570	600	<i>T. tomentosum</i> L. ; <i>T. stellatum</i> L. ; <i>T. resupinatum</i> L. <i>Trifolium</i> sp.
4/10	Guelma	660	600	<i>T. stellatum</i>
5/10	Guelma	940	600	<i>T. resupinatum</i> L. ; <i>T. fragiferum</i> L. <i>T. stellatum</i> L.
6/10	Guelma	625	537	<i>T. tomentosum</i> L.
7/10	Guelma	230	500	<i>Trifolium</i> sp.
8/10	Guelma	60	624	<i>T. angustifolium</i> L.
9/10	Guelma	610	650	-
10/10	Guelma	640	650	<i>T. stellatum</i> L. ; <i>T. tomentosum</i> L.
11/10	Guelma	820	650	-
12/10	Guelma	170	600	-
13/10	Guelma	200	558	-
14/10	Guelma	250	558	<i>T. resupinatum</i> L. ; <i>T. angustifolium</i> L.
15/10	Guelma	285	558	<i>Sulla coronaria</i> (L.) Medik. (Syn. <i>Hedysarum coronarium</i> L.)
16/10	Guelma	530	558	<i>T. resupinatum</i> L.
17/10	Guelma	530	558	-
18/10	Tarf	610	661	-
19/10	Tarf	665	661	<i>T. resupinatum</i> L.
20/10	Tarf	555	661	<i>T. resupinatum</i> L. ; <i>T. cherleri</i> L. <i>Trifolium</i> sp.
21/10	Souk Ahras	585	800	-
22/10	Souk Ahras	950	800	-
23/10	Souk Ahras	1040	700	<i>T. resupinatum</i> L.
24/10	Souk Ahras	810	700	-
25/10	Souk Ahras	800	900	<i>Trifolium</i> sp.
26/10	Souk Ahras	1110	700	-
27/10	Souk Ahras	740	700	<i>Scorpiurus</i> sp.
28/10	Souk Ahras	570	700	-
29/10	Guelma	430	550	-
30/10	Tarf	55	750	<i>T. resupinatum</i> L. ; <i>T. fragiferum</i> L.
31/10	Skikda	90	726	<i>Trifolium</i> sp. ; <i>T. resupinatum</i> L. <i>T. campestre</i> Schreb.
32/10	Skikda	140	750	<i>Trifolium</i> sp. ; <i>T. resupinatum</i> L. <i>T. campestre</i> Schreb.
33/10	Skikda	110	562	-
34/10	Skikda	105	609	<i>Trifolium</i> sp. ; <i>T. campestre</i> Schreb.
35/10	Constantine	480	550	-
36/10	Constantine	610	700	<i>T. campestre</i> Schreb. ; <i>T. stellatum</i> L. <i>Trifolium</i> sp.
37/10	Constantine	380	700	<i>T. campestre</i> Schreb. ; <i>T. resupinatum</i> L. <i>T. squarrosus</i> L. ; <i>Trifolium</i> sp.
38/10	Skikda	410	609	-
39/10	Skikda	560	845	-

Selon Abdelguerfi *et al.* (2006), *T. subterraneum* est une espèce assez rare en Algérie (22 sites). Dans notre cas, l'espèce est considérée comme assez commune étant donné que nous l'avons rencontrée sur 39 sites lors de nos prospections (approximativement le double). Dans leur description de la flore algérienne, Quézel & Santa (1962) ont également signalé que ce trèfle est assez commun en Algérie. Signalons cependant que nous ne l'avons rencontré que rarement dans les régions de moins de 100 m d'altitude (3 sites sur 39) (Tab. I). C'est une espèce qui a été souvent observée sur des terrains en pente, d'où son rôle dans la lutte contre l'érosion de ce type de sols. Elle est cependant relativement plus difficile à repérer par rapport aux autres espèces appartenant au même genre, notamment en été, lors de la collecte des gousses.

Un certain nombre de légumineuses fourragères ont été rencontrées en association avec le Trèfle souterrain (Tab. I). Selon leur fréquence, signalons la présence de *Trifolium resupinatum* (11 fois), *Trifolium campestre* et *Trifolium stellatum* (5 fois), *Trifolium tomentosum* (4 fois), *Trifolium sp.* (3 fois), *Trifolium fragiferum*, *Trifolium angustifolium* et *Trifolium squarrosum* (2 fois), *Sulla coronaria* (Syn. *Hedysarum coronarium L.*) et *Scorpiurus sp.* (1 fois).

ANALYSE DE VARIANCE

L'analyse univariée (ANOVA), appliquée à chaque paramètre du sol, a indiqué une variation très hautement significative pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques étudiés (Tab. II).

TABLEAU II

Caractéristiques physico-chimiques des sols (36 sites) au niveau de l'habitat naturel du Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie : Résultats de l'analyse univariée (ANOVA)

Caractéristiques	MIN	MAX	MOY	Fobs	P
pH	6,46	8,64	7,80 ^{ABC}	3,16	0,000***
CE (mmhos/cm)	0,12	0,67	0,23 ^{ABC}	4,97	0,000***
T CaCO ₃ (%)	7,86	40,71	14,86 ^{ABCD}	5,65	0,000***
N (%)	0,04	0,33	0,14 ^{ABCDEFGH}	7,85	0,000***
K (meq/100g de sol)	0,13	0,67	0,48 ^{ABCDEFGHJKL}	11,62	0,000***
P (ppm)	10	66,67	39,17 ^{ABCDE}	3,68	0,000***
C %	0,62	7,53	2,41 ^{ABCDE}	6,68	0,000***
MO (%)	1,07	12,96	4,16 ^{ABCDE}	6,65	0,000***
C/N	11,1	35,48	19,77 ^{AB}	2,50	0,000***
A (%)	13,74	65,21	41,89 ^{ABCDE}	4,29	0,000***
LF (%)	5,7	29,07	16,24 ^{ABCDE}	5,08	0,000***
LG (%)	0,28	34,88	6,52 ^{ABC}	5,07	0,000***
LT (%)	6,39	46,63	22,76 ^{ABCDEF}	4,43	0,000***
SF (%)	3,04	33,65	14,89 ^{ABCD}	3,18	0,000***
SG (%)	6,01	52,21	20,46 ^{ABCDE}	3,88	0,000***
ST (%)	9,05	79,87	36,21 ^{ABCDE}	3,70	0,000***

- MIN: moyenne d'un site, MAX: moyenne d'un site, MOY: moyenne de l'ensemble des sites.
- Les lettres indiquées au niveau de la moyenne (MOY), correspondent aux groupes homogènes constitués.
- *** P ≤ 0,001.

Ainsi, le Trèfle souterrain a été rencontré sur des sols caractérisés par un pH variant entre 6,46 (11/10) et 8,64 (9/10). Notons qu'un site seulement s'est révélé légèrement acide avec un pH compris entre 6 et 6,5 (11/10), cinq sites se sont révélés neutres avec un pH compris entre 6,6 et 7,3 (3/10 ; 5/10 ; 16/10 ; 22/10 ; 23/10), dix sites sont légèrement alcalins avec un pH compris entre 7,4 et 7,7 (2/10 ; 18/10 ; 26/10 ; 27/10 ; 28/10 ; 29/10 ; 30/10 ; 33/10 ; 35/10 ; 36/10) alors que la majorité des sites, soit vingt-trois sur trente-neuf, se sont révélés alcalins avec un pH supérieur à 7,7 (1/10 ; 4/10 ; 6/10 ; 7/10 ; 8/10 ; 9/10 ; 10/10 ; 12/10 ; 13/10 ; 14/10 ; 15/10 ; 17/10 ; 19/10 ; 20/10 ; 21/10 ; 24/10 ; 25/10 ; 31/10 ; 32/10 ; 34/10 ; 37/10 ; 38/10 ; 39/10). La conductivité électrique varie entre 0,12 (22/10) et 0,67 mmhos / cm (29/10). Les sols se sont révélés ainsi non salins (MC, 1993). Le calcaire total variant entre 7,86 (1/10) et 40,71 % (13/10), tous les sites présentent de ce fait des sols franchement calcaires. Le potassium variant entre 0,13 (23/10) et 0,67 meq / 100g (7/10), les sols présentent donc une teneur variable en potassium (MC 1993). Le phosphore variant entre 10 ppm (21/08) et 66,67 ppm (7/08), les sols présentent ainsi une teneur variable en phosphore.

L'azote total varie de 0,04 % (11/10) à 0,33 % (2/10) et le carbone entre 0,62 % (11/10) et 7,53 % (2/10). La détermination de la teneur en azote et en carbone nous a permis de déduire deux paramètres : la matière organique et le rapport C/N.

La matière organique varie de 1,07 % (11/10) à 12,96 % (2/10). Le rapport C/N varie entre 11,1 (25/10) et 35,48 (8/10). Le reste des sols occupe une position intermédiaire. Les sols de

prairies présentent des taux de matière organique et des rapports C/N généralement plus élevés que les sols de culture (IPAS, 1986). Ainsi, les sols de Trèfle souterrain présentent, dans notre cas, des rapports C/N relativement élevés.

Les analyses physiques des échantillons de sols ont permis d'identifier les différents types de texture des sols (SSS, 1990) : argileux, argileux francs, sableux francs, argilo-sableux francs, équilibrés. La texture argileuse caractérise 25 sites sur 39 (2/10, 3/10, 4/10, 5/10, 6/10, 7/10, 8/10, 11/10, 13/10, 14/10, 15/10, 17/10, 18/10, 19/10, 21/10, 22/10, 23/10, 24/10, 25/10, 26/10, 27/10, 28/10, 29/10, 34/10, 37/10). Cette texture est la plus commune. En seconde position apparaît la texture argileuse franche représentée par 7 sites sur 39 (1/10, 9/10, 10/10, 32/10, 33/10, 38/10, 39/10). En troisième position interviennent les textures sableuse franche (12/10, 16/10, 30/10) et argilo-sableuse franche (20/10, 31/10, 36/10), représentées chacune par 3 sites. En dernière position apparaît la texture équilibrée qui semble être très rare étant donné qu'elle n'a été identifiée qu'au niveau d'un seul et unique site (35/10). Ainsi, le Trèfle souterrain préfère de loin les sols argileux, bien qu'il s'adapte à d'autres types de textures. Néanmoins, nous ne l'avons jamais rencontré sur des sols de types limoneux.

Bien que, dans le cas de la présente étude, *T. subterraneum* soit apparu adapté à des sols caractérisés par une teneur variable en phosphore, Lapeyronie (1982) indique, pour sa part, que le Trèfle souterrain serait assez indifférent à la nature du sol, s'adaptant à presque tous les types de terres calcaires, marneuses, argileuses, sableuses, tourbeuses à condition qu'il y ait assez d'acide phosphorique.

L'analyse de variance a permis la constitution de groupes homogènes pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques étudiés, avec une différence très hautement significative (probabilité $\leq 0,001$). Le classement décroissant des paramètres, en fonction du nombre de groupes constitués, se présente comme suit (Tab. II) : K (12) > N (8) > LT (6) > P (6) > C (5) > MO (5) > A (5) > LF (5) > SG (5) > ST (5) > SF (4) > T CACO₃ (4) > pH (3) > CE (3) > LG (3) > C/N (2).

La variation entre les différents sites semble ainsi plus accentuée dans le cas du potassium, de l'azote, des limons totaux et du phosphore, respectivement. Elle est relativement moindre, dans le cas du rapport C/N.

L'analyse multivariée (MANOVA) a également mis en relief l'existence de différences très hautement significatives (probabilité $\leq 0,001$) entre les sols correspondant aux différents sites (Tab. III) confirmant ainsi les résultats de l'analyse univariée.

TABLEAU III

Résultats des tests statistiques appliqués sur les caractéristiques physico-chimiques des sols au niveau de l'habitat naturel du Trèfle souterrain (39 sites, 117 échantillons) dans le Nord-Est de l'Algérie (MANOVA).

Test statistique	Valeur observée du test	F _{obs}	P
Wilks	0,000	3,290	0,000***
Lawley-Hotelling	46,49036	4,674	0,000***
Pillai	8,51395	2,334	0,000***

*** P $\leq 0,001$

MATRICE DE CORRÉLATIONS

L'analyse des relations existant entre l'ensemble des paramètres physico-chimiques des sols étudiés et les facteurs climatiques (pluviométrie) et topographiques (altitude) considérés, a permis d'identifier un certain nombre de relations significatives (Tab. IV).

Globalement, l'altitude intervient sur quatre paramètres physico-chimiques des sols (argiles, N, pH, C/N). La pluviométrie influence trois paramètres (K, P, limons fins). Les corrélations établies entre les variables physico-chimiques d'une part et l'altitude d'autre part, sont positives dans deux cas (N, argiles) et négatives dans deux autres cas (pH, C/N) alors qu'elles sont négatives

dans tous les cas de figures (P, K, limons fins) en ce qui concerne la pluviométrie. L'altitude et la pluviométrie interviennent, chacune, sur un seul et unique paramètre physique relatif à la texture du sol (respectivement, argiles et limons fins). Aucun paramètre ne subit l'influence simultanée de l'altitude et de la pluviométrie (Tab. IV).

TABLEAU IV

Relations entre les différents facteurs écologiques (édaphique, climatique, topographique) de l'habitat naturel du Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie

Facteurs écologiques		Altitude		Pluviométrie	
Paramètres édaphiques chimiques	r	P	r	P	
pH	-0,393	0,013*	-0,010	0,954	
CE	-0,126	0,445	-0,186	0,257	
T CaCO ₃	-0,263	0,105	-0,190	0,246	
N	0,385	0,016*	0,067	0,683	
P	-0,271	0,095	-0,400	0,012*	
K	-0,226	0,167	-0,432	0,006**	
C	0,103	0,531	-0,130	0,430	
MO	0,104	0,530	-0,130	0,430	
C/N	-0,451	0,004**	-0,313	0,053	
Paramètres édaphiques physiques	r	P	r	P	
A	0,405	0,011*	0,026	0,874	
LF	-0,080	0,630	-0,319	0,048*	
LG	-0,093	0,575	-0,033	0,844	
LT	-0,119	0,470	-0,227	0,164	
SF	-0,284	0,079	0,216	0,187	
SG	-0,242	0,138	0,003	0,987	
ST	-0,278	0,087	0,098	0,554	

Corrélations de Pearson (r).

Probabilité : *P ≤ 0,05 ; **P ≤ 0,01.

CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE

La classification hiérarchique des 39 sites de Trèfle souterrain, basée sur l'ensemble des variables relatives aux facteurs considérés (édaphiques, climatiques, topographiques), a permis de mettre en relief 12 groupes de sites pour une similarité de 70 % (Fig. 2 ; Tab. V).

Parmi les groupes de sites constitués, 8 groupes (II ; V ; VI ; VIII ; VIII ; X ; XI ; XII) sont représentés chacun par un site unique, dénotant ainsi la variation assez importante qui existe entre les différents sites et la capacité d'adaptation du Trèfle souterrain aux conditions écologiques diverses (Tab. V).

Au seuil de similarité de 49,54 %, tous les sites figureraient dans un seul et unique groupe (Fig. 2). Ceci indique que l'ensemble des sites ne possède qu'environ 50% de caractères communs, ce qui confirme la variation existante.

En Algérie, les résultats antérieurs obtenus par Zatout (1985) indiquent que *T. subterraneum* se développe aux altitudes moyennes et fortes. Cet auteur ajoute que l'espèce semble plus présente dans la classe de pluviométrie très élevée et plus fréquente sur les sols à texture très fine ; elle semble préférer les sols où la teneur en calcaire total est forte, la teneur en azote total est peu élevée et dont la conductivité électrique est faible ; *T. subterraneum* semble également préférer les sols légèrement acides à neutres et semble indifférent au phosphore et au rapport carbone/azote (Zatout, 1985).

Une étude menée sur plusieurs espèces de trèfles en Algérie a montré que *T. arvense*, *T. isthmocarpum*, *T. glomeratum*, *T. cherleri*, *T. nigrescens*, *T. pallidum*, *T. resupinatum*, *T. striatum*, *T. lappaceum*, *T. squarrosus*, *T. subterraneum*, *T. fragiferum* et *T. campestre* sont adaptés aux sols pauvres ou peu pourvus en calcaire total et à pH acide à neutre des régions fortement arrosées et humides (Abdelguerfi *et al.*, 2006) ; on peut distinguer une certaine différence entre *T.*

subterraneum, *T. isthmocarpum*, *T. squarrosum*, *T. fragiferrum*, *T. resupinatum*, *T. pallidum*, *T. lappaceum* et *T. campestre* d'une part, et *T. nigrescens*, *T. striatum*, *T. glomeratum* et *T. cherleri* d'autre part ; les premiers trèfles cités semblent préférer les sols lourds (Abdelguerfi *et al.*, 2006).

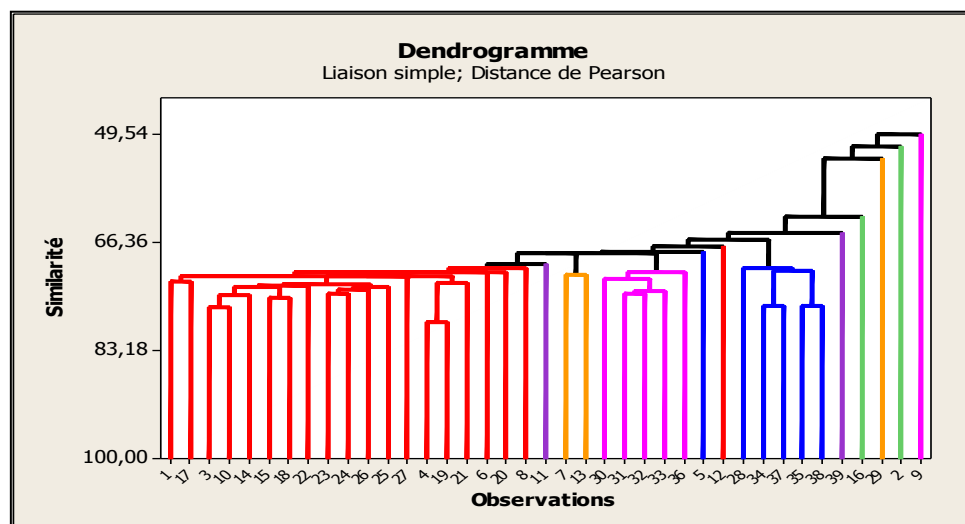


Figure 2.— Dendrogramme issu de la classification hiérarchique des sites basée sur les caractéristiques écologiques (sol, altitude, pluviométrie) de l'habitat naturel du Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie

TABLEAU V

Groupes de sites issus de la classification hiérarchique basée sur les caractéristiques écologiques (sol, altitude, pluviométrie) de l'habitat naturel du Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie

Groupes	N° de sites
I	1 ; 17 ; 3 ; 10 ; 14 ; 15 ; 18 ; 22 ; 23 ; 24 ; 26 ; 25 ; 27 ; 4 ; 19 ; 21 ; 6 ; 20 ; 8
II	11
III	7 ; 13
IV	30 ; 31 ; 32 ; 33 ; 36
V	5
VI	12
VII	28 ; 34 ; 37 ; 35 ; 38
VIII	39
VIII	16
X	29
XI	2
XII	9

Dans une étude menée sur la distribution des espèces annuelles du genre *Trifolium* au Maroc, Beale *et al.* (1993) signalent la présence de *T. subterraneum* sur des sites caractérisés par un pH KCL moyen de 6,3 et indiquent que l'espèce est absente lorsque le pH KCL moyen des sites est de 7.1.

Selon McGuire (1985), la plupart des souches et cultivars de Trèfle souterrain sont tolérants à des conditions de sol modérément acides, les cultivars de *T. yanninicum* poussent bien sur les sols gorgés d'eau et *T. brachycalycinum* («Clare») est tolérant aux sols légèrement alcalins.

D'après Masson (1997), si le Trèfle souterrain est adapté aux sols acides de pH 5 à 7, on sait cependant que la sous-espèce *brachycalycinum* tolère également les pH alcalins jusqu'à pH 8. Or, *Trifolium subterraneum* L. est représenté en Algérie par trois variétés seulement (Subsp. *subterraneum* Var. *subterraneum* ; Var. *brachycladum* ; Var. *flagelliforme*) sur les huit variétés (Subsp. *subterraneum* Var. *subterraneum* ; Var. *brachycladum* ; Var. *majurculum* ; Subsp. *brachycalycinum* Var. *brachycalycinum* ; Var. *graecum* ; Var. *flagelliforme* ; Var. *oxaloides* ; Var. *yanninicum*) décrites chez cette espèce (Zohary & Heller, 1984). Ainsi, la sous espèce et variété *brachycalycinum* n'a pas été signalée en Algérie (Zohary & Heller, 1984).

D'autre part, nos résultats ont indiqué que plusieurs populations algériennes toléreraient un pH franchement alcalin (pouvant aller jusqu'à 8,64). Ces populations correspondraient donc à des sous-espèces et/ou variétés (Subsp. *subterraneum* Var. *subterraneum* ; Var. *brachycladum* ; Var. *flagelliforme*) autres que la sous espèce *brachycalycinum*. De ce fait, la sous-espèce *brachycalycinum* ne serait pas la seule sous-espèce de Trèfle souterrain qui serait tolérante à une faible alcalinité des sols. Plusieurs populations algériennes, qui correspondraient à d'autres sous-espèces et/ou variétés appartenant à *Trifolium subterraneum* (Subsp. *subterraneum* Var. *subterraneum* ; Var. *brachycladum* ; Var. *flagelliforme*), présenteraient encore davantage cette capacité en étant adaptées à des sols non seulement légèrement alcalins mais aussi franchement alcalins. Par ailleurs, dans le même genre (*Trifolium* L.), des relations intéressantes ont été mises en évidence d'une part entre de nombreux caractères morphologiques et d'autre part entre certains de ces caractères et quelques-uns des facteurs écologiques du milieu d'origine de plusieurs populations algériennes spontanées (Issolah & Abdelguerfi, 1993, 1995, 2003 ; Issolah, 2006). Ainsi, une étude réalisée sur 11 espèces 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 des populations ; l'altitude est le seul et unique facteur qui interviendrait dans la taille des infrutescences (longueur), notamment chez *T. scabrum* et *T. campestre* ; l'altitude influe aussi sur le nombre de gousses par infrutescence, chez ces mêmes espèces ainsi que sur le développement végétatif de certaines espèces, notamment *T. campestre*. Ce facteur intervient aussi dans la floraison chez *T. tomentosum* et *T. glomeratum* ; signalons le rôle non moins important de la pluviométrie, principalement sur la floraison et plus particulièrement le début de floraison ; l'altitude, la pluviométrie, la longitude et la latitude auraient également un effet sur la taille des graines ainsi que la floraison ; la latitude semble intervenir aussi dans le nombre de gousses par infrutescence chez *T. campestre* et le nombre de graines par infrutescence chez *T. tomentosum* (Issolah & Abdelguerfi, 1993, 1995, 2003 ; Issolah, 2006).

Du point de vue caryologique, les différences de provenance de populations algériennes appartenant à certaines espèces de trèfles, semblent également associées aux variations des nombres chromosomiques observées (Issolah & Abdelguerfi, 1999b ; Issolah, 2006).

Au sein de la même famille (*Fabaceae*), une étude similaire menée sur la caractérisation écologique de l'habitat naturel du Sulla (Syn. *Hedysarum coronarium* L.) dans le Nord-Est de l'Algérie, a montré que cette espèce est conditionnée par la variation et l'interaction de trois facteurs écologiques (édaphique, climatique, topographique) (Issolah *et al.*, 2012). L'altitude et la pluviométrie influencent les propriétés physico-chimiques des différents sols sur lesquels a été rencontré le Sulla, avec un effet plus prononcé du premier facteur (altitude), notamment sur les paramètres physiques ; en effet, l'altitude intervient sur cinq paramètres (pH, argile, sable fin, sable grossier, sable total), alors que la pluviométrie intervient sur deux paramètres seulement (phosphore et sable fin) ; notons que le sable fin est le seul paramètre physique qui subit l'influence simultanée de l'altitude et de la pluviométrie (Issolah *et al.*, 2012).

CONCLUSION

La présente étude a montré que le Trèfle souterrain est une espèce assez commune dans la région Nord-Est de l'Algérie, adaptée aux régions d'altitude variable (faible, moyenne, élevée) et de pluviométrie moyenne à élevée. Cependant, elle a été rarement observée dans les régions de moins de 100 m d'altitude. Cette espèce a été rencontrée sur des sols non salins, de pH variable (légèrement acide, neutre, légèrement alcalin, plus souvent alcalin).

Il est important de souligner que la présence des populations algériennes de *T. subterraneum* sur des sols franchement alcalins serait signalée ici pour la première fois chez certaines sous-espèces et / ou variétés (Subsp. *subterraneum* Var. *subterraneum* ; Var. *brachycladum* ; Var. *flagelliforme*). Des investigations plus poussées permettraient de cibler davantage la ou les sous-espèces ou variétés, qui toléreraient le plus l'alcalinité des sols rencontrée chez le Trèfle souterrain dans le Nord-Est de l'Algérie.

Par ailleurs, *T. subterraneum* a été observée sur des sols de texture assez variable (argileux, argileux francs, sableux francs, argilo-sableux francs, équilibrés), dominée par le type argileux. L'espèce supporte des teneurs variables en potassium et en phosphore et des rapports C/N relativement élevés.

La variation observée chez *T. subterraneum* s'est révélée très hautement significative pour tous les paramètres physico-chimiques étudiés et l'ensemble des sites considérés.

L'analyse de l'interaction des trois facteurs écologiques pris en compte (édaphique, climatique, topographique) a indiqué des relations significatives entre certaines caractéristiques relatives à ces trois facteurs. L'effet de l'altitude s'est révélé relativement plus prononcé par rapport à celui de la pluviométrie.

Globalement, l'espèce semble adaptée à des conditions écologiques variables permettant d'une part son introduction dans un programme de sélection destiné à diverses régions édapho-climatiques du pays, et d'autre part sa contribution à l'élaboration d'une stratégie adéquate d'aménagement et de développement des prairies naturelles en Algérie.

REMERCIEMENTS

La présente étude a été réalisée dans le cadre d'un projet de recherche national (MESRS / Projet PNR code 1/CRA 02/2008). Nous remercions l'INSID, l'ANRH, Mr Aissaoui S. (INRAA), Mr Taslib D. (INRAA) et Mr Ghazali M. (INRAA) pour leur contribution technique.

RÉFÉRENCES

- ABDELGUERFI, A., ABDELGUERFI-LAOUAR, M., M'HAMMEDI BOUZINA, M., GUITTONNEAU, G.G., HUGUET, T., ABBAS, K., MEBARKIA, A., AOUBANI, M.E. & MADANI, T. (2006).— Distribution et écologie de quelques *Fabaceae* spontanées d'intérêt pastoral et / ou fourrager en Algérie. *Workshop international sur la Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales*. Alger, 19-22 Février 2006: 27-36.
- ANRH. (1993).— *Carte pluviométrique de l'Algérie du nord*. Moyennes annuelles ramenées à la période 1922/1960 – 1969/1989. Échelle 1/500 000. Cartes dressées par l'ANRH avec la collaboration scientifique de Jean-Pierre Laborde (URA 1476 du CNRS).
- BEALE, P.E., BOUNEJMATE, M., LAHLOU, A. & MARX, D.B. (1993).— Distribution of annual *Trifolium* species in Morocco. *Aust. J. Agric. Res.*, 44: 1303-1310.
- GAAD, D., ISSOLAH, R. & YAHIAOUI, S. (2012).— Variation phénologique et biométrique chez plusieurs populations algériennes de *Sulla coronaria* (L.) Medik. *Recherche Agronomique*. N° 25 : 41-61.
- IPAS (1986).— *Interprétation des analyses de terre*. SCPA, France.
- 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. & ABDELGUERFI, A. (1995).— Étude comparative des graines, gousses et infrutescences des trèfles spontanés en Algérie. *Cahiers options méditerranéennes*, 12: 13-16.
- ISSOLAH, R. & ABDELGUERFI, A. (1999a).— Chromosome numbers within some spontaneous populations of *Trifolium* species in Algeria. *Caryologia*, 52: 151-154.
- ISSOLAH, R. & ABDELGUERFI, A. (1999b).— Variability within 31 spontaneous populations of *Trifolium scabrum* L., nature of relations with factors of the site of origin. *Cahiers options méditerranéennes*, 39: 123-127.
- 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. *Cahiers options méditerranéennes*, 45: 29-32.
- ISSOLAH, R. & ABDELGUERFI, A. (2002).— Étude morphologique et caryologique de quelques populations spontanées de l'espèce *Trifolium resupinatum* L. en Algérie. *Recherche Agronomique*, 11: 17-25.
- ISSOLAH, R. & ABDELGUERFI, A. (2003).— Morphological variability within four Algerian populations of the species *Trifolium spumosum* L. In: *Biodiversity and Genetic Resources as the bases for future breeding*. Prague (Czech), 1st – 4th September 2003. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 39 (Special Issue): 205-208.
- ISSOLAH, R. & 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 pâturages et les cultures fourragères. Djerba (Tunisie). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62: 81-84.
- ISSOLAH, R. & ABDELGUERFI, A. (2010).— Morphological study within some Algerian populations of *Trifolium bocconei* Savi. *Options Méditerranéennes. Série A : Mediterranean Seminars*, 92: 109-111.
- ISSOLAH, R., ABDELGUERFI, A. & BOUAZZA, L. (1993).— Behaviour of 144 populations of 13 spontaneous species of the genus *Trifolium*: Comparative study. In: *Management of Mediterranean shrublands and related forage resources*. 7th Meeting of FAO-CIHEAM. M.A.I.C. Crète (Greece). *REUR Technical Series*, 28: 36-39.
- ISSOLAH, R., BELOUED, A. & YAHIAOUI, S. (2011).— Preliminary Inventory of the species associated to *Sulla coronaria* (L.) Medik. (Fabaceae) in northeastern Algeria. *Pakistan J. Weed Science Research*, 17: 83-101.
- ISSOLAH, R., BENHIZIA, H. & KHALFALLAH, N. (2006).— Karyotype variation within some natural populations of *Sulla (Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Vol. 53: 1653-1664.
- ISSOLAH, R. & KHALFALLAH, N. (2007).— Analysis of the morpho-physiological variation within some Algerian populations of *Sulla (Hedysarum coronarium* L.; Fabaceae). *J. Biol. Sci.*, 7: 1082-1091.
- ISSOLAH, R. & KHALFALLAH, N. (2010).— Variation of the bloom and fruiting within fourteen Algerian populations of *Sulla*. *Options Méditerranéennes. Série A : Mediterranean Seminars*, 92: 135-138.
- ISSOLAH, R., TAHAR, A., ALANE, F., SADI, S., ADJABI, M., CHELLIG-SIZIANI, Y., YAHIAATENE, S. & LEBIED, M. (2014).— Analysis of the growth and the chemical composition within some Algerian populations of *Sulla*. *J. Biol. Sci.*, 14: 220-225.
- ISSOLAH, R., TAHAR, A., DERBAL, N., ZIDOUN, F., AIT MEZIANE, M.Z., OUSSADI, A., DEHILES, I., BRADAI, R., AILANE, M., TERKI, N., AZIEZ, F., ZOUAHRA, A. & DJELLAL, L. (2012).— Caractérisation écologique de l'habitat naturel du *Sulla (Fabaceae)* dans le Nord-Est de l'Algérie. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 67: 295-304.
- ISSOLAH, R. & YAHIAOUI, Y. (2008).— Phenological variation within several Algerian populations of *Sulla (Hedysarum coronarium* L., Fabaceae). *Cahiers Options Méditerranéennes, Serie A Séminaires Méditerranéens*, 79: 385-388.
- LANGER, R.H. M. & HILL, G.D. (1991).— *Agricultural plants*. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LAPEYRONIE, A. (1982).— Les productions fourragères méditerranéennes. *Techniques agricoles et productions Méditerranéennes* : 307-327.
- MASSON, P. (1997).— Des prairies de très longue durée avec des espèces annuelles à ressemis spontané : les pâtures à trèfle souterrain. *Fourrages*, 153: 139-146.
- MATHIEU, C. & PIELTAIN, F. (1998).— *Analyse physique des sols. Méthodes choisies*. Coll. J. Asseline, J.-C. Chossat & C.Valentin eds. Techniques et documentation, Paris.
- MATHIEU, C. & PIELTAIN, F. (2003).— *Analyse chimique des sols. Méthodes choisies*. Coll. E. Jeanroy, F. Marcovecchio Servain & H.Souchevre eds. Techniques et documentation, Paris.
- M.C. (1993).— *Memento de l'agronome*. Quatrième édition. Collection "Techniques rurales en Afrique", Paris.
- MCGUIRE, W.S. (1985).— Subterranean clover. In : *Clover science and technology*. Number 25 in the series Agronomy. Ed. N. L. Taylor. Madison, Wisconsin, USA.
- MINITAB INC. (2003).— *MINITAB Statistical Software, Release 14 for Windows*. State College, Pennsylvania.
- QUÉZEL, P. & SANTA, L. (1962).— *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome I. Ed. CNRS, France.
- SOIL SURVEY STAFF (1990).— *Keys to soil taxonomy*. AID - USDA - SMSS Technical Monograph n° 19. Fourth edition, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- SOLTNER, D. (1988).— *Les bases de la production végétale. Le sol*. 16^{ème} ed., Angers.

- TAYLOR, N.L. (1985).— Clovers around the world. *In: Clover science and technology*. Number 25 in the series Agronomy. Ed. N. L. Taylor. Madison, Wisconsin, USA.
- VARIS, E., PELTOLA, U. & KAUPPILA, R. (1990).— Seed yield and seed quality of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in growing conditions of Finland. *J. Agric. Sci. Finland*, 62: 221-226.
- ZATOUT, M. (1995).— *Contribution à l'étude de la répartition des espèces spontanées du genre Trifolium L. en Algérie*. Thèse Magister. INA.
- ZOHARY, M. & HELLER, D. (1984).— *The genus Trifolium*. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.