

VARIATION PHÉNOLOGIQUE ET BIOMÉTRIQUE CHEZ PLUSIEURS POPULATIONS ALGÉRIENNES DE *SULLA CORONARIA* (L.) MEDIK. (FABACEAE)

D. GAAD¹, R. ISSOLAH^{2,3}, et S. YAHIAOUI²

1. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Département de phytotechnie. El-Harrach. Alger, Algérie.
2. INRAA. CRP Mehdi Boualem. Division des Ressources Phytogénétiques. BP 37. Baraki. Alger. Algérie.
3. Auteur de correspondance.

RÉSUMÉ

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phytogénétiques d'intérêt fourrager et pastoral en Algérie. Il consiste en l'étude de la phénologie et de la biométrie chez 29 populations algériennes de l'espèce *Sulla coronaria* (L.) Medik. (syn. *Hedysarum coronarium* L.). L'étude expérimentale a été menée à la station Mehdi Boualem de l'INRAA. Le dispositif expérimental est en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Quarante huit (48) caractères ont été pris en compte lors de cette étude. Les facteurs écologiques (pluviométrie et altitude) du milieu d'origine des populations ont également été considérés lors des traitements statistiques. L'analyse de variance a indiqué une variabilité intra spécifique, notamment pour les caractères liés au développement végétatif (levée, stade première feuille simple, stade deuxième feuille simple, développement hivernal en largeur, développement printanier en largeur) et à la reproduction (nombre moyen de gousses par infrutescence, longueur moyenne d'une gousse, nombre moyen d'articles par gousse, nombre moyen de grains par gousse). Le modèle linéaire a indiqué l'influence de l'altitude du milieu d'origine sur le stade levée, deuxième feuille simple, troisième feuille simple, deuxième feuille composée, stade rosette, début de maturité des gousses, développement printanier en hauteur, vitesse de croissance en hauteur et poids de mille grains, alors que la pluviométrie ne semble pas avoir d'influence. L'analyse en composantes principales a mis en relief l'existence d'une grande variation entre les populations provenant de la même région, particulièrement de Béjaïa et de Sétif. Les résultats obtenus ont mis en évidence l'intérêt de cette espèce à la fois fourragère, mellifère et ornementale et la nécessité de l'inclure dans un futur programme de sélection.

Mots Clés : Facteurs écologiques, Grains, Morphologie, Phénologie, *Sulla*.

SUMMARY

This work takes part of the evaluation and the valorization of plant genetic resources of fodder and pastoral interest in Algeria. It consists on a phenological and biometrical study within 29 Algerian populations of *Sulla coronaria* (L.) Medik. (syn. *Hedysarum coronarium* L.). The experimental study was taken part in the station of INRAA (Mehdi Boualem). The experiment is in randomized complete block design with three replications. Forty-eight (48) characteristics were taken into account during this study. The analysis of variance indicated an important variation within the species, particularly for the characteristics related to the vegetative development (emergence, first simple leaf stage, second simple leaf stage, winter development in width and spring development in width) and the breeding (number of pods per fruiting head, length of pods, number of segment per pod and number of seeds per pod). The linear model highlighted interesting relations. Indeed, the altitude of the environment of origin has an influence on the emergence, second simple leaf, third simple leaf, second composed leaf, rosette stage, beginning of maturity of the pods, spring development in height, speed of growth in height and the weight of thousand grains. The rainfall does not seem to have an influence. The principal component analysis highlighted the existence of a large variation between populations coming from the same region, particularly those of Bejaïa and Setif. The results indicated the importance of this forage legume and the necessity to include it in a future breeding program.

Key Words : Ecological factors, Morphology, Phenology, Seeds, *Sulla*.

INTRODUCTION

Le Sulla (*Hedysarum coronarium* L.), récemment reclassé par Choi et Ohashi (2003) comme *Sulla coronaria* (L.) Medik., est une légumineuse à vocation fourragère, cultivée dans de nombreux pays, plus particulièrement dans le bassin méditerranéen (Dhan *et al.*, 2006 ; Sulas et Ledda, 2008 ; Hannachi-Salhi *et al.*, 2009). En Afrique du Nord, plus particulièrement en Tunisie, sa présence a été signalée dans toute la zone nord de la dorsale à partir de 300 mm de pluie par an (Ben Jeddi *et al.*, 1998). Au Maroc, certaines populations ont été signalées dans la zone nord du pays comme la région de Tanger (Ameziane et Berkat, 1989). En Algérie, cette espèce est commune dans le tell constantinois, très rare ailleurs (El-Kantara, Alger, Oran) (Quezel et Santa, 1962). Sur le plan agronomique, le Sulla présente un intérêt important en particulier pour la production du fourrage (Trifi-Farah *et al.*, 1989). Il présente une haute appétence et une excellente valeur nutritive (Noutfia, 2008). Cette espèce assure une productivité importante en climat sub-humide (Abdelguerfi et Laouar, 2000 ; Molle *et al.*, 2003) et présente une adaptabilité exceptionnelle (Lombardi *et al.*, 2000).

D'après Christou (1992), le Sulla paraît plus résistant à la sécheresse que le sainfoin ordinaire. Un autre intérêt attribué au Sulla est le grand apport d'azote qu'il assure

(environ 176 kg/ha) (Bennett, 2003). Selon Lapeyronie (1982), le Sulla est un excellent précédent cultural pour les céréales. Il est également réputé pour sa qualité de plante protectrice du sol contre l'érosion, soit seul (Wils, 1984), ou en association avec un arbuste fourrager (*Atriplex halymus*) (Bazzoffig *et al.*, 2001).

Des chercheurs Australiens et New zélandais ont mis en évidence le rôle des tannins condensés, contenus dans le Sulla, sur la qualité du lait (Addis *et al.*, 2005 ; Bonanno *et al.*, 2007), la production du lin, l'augmentation du poids vif des brebis, le taux d'ovulation (Engel, 2003 ; Priolo *et al.*, 2005 ; Cabiddu, 2006) et la réduction de l'infestation gastro-intestinale par les nématodes (Bermingham *et al.*, 2006, 2007 ; Rahmann et Seip, 2008).

D'autres usages alternatifs caractérisent le Sulla. Il constitue une ressource spéciale pour les abeilles et permet une production de miel de haute qualité (Hommel et Rejnont, 1947 ; Satta *et al.*, 2000). Des écrits très anciens ont décrit le Sulla comme une plante ornementale et médicinale (Lemery et Morelot, 1847).

En raison de tous les intérêts que présente cette espèce, une meilleure connaissance du matériel végétal est nécessaire dans le but d'évaluer et de mieux exploiter la variabilité inter populations existante, dans un futur programme de sélection.

Ce travail* s'inscrit dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phylogénétiques d'intérêt fourrager et

* Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet de Recherche de l'INRAA Code STAMB 091 (Responsable du projet : Dr. ISSOLAH Rachida).

pastoral en Algérie et fait suite aux nombreuses études menées sur les légumineuses fourragères spontanées (Issolah et Abdelguerfi, 1999 ; Issolah et al., 2001 ; Issolah, 2007 ; Issolah et Khalfallah, 2007 ; Issolah et al., 2006 ; Issolah et Yahiaoui, 2008 ; Issolah et Khalfallah, 2010 ; Issolah et Abdelguerfi, 2010 ; Issolah et al., 2011, Issolah et al., 2012).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Suite à une prospection réalisée par l'INRAA en 2008, à travers le Nord Est de

l'Algérie, de nombreuses populations de *Sulla* ont été collectées (Issolah et al., 2012). Parmi toutes les populations identifiées, vingt neuf (29) ont fait l'objet de la présente étude (Tab. 1).

Le semis a été effectué manuellement le 08 Novembre 2008, à la station expérimentale Mehdi Boualem (Baraki) de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (I.N.R.A.A). Le sol est de texture argilo-limoneuse et de pH basique (8,12) (Issolah, 2007). Les températures varient entre 11,28°C (m) et 20,53°C (M) et la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 648 mm.

Tableau 1 : Provenances de vingt neuf (29) populations algériennes de l'espèce *sulla coronaria*.

N° de Population	Origine	Altitude (m)	Pluviométrie (mm)
01/08	Alger	310	746
02/08	Bejaia	10	964
03/08	Bejaia	05	964
04/08	Bejaia	05	705
05/08	Bejaia	90	705
06/08	Bejaia	10	705
08/08	Bejaia	180	717
09/08	Bejaia	765	850
10/08	Bejaia	87	705
11/08	Bejaia	110	717
12/08	Bejaia	160	717
13/08	Bejaia	485	935
14/08	Sétif	920	564
15/08	Sétif	875	564
16/08	Sétif	1150	500
17/08	Sétif	910	550
18/08	Sétif	790	500
23/08	Souk-Ahras	790	1067
24/08	Souk-Ahras	840	1067
25/08	Souk-Ahras	875	1067
27/08	Souk-Ahras	725	1067
29/08	Guelma	480	650
30/08	Guelma	500	650
31/08	Guelma	480	373
32/08	Guelma	205	550
33/08	Guelma	820	550
34/08	El-Tarf	60	750
35/08	El-Tarf	65	750
36/08	El-Tarf	80	750

(Source : Issolah et al., 2012)

Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Chaque bloc est représenté par 29 populations (30 individus par population). Les populations sont espacées de 1m et les individus de 70 cm.

Au cours de cette étude, trente neuf (39) caractères liés à la phénologie et à la morphologie de la plante, ont été considérés et ce, depuis la levée jusqu'à la sénescence : Date de levée (LEV) ; Stade première feuille simple (PFS) ; Stade deuxième feuille simple (DFS) ; Stade troisième feuille simple (TFS) ; Stade première feuille composée (PFC) ; Stade deuxième feuille composée (DFC) ; Stade troisième feuille composée (TFC) ; Stade rosette (ROS) ; Stade mi-végétatif (MVG) ; Stade végétatif tardif (FVG) ; Apparition du premier bouton floral (BFL) ; Début de floraison (DFL) ; Pleine floraison (PFL) ; Fin floraison (FFL) ; Durée de la floraison (DFO) ; Apparition de la première gousse (PGS) ; Pleine formation de gousses (FGS) ; Début de maturité (DMT) ; Fin de maturité (FMT) ; Début dessèchement (DDS) ; Dessèchement total (FDS) ; Développement hivernal en hauteur (DHH) ; Développement printanier en hauteur (DPH) ; Développement hivernal en largeur (DHL) ; Développement printanier en largeur (DPL) ; Vitesse de croissance en largeur (VCL) ; Vitesse de croissance en hauteur (VCH) ; Longueur du plus grand axe plagiotrope en fin de végétation (LGP) ; Nombre d'axes plagiotropes formés en fin de végétation (NAP) ; Nombre de ramifications / axe plagiotrope (NRP) ; Nombre de

ramifications secondaires (NRS) ; Nombre total de ramifications (NTR) ; Longueur totale de la première feuille (LTF) ; Longueur du limbe de la première feuille (LLF) ; Longueur du pétiole de la première feuille (LPF) ; Nombre de feuilles au niveau de l'axe qui porte la première inflorescence (NFI) ; Nombre de fleurs au niveau de l'axe qui porte la première inflorescence (NFF) ; Nombre de ramifications au niveau de l'axe qui porte la première inflorescence (NRI) ; Longueur de l'axe qui porte la première inflorescence (LAI). Neuf (09) caractères liés à la biométrie ont également été considérés : Nombre moyen de gousses par infrutescence (NGS) ; longueur moyenne d'une gousse (LMG) ; Poids de 100 articles (PAT) ; Poids de 50 gousses (PDG) ; Nombre moyen d'articles par gousse (ARG) ; Poids d'articles par rapport au poids des gousses (RPP) ; Poids de mille grains (PMG) ; Nombre moyen de grains par rapport aux gousses (NGG) ; Nombre moyen de grains par infrutescence (NGI) (Gaad, 2010).

Les données obtenues ont fait l'objet d'une analyse de la variation observée, une analyse en composantes principales (ACP) ainsi qu'une analyse des corrélations (matrice de corrélations, régressions linéaires). Notons que les facteurs écologiques (altitude, pluviométrie (ANRH, 1993)) du milieu d'origine des populations ont également été pris en considération lors des traitements statistiques. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels Gen Stat (2003) (Discovery Edition, version 03), XL-STAT (2010) (version 6.1) et Excel (2007).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

En premier lieu, il est à souligner que la présente étude a porté sur un large éventail de populations (29) alors que les études antérieures, menées sur la morphologie des populations algériennes du Sulla, ont concerné des effectifs plus réduits (Abdelguerfi-Berrekia, 1985 ; Issolah et Khalfallah, 2007).

1. Analyse de la variation

L'analyse de variance a mis en évidence une variation significative pour les caractères suivants : Stade levée, stade deuxième feuille simple, stade troisième feuille simple, développement hivernal en largeur, développement printanier en largeur, nombre moyen de gousses par infrutescence, nombre moyen d'articles par gousse, nombre moyen de grains par gousse et longueur moyenne d'une gousse (Tab. 02).

Le nombre de jours nécessaires à la levée de l'ensemble des populations varie de 11,21 jours à 15,21 jours avec une moyenne de 12,68 jours (Tab.03). Issolah (2007) a signalé que la date de levée varie entre 14,62 jours et 19,84 jours chez la même espèce avec une moyenne de 17,72 jours.

La population 09/08 (Bejaia) appartenant au premier groupe manifeste une capacité d'installation lente (13,85 jours après le semis), par contre, la population 18/08 (Sétif), appartenant au dernier groupe, présente une capacité d'installation rapide (11,72 jours). Les autres groupes présentent des valeurs intermédiaires.

La variation de la date de levée peut être liée aux caractéristiques des graines. En

effet, de nombreuses légumineuses possèdent des grains durs, parmi elles, les espèces du genre *Hedysarum* (Sulas et al., 2000).

Dans une étude antérieure, portant sur quatorze (14) populations d'*Hedysarum coronarium*, Issolah (2007) a signalé un développement hivernal en largeur variant entre 8,48 cm et 18,73 cm à l'issue de la première année. Cependant, chez la même espèce (20 populations), Djilali (1993) a observé une largeur initiale de l'ordre de 43,87 cm. D'autre part, Issolah et Yahiaoui (2008), ont signalé que le développement en largeur de 20 populations de l'espèce *Hedysarum coronarium*, varie de 81,33 cm à 209,25 cm alors que Abdelguerfi-Berrekia (1985) signale un recouvrement hivernal initial entre 175 cm et 220 cm chez la même espèce. Issolah et Khalfallah (2007), signalent que le développement printanier en largeur varie entre 28,44 cm et 80,10 cm à l'issue de la première année alors que le développement final, à l'issue de la deuxième année, varie entre 149,5 cm et 304 cm. Par ailleurs, un développement très appréciable en largeur a été constaté par Issolah et Yahiaoui (2008) à l'issue de la première année, celui-ci variant entre 120,2 cm et 229 cm. Des résultats similaires (175-220 cm) ont été avancés par Abdelguerfi-Berrekia (1985).

L'examen des caractères liés à la fructification, révèle que les populations (27/08 ; 34/08) caractérisées par un nombre d'articles par gousse important, présentent un nombre de grains par gousse également important. Chez les cultivars italiens de l'espèce *H. coronarium*, le nombre d'articles par gousse varie entre 2,80 et 3,32 (Sulas et Ledda, 2008 ; Sulas et al., 1999).

Tableau 2 : Synthèse des résultats de l'analyse de variance chez vingt neuf (29) populations algériennes de l'espèce *Sulla coronaria*.

Caractères	Min.	Max.	Moy.	F. observé	Prob.	C.V.	E.T.	Signification
LEV (jours)	11,21	15,21	12,68	02,11	0,009	05,1	00,65	HS**
PFS (jours)	21,00	23,56	21,73	01,58	0,074	02,5	00,54	NS
DFS (jours)	39,79	51,96	45,84	03,86	<,001	02,9	01,33	THS***
TFS (jours)	55,23	86,43	69,08	02,96	<,001	05,7	03,94	THS***
PFC (jours)	66,77	131,9	93,44	01,58	0,074	09,7	09,06	NS
DFC (jours)	75,72	141,5	108,4	01,26	0,227	00,8	00,87	NS
TFC (jours)	86,90	149,7	119,5	01,20	0,272	07,2	08,60	NS
ROS (jours)	100,3	159,6	132,3	01,43	0,126	05,6	07,41	NS
MVG (jours)	115,7	166,1	142,9	01,17	0,195	09,8	14,00	NS
FVG (jours)	125,1	176,3	152,1	01,17	0,299	04,1	06,24	NS
BFL (jours)	133,0	187,2	161,0	01,12	0,355	04,1	06,60	NS
DFL (jours)	154,6	192,7	171,8	01,04	0,437	03,1	05,33	NS
PFL (jours)	167,8	205,3	181,6	00,98	0,508	03,2	05,81	NS
FFL (jours)	180,5	222,1	194,1	00,88	0,638	03,4	06,60	NS
DFO (jours)	14,79	31,14	22,27	00,98	0,507	14,4	03,21	NS
PGS (jours)	165,2	205,0	179,9	00,98	0,516	02,8	05,04	NS
FGS (jours)	191,0	223,0	201,6	01,00	0,485	02,3	04,64	NS
DMT (jours)	175,0	215,0	187,0	01,22	0,257	02,5	04,68	NS
FMT (jours)	187,0	224,9	198,7	00,90	0,609	02,4	04,77	NS
DDS (jours)	191,0	224,2	203,2	00,82	0,706	02,9	05,89	NS
FDS (jours)	203,5	233,1	213,9	01,26	0,224	02,8	06,52	NS
DHL (cm)	27,54	149,3	80,41	01,77	0,035	18,4	14,80	S*
DPL (cm)	69,62	234,1	161,3	01,72	0,043	11,6	18,71	S*
DPH (cm)	09,90	51,58	21,97	01,39	0,144	22,2	04,84	NS
DHH (cm)	02,11	12,14	05,56	01,17	0,307	33,7	01,87	NS
LGP (cm)	121,9	179,6	159,1	01,06	0,410	06,3	10,02	NS
LAI (cm)	41,42	73,08	55,23	01,35	0,166	09,7	05,36	NS
LTF (cm)	10,40	19,83	15,07	00,73	0,820	13,8	02,08	NS
LPF (cm)	06,95	15,62	11,82	00,66	0,881	16,0	01,89	NS
LLF (cm)	05,45	14,37	09,95	00,79	0,753	18,3	01,82	NS
LMG (cm)	01,05	01,76	01,32	09,65	<0,001	27,56	00,36	THS***
VCL (cm/j)	00,70	01,70	1,349	01,03	0,454	11,5	00,16	NS
VCH (cm/j)	00,12	00,81	00,27	01,11	0,361	42,3	00,11	NS
NFI	12,59	56,66	33,52	00,57	0,944	23,6	07,91	NS
NRI	02,25	6,545	04,59	00,64	0,901	24,7	01,13	NS
NRP	16,55	44,43	28,13	00,82	0,709	18,0	05,06	NS
NFF	11,04	46,53	22,69	00,94	0,563	25,7	05,83	NS
NTR	29,23	62,14	42,83	01,25	0,234	12,6	05,40	NS
NRS	16,55	44,86	28,49	00,88	0,636	17,9	05,10	NS
ARG	02,34	08,38	02,86	06,92	<0,001	24,55	00,70	THS***
NAP	08,70	17,53	13,13	01,53	0,087	14,3	01,88	NS
NGG	02,20	03,24	02,73	06,84	<0,001	27,14	00,74	THS***
NGS	23,43	38,26	28,70	03,88	<0,001	30,92	08,87	THS***

Signification : S (5%)* ; HS (1%)** ; THS (0.1 %)***.

NS : Non significatif.

Le poids moyen de mille grains chez le *Sulla* est de 4,64 g (Tab. 3). Le PMG le plus élevé a été constaté chez la population 23/08 (6,14 g) et le plus faible a été noté chez la population 36/08 (3,39 g) (Tab.03). Notons que, les populations 01/08 (Alger), 13/08 (Béjaia) et 30/08 (Guelma) présentent des poids de mille grains similaires (4,74 g).

Tableau 3 : Variation des infrutescences, gousses et graines chez plusieurs populations algériennes de l'espèce *Sulla coronaria*.

Caractères	Minimum	Maximum	Moyenne de l'espèce
PMG (g)	3,39	06,14	04,64
NGI (g)	54,05	107,9	78,58
PDG (g)	1,64	3,09	2,21
PAT (g)	1,34	2,30	1,70
RPP	0,56	1,07	0,77

Minimum : Moyenne d'une population.

Maximum : Moyenne d'une population.

Chez le genre *Hedysarum*, le poids de mille grains varie d'une espèce à une autre : les populations algériennes d'*Hedysarum coronarium* présentent un PMG oscillant entre 4,3 g (Issolah, 2007) et 5,17 g (Djillali, 1993). Des résultats analogues ont été révélés par Sulas *et al.* (1999), chez deux cultivars italiens (Grimaldi : 4,5 g et Sparacia : 5,1 g) alors que Bulitta *et al.*, (2000) ont indiqué un poids de mille grains variant entre 4,02 g et 4,35 g chez la même espèce.

La population 03/08 (Bejaia) a produit le nombre de grains par infrutescence le plus élevé (107,91), suivie de la population 36/08 (El-Tarf) avec une valeur de

106,37. La moyenne de l'espèce est de 78,58 (Tab. 3). Les populations qui produisent le nombre de grains par infrutescence le plus faible sont celles de Bejaia (13/08) et de Souk-Ahras (29/08) avec respectivement 54,05 et 55,77. Les autres populations présentent des valeurs intermédiaires.

Nous remarquons que les populations 35/08 (El-Tarf) et 17/08 (Sétif) présentent les gousses les plus lourdes (3,09 g) et la population 29/08 (Guelma) est caractérisée par les gousses les plus légères (1,64 g). Les autres populations présentent des valeurs intermédiaires. La population 23/08 (Souk-Ahras) présente un poids de 100 articles relativement supérieur à celui des autres populations avec une valeur de 2,30 g (Tab. 3). Par ailleurs, la population 29/08 (Guelma) présente les articles les plus légers (1,34 g). Néanmoins, Abdelguerfi-Berrekia (1985) signale un poids de 100 articles variant entre 0,75 et 1,70 g chez *Hedysarum coronarium* L. Le rapport poids d'articles sur poids des gousses est variable chez les populations ; il est plus élevé chez la population 16/08 (1,07) alors que la population 35/08 (El-Tarf) présente le rapport le plus faible 0,56 (Tab. 3).

2. Corrélations

La matrice des corrélations a mis en évidence de nombreuses relations entre les caractères phénologiques et biométriques étudiés (Tab. 4).

Ainsi, les populations à grains lourds (PMG) sont précoces quant à la formation de la troisième feuille simple, la troisième feuille composée ainsi que le stade rosette.

Tableau 4 : Matrice des corrélations chez 29 populations algériennes de *Sulla coronaria*.

	DHL	DPH	DPL	LEV	VCH	DHH	DFC	MVG	FVG	BFL	LTF	LLF	DFL	PMG	TFS	TFC	ROS	DFS
DHL	1	0.310	0.932	-0.429	-0.511	0.676	-0.350	-0.534	-0.480	-0.355	0.472	0.397	-0.156	0.282	-0.419	-0.350	-0.502	-0.397
DPH	0.310	1	0.221	0.248	0.985	0.522	0.137	-0.139	-0.159	-0.226	0.154	0.190	0.041	-0.263	0.224	0.146	0.047	0.187
DPL	0.932	0.221	1	0.511	0.110	0.657	-0.416	-0.542	-0.457	-0.346	0.424	0.343	-0.189	0.351	-0.502	-0.483	-0.489	-0.464
LEV	-0.429	0.248	-0.511	1	0.288	-0.089	0.317	0.508	0.403	0.341	-0.506	-0.420	0.228	-0.500	0.650	0.538	0.562	0.540
VCH	0.203	0.985	0.110	0.228	1	0.369	-0.416	-0.077	-0.120	-0.205	0.084	0.125	0.019	-0.307	0.263	0.210	0.111	0.244
DHH	0.676	0.522	0.657	-0.089	0.396	1	-0.244	-0.376	-0.269	-0.206	0.415	0.409	-0.131	0.105	-0.096	-0.257	-0.300	-0.204
DFC	0.350	0.137	-0.416	0.374	0.197	-0.224	1	0.777	0.797	0.669	-0.425	-0.412	0.546	-0.522	0.749	0.916	0.817	0.733
MVG	-0.534	-0.139	-0.542	0.508	-0.077	-0.376	0.777	1	0.890	0.789	-0.641	-0.539	0.553	-0.534	0.704	0.876	0.926	0.614
FVG	0.480	-0.159	-0.457	0.403	-0.120	-0.269	0.797	0.890	1	0.898	-0.531	-0.456	0.571	-0.398	0.684	0.851	0.852	0.519
BFL	-0.287	0.609	0.697	0.692	0.468	-0.287	-0.425	0.641	-0.531	1	-0.433	0.33	-0.231	-0.287	0.609	0.697	0.692	0.468
LTF	0.472	0.154	0.424	-0.506	0.084	0.415	0.696	0.789	0.898	-0.433	1	0.884	0.757	-0.395	-0.614	-0.681	-0.415	-0.415
LLF	0.388	-0.295	-0.548	-0.627	-0.368	0.388	0.546	0.553	0.571	0.757	-0.231	1	-0.104	0.388	-0.295	-0.548	-0.627	-0.368
DFL	-0.157	0.416	0.502	0.437	0.376	-0.157	0.485	0.540	0.534	0.695	-0.251	-0.129	1	-0.157	0.416	0.502	0.437	0.376
PMG	0.282	-0.263	0.351	-0.500	-0.307	-0.263	-0.522	-0.534	-0.398	-0.287	0.179	0.388	-0.157	1	-0.812	-0.581	-0.611	-0.812
TFS	-0.419	0.224	-0.502	0.650	0.263	-0.096	0.749	0.704	0.684	0.609	-0.395	-0.295	0.416	-0.710	1	0.731	0.729	0.844
TFC	0.476	0.146	-0.483	0.538	0.210	-0.257	0.916	0.876	0.581	0.697	-0.614	-0.548	0.502	-0.581	0.731	1	0.935	0.685
ROS	-0.502	0.047	-0.489	0.562	0.111	-0.300	0.817	0.926	0.852	0.692	-0.681	-0.627	0.437	-0.611	0.729	0.935	1	0.665
DFS	-0.397	0.187	-0.464	0.540	0.244	-0.204	0.733	0.614	0.519	0.468	-0.415	0.368	0.376	-0.812	0.844	0.685	0.665	1
PFL	-0.067	0.304	0.483	0.416	0.280	-0.067	0.749	0.704	0.684	0.609	-0.395	-0.295	0.416	-0.067	0.304	0.483	0.416	0.280
NAP	0.130	0.075	0.180	-0.074	0.0058	0.121	0.087	0.154	0.172	0.191	-0.066	0.092	0.169	0.311	-0.102	0.162	0.128	-0.366
NTR	0.339	0.167	0.275	0.162	-0.250	0.229	0.472	0.136	0.102	0.228	-0.156	0.107	0.247	0.125	0.024	0.112	0.934	-0.103
NGG	0.068	-0.217	0.038	-0.077	-0.250	0.059	0.187	-0.026	0.088	0.109	0.152	0.096	-0.212	0.011	0.174	0.023	-0.011	0.119
PAT	-0.062	-0.058	0.049	-0.253	-0.019	-0.214	-0.305	-0.224	-0.248	-0.147	-0.035	-0.012	0.002	0.086	-0.295	-0.305	-0.183	-0.224
LMG	-0.197	-0.269	-0.134	-0.219	-0.273	-0.106	-0.066	-0.057	-0.034	-0.065	0.052	0.058	-0.226	-0.102	0.032	0.066	-0.086	0.044
PDG	-0.059	-0.058	0.034	-0.287	-0.059	-0.019	-0.155	-0.236	-0.236	-0.065	0.169	0.200	-0.071	0.019	-0.164	-0.198	-0.236	-0.095
ARG	0.158	-0.113	0.129	-0.315	-0.138	0.067	-0.200	-0.326	-0.241	-0.252	0.279	0.268	-0.274	0.061	-0.057	-0.200	-0.299	-0.015

Seuils de signification : 5% : 0.367 ; 1% : 0.470 ; 0.1% : 0.579.

Tableau 4 (suite) : Matrice des corrélations chez 29 populations algériennes de *Sulla coronaria*.

	PFL	NAP	NTR	NGG	PAT	LMG	PDG	ARG
DHL	-0.179	0.130	0.339	0.068	-0.062	-0.197	-0.059	0.158
DPH	0.026	0.075	0.167	-0.217	-0.058	-0.269	-0.058	-0.113
DPL	-0.202	0.187	0.275	0.038	0.049	-0.134	0.034	0.129
LEV	0.181	-0.074	0.162	-0.077	-0.253	-0.219	-0.287	-0.315
VCH	0.058	0.203	0.136	-0.256	-0.019	-0.273	-0.060	-0.138
DHH	-0.150	0.676	0.229	0.059	-0.214	-0.106	-0.019	0.067
DFC	0.485	0.087	0.101	0.187	0.305	0.066	-0.155	-0.038
MVG	0.549	0.154	0.136	0.187	-0.305	-0.057	-0.236	-0.326
FVG	0.543	0.172	0.102	0.088	-0.248	-0.034	-0.085	-0.241
BFL	0.695	0.191	0.229	0.109	-0.147	-0.065	-0.071	-0.252
LTF	-0.251	0.066	-0.156	0.152	-0.035	0.052	0.169	0.279
LLF	-0.129	0.092	0.107	0.096	-0.012	0.058	0.200	0.268
DFL	0.930	0.169	0.247	-0.212	0.002	-0.226	-0.071	-0.274
PMG	-0.067	0.311	0.102	0.011	0.086	-0.102	-0.019	0.061
TFS	0.304	-0.102	0.024	0.174	-0.295	0.032	-0.164	-0.057
TFC	0.485	0.162	0.112	0.023	0.229	-0.006	-0.198	-0.200
ROS	0.416	0.128	0.145	-0.011	-0.183	-0.086	-0.236	-0.299
DFS	0.280	-0.366	-0.103	0.119	-0.224	0.044	-0.155	-0.015
PFL	1	0.189	0.308	-0.235	0.038	-0.245	-0.049	-0.370
NAP	0.189	1	0.609	0.072	-0.024	0.116	0.082	0.033
NTR	0.307	0.609	1	0.173	0.193	-0.126	0.103	-0.113
NGG	-0.235	0.072	0.173	1	-0.233	0.546	0.179	0.623
PAT	0.038	-0.024	0.193	-0.233	1	0.146	0.682	-0.049
LMG	-0.245	0.116	-0.126	0.546	0.146	1	0.545	0.705
PDG	-0.049	0.082	0.103	0.179	0.682	0.545	1	0.236
ARG	0.370	0.033	-0.113	0.623	-0.049	0.705	0.236	1

Les formes précoces pour le caractère apparition du premier bouton floral, sont également précoces pour les stades : troisième feuille simple, deuxième feuille composée, deuxième feuille composée, troisième feuille composée, stade rosette,

mi-végétatif, stade végétatif tardif, début floraison et pleine floraison. Les populations précoces pour le caractère début de floraison présentent aussi une précocité lors des stades : troisième feuille simple, premier bouton floral et pleine floraison.

Les populations caractérisées par un recouvrement hivernal en largeur appréciable, sont caractérisées aussi par un développement printanier en hauteur appréciable. Chez le genre *Hedysarum*, *Berrekia* et Abdelguerfi (1988) indiquent que le développement végétatif faible est généralement associé à une floraison et une formation de gousses tardives. Les populations à développement printanier en hauteur important sont caractérisées par une levée précoce et une croissance hivernale en hauteur faible. Chez *Hedysarum coronarium*, Issolah (2007) a montré que les populations performantes, quant au développement final en hauteur, sont caractérisées par un bon développement printanier en hauteur, un bon recouvrement du sol et sont tardives quant à l'apparition de la première inflorescence.

Les populations qui présentent un nombre élevé d'axes plagiotropes portent des axes très ramifiés.

Les populations à nombre de grains par gousse élevé, présentent un poids des articles également élevé. Les populations dont les gousses sont longues, présentent des gousses lourdes, et un nombre d'articles par gousse élevé. Les populations qui présentent plus d'articles par gousse possèdent les plus longues gousses ainsi qu'un nombre de grains par gousse élevé.

3. Régressions

Pour une meilleure visualisation des corrélations existantes entre certains caractères, et un facteur écologique (altitude) du milieu d'origine des populations considérées, nous avons eu recours aux droites de régressions (Fig.01).

Ainsi, le modèle linéaire explique à 20% la corrélation établie entre l'altitude et le stade levée. Plus l'altitude augmente, plus les populations sont précoces pour le stade levée ($y=-0,00x+12,7$; $R^2=0,207$).

L'altitude est corrélée négativement aux stades deuxième feuille simple ($y=-0,002x+47,8$; $R^2=0,459$), troisième feuille simple ($y=-0,006x+71,87$; $R^2=0,344$), deuxième feuille composée ($y=-0,006x+111,7$; $R^2=0,202$), troisième feuille composée ($y=-0,006x+122,4$; $R^2=0,198$) et le stade rosette ($y=-0,006x+135,2$; $R^2=0,240$). Le modèle linéaire explique à 45,9%, 34,4%, 20,20%, 19,8% et 24%, respectivement, les corrélations établies entre ces caractères (Fig.01).

Les populations à début de maturité précoce, sont originaires des régions de forte altitude ($y=-0,003x+180,6$; $R^2=0,217$). Le modèle linéaire explique à 21,7% la corrélation observée (Fig.01).

Le développement printanier en hauteur est lié négativement à l'altitude du milieu d'origine. En effet, plus l'altitude augmente, plus le développement printanier en hauteur est faible ($y=-0,005x+24,36$; $R^2=0,184$). Le modèle linéaire explique à 18% la corrélation établie.

La vitesse de croissance en hauteur diminue avec l'augmentation de l'altitude ($y=-0,005x+0,311$; $R^2=0,196$). Le modèle linéaire explique à 19,6% la corrélation constatée (Fig.01).

L'altitude semble agir positivement sur le poids de mille grains. Ce dernier augmente avec l'augmentation de l'altitude ($y=0,001x+4,84$; $R^2=0,457$). La variation du PMG est expliquée à 45,7% par le modèle linéaire (Fig.01).

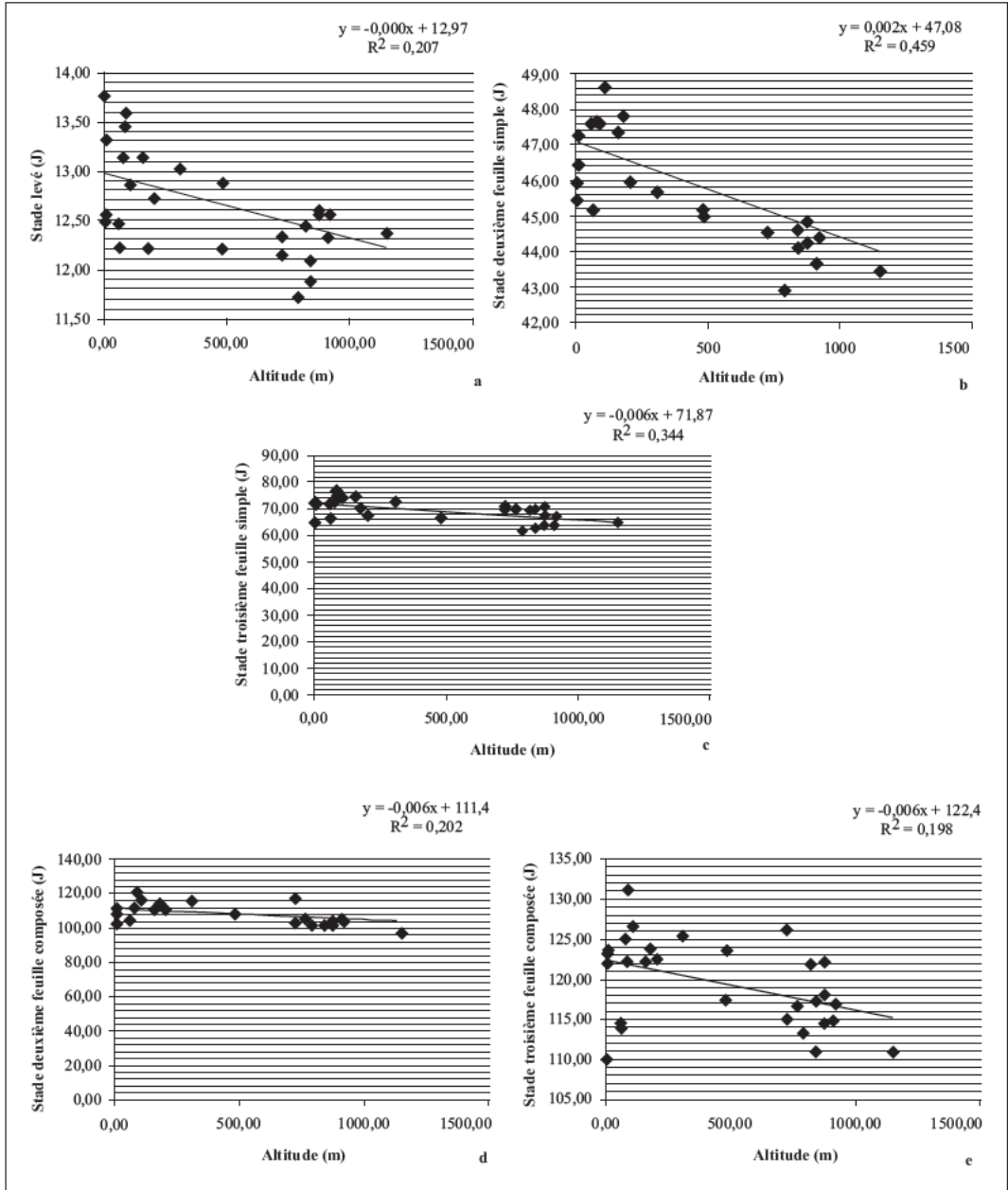


Figure 1 : Relations entre quelques caractères morphologiques et l'altitude du milieu d'origine chez plusieurs populations algériennes de *Sula coronaria* : a) Levée (LEV) x Altitude, b) Deuxième feuille simple (DFS) x Altitude, c) Troisième feuille simple (TFS) x Altitude, d) Deuxième feuille composée (DFC) x altitude, e) Troisième feuille composée (TFC) x Altitude.

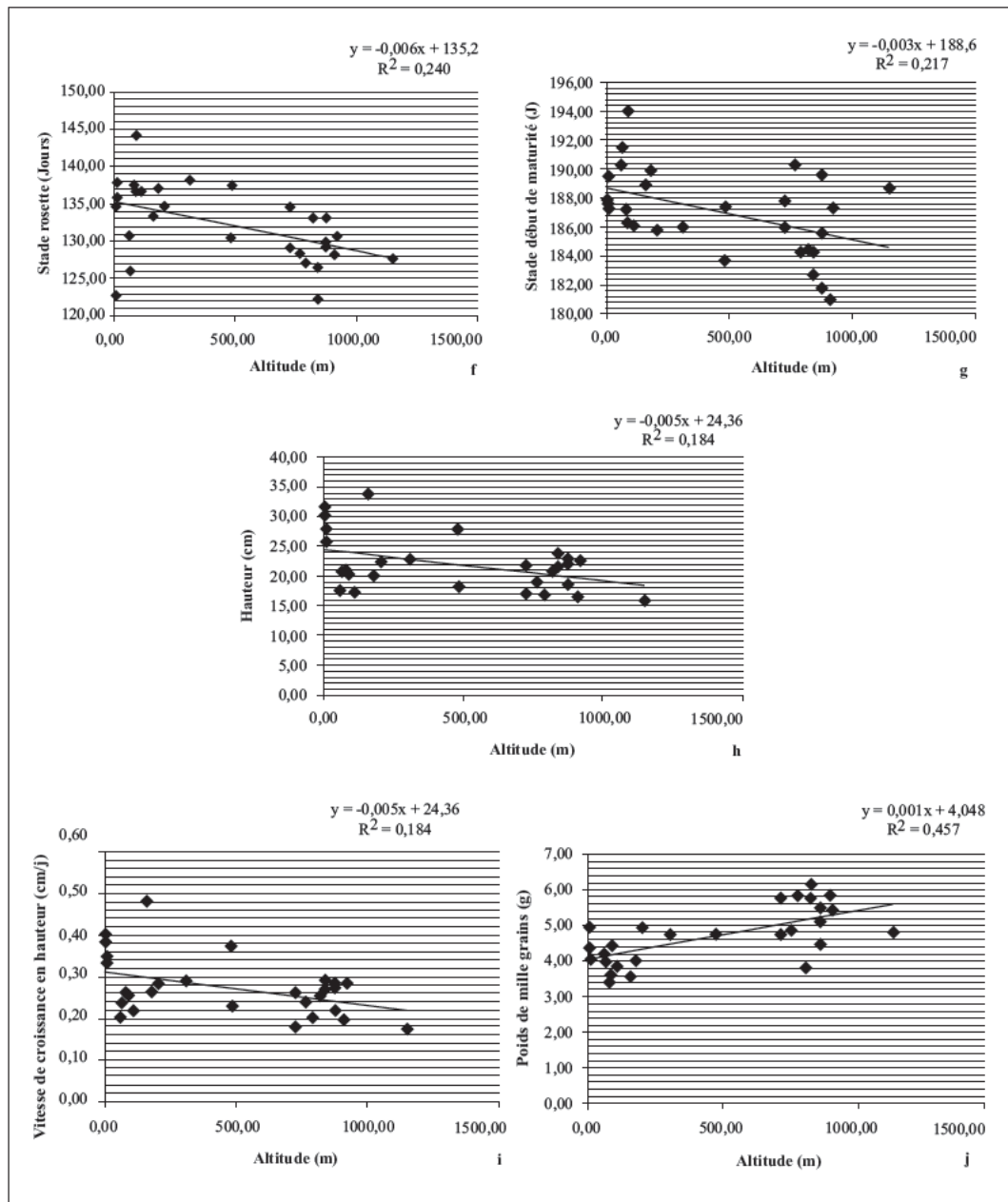


Figure 1 : (suite). Relations entre quelques caractères morphologiques et l'altitude du milieu d'origine chez plusieurs populations algériennes de *sulla coronaria* : f) Stade rosette (ROS) x Altitude, g) Début de maturité (DMT) x Altitude, h) Développement printanier en hauteur (DPH) x Altitude, i) Vitesse de croissance en hauteur (VCH) x Altitude, j) Poids de mille grains (PMG) x Altitude.

Dans leur étude réalisée sur quatorze populations de l'espèce *Hedysarum coronarium*, Issolah et Khalfallah (2007) signalent également que les populations à poids de mille grains élevé sont originaires des régions de forte altitude, tandis que, chez *Hedysarum glomeratum*, les facteurs du milieu d'origine ne semblent pas avoir d'effet très net sur le poids de mille grains (Abdelguerfi-Berrekia, 1985).

Ainsi, l'altitude semble avoir un effet déterminant sur les dix caractères suivants : stade levée, deuxième feuille simple, troisième feuille simple, deuxième feuille composée, troisième feuille composée, stade rosette, début de maturité, développement printanier en hauteur, vitesse de croissance en hauteur et le poids de mille grains. Signalons enfin que la pluviométrie ne semble pas avoir d'influence sur la variation observée.

4. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales a été réalisée sur 29 populations et 17 variables. L'altitude et la pluviométrie sont considérées comme variables supplémentaires.

Selon la qualité décroissante de la représentation, les variables les mieux représentées apparaissent comme suit :

DPL>DHL>TFS>LMG>DFS>LEV>LTF>BFL>PFL>ARG>DHH>NTR>PGS.

Ces 13 variables ont une qualité de représentation supérieure ou égale à 55%. Les variables NGI, NAP, DPH, ont une qualité de présentation qui varie entre 28% et 41%, alors que la variable NGG à une qualité de représentation de 23,8% seulement.

Globalement, les résultats ont indiqué la bonne distribution des variables à travers les deux axes (Tab. 5).

L'axe 1 traduit bien le développement végétatif en général. En effet, il est corrélé

positivement avec les variables relatives au développement printanier en largeur (DPL), le développement hivernal en largeur (DHL), le développement hivernal en hauteur (DHH) et la longueur totale de la première feuille (LTF). Il est corrélé négativement avec les variables faisant intervenir les stades phénologiques suivants : stade levée (LEV), troisième feuille simple (TFS), deuxième feuille simple (DFS), premier bouton floral (BFL) et pleine floraison (PFL).

L'axe 2 est défini positivement par les variables : longueur moyenne d'une gousse (LMG), nombre d'articles par gousse (ARG) et nombre de grains par gousse (NGG). Il est défini négativement par le développement printanier en hauteur (DPH), le nombre total de ramifications (NTR) et le nombre de grains par infrutescence (NGI). L'axe 2 est un axe de fructification (Tab.5).

Les populations situées sur le côté positif de l'axe 1 constituent le groupe A : 03/08 (Bejaïa), 14/08, 15/08, 16/08 (Sétif), 23/08, 25/08 (Souk-Ahras), 30/08, 31/08, 32/08 (Guelma) et 35/08 (El-Tarf). Elles présentent un développement végétatif important (DPL ; DHL ; DHH et LTF). Les populations situées à l'opposé, constituent le groupe B : 05/08, 08/08, 09/08, 10/08 et 11/08 (Bejaïa). Elles sont composées d'individus précoces pour les stades phénologiques suivants : LEV, TFS, DFS, BFL et PFL (Fig. 2).

Les populations situées sur le côté positif de l'axe 2 constituent le groupe C : 17/08, 18/08 (Sétif), 27/08 (Souk-Ahras) et 34/08 (El-Tarf). Celles-ci présentent de longues gousses (LMG), un nombre d'articles par gousse élevé (ARG) et un nombre de grains par gousse (NGG) également élevé. Par contre, les populations situées à l'opposé correspondent au groupe D (01/08 :

Alger ; 04/08 : Bejaia). Celles-ci présentent un développement printanier en hauteur réduit (DPH), un faible nombre total de ramifications (NTR) et un nombre faible de grains par infrutescence (NGI) (Fig. 2).

Les populations qui composent le groupe A se chevauchent légèrement avec celles du groupe C, ce qui démontre que des individus de ces populations présentent des similitudes entre eux, plus particulièrement pour le nombre d'articles par gousse (ARG).

L'analyse en composantes principales a mis en relief l'existence d'une grande variation entre les populations provenant de la même région, particulièrement de Bejaia et de Sétif. Concernant les populations de Bejaia, une variation intraspécifique a également été mise en évidence

pour les caractères phénologiques et biométriques liés à la date de levée (LEV), la troisième feuille simple (TFS), la deuxième feuille simple (DFS), l'apparition du premier bouton floral (BFL), la longueur moyenne d'une gousse (LMG), le nombre de grains par gousse (NGG). Pour le cas des populations de Sétif, la variation intraspécifique est liée au nombre d'axes plagiotropes (NAP), le nombre de grains par infrutescence (NGI) et le nombre d'articles par gousse (ARG).

Chez la même espèce, Issolah et Khalfallah (2007) ont également signalé l'existence d'une grande variation morpho-physiologique entre les populations provenant d'une même région, particulièrement de Sétif, et intraspécifique pour les caractères de précocité et de production.

Tableau 5 : Analyse en composantes principales relative à l'étude phénologique et biométrique chez plusieurs populations algériennes de *Sulla coronaria*.

Variables	Axe 1 (27,2 %)		Axe 2 (16,43%)	
	Inertie	Cosinus. Carré (%)	Inertie	Cosinus. Carré (%)
LEV	-0,686	47,00	-0,303	09,2
DFS	-0,727	52,9	-0,027	00,1
TFS	-0,749	56,2	-0,108	01,2
DHL	0,808	65,3	-0,385	14,8
DPL	0,834	69,6	-0,326	10,6
ARG	0,323	10,4	0,660	43,6
LMG	0,036	00,1	0,751	56,4
NGG	0,083	00,7	0,480	23,1
NGI	0,204	0,41	-0,307	09,4
PGS	-0,236	0,55	-0,047	00,2
NTR	0,083	00,7	-0,527	27,8
LTF	0,681	46,4	0,100	01,0
BFL	-0,677	45,9	-0,227	05,2
NAP	0,166	0,28	-0,235	05,5
DHH	0,555	30,8	-0,441	19,5
DPH	0,133	0,18	-0,545	29,7
PFL	-0,477	22,7	-0,472	22,3
ALT	0,374	18,7	0,277	10,3
PLV	-0,032	00,2	-0,253	11,0

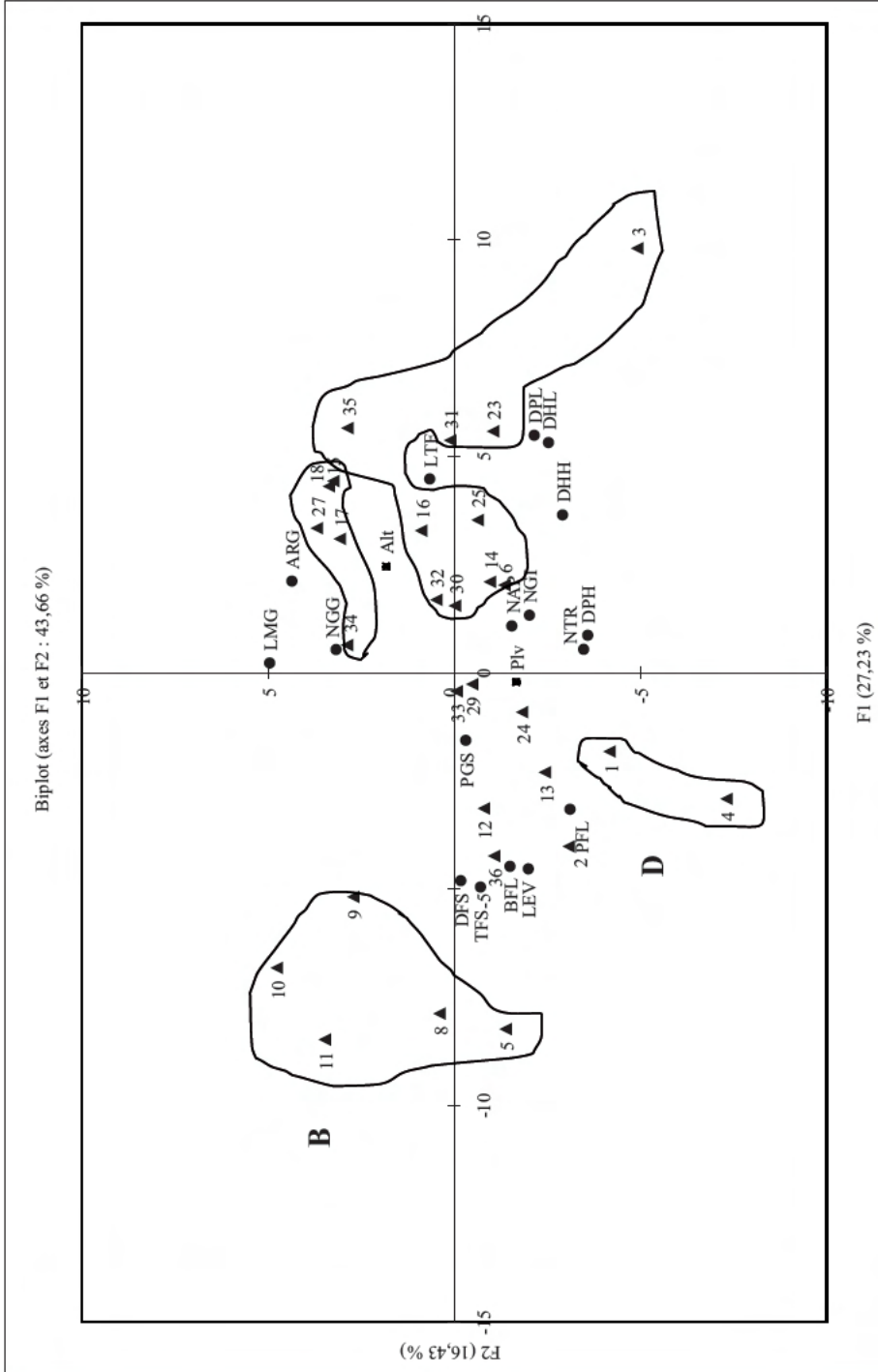


Figure 2 : Analyse en composantes principales chez 29 populations algériennes de l'espèce *Sulla coronaria* (Plan 1-2). Groupe A : 03/08 ; 14/08 ; 16/08 ; 23/08 ; 30/08 ; 31/08 ; 32/08 ; 35/08.
 Groupe B : 5/08 ; 8/08 ; 9/08 ; 10/08 ; 11/08. Groupe C : 15/08 ; 17/08 ; 18/08 ; 27/08 ; 34/08.
 Groupe D : 01/08 ; 04/08

CONCLUSION

Au terme de cette étude menée sur vingt neuf (29) populations de l'espèce *Sulla coronaria* (L.) Medik., un certain nombre de résultats ont été mis en relief.

Ainsi, l'analyse de variance a mis en évidence une variabilité phénotypique importante pour certains caractères liés au stade levée (LEV), stade deuxième feuille simple (DFS), stade troisième feuille simple (TFS), développement hivernal en largeur (DHL), développement printanier en largeur (DPL) et certains caractères liés à la production tel que le nombre moyen de gousses par infrutescence (NGS), la longueur moyenne d'une gousse (LMG), le nombre moyen d'articles par gousse (ARG) et le nombre moyen de grains par gousse (NGS).

Ce travail a également montré l'existence de très fortes corrélations entre certains caractères liés aux stades phénologiques (levée, première feuille simple, deuxième feuille simple, troisième feuille simple, deuxième feuille composée, troisième feuille composée, stade rosette, stade mi-végétatif, stade végétatif tardif, premier bouton floral et fin floraison).

En effet, ces caractères pris deux à deux évoluent positivement. Il en est de même pour les caractères liés aux performances du végétal (vigueur printanière et hivernale, nombre de ramifications et dimensions de la première feuille). Notons que de for-

tes corrélations négatives sont aussi enregistrées entre certains caractères liés à la reproduction du végétal (plus particulièrement le poids de mille grains) et quelques caractères de la période végétative (stade deuxième feuille simple, troisième feuille simple et stade rosette). Ainsi, les populations précoces pour ces stades, présentent un poids de mille grains élevé.

Le modèle linéaire montre que l'altitude semble exercer un effet déterminant sur certains caractères lié au développement végétatif (stade levée, stade deuxième feuille simple, stade troisième feuille simple, stade deuxième feuille composée, stade troisième feuille composée, stade rosette, développement printanier en hauteur, vitesse de croissance en hauteur) et sur quelques caractères liés à la production (début de maturité, poids de mille grains). La pluviométrie, par contre, ne semble pas avoir d'influence dans ces cas.

L'analyse en composantes principales (ACP) a montré la bonne répartition de plusieurs variables (DPL, DHL, TFS, LMG, DFS, LEV, LTF, BFL, PFL, ARG, DHH, NTR, PGS).

Les résultats de cette étude ont mis en relief l'intérêt de cette espèce à la fois fourragère, mellifère et ornementale et la nécessité de l'inclure dans un programme de sélection ultérieur pour une meilleure exploitation de la variation observée.

Références bibliographiques

- Abdelguerfi-Berrekia R., 1985. Contributions à l'étude du genre *Hedysarum* en Algérie. Thèse Magister. INA. El-Harrach. 131P.
- Abdelguerfi A. et Laouar M., 2000. Autoécologie des légumineuses spontanées d'intérêt fourrager et/ou pastoral en Algérie. 10th Meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CIHEAM Inter-Regional Cooperative Research and Development network on Pasture and Fodder Crops. Sassari (Italy), from 4 to 9 April 2000. Cahiers Options Méditerranéennes, vol. 45 : 97-101.
- Addis M., Cabiddu A., Pinna G., Decandia M., Piredda G., Pirisi A., Molle G., 2005. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. J. Dairy Sci. Vol. 88 : 3443-3454.
- Ameziane T. E. et Berkat O., 1989. Production Fourragère et pastorale au Maroc : bilan succinct des acquis et orientation des recherches. In : "Constitution de réseaux thématiques de recherche agricole au Maghreb". (A. Birouk, A. Ouhsine, et. T. E. Améziane, eds.) Rabat, Maroc : 83-87.
- ANRH, 1993. Carte pluviométrique de l'Algérie du nord. Moyennes annuelles ramenées à la période 1922/1960-1969/1989. Echelle 1/500 000. Cartes dressées par l'ANRH avec la collaboration scientifique de Jean-Pierre Laborde (URA 1476 du CNRS).
- Bazzoffig P., Chisci C., Pagliai M., Papini R., Pellegrini S., Vignozzi N., 2001. Association of Sulla and Atriplex shrub for the physical improvement of clay soils and environmental protection in central Italy. Agriculture Ecosystems & Environment, Vol. 84 : 45-53.
- Ben Jeddi, F., Zouaghi, M., et Behaeghe, T. 1998. Le Sulla sauvage: biodiversité et création variétale. In "Actes du premier séminaire international sur la mobilisation, l'exploitation et la conservation des ressources naturelles" : 387-397.
- Bennett S.J., 2003. New perennial legumes for sustainable agriculture. Universit of Western Australia : 224P.
- Bermingham E., McNabb W.C., Sutherland Ian A., Sinclair R., Treloar B., Nicole C.R., 2006. Whole-body valine and cysteine kinetics and tissue fractional protein synthesis rates in lambs fed Sulla (*Hedysarum coronarium*) and infected or not infected with adult *Trichostrongylus colubriformis*. British Journal of Nutrition, Vol. 96, n° 1 : 28-38.
- Bermingham E.N., McNabb W.C., Sutherland Ian A., Sinclair R., Treloar B., Nicole C.R., 2007. Intestinal, hepatic, splanchnic and hindquarter amino acid and metabolite partitioning during an established *Trichostrongylus colubriformis*, infection in the small intestine of lambs fed

- fresh *Sulla* (*Hedysarum coronarium*). British Journal of Nutrition, Vol. 98, n° 6 : 1132-1142.
- Berrekia R. et Abdelguerfi A., 1988. Contribution à l'étude des espèces spontanées de genre *Hedysarum* en Algérie : Comportement en culture expérimentale de 113 populations appartenant à 6 espèces annuelles. Annales de l'institut national d'agronomie, vol.12 : 220-232.
- Bonanno A., Di Grigoli A., Stringi L., Di Miceli G., Giambalvo D., Tornambè G., Vargetto D., Alicata M.L., 2007. Intake and milk production of goats grazing *Sulla* forage under different stocking rates. Italian Journal of Animal Science, Vol. 6 (Suppl.1) : 605-607.
- Bullitta S., Bullitta P., Saba P., 2000. Seed production and its components in Sardinian germplasm of *Hedysarum coronarium* and *Hedysarum spinosissimum*. 10th meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CIHEAM. Inter-Regional national cooperative research and development network on pasture and fodder crops. Sassari (Italy), from 4 to 9 April 2000. Options Méditerranéennes, Vol. 45 : 355-358.
- Cabiddu A., Addis M., Pinna G., Decandia M., Sitzia M., Piredda G., Pirisi A., Molle G., 2006. Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. Animal Feed Science and Technology, Vol.131 : 292-311.
- Choi B. H. and Ohashi H., 2003. Generic criteria and infrageneric system for *Hedysarum* and related genera (*Papilionoideae* - *Leguminosae*). Taxon, 52, 567-576.
- Christou P., 1992. Engineering and *in vitro* culture of crop legume. Ed.CRC Presse, 307p.
- Dhan S., Zribi K., Jeddi F., Aouani M.E., Zouaghi M., 2006. Enquête sur la nodulation de *Hedysarum coronarium* (variété Bikra 21) en Tunisie. Workshop international sur diversité des Fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales. Alger, 19-22 février 2006 : 249-252.
- Djilali S., 1993. Contribution à l'étude de la biologie florale chez quelques espèces annuelles spontanées de genre *Hedysarum* Thèse Ingénieur. INA. El-Harrach. 100P.
- Engel C., 2003. Wild health : Lessons in natural wellness from the animal kingdom. Ed. Houghton Mifflin Harcourt. 288P.
- Excel, 2007. Microsoft office Professional Plus 2007. © Microsoft Corporation.
- Gaad D., 2010. Contribution à l'étude morphologique et phénologique de 29 populations Algérienne de *Sulla coronaria* (L.) Medik. (syn. *Hedysarum coronarium* L.). Mémoire de Magister. ENSA. 103P.
- Gen-Stat 2003. Logiciel statistique, version 3.

Hannachi-Salhi A., Combes D., Baatout H., Figier J., Marrakchi M., Boussaid M., Trifi-Farah N., 2009. Evaluation des ressources génétique des espèces du genre *Hedysarum* dans le bassin méditerranéen. PGR newsletter. Issue n°130. Ed. Bioversity International - FAO : 65-72.

Hommel R. et Rejnont P., 1947. Apiculture. Ed. J.B. Bailier. Paris. 301P.

Issolah R., 2007. Analyse de la variabilité morpho-physiologique et caryotypique de populations Algériennes de l'espèce *Hedysarum coronarium* L. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomique. INA. 76P.

Issolah R. and Abdelguerfi A., 1999. Variability within 31 spontaneous populations of *Trifolium scabrum* L. Nature of relations with factors of the site of origin. IX Meeting of the Mediterranean Sub-Network of the FAO-CIHEAM Inter-Regional Cooperative Research and Development Network on Pastures and Fodder Crops, 1997/11/26-29, Badajoz (Spain). Cahiers Options Méditerranéennes. Vol.39 : 123-127.

Issolah R. and Khalfallah N., 2007. Analyses of the morphophysiological variation within some Algerian populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). Journal of Biological Science, Vol.7 : 1082-1091.

Issolah R. et Yahiaoui S., 2008. Phénologique variation within several Algerian populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae). 12th Meeting of

the Sub-Network on Mediterranean Forage Resources of the FAO-CIHEAM Inter-regional Cooperative Research and Development Network on Pastures and Fodder Crops. From 9 to 12 April 2008, Elvas (Portugal). Options Méditerranéennes, séries A (Séminaires Méditerranéens) n° 79 : 385-388.

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-CIHEAM Sub-Network on Mediterranean pastures and fodder crops. Alicante (Spain). April 2010. Options Méditerranéennes. Série A : Mediterranean Seminars. Number 92 : 135-138.

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 : 1653-1664.

Issolah R., Beloued A. and 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.

- 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*) en Algérie. Les actes des 3^{ème} journées de l'INRAA sur l'Agriculture de montagne. Développement régional et régionalisation de la recherche. Bejaia, les 11-12 Avril 2001 : 209-222.
- 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. and Djellal L., 2012. Caractérisation écologique de l'habitat naturel du *Sulla* (*Fabaceae*) dans le Nord Est de l'Algérie. Revue d'Ecologie (Terre et Vie). Vol. 67, 3 : 295- 304.
- Lapeyronie A., 1982. Les productions fourragères méditerranéennes : Généralités, caractères botaniques et biologiques. Ed. Maison neuve et laros, 425 p.
- Lemery N. et Morelot S., 1847. Nouveau dictionnaire des drogues et composés. Ed. IMP de Valade, 678 p.
- Lombardi P., Argenti G., Sabatini S., Pardini A., 2000. Productive and ecophysiological characteristics of some varieties of *Sulla* (*Hedysarum coronarium*) in Mediterranean area of Tuscany. In legumes for Mediterranean forage crop pasture and alternatives uses. 10th Meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CHEAM inter-regional cooperative research and development network and fodder crop. Sassari (Italy), from 4 to 9 April 2000. Options Méditerranéennes, Vol. 45 : 281-285.
- Molle G., Decandia N., Fois S., Lougios A., Cabiddu C., Sitizia M., 2003. The performance of Mediterranean dairy sheep given access to *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.) and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) pastures in different time proportions. Small Ruminant Research, Vol. 49 : 319-328.
- Noutfia A., 2008. *Sulla*. Tawassol : Bulletin trimestriel d'information du centre régional de la recherche agronomique de Tanger. Ed. INRAM, 18 p.
- Priolo A., Bella M., Lanza M., Galofaro V., Biondi L., Barbagallo D., Ben Salem H., Pennisi P., 2005. Carcass and meat quality of lambs fed fresh *Sulla* (*Hedysarum coronarium*) with or without polyethylene glycol or concentrate. Small Ruminant Research, Vol. 59 : 281-288.
- Quezel P. et Santa L., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS. Tome I : 565P.
- Rahmann G. et Seip H., 2008. Bioactive forage and phytotherapy to cure and control endo-parasite diseases in sheep and goat farming systems - a review of current scientific knowledge. Institute of Organic Farming, Agricultural Research Centre (FAL) : 16P.

Sulas L., Ledda M., 2008. Sulla (*Hedysarum coronarium*) seed production at different sowing rates. The 12th Meeting of the Sub-Network on Mediterranean Forage Resources of the FAO-CIHEAM Inter-regional Cooperative Research and Development Network on Pastures and Fodder Crops. Elvas (Portugal) from 9 to 12 April 2008. Options Méditerranéennes n° 79 (Série A). Séminaires Méditerranéens : 483-486.

Sulas L., Re G.A., Caredda S., 1999. Hard seed breakdown pattern of Sulla (H.C) in relation of its regeneration capacity and persistence. Options Méditerranéennes, Vol. 39 : 79-82.

Sulas L., RE G. A., Stangoni A. P., Ledda L., 2000. Growing cycle of *Hedysarum coronarium* L. (sulla) : relationship between plant density, stem length, forage yield and phytomass partitioning. The 10th

meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CHEAM inter-regional cooperative research and development network and fodder crop. Sassari (Italy), du 4 au 9 Avril 2000. Options Méditerranéennes, Vol.45 : 147-151.

Trifi-Farah N., Chatti, W.S., Marrakchi, M., Pernes J., 1989. Déterminisme génétique de dix systèmes enzymatiques chez *Hedysarum coronarium* L. Agronomie, Vol. 09 : 503-510.

Wils B., 1984. Soil conservation plants for the semis and high country and rangelands of New Zealand : a resources' under siege. Proceeding of the second international congress. Cambridge University Press, 634P.

XL-STAT., 2010. Logiciel statistique, version 6.1.