



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org



AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Française pour la Production Fourragère

Variabilité agromorphologique de populations naturelles de *Sulla coronaria* (L.) Medik dans le nord-est algérien

I. Achichi¹, Chaker-Houd K.², Ghamri A.N.¹, Slimani A.¹, Semmar M.F.³

***Sulla coronaria* (L.) Medik est une espèce à la fois fourragère et de conservation des sols. L'analyse pour la caractérisation de la variabilité agromorphologique de ses populations naturelles en Algérie doit permettre d'améliorer son utilisation tout en assurant sa pérennité dans son milieu naturel.**

RÉSUMÉ

Pour approfondir les connaissances des espèces fourragères naturelles en Algérie, une étude agromorphologique de la légumineuse *Sulla coronaria* (L.) Medik a été entreprise dans le nord-est algérien. Parmi 9 populations choisies dans 4 biotopes différents, 16 caractères ont été systématiquement mesurés ou analysés. Les analyses de variance ont révélé une nette variabilité intraspécifique, notamment pour les semences, le nombre d'inflorescences, la biomasse (taille et production), en lien avec le type de sol et le climat.

SUMMARY

Agromorphological variability within natural populations of *Sulla coronaria* (L.) Medik in northeastern Algeria

An agromorphological study of the legume species *Sulla coronaria* (L.) Medik was carried out in northeastern Algeria. We examined 9 populations representing 4 biotopes. Sixteen characters were systematically evaluated. The statistical analysis revealed a clear relationship between intraspecific variability and both soil and climatic conditions, which was manifest notably in seeds, nodulation, inflorescence number, and biomass (production and quantity).

S*ulla coronaria* (L.) Medik, autrefois connu sous le nom d'*Hedysarum coronarium* (LINNÉ, 1753 ; ISSOLAH *et al.*, 2012), est **la fabacée pastorale naturelle la plus répandue dans le nord-est algérien et le bassin méditerranéen** (TALAMUCCI 1998 ; ISSOLAH *et al.*, 2006). Elle a fait l'objet de plusieurs études, aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale, portant essentiellement sur l'étude de sa reproduction, l'analyse de sa variabilité phénotypique (ABDELGUERFI-BERREKIA, 1985 ; ISSOLAH et KHALFALLAH, 2007 et 2010 ; GAAD *et al.*, 2012 ; RUISI *et al.*, 2011), l'analyse enzymatique (TRIFI-FARAH *et al.*, 1989) ainsi que sa valeur alimentaire (CHAKER-HOUD *et al.*, 2017).

Outre sa présence spontanée, le sulla est cultivé dans de nombreux pays et plus particulièrement dans tout le pourtour méditerranéen, notamment en France, au Portugal,

en Espagne, en Italie et au Maghreb (FLORES *et al.*, 1997 ; TRIFI-FARAH *et al.*, 2002) pour son haut potentiel de production et sa polyvalence, ainsi que pour son rôle dans l'amélioration pastorale et de la fertilité des sols (*via* la fixation de l'azote atmosphérique et l'amélioration du taux de matière organique), en particulier pour les sols en pente (TRIFI-FARAH *et al.*, 2002 ; SLIM et BEN JEDDI, 2011). Les formes spontanées de cette fabacée sont exploitées par les agriculteurs pour la pâture et jouent un rôle dans la protection des sols contre l'érosion (WATSON, 1982). Le sulla soulève un intérêt croissant pour son excellent potentiel d'adaptabilité à des environnements marginaux, pour sa résistance à la sécheresse (BORREANI *et al.*, 2003 ; ANNICHIA-RICO *et al.*, 2008) et pour la re-végétalisation des terres perturbées (FLORES *et al.*, 1997).

AUTEURS

1 : Laboratoire Santé Animale, Productions Agricoles, Environnement et Sécurité Alimentaire, Département d'Agronomie, Université Chadli Bendjedid El-Tarf (Algérie) ; Université Chadli Bendjedid, BP 73, El-Tarf 36000 (Algérie) ; imene_hachichi@yahoo.fr ; ali_slimani_dz@yahoo.fr

2 : Laboratoire Agriculture et Fonctionnement des Ecosystèmes, Université Chadli Bendjedid El-Tarf (Algérie)

3 : Laboratoire de Biodiversité et Pollution des Ecosystèmes, Université Chadli Bendjedid El-Tarf (Algérie)

MOTS CLÉS : Algérie, composition morphologique, facteur milieu, fixation symbiotique de l'azote, fourrage, légumineuse, ressources génétiques, sulla, *Sulla coronaria*, surface foliaire, système racinaire, variabilité génétique.

KEY-WORDS : Algeria, environmental factor, forage, legume, genetic resource, genetic variation, leaf area, morphological composition, root system, sulla, *Sulla coronaria*, symbiotic nitrogen fixation.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Achichi I., Chaker-Houd K., Ghamri A.N., Slimani A., Semmar M.F. (2018) : « Variabilité agromorphologique de populations naturelles de *Sulla coronaria* (L.) Medik dans le nord-est algérien », *Fourrages*, 236, 275-279

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

L'objectif de ce travail, est d'étudier la variabilité phénotypique des populations naturelles de *sulla* dans leur habitat naturel, à travers l'évaluation biométrique d'une série de paramètres agromorphologiques. Des collectes ont été effectuées dans des populations du Tell oriental (Algérie) dans neuf stations réparties selon un gradient biogéographique et bioclimatique.

1. Matériel et méthodes

■ Présentation et localisation de la zone d'étude

Le Tell nord-oriental algérien est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, en plus des plaines ; son relief est assez modéré, avec des sommets allant de 800 à 1300 m (CHAKER-HOUD *et al.*, 2017).

Laire de répartition du *sulla* de notre étude s'étend entre les longitudes 7 et 8° E pour une latitude 36° N. Les différents sites sont répartis selon l'échelle bioclimatique d'Hemberger entre l'étage semi-aride (hautes plaines de Guelma), subhumide (Souk Ahras, dans la partie montagneuse) et l'étage humide à hiver doux (El Tarf, Annaba en plaine). Leur altitude varie de 6 à 898 m et leur pluviométrie moyenne annuelle de 547 à 1037 mm (tableau 1). Les sols sont de texture fine à argileuse.

■ Echantillonnage et paramètres analysés

Les premières mesures ont été réalisées au stade floraison durant la saison printanière de l'année 2017 et en fin de cycle à maturation complète des gousses d'après l'échelle BBCH relative aux stades phénologiques des légumineuses (LANCASHIRE *et al.*, 1991).

Dans les 4 zones d'étude, 2 à 3 stations, de taille variable et comportant des populations spontanées de *sulla*, ont été sélectionnées. Dans chacune de ces 9 stations, 30 individus ont été prélevés, d'une manière complètement aléatoire.

Au total, 16 caractères liés à la morphologie, la croissance, l'inflorescence, la fructification et la production de biomasse ont été mesurés (voir tableau 2).

■ Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur de classification selon la procédure du modèle linéaire général (GLM) du logiciel Minitab version 17, et cela pour chaque caractère pris en compte dans cette étude en fonction des stations. Le test de Tukey a été utilisé pour la comparaison multiple des moyennes au seuil de 5 %.

2. Résultats et discussion

Le tableau 3 rapporte, pour les 9 populations de *sulla*, les résultats de l'ensemble des paramètres pris en compte dans cette étude. L'analyse de la variance au seuil de 5 % des 16 caractères étudiés révèle des différences hautement significatives entre les populations de *sulla* des 4 zones et même entre les stations d'une même zone : **le *sulla* s'est caractérisé par une grande diversité biologique.**

Les densités moyennes des plantes varient considérablement d'une zone à une autre en fonction des conditions pédoclimatiques. Des valeurs importantes ont été enregistrées dans les sols lourds de El Tarf (34 et 44 plantes/m²) et Guelma (37 plantes/m²) et les plus faibles dans les sols à texture fine de Annaba (moyenne de 11 plantes/m²). Cependant, une densité très élevée (60 plantes/m²) a été enregistrée à Souk Ahras où la texture est fine avec des conditions environnementales contraignantes (compétition et pente des sols). Des résultats similaires ont été obtenus en Tunisie par SLIM *et al.*, en 2012 (de 54 à 89 plantes/m²). Ce paramètre est intéressant car il révèle un pouvoir adaptatif (installation) et compétitif (disparition) de cette espèce dans les conditions extrêmes.

Les meilleures **croissances en hauteur** ont été enregistrées dans l'une des stations d'El Tarf (zone humide) avec 77 ± 15 cm ; les plus faibles ont été notées dans les populations de Souk Ahras avec 40 ± 9 cm. Des hauteurs moyennes de 88 cm et 75 cm avaient été relevées par MOUSSAOUALI et HAMDY AÏSSA (2017) à El Tarf et Ghardaïa respectivement, mais BEN JEDDI (2005) a signalé une population qui n'a pas dépassé les 32 cm en Tunisie et RUISI *et*

Station	Origine	Climat	Relief	Sol	Altitude (m)	Température (°C)		Pluviométrie (mm/an)
						Min	Max	
P1	Souk Ahras	Subhumide	Montagne	S-L	762	11,3	20,9	728
P2	Souk Ahras	Subhumide	Montagne	L-S-A	898	11,1	20,8	783
P3	Annaba	Humide	Plaine	S-L	125	12,4	23,3	651
P4	Annaba	Humide	Plaine	L-A	17	12,6	23,3	712
P5	Guelma	Semi-aride	Haute plaine	L-S	252	11,2	25,5	547
P6	Guelma	Semi-aride	Haute plaine	A-L-S	375	11,1	25,3	547
P7	El Tarf	Humide	Plaine	A-L-S	6	14,2	24,2	1 037
P8	El Tarf	Humide	Plaine	A-L-S	27	13,8	23,9	1 037
P9	El Tarf	Humide	Plaine	A-L	36	13,4	23,7	1 037

A : argile, L : limon, S : sable, Température min, max : Température minimale, maximale moyenne annuelle

TABLEAU 1 : Caractéristiques pédoclimatiques des stations de collecte de *sulla*.

TABLE 1 : *Pedoclimatic conditions at the *sulla* sampling sites.*

Caractère	Mode d'appréciation
D/m ² : Densité de peuplement	Comptage du nombre de plantes à l'intérieur d'un cadre métallique de 1 m ² , à raison de 4 lancers par station
Caractères biométriques	
H : Hauteur de la plante	Mesures à l'aide d'un ruban gradué (en cm)
SRL : Longueur des racines	
Nb F : Nombre de feuilles/plante	Comptage du nombre de feuilles par plante échantillonnée
Nb Inflo : Nombre d'inflorescences/plante	Comptage du nombre d'inflorescences par plante échantillonnée
F/T : Rapport feuille/tige	Rapport entre les poids frais de feuilles et de tiges pour chaque plante échantillonnée
SF : Surface foliaire	L'ensemble de la surface foliaire de chaque plante a été déterminée avec le logiciel Mesurim_pro. à partir d'une image numérisée ; une échelle définie au préalable donne la surface réelle (cm ² /plante)
Nb NOD : Nombre de nodules/plante	Arrachage aléatoire des plantes selon le protocole de VINCENT (1970) et SOMASEGARAN <i>et al.</i> (1994) puis comptage du nombre de nodules et pesée (en g) sur une balance de précision
P NOD : Poids de nodules	
Rendement en graines : P G/plante, LG, L Art et P 100 Art	Mesures du poids de gousses par plante (P G/plante, en g) ; longueur des gousses (LG, en cm) ; longueur d'article d'une gousse (L Art, en cm) et poids de 100 articles par plante (P 100 Art, en g)
Analyse des caractères agronomiques	
BIO v : Biomasse verte	Pesée par plante avant et après étuvage à 80°C pendant 72 h (g/plante)
BIO s : Biomasse sèche	
Taux MS : Taux de matière sèche	Rapport entre le poids sec et le poids frais x 100 (en %)

TABLEAU 2 : Les caractères évalués au cours de l'étude.

TABLE 2 : Characters evaluated during the study.

al. (2011) ont relevé une moyenne de 26 cm dans un ensemble de 36 populations naturelles siciliennes. GAAD *et al.*, (2012) ont mentionné une moyenne plus faible encore (22 cm) pour 29 populations algériennes cultivées. Les températures douces et la forte pluviométrie de la plaine d'El-Tarf ont certainement favorisé la croissance des populations comparativement aux autres zones

Le nombre de feuilles par plante permet un constat similaire : d'importantes variations significatives entre les populations ont été observées avec un minimum de 36 ± 14 feuilles dans la population de Souk Ahras et un

maximum de 136 ± 94 feuilles pour les individus de la zone de Annaba. Les principaux facteurs du milieu qui agissent sur l'initiation et l'apparition des feuilles sont en principe la température et l'intensité de l'éclaircissement. D'ailleurs, il existe un parallélisme entre le rythme d'apparition des feuilles et des tiges et le rythme d'apparition des autres organes, afin de maintenir une architecture équilibrée (SOLTNER, 2001).

La surface foliaire est en relation corrélative positive avec la qualité du fourrage et sa digestibilité (BEN JEDDI, 2005). Les valeurs mesurées oscillent entre 464 ± 186 cm²/plante

Station	Souk Ahras		Annaba		Guelma		El Tarf		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
D/m ²	59,7 ^a ±5,4	25,2 ^{cde} ±5,4	11,5 ^e ±6,1	27,2 ^{cd} ±3,4	24,7 ^{cde} ±4,5	37,5 ^{bc} ±4,2	13,5 ^{de} ±5,7	34,8 ^{bc} ±3,4	44 ^b ±3,3
H	40,3 ^e ±9,5	49,5 ^{de} ±15,2	51,8 ^{cde} ±12,6	66,2 ^{ab} ±12,3	70,9 ^{ab} ±22,1	74,5 ^a ±18,2	61,8 ^{bc} ±17,6	53,7 ^{cd} ±10,9	77,4 ^a ±14,8
Nb F	36,8 ^h ±14,1	82,2 ^{bcd} ±53,3	135,8 ^a ±94,5	67,5 ^{def} ±35,7	81,8 ^{bcd} ±54,8	86,5 ^{bc} ±44,6	109,3 ^{ab} ±67,2	41 ^{ef} ±23,8	43,9 ^{def} ±21
F/T	1,27 ^{abc} ±0,5	1,3 ^{ab} ±0,6	0,74 ^d ±0,3	0,85 ^{cd} ±0,3	1,02 ^{bcd} ±0,8	0,8 ^d ±0,3	1,51 ^a ±0,5	1,4 ^{ab} ±0,9	0,9 ^{cd} ±0,3
SF	464,8 ^d ±186,4	926,3 ^{bc} ±550	732 ^{cd} ±648	1273,5 ^{ab} ±580,3	753,3 ^{cd} ±592,7	1377,4 ^{ab} ±758,4	1497,8 ^a ±879,8	737,3 ^{cd} ±331,8	706,3 ^{cd} ±256,1
Nb Inflo	25,2 ^{bc} ±10,2	51,5 ^a ±34,1	60,1 ^a ±44	41 ^{abc} ±27,6	55 ^a ±41,8	49,8 ^{ab} ±36,8	63,6 ^a ±45,6	19,6 ^c ±15,3	19,3 ^c ±13,6
BIO v	36,43 ^c ±14,9	95,7 ^{bc} ±81,5	91,2 ^{bc} ±84	130,5 ^{ab} ±66,9	101,4 ^{abc} ±81,7	162,2 ^a ±131,3	153,4 ^{ab} ±126,3	53,2 ^c ±47,1	63,8 ^c ±34,5
BIO s	8,8 ^d ±3,4	18,2 ^{abcd} ±13	21,4 ^{abcd} ±20,2	18,6 ^{abcd} ±10,6	24,1 ^{abc} ±22,9	26,8 ^{ab} ±24,3	29,9 ^a ±27,8	11,7 ^{cd} ±8,3	14 ^{bcd} ±6,7
Taux MS %	24,9 ^a ±4,9	21,7 ^{ab} ±6,4	23,7 ^a ±2,4	14,1 ^d ±2,4	22,7 ^{ab} ±3,7	16,4 ^{cd} ±5,6	19,2 ^{bc} ±3,9	24,1 ^a ±6	22,7 ^{ab} ±3,3
Nb NOD	20,1 ^{cd} ±8,1	21,3 ^{cde} ±13,2	34,4 ^{bc} ±27,1	52,3 ^a ±29,5	6,9 ^{ef} ±6,2	38,6 ^{ab} ±37,9	28 ^{bcd} ±24	3,4 ^f ±3,1	13,2 ^{def} ±8,2
P NOD	0,1 ^{bcd} ±0,04	0,2 ^{bc} ±0,17	0,15 ^{bcd} ±0,14	0,4 ^a ±0,3	0,012 ^d ±0,011	0,4 ^a ±0,35	0,3 ^{ab} ±0,26	0,07 ^{cd} ±0,07	0,19 ^{bc} ±0,1
SRL	15,6 ^{de} ±3,3	23,3 ^{bc} ±5,8	16 ^{de} ±4,3	15 ^e ±3,4	27,2 ^{ab} ±6,6	29,2 ^a ±10,4	20 ^{cd} ±4,6	16,4 ^{de} ±3,9	22,1 ^c ±4,8
P G/plante	5 ^d ±1,8	6,3 ^d ±2,6	12,3 ^{cd} ±9,3	14,4 ^{bcd} ±7,5	12,8 ^{bcd} ±11,8	27,8 ^{abc} ±25,1	28,2 ^{ab} ±19,6	35,9 ^a ±30,1	8,6 ^d ±6,9
L G	1,5 ^b ±0,1	1,7 ^a ±0,2	1,5 ^b ±0,1	1,5 ^b ±0,10	1,5 ^b ±0,15	1,5 ^b ±0,14	1,5 ^b ±0,11	1,5 ^b ±0,11	1,45 ^b ±0,1
L Art	0,46 ^{bc} ±0,03	0,53 ^a ±0,03	0,51 ^a ±0,03	0,49 ^{ab} ±0,02	0,45 ^c ±0,05	0,51 ^a ±0,04	0,50 ^{ab} ±0,05	0,50 ^{ab} ±0,1	0,49 ^{abc} ±0,03
P 100 Art	1,15 ^c ±0,4	2,3 ^a ±0,7	1,9 ^{ab} ±0,6	2 ^{ab} ±0,7	2,1 ^{ab} ±0,6	2,2 ^a ±0,6	2,3 ^a ±0,6	2,2 ^a ±0,6	1,5 ^{bc} ±0,5

Sur une même ligne des lettres différentes indiquent une différence significative entre les paramètres (p < 0,05)

TABLEAU 3 : Résultats de l'analyse de la variance pour les 9 populations de *sulla*.TABLE 3 : ANOVA results for the 9 *sulla* populations.

dans les sols légers de Souk Ahras et 1497 ± 879 cm²/plante dans les sols lourds de El Tarf. La zone humide d'El Tarf semble offrir les meilleures conditions pour l'activité photosynthétique et donc la croissance et le développement foliaires. Sur des populations spontanées, BEN JEDDI (2005) avait enregistré des surfaces foliaires variant de 202 à 3445 cm²/plante et citait SGARAVATTI avec 1226 cm²/plante. Dans les zones de Tunis et Goubellat, FITOURI-DHANE *et al.* (2012) ont trouvé des valeurs allant de 501 à 1251 cm²/plante respectivement. Il semble clair que ce caractère est sous l'influence des conditions pédoclimatique des sites.

Le rapport feuilles/tiges varie du simple au double, avec le minimum dans la zone de Annaba ($0,74 \pm 0,27$) et le maximum à El Tarf ($1,51 \pm 0,55$). MOUSSAOUALI et HAMDÏ AÏSSA (2017) ont noté des valeurs moyennes du même ordre à El Tarf et Ghardaïa (0,81 et 1,28 respectivement). BEN JEDDI (2005) mentionnait des valeurs plus faibles variant de 0,4 à 0,9. Un rapport supérieur à 1 signifie que les plantes ont investi plus dans la production de feuillage que de tige, ce qui convient bien pour l'affouragement en vert. Il est d'autant plus important qu'il influe sur la digestibilité du fourrage (BEN JEDDI, 2005).

Pour le **nombre moyen d'inflorescences par pied**, les écarts sont importants : de 19 ± 13 à 63 ± 45 dans les deux stations de El Tarf. MOUSSAOUALI et HAMDÏ AÏSSA (2017) en ont compté entre 67 à Ghardaïa et 289 à El Tarf. De leur côté, ISSOLAH et KHALFALLAH (2007) en ont trouvé 17 pour la population d'El Tarf et 67 pour la population de Bejaïa. YAKOUBI et CHRÏKI (2000) ont signalé des valeurs allant de 15 à 30 inflorescences par plante sur des populations tunisiennes. Ces différences seraient sous l'influence de l'altitude et du climat (température et précipitations) et, également, en fonction de la nature du sol (BULLITTA *et al.*, 2000 ; ISSOLAH et KHALFALLAH, 2010).

Selon les stations, la valeur de la **biomasse verte par pied** de sulla varie du simple au triple (soit de 36 ± 15 enregistré à Souk Ahras à 162 ± 131 g/plante à Guelma). Des écarts de 100 g/plante ont été enregistrés entre les 2 stations d'El Tarf. Généralement, les rendements du sulla sont influencés par les densités des plantes au m² et par la compétition (nutriments, température).

On retrouve aussi des différences significatives sur la **biomasse sèche** avec $8,8 \pm 3,4$ g/plante dans les montagnes de Souk Ahras et, à l'opposé, $29,9 \pm 27,8$ g/plante à El Tarf et 26,7 à Guelma. La production de biomasse sèche est influencée, outre les conditions environnementales, par le cycle de la plante, le mode de conduite adopté et la variété utilisée (BORREANI *et al.*, 2000 ; SULAS *et al.*, 2000).

Le taux de matière sèche (en % de la matière verte) varie entre 14 ± 2 et 25 ± 4 , le taux le plus élevé étant observé dans les populations d'altitude (Souk Ahras). CHAKER-HOUD *et al.* (2017) ont enregistré des valeurs allant de $26,4 \pm 0,5$ à $36,9 \pm 2,6$ de Jijel à Mila en passant par El Tarf ($29,2 \pm 0,2\%$) et cela sur des populations spontanées de sulla au stade floraison. BEN JEDDI (2005) a trouvé également des valeurs qui sont comprises entre 13 et 26%. Le climat, essentiellement la pluviométrie, est sans doute le

facteur déterminant de ce paramètre (CHAKER-HOUD *et al.*, 2017).

L'analyse des **paramètres de nodulation** révèle un nombre particulièrement élevé de nodules dans les racines de sulla provenant de Annaba et Guelma avec respectivement $52,33 \pm 29,51$ et $38,63 \pm 37,91$ nodules/plante. Contrairement à ces deux zones, le sulla de la zone humide d'El Tarf est nettement moins nodulé ($3,4 \pm 3,14$ nodules/plante). Nos résultats concordent en partie avec ceux obtenus par FITOURI-DHANE en 2011 qui signale des valeurs allant de 18 à 68 nodules/plante sur des populations spontanées de sulla et avec FITOURI-DHANE *et al.* (2012), à partir des populations cultivées à Tunis et Goubellat, qui ont obtenu des valeurs oscillant entre 0 et 20,8 nodules/plante.

La nodulation dans nos zones d'étude varie en nombre, mais aussi considérablement en poids. Le plus important poids moyen de nodules est enregistré pour la zone de Annaba soit $0,37 \pm 0,31$ g/plante. Alors, avec seulement $0,012 \pm 0,011$ g/plante, la population de Guelma a le poids le moins important. FITOURI-DHANE (2011) a trouvé chez des populations spontanées de Tunis une valeur de 0,094 g/plante.

La longueur du système racinaire donne des indications sur la disponibilité des ressources en eau et en nutriments pour la plante : en cas de déficit hydrique et/ou nutritionnel, les plantes ont tendance à avoir un système racinaire plus profond. Dans notre étude, la longueur ne dépasse pas 30 cm. Or, selon MOORE *et al.* (2006), le système racinaire peut être profond, jusqu'à 2 m.

L'examen des **caractères liés à la fructification** révèle que la production de gousses en grammes par plante la plus importante se trouve dans les populations de la zone d'El Tarf (entre $28,1 \pm 19,6$ et $35,9 \pm 30,1$ g/plante), alors que la plus faible a été observée dans celles de Souk Ahras $5,0 \pm 1,8$ g/plante. Même constat en ce qui concerne le poids de 100 articles : à El Tarf, il atteint $2,3 \pm 0,6$ g, relativement supérieur à celui des autres populations ; à Souk Ahras, il n'est que de $1,15 \pm 0,45$ g. GAAD *et al.* (2012) mentionnent un poids variant entre 1,3 et 2,3 g, et ABDELGUERFI-BERREKIA (1985) entre 0,75 et 1,7 g. Outre les facteurs génétiques, les conditions pédoclimatiques sont probablement les raisons qui conduisent à ces différences.

Conclusion

L'ensemble de ces résultats atteste de la grande variabilité des paramètres étudiés au sein d'une même population dans une même région. Cette variabilité est également observée entre les populations des différentes régions étudiées, où l'on constate des résultats qui peuvent passer du simple au double, voire même au triple : chaque population s'est adaptée sur de longues années d'existence aux conditions du milieu régional. Cette variabilité constitue une ressource fourragère et pastorale très appréciée par les éleveurs pour son excellente valeur nutritive et pour sa haute appétence. Elle se trouve actuellement menacée par le changement climatique et le mode de gestion des terres (développement des cultures céréalières et cultures

vivrières). A cet effet, seule la conservation peut sauvegarder et préserver ces écotypes pour une optimisation de leur utilisation dans le cadre d'un développement durable.

Accepté pour publication,
le 16 janvier 2019

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELGUERFI-BERREKIA R. (1985): *Contribution à l'étude du genre Hedysarum en Algérie*, thèse magister, INA, El-Harrach, Alger, 131 p.
- ANNICHIARI P., ABDELGUERFI A., BEN YOUNES M., BOUZERZOUR H., CARRONI A.M. (2008): «Adaptation of sulla cultivars to contrasting Mediterranean environments», *Aust. J. Agric. Res.*, 59, 702-706.
- BEN JEDDI F. (2005): *Hedysarum coronarium (L.) Variation génétique, création variétale et place dans les rotations tunisiennes*, thèse de doctorat en sciences biologiques appliquées, Faculté des sciences en bio-ingénierie, Université de Gent, Belgique, 232 p.
- BORREANI G., CAVALLARIN L., PEIRETTI P.G., RE G.A., ROGGERO P.P., SARGENTI P., SULAS L., TABACCO E. (2000): «Quantifying morphological stage to improve crop management and enhance yield and quality of sulla and lucerne», *Cahiers Options Méditerranéennes*, CIHEAM, 45, 195-198.
- BORREANI G., ROGGERO P.P., SULAS L., VALENTE M.E. (2003): «Quantifying morphological stage to predict the nutritive value in sulla (*Hedysarum coronarium* L.)», *Agron. J.*, 95, 1608-1617.
- BULLITTA S., BULLITTA P., SABA P. (2000): «Seed production and its components in Sardinian germplasm of *Hedysarum coronarium* (L.) and *Hedysarum spinosissimum* (L.)», *Cahiers Options Méditerranéennes*, CIHEAM, 45, 355-358.
- CHAKER-HOUD K., MEBIROUK-BOUDECHICHE L., MAATALLAH S., EL-HAMZA T. (2017): «Valeur alimentaire des populations naturelles de *Sulla coronaria* L. du nord-est de l'Algérie», *Fourrages*, 232, 347-352.
- FITOURI-DHANE S. (2011): *Diversités phénotypique et moléculaire des microsymbiotes du sulla du nord (Hedysarum coronarium L.) et sélection de souches rhizobiales efficaces*, thèse de doctorat en sciences agronomiques, Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage, 145 p.
- FITOURI -DHANE S., BEN JEDDI F., ZRIBI K., REZGUI S., MHAMDI R. (2012): «Effet de l'inoculation par une souche osmotolérante de *Rhizobium sulae* sur la croissance et la production en protéine du sulla (*Sulla coronarium* L.) sous déficit hydrique», *J. Applied Biosciences*, 51, 3642- 3651.
- FLORES F., GUTIERREZ J.C., LOPEZ J., MORENO M.T., CUBERO J.I. (1997) «Multivariate analysis approach to evaluate a germplasm collection of *Hedysarum coronarium* L.», *Genet. Resour. Crop Evol.*, 44, 545-555.
- GAAD D., ISSOLAH R., YAHIAOUI S. (2012): «Variation phénotypique et biométrique chez plusieurs populations Algériennes de *Sulla coronaria* (L.) Medik. (Fabaceae)», *Recherche Agronomique*, INRAA, 25, 41-60.
- 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», *13th Meet. FAO-CIHEAM Sub-Network on Mediterranean pastures and fodder crops*, Alicante (Spain), *Options Méditerranéennes, Série A: Mediterranean Seminars*, 92, 135-138.
- ISSOLAH R., BENHIZIA H., KHALFALLAH N. (2006): «Karyotype variation within some natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria», *Genet. Resour. Crop Evol.*, 53, 1653-1664.
- 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», *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 67, 3, 295-304.
- LANCASHIRE P.D., BLEIHOLDER H., VAN DEN BOOM R., LANGELUDEKE P., STAUSS R., WEBER E., WITZENBERGER A. (1991): «A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds», *Annals Biology*, 119, 561-601.
- MOORE G., SANFORD P., WILEY T. (2006): *Perennial pastures for Western Australia. sulla (Hedysarum coronarium). Herbaceous perennial legumes*, Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690, Perth.
- MOUSSAOUALI B., HAMDIAÏSSA B. (2017): «Utilisation de traits fonctionnels pour caractériser l'adaptation de *Sulla coronaria* (L.) aux conditions agroécologiques du Sahara algérien en culture irriguée», *Fourrages*, 232, 341-345.
- RUISI P., SIRAGUSA M., DI GIORGIO G., GRAZIANO D., AMATO G., CARIMI F., GIAMBALVO D. (2011): «Pheno-morphological, agronomic and genetic diversity among natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) collected in Sicily, Italy», *Gen. Resour. Crop Evol.*, 58, 245-57.
- SLIM S., BEN JEDDI F. (2011): «Protection des sols en zones montagneuses du Nord de la Tunisie par le sulla du nord *Hedysarum coronarium* L.», *Sècheresse*, 22, 117-124.
- SLIM S., BEN JEDDI F., MAROUANI A., BOUJILIA K. (2012): «Caractéristiques herbagères de la culture du sulla (*Hedysarum coronarium* L.) en régions montagneuses du Nord de la Tunisie», *J. Animal & Plant Sci.*, 13, 3, 1831-1847.
- SOLTNER D. (2001): *Les bases de la production végétale, la plante et son amélioration*, Collection Sciences et Techniques Agricoles, France, 303 p.
- SOMASEGARAN P., HOBEN H. J. (1994): *Handbook for Rhizobia: Methods in legume-Rhizobia technology*, Springer-Verlag, New-York, 450 p.
- 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», *Cahiers Options Méditerranéennes*, CIHEAM, 45, 147-151.
- TALAMUCCI P. (1998): «Il ruolo della sulla nell'attuale contesto della foraggicoltura italiana», *La sulla: possibili ruoli nella foraggicoltura mediterranea, I Georgofili*, Quaderni 1998-I, Firenze, 7-27.
- TRIFI-FARAH N., CHATTI W.S., MARRAKCHI M., PERNEST J. (1989): «Analyse de la variabilité morphologique et enzymatique des formes cultivées et spontanées de *Hedysarum coronarium* L. en Tunisie», *Agronomie*, 9 (6), 591-598.
- TRIFI-FARAH N., BAATOUT H., BOUSSAÏD M., COMBES D., FIGIER J., HANNACHI-SALHI A., MARRAKCHI M. (2002): «Évaluation des ressources génétiques des espèces du genre *Hedysarum* dans le bassin méditerranéen», *Plant Genet. Res. Newsletter*, 130, 65-72.
- VINCENT J.M. (1970): *A manual for practical study of root nodule bacteria*, IBP Handbook 15, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- WATSON M.J. (1982): «*Hedysarum coronarium*, a legume with potential for soil conservation and forage», *N-Z J. Agric. Sci.*, 16, 189-193.
- YAKOUBI N., CHRIKI A. (2000): «Estimation of mating system parameters in *Hedysarum coronarium* L. (Leguminosae, Fabaceae)», *Agronomie*, 20, 933-942.

Documents en ligne

2^e Rencontres Francophones Légumineuses (RFL2)

La seconde édition des Rencontres Francophones sur les Légumineuses (RFL2) a réuni plus de 300 participants de la recherche et des filières, à Toulouse (France) les 17 et 18 octobre 2018, avec une participation importante de l'Afrique francophone. Les **communications et vidéos des conférences plénières sont accessibles en ligne**.

Ce rendez-vous unique pour renforcer les échanges entre tous les opérateurs de la recherche scientifique et des filières, afin de co-construire un développement durable des légumineuses dans les systèmes agricoles et agro-alimentaires, connaît un succès important.

Ces rencontres couvrent toutes les légumineuses : qu'elles soient dites «à graines» (les pois, féveroles, lupins, lentilles, pois chiches, haricots...), «fourragères» (luzerne, vesce, trèfle, sainfoin...), riches en huile (soja ou arachide) ou encore «ligneuses». Ces rencontres s'intéressent autant à la **diversité des systèmes agricoles** dans lesquels les légumineuses sont insérées, qu'à la **diversité de leurs usages** en alimentation humaine, animale et non-alimentaire.

Levier majeur pour relever les défis mondiaux du changement climatique et de la sécurité alimentaire, les légumineuses sont un formidable vivier d'innovations, grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à leurs propriétés nutritionnelles.

La 3^e édition (RFL3) se tiendra à Angers (France) en 2021.

◆ <https://www.rfl-legumineuses.com/Communications-RFL2>

Projet EUCLEG

Accroître l'autosuffisance protéique de l'Union Européenne et de la Chine

L'Europe et la Chine manquent de protéines végétales pour l'alimentation animale et humaine. Ainsi, en 2013, la Chine a importé 60 millions de tonnes de soja (soit 60% du marché mondial) et ses besoins grandissent. En Europe, nous importons 70% de notre consommation.

L'objectif du projet EUCLEG est d'améliorer la diversification, la productivité, la stabilité du rendement et de la qualité des protéines des légumineuses fourragères (luzerne et trèfle violet) et à graines (pois, féverole et soja). En utilisant des ressources génétiques diverses et variées et en bénéficiant de l'avancée des outils moléculaires, EUCLEG vise à identifier et à développer les meilleures ressources génétiques, méthodes phénotypiques et outils moléculaires pour sélectionner des variétés de légumineuses ayant une performance améliorée sous stress abiotiques et biotiques, dans les principales régions d'Europe et de la Chine.

Pour atteindre cet objectif global, le projet s'est donné les objectifs suivants :

- Au niveau scientifique : élargir la base génétique et analyser la diversité génétique des légumineuses européennes et chinoises, analyser l'architecture génétique des caractères en utilisant des études de génétique d'association (GWAS) basées sur des gènes candidats, évaluer les avantages apportés par la sélection génomique (GS) pour créer de nouvelles variétés de légumineuses.
- Au niveau technologique : développer des bases de données consultables contenant, pour toutes les accessions de ressources génétiques étudiées, les données de passeport ainsi que des caractéristiques agronomiques et génétiques, développer des outils de génotypage à haut débit et des données pour acquérir les ressources moléculaires nécessaires à la sélection assistée par marqueurs.
- Au niveau appliqué, afin d'aider les sélectionneurs à mettre en œuvre une sélection assistée par marqueurs, y compris la sélection génomique, le projet développera des outils pour le génotypage, mettra en œuvre la gestion et l'analyse des données, et explorera le potentiel de nouvelles utilisations des espèces fourragères pour la nutrition humaine. En effet, les extraits protéiques issus de ces légumineuses ayant une bonne valeur nutritive pour l'alimentation humaine (composition d'acides aminés proche de celle du lait de vache), cet apport de protéines végétales en substitution à la viande et au lait atténuerait les impacts négatifs de l'agriculture sur l'environnement.

◆ <http://www.eucleg.eu/>

Résumé de thèse

Evolution de la vulnérabilité des élevages laitiers permise par leur conversion à l'agriculture biologique

(Maëlys Bouttes)

Le prix du lait conventionnel payé aux éleveurs a atteint un niveau historiquement bas en 2015-2016 et ne s'est pas franchement relevé depuis. Les élevages laitiers se sont trouvés dans une situation de vulnérabilité économique élevée, c'est-à-dire une capacité réduite à faire face dans ce contexte de production. En parallèle, le marché du lait de l'agriculture biologique (AB) était porteur et sécurisant du fait d'une augmentation importante des consommations et de prix payés aux éleveurs plus élevés et plus stables. De nombreux éleveurs ont donc entrepris de se convertir à l'AB. Or, la conversion est une période de changements de pratiques, d'interlocuteurs de conseil, etc. sans valorisation immédiate (1 an et demi à 2 ans) du lait au prix du lait AB. Cumulé à une situation économique difficile en début de conversion, ce choix pose la question de la vulnérabilité des élevages laitiers à des aléas internes (respect d'un nouveau cahier des charges) et des aléas externes (crise du lait, aléas climatiques) avant, pendant et à l'issue de la conversion à l'AB. Dans ces conditions, les conseillers agricoles ont besoin d'informations actualisées et

contextualisées sur les stratégies de conversion limitant la vulnérabilité des élevages laitiers.

L'objectif de la thèse était d'identifier quelles stratégies de conversion limitent la vulnérabilité des élevages laitiers avant, pendant et à l'issue de la conversion à l'AB. La perception des éleveurs de la conversion à l'AB comme levier de leur capacité d'adaptation et l'évolution conjointe des pratiques des éleveurs et de la vulnérabilité des élevages laitiers ont été analysées sur plusieurs cas d'étude.

Le suivi (2016-2018) de 19 élevages laitiers en Aveyron depuis le début de leur conversion en 2016 a permis de montrer qu'à cette époque les éleveurs la percevaient comme un moyen d'améliorer voire de retrouver de la capacité d'adaptation notamment en sortant de la logique de l'agrandissement et des économies d'échelles. Pendant la conversion, la vulnérabilité perçue par ces éleveurs a globalement diminué aux plans économique, agronomique, zootechnique et social, et ce quelles que soient les pratiques mises en œuvre. En analysant des données de suivis (2008-2013) de 12 élevages laitiers bretons convertis à l'AB en 2009, il a été possible de montrer que leur vulnérabilité technico-économique (cette fois-ci appréciée à partir de performances mesurées) diminuait lors de la conversion bien que des compromis différents entre élevages se révèlent entre leurs situations initiale et à l'issue de la conversion, et entre variables de vulnérabilité : productivité, efficacité économique, rentabilité et indépendance vis-à-vis des aides publiques. Enfin, l'analyse des données de suivis de 51 élevages laitiers (2000-2013) déjà convertis à l'AB, a montré que les différences de vulnérabilité entre élevages étaient principalement dues aux différences de pratiques d'élevage selon le compromis visé entre productivité autonome et efficacité économique. A l'inverse, les différences d'exposition aux aléas climatiques ou économiques, bien que marquées, expliquaient peu les différences de vulnérabilité entre élevages.

Au plan scientifique, ce travail a permis d'établir une méthodologie d'évaluation dynamique de la vulnérabilité des exploitations agricoles opérant une transition agroécologique et de produire des résultats originaux sur l'évolution de cette vulnérabilité durant une transition. Au plan finalisé, il révèle que les marges de réduction de la vulnérabilité des élevages laitiers permises par la conversion à l'AB sont importantes. Ces résultats pourront servir aux conseillers agricoles et aux décideurs publics afin d'adapter l'accompagnement au développement de l'AB.

◆ Thèse soutenue le 8 novembre 2018 à l'ENSAT (Auzerville-Tolosane) ; UMR Agroécologie, Innovations et Territoires (AGIR) sous la direction de Guillaume Martin et Michel Duru ; https://www.researchgate.net/publication/326722434_Converting_to_organic_farming_as_a_way_to_enhance_adaptive_capacity