

Valorisation des terres en pente par le sulla du nord (*Hedysarum coronarium* L.) en condition de semis direct et conventionnel

KHEDIJA BOUJILA, FAYSAL BEN JEDDI, MUSTAPHA SANAA

Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), Tunis - Mahrajène, Tunisia

Auteur pour la correspondance; E-mail : bouajilakhedija@yahoo.com

Présenté le 3 septembre 2012, accepté le 21 mars 2013. Section: Research Paper

Résumé Le sulla du nord (*Hedysarum coronarium* L.) variété Bikra 21 a été installée selon deux modes d'installation (semis direct et semis conventionnel), dans le but d'une valorisation des terres se trouvant en pente de 6 % dans la région de Bou Salem appartenant au gouvernorat de Jendouba (nord-ouest de la Tunisie). Les taux de couverture de la végétation ont été de 85 et 60 % respectivement en semis conventionnel et en semis direct. Selon le mode d'installation de l'espèce, les productions énergétiques et protéiques ont varié respectivement de 2100 à 5120 UFL ha⁻¹ et de 445 à 1084 kg ha⁻¹. Le sulla installé d'une façon conventionnelle présente significativement les productions les plus élevées. Dans les conditions d'installation conventionnelle, les restitutions organiques et azotées assurées par le sulla ont été estimées à 2,28 t ha⁻¹ et 110 kg ha⁻¹. Quelque soit le mode de semis, la fréquence des adventices a varié de l'amont à l'aval de la pente de 50 à 20 %. Cette réduction est corrélée avec l'état de croissance du sulla. Plus les conditions du milieu sont favorables à l'espèce moins les adventices se développent.

Mots clés : semis direct, semis conventionnel, résidus organiques et azotés, productions énergétique et protéique

Introduction

L'intensification des systèmes de culture et la monoculture ont entraîné une diminution des teneurs en matière organique des sols cultivés, leur conférant ainsi une moindre fertilité et une sensibilité accrue à la dégradation (Steutel *et al.*, 2003). Cette situation accroît la sensibilité des cultures aux aléas climatiques et engendre une inadéquation entre les besoins du cheptel et les ressources fourragères (Zouaghi, 2004).

L'intégration de l'élevage et des cultures fourragères, en particulier, les fabacées dans les systèmes de culture constitue donc, une nécessité (Ben Jeddi, 2005). Le sulla

est une ressource phytogénétique performante pour la production de fourrage et pour la valorisation des parcours dégradés (Ben Jeddi , 2005 ; Trifi Farah *et al.*, 2002). De plus, elle protège les sols contre l'érosion (Figier J., 1982 ; Slim et Ben Jeddi, 2011) et contribue à leur richesse en azote organique (Ben Jeddi, 2005). Cette espèce est considérée comme une culture protectrice et conservatrice des sols montagneux en pente variant entre 4 et 12 % (Slim et Ben Jeddi, 2011). Son système racinaire peut atteindre 2 m de profondeur, fournissant au sol une quantité appréciable de résidus (entre 5 et 15 t ha⁻¹) susceptibles d'améliorer la fertilité organique du sol (Ben Jeddi *et al.*, 1998 ; Ben Jeddi, 2005). En tête de rotation, un sulla de 2^{ème} année de culture fournit une quantité d'azote et de matière organique respectivement de 226 kg ha⁻¹ et 9,2 t ha⁻¹ (Ben Jeddi, 2005). Dans ces conditions, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) améliore sa productivité en grains de 1,5 t ha⁻¹ par rapport au blé continu. De plus, dans un système sulla la production fourragère est améliorée aussi bien en énergie (de 22,6 à 34,5%) qu'en protéines (de 27 à 42 %) par rapport au système conventionnel de blé en continu (Ben Jeddi, 2005). Cette espèce a la particularité aussi de dominer et d'affaiblir les adventices à partir du printemps de la première année d'installation (Ben Jeddi, 2005), particulièrement en condition de travail de sol simplifié. Toutefois, l'absence de travail de sol favorise une meilleure activité de la flore microbienne. Ce système d'installation des cultures réduit l'érosion, les risques d'inondation, le lessivage des nitrates et les émissions de gaz carbonique (Barthélemy *et al.*, 1989). Le semis direct est un système dans le quel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Seul, un petit trou ou un sillon est ouvert, de profondeur et largeurs suffisantes avec des outils spécialement conçus à cet effet pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée. L'élimination des mauvaises herbes avant et après le semis pendant la culture est faite avec des herbicides, les moins polluants possibles. Le semis direct constitue l'un des exemples d'une liste en pleine croissance des meilleures pratiques de gestion des cultures afin d'améliorer la qualité et la durabilité du sol (Brown *et al.*, 2002).

Selon Bouhejba (1997), le semis direct permet de mettre en valeur certaines prairies dégradées à très faible production et d'enrichir le sol en humus (Chervet *et al.*, 2001). Une économie de carburant et une amélioration du bilan carboné sont alors enregistrées (Reinhard *et al.*, 2001). Mais, le passage au semis direct peut toutefois entraîner des pertes de rendements si les conditions agronomiques et la rotation des cultures ne s'y prêtent pas (Chervet *et al.*, 2001).

Matériels et méthodes

Le site expérimental est situé dans une ferme d'exploitation et de développement agricole du nord (SEDAN), à Bou Salem appartenant au gouvernorat de Jandouba

(nord ouest de la Tunisie, Figure 1). La station appartient à l'étage bioclimatique du semi-aride, caractérisé par un hiver froid et un été sec et chaud. La pluviosité moyenne annuelle sur 50 ans est estimée à 483 mm an⁻¹. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 37°C avec une moyenne des maxima absolus atteignant 48°C et 49°C enregistré aux mois de juillet et août et qui coïncident avec l'apparition des siroccos. Les minima absolus sont de - 5°C enregistrées entre décembre et avril.

L'année de l'essai (2004) a été caractérisée par un cumul pluviométrique estimé à 560 mm. Le sol est de type limono-argileux.

Le sol a une texture limono-argileuse avec des taux de 23,3% ; 59,2% ; et 17,5% respectivement pour l'argile, limon et sable. Le carbone organique, l'azote totale, le pH (H₂O) sont respectivement de l'ordre de 1,43% ; 0,21% ; 7,98.

La parcelle expérimentale est de 10 ha divisée en deux lots de 5 ha chacun selon le mode de semis direct (SD) et conventionnel (SC). Cette parcelle est située en pente avec un maximum de 6 %. La partie amont se trouve érodée à sol très superficiel (≤ 5 cm).

L'espèce utilisée est le sulla du nord (*Hedysarum coronarium* L.) variété Bikra 21. Les semis ont été réalisés le 31 octobre 2004 à une dose de 25 kg ha⁻¹ de graines non décortiquées et à un écartement interlignes de 75 cm (Ben Jeddi, 2005).

Les paramètres de l'étude ont concerné la biomasse fourragère fraîche et sèche en t ha⁻¹; les productions énergétiques et protéiniques respectivement en UFL ha⁻¹ et kg ha⁻¹; les restitutions organiques en t ha⁻¹ et azotées en kg ha⁻¹ de la culture de sulla. A cet effet, trois échantillons de 1 m² de plantes par niveau (aval et amont) ont été prélevés au stade pleine floraison du sulla. Les herbes adventices ont été séparées de la biomasse totale récoltée de chaque échantillon et pesées afin de déterminer leur contribution à la biomasse totale. Les matières sèches fourragères (MS) ont été déterminées après séchage des plantes à 75°C pendant 72 heures. Les conversions en unité énergétique ont été faites sur la base de 0,85 UFL kg⁻¹ MS au stade floraison. La matière protéinique en pourcentage de la matière sèche (MS) a été calculée après avoir déterminé le pourcentage d'azote selon la méthode Kjeldahl.

La densité du sulla a été déterminée par le comptage de nombre de plante par m². Le taux de recouvrement a été réalisé par des estimations visuelles à l'aide d'un quadrat de 1m² divisé en 20 carrés de 25 cm². A ces petits carrés correspondent des estimations approximatives des taux de couverture de 0, 25, 50, 75 et 100%.

Ces deux paramètres ont été réalisés à partir du stade 1^{er} feuille jusqu'au stade bouton floral.

Les restitutions sous forme résidus secs aériens et racinaires ont été évaluées sur la base de 3 échantillons de 1 m² par niveau de pente du sol (de l'amont vers l'aval).

Les traitements statistiques des résultats ont été réalisés par le logiciel SPSS (version-16). L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à un facteur par le test F de Fisher pour vérifier l'hypothèse d'égalité des moyennes au seuil de risque de 5%.



Figure 1 - Localisation, en Tunisie, de site d'expérimentation

Résultats

Densité du couvert végétal

A la levée et plus précisément au stade première feuille unifoliolée du sulla, la densité de levée des plantes en semis conventionnel, varie significativement au seuil de probabilité de 5 % selon le test de Newman et Keuls ($P < 0,05$) de $42 \pm 1,5$ à $65 \pm 2,23$ plantes m^{-2} . Alors que la parcelle installée en semis direct, se caractérise par une densité variant entre $15 \pm 0,35$ et $55 \pm 1,15$ plantes m^{-2} . De l'amont à l'aval et dans les deux parcelles à semis conventionnel et de semis direct, la densité de végétation du sulla croît dans le sens de la pente. Cependant, l'augmentation de la densité des plants en semis direct est moins importante qu'en semis conventionnel, surtout en amont de la parcelle qui se trouve érodée. Dans ces conditions, le sulla trouve une difficulté d'installation particulièrement en semis direct.

Au stade bouton floral du sulla, une augmentation de la densité d'environ 9 et 16% respectivement en semis direct et conventionnel a été observée. Le suivi de l'évolution du couvert végétal montre que le taux de couverture moyen du sol par le sulla varie



Figure 2 - Couvert de *sulla* (1^{ère} année) en semis conventionnel (SC) et direct (SD)

significativement ($P < 0,05$) de 60 à 85% respectivement en semis direct et conventionnel (figure 2).

Production fourragère du Sulla

Une large variabilité de production inter et intra parcelles a été observée. La mauvaise qualité du sol particulièrement en amont (sol en pente, érodé et caillouteux) fait que la productivité fourragère du *sulla* a été réduite significativement en condition de semis direct (tableau 1).

Dans la parcelle gérée en semis conventionnel, le rendement moyen en matière verte est de l'ordre de $33 \pm 24,3$ t ha⁻¹. Le grand écart type observé explique la forte hétérogénéité du sol et ce qui en découle. En effet, en amont le sol est en pente de 6%, érodé et caillouteux, en aval le sol est profond mais présentant des zones de bas fond et de stagnation d'eau.

Tableau 1 - Variation du rendement fourragier frais du *sulla* (1^{ère} année) selon le mode d'installation en semis direct et conventionnel. Seuil de probabilité de 5 % selon le test de Newman et Keuls ($P < 0,05$)

RENDEMENT EN MATIERE VERT (T HA ⁻¹)	SEMIS CONVENTIONNEL	SEMIS DIRECT
AMONT DE LA PARCELLE	4,5 – 18	2,5 – 3,5
AVAL DE LA PARCELLE	58 – 62	20 – 30
RENDEMENT MOYEN	$33 \pm 24,3$	$14 \pm 12,4$

En semis direct, le rendement a été significativement ($P < 0,05$) plus faible de l'ordre de $14 \pm 12,4 \text{ t ha}^{-1}$ de matière verte, soit 43 % de la production en semis conventionnel

Productions énergétique et protéinique

En semis conventionnel, la production énergétique est de l'ordre de 5120 UFL ha^{-1} , alors qu'en semis direct, elle a été de l'ordre de 2100 UFL ha^{-1} , soit une réduction significative ($P < 0,05$) de 41%.

La production en protéine du sulla a varié significativement ($P < 0,05$) entre 445 et 1084 kg ha^{-1} respectivement en semis direct et conventionnel (figure 3).

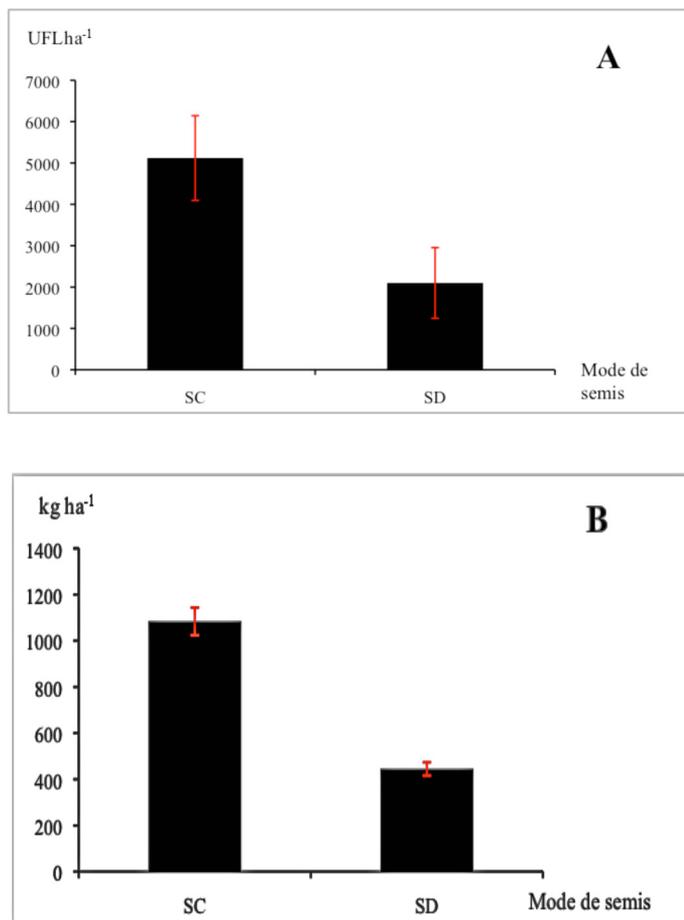


Figure 3 - Productions énergétique (A) et protéinique (B) du sulla (1ère année) en semis direct (SD) et conventionnel (SC).

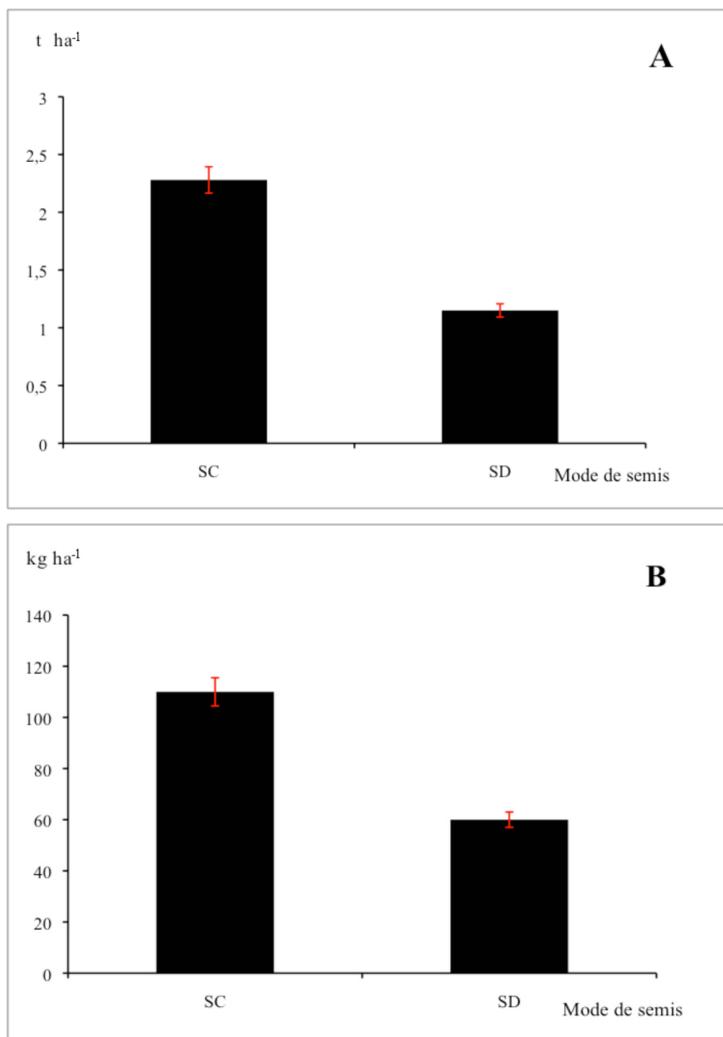


Figure 4 - Résidus secs aériens (A) et azotés (B) laissés au sol par le sulla Bikra 21 (1ère année) en semis direct (SD) et conventionnel (SC)

Résidus organiques et azotés

La masse des résidus secs aériens laissés par une culture de sulla de 1ère année dans la parcelle labourée et non labourée a été respectivement de l'ordre de 2,28 et 1,15 t ha⁻¹, soit l'équivalent de 7 et 3 t ha⁻¹ de fumier. Dans la couche arable (0-20 cm), l'équivalent de 60 et 110 kg ha⁻¹ d'azote respectivement dans les systèmes semis direct et conventionnel ont été restitué au sol (Figure 4).

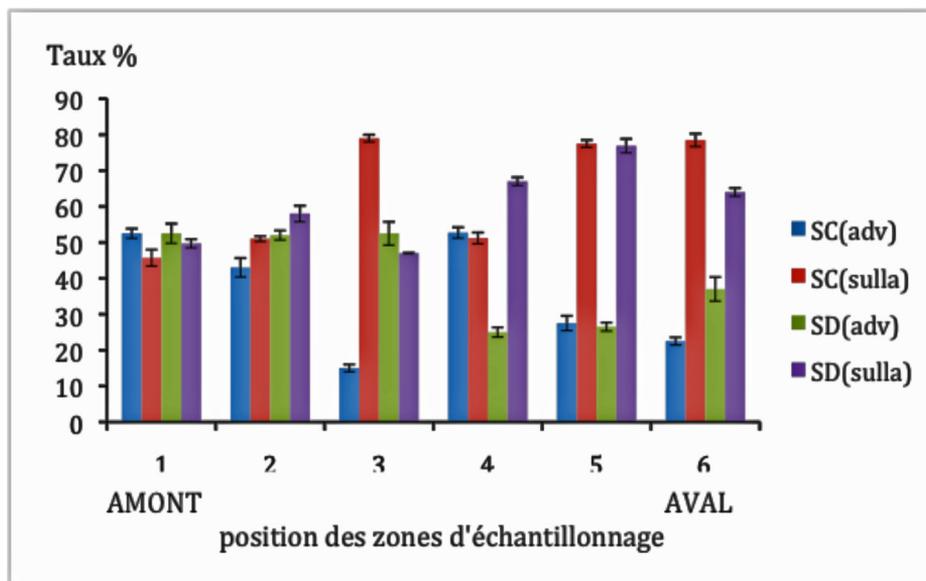


Figure 5 - Evolution des taux de contribution des adventices et du sulla (1^{ère} année) à la production fourragère totale des parcelles en semis direct (SD) et conventionnel (SC).

SC (sulla) : sulla en semis conventionnel ; SC (adv) : adventices en semis conventionnel ;
SD (sulla) : sulla en semis direct ; SD (adv) : adventices en semis direct.

Contribution des adventices à la production de la biomasse totale

Selon la nature d'installation du sulla et le niveau topographique parcellaire, le taux d'adventices dans la biomasse fourragère totale a varié significativement ($P < 0,05$) de 15 à 80% (figure 5).

Cependant, un antagonisme marquant l'évolution en termes de biomasses d'adventices et sulla est observé. En amont, le sulla et les adventices participent à part égal au rendement global des parcelles. Cette contribution tend au profit du sulla qui domine et prend le dessus en aval pour atteindre des taux largement supérieurs à ceux des adventices.

Discussions

Le semis direct présente une densité plus importante en aval qu'en amont (zone en pente, érodée et caillouteuse). Ce qui indique que ce mode de semis est plus fragile et que la plante de sulla ne peut s'installer que dans des conditions favorables.

A un stade avancé, il demeure néanmoins une supériorité du taux de couverture en semis conventionnel par rapport au semis direct. Mais, les résultats obtenus ne reflètent pas le potentiel productif de la variété estimé à 55 t ha⁻¹ en 1ère année de culture (Ben Jeddi, 2005).

Dans les conditions d'installation difficile du sulla tel a été le cas en semis direct, la culture exprime 41% de son potentiel énergétique et protéique obtenu dans de bonnes conditions du semis conventionnel. Ce comportement montre une souplesse d'adaptation de la variété utilisée. Les rendements protéo-énergétiques relatifs au sulla en semis conventionnel s'accordent avec ceux obtenus par Ben Jeddi, (2001), soit 9000 UFL ha⁻¹ et 1500 kg ha⁻¹ de protéine lorsque les conditions sont favorables à la culture.

De plus, dans ces conditions difficiles d'installation, le sulla a permis d'approvisionner le sol en quantité non négligeable de restitutions organo-azotées. Le même niveau de restitution a été trouvé par Ben Jeddi, (2005) avec un sulla de première année.

Sur les sols argileux du semi-aride, les résidus d'une culture de sulla sont de 2,12 et 6,93 tonnes de matière sèche par hectare respectivement au cours de la première et de la deuxième année de culture (Zouaghi et Ben Jeddi, 1996). Les résidus de récolte d'un hectare de sulla après deux ans de culture correspondent à l'équivalent de 40 tonnes de fumier de ferme et à plus de 100 kg d'azote (Bigourdan, 1933). Le sulla du Nord est une excellente tête de rotation; il peut succéder à n'importe quelle culture (Ben Jeddi, 2004).

Dans ces conditions, la fertilité organo-minérale du sol est améliorée. L'azote d'origine biologique est libéré au fur et à mesure de la minéralisation des débris organiques (Parnandau, 2005), ce qui lui permet d'échapper à l'action du lessivage très souvent accentué après les pluies (Robert, 1996). De plus, la matière organique et l'azote du sol représentent les deux éléments les plus vulnérables à l'érosion (Slim, 2011).

Dans cette zone, le sulla se développe mieux et se caractérise par une croissance plus rapide que les adventices, ce qui lui permet de dominer la parcelle tout en limitant le développement des adventices. En effet, dans ces conditions le sulla « Bikra 21 » a la particularité de dominer et d'exclure les adventices à partir du printemps (mois de février et mars) de la 1ère année. Ceci permet de nettoyer le sol sans avoir recours au désherbage chimique (Ben Jeddi, 2004). Ce comportement représente un avantage pour les cultures dans les systèmes à travail du sol simple (Van-Camp *et al.*, 2004). Cette particularité de développement du sulla a été de même, décrite par Slim (2011).

Conclusion

L'installation d'une fabacée fourragère tel *Hedysarum coronarium* L. variété Bikra 21, est une technique biologique de valorisation des sols à topographie difficile et

marginiaux (sols en pente, superficiels et minéralisés) et à faible potentiel productif. Cette espèce améliore aussi bien la fertilité biologique de ces sols que les ressources fourragères. En semis conventionnel et direct, le sulla Bikra 21 se caractérise par un taux de couverture de végétation respectivement de 85 et 60%. Les productions énergétique et protéique ont varié de 2100 à 5120 UFL ha⁻¹ et 445 à 1084 Kg ha⁻¹ respectivement en semis direct et conventionnel. De plus, les restitutions azotées et organiques ont été comprises respectivement entre 60 et 110 kg ha⁻¹ et 1,15 et 2,28 t ha⁻¹ avec une protection du sol et une meilleure maîtrise biologique des adventices. L'amélioration de la couverture végétale ainsi que l'état organique des terres en pente par l'introduction de cette espèce (sulla Bikra 21) dans des conditions d'installation classiques (semis conventionnel) ou simplifiées (semis direct) tend à redynamiser et surtout sécuriser les secteurs de production céréalière et fourragère.

Références bibliographiques

- Barthélemy P., Bousgontier D. et Lajoux P., 1989. Choisir les outils de semis. Institut technique des céréales et fourrages. ISBN - 2 - 86492 - 080 - 8. Réf : 89.005.05.03.
- Ben Jeddi, F., Sanaa, M., Behaeghe, T., 1998. Contribution des légumineuses fourragères à l'amélioration de la réserve humique du sol. Revue de L'INAT , Vol.13(1) : 95-109.
- Ben Jeddi F., 2001. Description et spécificité de la nouvelle variété du sulla du nord Bikra 21. Journée d'étude sur les nouveautés de la recherche scientifique. INAT-CCSPS, avril 2001.
- Ben Jeddi F., 2004. Présentation des caractéristiques biologiques et agronomiques du Sulla du nord Bikra 21. Sidi Thabet, Avril 2004.
- Ben Jeddi, F., 2005. *Hedysarum coronarium* L. Variation génétique, création variétale et utilisation dans des rotations tunisiennes. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences en Bio ingénierie. Gent Belgique, 203 p.
- Bigourdan R, 1933. Culture du sulla. La Tunisie agricole Vol.34 : 156-60.
- Bouhejba A., 1997. Etude comparative des effets des différents modes de travail du sol sous des conditions semi-arides sur l'élaboration du rendement du blé tendre (variété Salammbô 80). Mémoire de fin d'étude de cycle de spécialisation de l'INA Tunisie. 12-82.
- Brown C., A. Hayes, Ferguson, Johnson P., Schaafsma A., Shaw J., Sikkema P., Taylor T., Leng K. et Lobb D., 2002. Semis direct: les secrets de la réussite. <http://www.gov.on.ca/OMAFER/french/environnement/no-till/residue.htm>
- Chervet A., H. Reinhard H. et Sturny W. J., 2001. Semis direct en grandes cultures. Revue Suisse d'agriculture. Vol. 33 : 15-24.
- Figier J., 1982. Etude de la variabilité et du déterminisme de la morphologie de

- Hedysarum coronarium* L. en Tunisie implications concernant l'amélioration de cette espèce fourragère dans ce pays. Thèse de doctorat. Université de Paris-sud Orsay. 196 p.
- Parnaudeau, V, 2005. Caractéristiques biochimiques de produits organiques résiduels, prédiction et modélisation de leur minéralisation dans les sols. Thèse de doctorat ENSA-Rennes. 58 pages + annexes.
- Reinhard H., Chervet A., Sturny W. G., 2001. Semis direct en grandes cultures. I. Rendements des cultures. *Revue suisse Agric.* Vol. 33 (1) : 7-13.
- Robert M. 1996. Les sols interfaces pour l'environnement, ressources pour le développement. *Science de l'environnement*. Masson. 244p.
- Sleutel S., De Neve S. & Hofmann G., 2003. Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. *Soil Use Manage.*, Vol.19 : 166-171.
- Slim S. et Ben Jeddi F., 2011. Protection des sols des zones montagneuses de la Tunisie par le sulla du Nord (*Hedysarum coronarium* L.), *Revue Sécheresse*, Vol. 22 (2) : 8p
- Slim S., 2011. Les systèmes fourragers des zones montagneuses: contraintes et intérêts des fabacées dans la fixation des sols et l'accroissement des ressources herbagères des petites exploitations. Thèse de doctorat INATunisie, 210p.
- Trifi-Farah N., Baatout H., Boussaïd M., 2002. Evaluation des ressources génétiques des espèces du genre *Hédysarum* dans le bassin méditerranéen. *Plant Gen Res Newsl* 2002 , Vol. 130 :1-6.
- Van-Camp L. *et al.*, 2004. Reports of the technical working groups established under the thematic strategy for soil protection. III: Organic matter. EUR 21319 EN/3. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 311-496.
- Zouaghi M, Ben Jeddi F, 1996. Perspectives de création de variétés autochtones du sulla du nord *Hedysarum coronarium* L. Hammamet : ACETEF.
- Zouaghi M., 2004. Techniques d'exploitation et de conservation du sulla Bikra 21. Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement. Séminaire de formation. Zaghuan, Mai 2004.