

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires**

Département d'Agronomie

# **MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : Alimentation et performances zootechniques chez les ruminants

**CARACTERISATION CHIMIQUE DE LA PRODUCTION  
FOURRAGERE DE QUELQUES VARIETES D'ESPECES DE  
LEGUMINEUSES D'INTERET FOURRAGER DANS LA  
MITIDJA**

Par

**HADJ OMAR Karima**

Devant le jury composé de :

R. KAIDI	Professeur, U. de Blida	Président
A. BERBER	Maître de conférences, U. de Blida	Examineur
A. HADJ KADDOUR	Chargée de cours, U. de Blida	Examinatrice
H. MEFTI	Chargée de cours, U. de Blida	Examinatrice
A. ABDELGUERFI	Professeur, U. de Blida	Rapporteur

Blida, Juin 2008

## ملخص

تشكل المصادر العلفية في الجزائر العائق الأساسي أمام تطور الإنتاج الحيواني، و قد يرجع هذا الأمر إلى قلة الاهتمام بتحسين المراعى رغم ما يتوفر عليه الوطن من إمكانيات هامة.

أمام هذا النقص العلفي، يتضح جليا أن دراسة إمكانية إدخال أصناف علفية متكيفة مع الظروف و العوامل المناخية الجزائرية الخاصة هو أمر مستعجل، و هذا، لتغطية الاحتياجات الغذائية للحيوانات خلال كل السنة و بوتيرة منتظمة. البقوليات تلعب دورا هاما في حماية الأرض من الانجراف، من التصحر و خصوصا في تحسين المصادر العلفية في المناطق الصعبة و يهدا تسمح بتطور الإنتاج الحيواني.

أظهرت التجارب التي أجريت علي الفصة ( *Medicago sativa L.* ) أنها قادرة علي الإنتاج كما ونوعا حتى في ظروف كان فيها العامل المائي عائقا. لقد تم حش الفصة المسقية ثلاث مرات و حشة واحدة للتجربة الجافة.

الأصناف التي أعطت أحسن مردود بالنسبة للمادة الخضراء في مرحلة الحش الأولى هي مامونتانس ( 41.14 طن/هكتار ) , اميريست (13.51طن/هكتار ) , كوسول ( 12.90 طن/هكتار ) و أبت (10.85طن/هكتار) مع مادة أزوتية كلية متقاربة و جد حسنة تقدر ب 19 با لمائة. كما لاحظنا أن المردود ينقص في مرحلة الحش الثالثة . فيما يخص تجربة الفصة المستفيدة من مياه الأمطار، فإن المكونات الكيميائية هي مقارنة للأصناف المدروسة في التجربة المسقية في المرحلة الحش الأولى بالنسبة للمادة الأزوتية الكلية و لمرحلة الحش الثالثة بالنسبة لمادة السيللوز الخام.

أما منتج المادة الخضراء فهو أكبر مقارنة بالمردود المسجل في مرحلة الحش الثالثة للتجربة المسقية. من جهة اخري أثبتت السولا ( *Hedysarum coronarium L.* ) أهميتها الكبيرة من حيث تكيفها مع الظروف و العوامل المناخية المحلية، كل الأصناف سجلت مردودا مرتفعا بالنسبة للمادة الخضراء و أيضا المكونات الكيميائية مهمة و متقاربة مع النتائج المحصل عليها في تجربة الفصة.

الكلمات المفتاحية: بقوليات، فصة، السولا، مكونات كيميائية، مردود.

## RESUME

Malgré sa grande surface et ses grandes potentialités, l'Algérie n'a donné que peu d'intérêt aux cultures fourragères qui pourtant, seraient une solution adéquate pour le développement de la production animale. Un déficit fourrager existe réellement, il est urgent d'y remédier par la relance de nouvelles variétés adaptées à nos conditions pédoclimatiques pour couvrir les besoins des animaux d'élevage durant toute l'année. Les légumineuses fourragères peuvent jouer un rôle important dans la rotation, dans la protection des sols contre l'érosion et la désertification et surtout dans l'amélioration des ressources fourragères et pastorales dans les zones marginales et difficiles ce qui permet une amélioration de la production animale. L'essai luzerne a montré la capacité des variétés introduites à produire en quantité et en qualité, surtout quand l'eau n'est pas un facteur limitant. Trois coupes ont été effectuées pour l'essai luzerne en irriguée, une seule pour l'essai en sec. Les variétés qui ont donné le meilleur rendement en vert en première coupe sont Mamuntanas (14,41t/ha), Ameristand (13.51t/ha), Coussouls (12.90), ABT (10.85), avec une teneur en MAT comparable et très intéressante supérieure à 19%, le rendement chute en 3<sup>ème</sup> coupe. Pour l'essai luzerne en sec, la composition chimique est comparable à la première coupe en irriguée pour les matières azotées totales, et à la troisième coupe pour la cellulose brute. Les rendements en vert sont supérieurs à ceux enregistrés en troisième coupe irriguée. L'essai Sulla a fait apparaître que cette espèce a une grande importance en raison de sa capacité d'adaptation aux conditions pédoclimatiques locales, toutes les variétés ont enregistré un rendement en vert élevé et une composition chimique intéressante et avoisinant celle de la luzerne.

**Mots clés** : légumineuses, luzerne, Sulla, composition chimique, rendement.

## Summary

In spite of its great surface and its great potentialities, Algeria gave only little interest to the fodder crops which however, could be an adequate solution for the development of the livestock production. A fodder deficit really exist, there is urgent to cure it by the revival of new varieties adapted to our pedoclimatic conditions to meet the needs for the livestock during all of the year. The fodder leguminous plants can play an important part in rotation, the protection of the grounds against erosion and turning into a desert and especially in the improvement of the resources fodder and pastoral in the zones marginal and difficult what allow an improvement of the livestock production. The test alfalfa showed the capacities of the varieties introduced to produce in quantity and quality, especially when water is not a limiting factor. Three cuts have carried out for the test alfalfa in irrigated, only one for the test in dryness. The varieties which gave the best yield in green in first cut are Mamuntanas (14.41t/ha), Ameristand (13.51t/ha), Coussouls (12.90t/ha) and ABT (10.85t/ha), with a comparable and very interesting content of Crude protein , higher than 19%, the yield falls in the third cut. For the test alfalfa in dryness, the chemical composition comparable with the first cut in is irrigated for the total nitrogenized matters, and with the third cut for crude fibre. The yields in green are higher than those recorded in third irrigated cut. The Sulla test revealed that this species has a great importance because of its capacity of adaptation to the local pedoclimatic conditions; all the varieties recorded a big yield in green and an interesting chemical composition bordering that of the alfalfa.

**Key words:** leguminous plants, alfalfa, Sulla, chemical composition, yield.

## REMERCIEMENTS

Je ne saurais commencer, sans exprimer ma profonde reconnaissance à mon promoteur Monsieur Abdelguerfi A., Professeur à l'institut national d'Agronomie d'El Harrach, qui m'a confié un sujet de recherche qui va avec la réalité du terrain algérien.

Que ce soit en cours, en expérimentation et même après, par sa compétence scientifique et sa rigueur, il ne m'a jamais privé de ses conseils. Avec vigilance et bienveillance il m'a dirigé pour mener ce travail à terme, son aménité et sa gentillesse sont inégalables, qu'il trouve ici un témoignage de très grand respect et de beaucoup de gratitude.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur Kaidi R., Professeur à la faculté Agro-vétérinaire de l'Université Saad Dahleb, de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Je remercie également Monsieur Berbèr A., Maître de conférences à la faculté Agrovétérinaire de l'université Saad Dahleb, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant d'être membre du jury.

Que Madame Hadj Kaddour A. et Madame MEFTI H., chargées de cours à la faculté des sciences Agro- Vétérinaire de l'Université Saad Dahleb de Blida, trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et de mon respect, elles ont, sans aucune hésitation accepté de faire partie du jury.

Je n'omettrais pas d'exprimer ma reconnaissance à ma mère, mon mari, mes beaux parents, mes enfants Mahmoud et Wafaa, et toute ma famille, eux tous, n'ont jamais cessé de me soutenir en me prodiguant aide, affections et beaucoup de confiance.

## TABLES DES MATIERES

RESUME .....	1
REMERCIEMENTS.....	5
TABLES DES MATIERES.....	6
LISTES DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX .....	9
INTRODUCTION.....	12
1. APERCU SUR L'ELEVAGE ET LA PRODUCTION FOURRAGERE EN ALGERIE.....	14
1.1 Situation des fourrages cultivés.....	14
1.2 Aperçu sur l'élevage en Algérie.....	15
2. LEGUMINEUSES.....	18
2.1 Généralités.....	18
2.2 Classification botanique.....	18
2.3 Intérêts des légumineuses.....	19
2.3.1 Intérêt agronomique.....	19
2.3.2 Intérêts économiques et écologiques.....	21
2.4 Intérêt des associations légumineuses graminées.....	22
2.5 Etude de deux espèces de légumineuses.....	25
2.5.1 La luzerne : <i>Medicago sativa</i> L.....	25
2.5.2 Le Sulla : <i>Hedysarum coronarium</i> L.....	30
3. VALEUR ALIMENTAIRE ET FACTEUR DE VARIATION.....	33
3.1 Notion de valeur alimentaire.....	33
3.2 Facteurs de variation de la valeur alimentaire.....	33
3.2.1 La famille botanique et l'espèce.....	34
3.2.2 Le stade de végétation.....	35
3.2.3 Le milieu.....	38
3.2.4 Les condition de récolte et de conservation.....	39

4. MATERIEL ET METHODES.....	41
4.1 Matériel végétal .....	41
4.2 Conditions expérimentale.....	42
4.2.1 Localisation des essais.....	42
4.2.2 Conditions climatiques .....	42
4.2.2.1 Diagramme ombrothermique de BagnoulsGausse... ..	43
4.2.3 Les conditions édaphiques et travail du sol.....	44
4.2.4 Le dispositif expérimental.....	44
4.2.5 Entretien et déroulement de l'essai.....	45
4.2.6 Nombres et dates de coupes .....	46
4.2.7 Rendements.....	47
4.3 Analyses chimiques .....	47
4.3.1 Détermination de la matière sèche.....	47
4.3.2 Détermination de la matière minérale.....	47
4.3.3 Détermination de la matière organique .....	47
4.3.4 Détermination de la teneur en cellulose brute .....	48
4.3.5 Détermination des matières azotées totales.....	48
4.4 Analyses statistiques.....	48
5. RESULTATS ET DISCUSSION.....	50
5.1 Essai luzerne irriguée et l'effet des deux coupes.....	50
5.1.1 Teneur en matière sèche.....	50
5.1.2 Teneur en matière organique.....	52
5.1.3 Teneur en matières azotées totales.....	54
5.1.4 Teneur en cellulose brute.....	56
5.1.5 Rendement en matière verte .....	58
5.1.6 Rendement en matière sèche .....	60
5.1.7 Discussion des résultats.....	63
5.2 Essai luzerne en sec .....	67
5.2.1 Teneur en matière sèche.....	67
5.2.2 Teneur en matière organique.....	68
5.2.3 Teneur en cellulose brute.....	70
5.2.4 Teneur en matières azotées totales.....	71
5.2.5 Rendement en matières vertes.....	73

5.2.6 Rendement en matière sèche.....	74
5.2.7 Discussion des résultats.....	76
5.3 Essai Sulla.....	78
5.3.1 Teneur en matière sèche.....	78
5.3.2 Teneur en matière organique.....	79
5.3.3 Teneur en cellulose brute.....	80
5.3.4 Teneur en matière azotées totales.....	81
5.3.5 Rendement en vert.....	83
5.3.6 Rendement en sec.....	84
CONCLUSION.....	85
APPENDICES.....	88
REFERENCES.....	101

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Tableau 1.1	: Situation fourragères en Algérie (1999-200)	14
Tableau 1.2	: Superficies des espèces fourragères cultivées, consommées en vert et en sec (ha).	15
Tableau 1.3	: Evolution des effectifs du cheptel de 1999 à 2005	17
Tableau 2.1	: Composition de l'état d'un sol argilo-limoneux après différentes cultures	20
Tableau 2.2	: Production des associations graminées-légumineuses Et des cultures pures (tMS/ha)	22
Tableau 2.3	: Associations utilisées en Pologne selon les conditions du milieu	23
Tableau 2.4	: Variation des teneurs en matières azotées de trois légumineuses Et trois graminées	23
Tableau 2.5	: Composition chimique et digestibilité de quelques associations	25
Tableau 2.6	: Valeur énergétique de la luzerne en fonction du stade et du cycle De developpement	27
Tableau 2.7	: Rendement du Sulla à Frétissa (500-600mm/an) Tunisie	30
Tableau 2.8	: Composition chimique et digestibilité du Sulla à différents stade de croissance	31
Tableau 3.1	: Pourcentage des feuilles (légumineuses) et de limbes (graminées) de plantes fourragères à différents stades de croissance	33
Tableau 3.2	: Variation des teneurs en matières azotées, en cellulose brute et en constituants pariétaux de trois légumineuses et trois graminées(en%MS)	34
Tableau 3.3	: Variation de la teneur en matières azotées, en cellulose brute des feuilles et des tiges de luzerne et des limbes et des tiges plus gaines de graminées	35
Tableau 3.4	: Changements journaliers moyens sur le plan de la valeur alimentaire des produits herbacés en stade de croissance	35
Tableau 3.5	: Evolution de la digestibilité en fonction du stade de développement	36
Tableau 3.6	: Pertes mécaniques chez la luzerne et le trèfle blanc	37
Tableau 4.1	: Liste et origine des variétés de luzerne mises en essai	39

Tableau 4.2	: Liste et origine des variétés de Sulla mise en essai	39
Tableau 4.3	: Données climatiques de la campagne 2004-2005.	40
Tableau 4.6	: Quantités d'eau apportées par irrigation « Essai luzerne », « Essai Sulla ».	45
Tableau 5.1	: Teneurs moyennes en matières sèches (coupe1, coupe3)	50
Tableau 5.2	: Moyennes et groupes homogènes des teneurs en matières organiques	52
Tableau 5.3	: Moyennes et groupes homogènes de la MO du facteur coupe	53
Tableau 5.4	: Moyennes des teneurs en MAT	54
Tableau 5.5	: Moyennes et groupes homogènes des MAT du facteur coupe	55
Tableau 5.6	: Moyennes des teneurs en CB	56
Tableau 5.7	: Moyennes et groupes homogènes teneurs en CB pour le facteur coupe	56
Tableau 5.8	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en vert	58
Tableau 5.9	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en vert pour le facteur coupe.	59
Tableau 5.10	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec	60
Tableau 5.11	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec pour le facteur coupe	61
Tableau 5.12	: Moyennes des teneurs en matière sèche	66
Tableau 5.13	: Moyennes et groupes homogènes des teneurs en M.O.	67
Tableau 5.14	: Moyennes et groupes homogènes de la cellulose brute	69
Tableau 5.15	: Moyennes et groupes homogènes des teneurs en MAT	70
Tableau 5.16	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en vert	72
Tableau 5.17	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec	74
Tableau 5.18	: Moyennes des teneurs en matières sèches	77
Tableau 5.19	: Moyennes des teneurs en matières organiques	78
Tableau 5.20	: Moyennes des teneurs en cellulose brute	79
Tableau 5.21	: Moyennes et groupes homogènes des teneurs en MAT	80
Tableau 5.22	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en vert	82
Tableau 5.23	: Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec	83
Figure 2.1	: Caractéristiques morphologiques de <i>Medicago sativa</i> L. [57]	25
Figure 2.2	: Caractéristique morphologiques <i>Hedysarum coronarium</i> [13]	29
Figure 4.1	: Diagramme ombrothermique de l'année agricole 2004/2005, INA d'El Harrach.	41

Figure 5.1	: Evolution des teneurs moyennes en MS chez les variétés de luzerne irriguée	48
Figure 5.2	: Evolution des teneurs moyennes en M.O. (%MS) chez les variétés de luzerne irriguée	51
Figure 5.3	: Evolution des teneurs moyennes en MAT (%MS) chez les variétés de luzerne irriguée	53
Figure 5.4	: Evolution des teneurs moyennes en cellulose brute (%MS) chez les variétés de luzerne irriguée	55
Figure 5.5	: Evolution des rendements moyens en matières vertes (t/ha) chez les variétés de luzerne irriguée	57
Figure 5.6	: Evolution des rendements moyens en matières sèches (t/ha) chez les variétés de luzerne irriguée	59
Figure 5.7	: Evolution des teneurs moyennes en matières sèches (%) chez les variétés de luzerne en sec	65
Figure 5.8	: Evolution des teneurs moyennes de la M.O. (%MS) chez les variétés de luzerne en sec.	66
Figure 5.9	: Evolution des teneurs moyennes de la cellulose brute (%MS) chez les variétés de luzerne en sec.	68
Figure 5.10	: Evolution des teneurs moyennes en MAT (%MS) chez les variétés de luzerne en sec.	69
Figure 5.11	: Evolution des teneurs moyennes du rendement en vert (t/ha) de la luzerne en sec	71
Figure 5.12	: Evolution des teneurs moyennes du rendement en vert (t/ha) de la luzerne en sec	73
Figure 5.13	: Evolution des teneurs moyennes en matière sèche (%) chez les variétés de Sulla	77
Figure 5.14	: Evolution des teneurs moyennes en matière organique (%MS) chez les variétés de Sulla	78
Figure 5.15	: Evolution des teneurs moyennes en cellulose brute (%MS) chez les variétés de Sulla	79
Figure 5.16	: Evolution des teneurs moyennes des matières azotées chez les variétés de Sulla	80
Figure 5.17	: Evolution des rendements moyens en matières vertes (t/ha) chez les variétés de Sulla	81
Figure 5.18	: Evolution des rendements moyens en matière sèche (t/ha) chez les variétés de Sulla	82

## INTRODUCTION

La connaissance de la valeur alimentaire des fourrages constitue, incontestablement, un élément déterminant pour le développement des systèmes d'élevage adaptés aux conditions particulières des pays concernés dans le but d'assurer aux mieux la couverture des besoins nutritionnels de leur population tout en préservant, leur indépendance économique [1].

Tout erreur dans l'alimentation des animaux domestiques a des répercussions économiques, tant sur le coût des rations que sur la valeur commerciale des produits animaux, dans la mesure où la qualité de ces produits et les performances réalisées sont moindres [2].

En Algérie, la production fourragère est très dépendante des conditions agro climatiques, elle ne peut pas satisfaire les besoins des animaux aux différentes périodes critiques de l'année, surtout en régime de pâturage permanent.

Les ressources fourragères sont assurées principalement par les parcours, les jachères, les chaumes des céréales et le foin grossier de la culture des associations (vesce avoine, pois avoine, vesce orge...) [3]. Les parcours steppiques fournissent des ressources fourragères qui sont tendanciellement en voie de régression. Cela s'explique par leur mise en culture et la surcharge en animaux trop fréquente et pendant des temps trop longs [4], [5].

La production fourragère n'a plus qu'une seule fonction d'assurer une production agricole quantitative. Elle doit également permettre l'élaboration de produits animaux de bonne qualité, participer à la protection de l'environnement, contribuer à la qualité des paysages et assurer une activité économique viable dans les territoires ruraux [6].

Il est pratiquement impossible d'améliorer la production du bétail si on ne lui assure pas une alimentation adéquate [7]. Un déficit a des répercussions sur la productivité et se traduit par un recours massif aux importations de produits animaux à l'instar des produits laitiers et carnés. De telles solutions pèsent lourd dans la balance économique du pays.

La solution aux problèmes de l'alimentation réside dans la production quantitative et qualitative de fourrages.

L'utilisation de nouvelles espèces ou cultivars fourragers, graminées et légumineuses adaptées aux conditions algériennes, peut être d'un apport déterminant et donc couvrir les besoins des animaux durant toute l'année.

C'est dans ce cheminement d'idées que s'incère notre travail<sup>1</sup> qui portera sur l'évaluation de la composition chimique et du rendement de deux espèces de légumineuses pérennes à savoir :

- 16 variétés de luzerne (*Medicago sativa*), mise en place à la station expérimentale de l'INA d'El Harrach.
- 04 variétés de Sulla (*Hedysarum coronarium*), mise en place à la station de l'ITGC de Oued Smar.

---

<sup>1</sup> Cette partie du travail entre dans le cadre du projet PERMED (PL 509140) sur « Amélioration des plantes fourragères pérennes locales pour la durabilité des systèmes agricoles méditerranéens », financé par l'UE (Projet INRAA-UE).

# CHAPITRE 1

## APERCU SUR L'ELEVAGE ET LA PRODUCTION FOURRAGERE EN ALGERIE

### 1.1. La situation des fourrages cultivés en Algérie

L'Algérie s'étend sur 2.4 millions de km<sup>2</sup>, et de cette superficie totale du pays, seulement 3.3% sont à vocation agricole [8]. Le désert occupe les 4/5<sup>èmes</sup> du pays et le 1/5 est largement occupé par les étages bioclimatiques arides et semi arides. Les étages subhumides et humides couvrent des surfaces plus restreintes.

En 2005, la production fourragère occupait une superficie de 42 380 630 ha (Tableau 1.1), la partie majeure étant utilisée pour les pacages et parcours soit 77% de la surface totale.

Tableau 1.1 : Situation fourragère en Algérie (1999-2005)

Année	Cultures fourragères		Jachère		Prairies naturelles		Pacages et parcours		Total	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
1999	368 130	1.04	3 641 000	10.24	35 000	0.10	31 504 000	88.62	35 548 130	100
2000	458 050	1.27	3 521 290	09.83	35 230	0.10	31 794 320	88.78	35 808 890	100
2001	331 270	0.92	3 743 420	10.39	30 900	0.09	31 914 760	88.60	36 020 350	100
2002	401 310	1.10	3 733 750	10.43	23 640	0.07	31 624 770	88.79	35 778 000	100
2003	571 810	1.40	3 701 470	09.06	25 950	0.10	31 635 240	77.5	40 817 940	100
2004	637 223	1.50	3 382 880	08.00	25 434	0.10	32 824 410	77.8	42 209 600	100
2005	628 889	1.48	3 589 890	08.47	26 070	0.10	32 821 550	77.4	42 380 630	100

[9]Statistiques du MADR

Le déficit fourrager est chronique et l'alimentation du cheptel repose essentiellement sur les ressources fourragères et pastorales provenant des milieux naturels (parcours, maquis, jachère) [10].

Les fourrages cultivés sont localisés, en majeure partie, dans les zones humides et sub-humide et couvrent moins de 17% de la superficie réservée à l'ensemble des cultures herbacées. Les fourrages cultivés sont eux même dominés par les fourrages utilisés en secs (plus de 81%) (Tableau 1.2), essentiellement, de vesce avoine, alors que la luzerne et le sorgho sont peu représentés (1 à 5% de la superficie cultivée) [3] [11].

Les cultures fourragères pures occupent une superficie très réduite [10].

Au plan général, les contraintes essentielles des ressources fourragères cultivées se résument à la faible diversité des espèces cultivées et à la contribution très modeste des cultivars locaux [8].

Tableau 1.2 : Superficies des espèces fourragères cultivées, consommées en sec et en vert (ha). [9]

Année	Superficies fourragères consommées en sec (total)	Superficies fourragères consommées en vert (total)	Superficies fourragères totales consommées en sec et en vert
1995	324700	164160	488860
1996	480400	100910	412150
1997	485910	82360	391630
1998	487660	105790	593450
1999	537980	/	/
2000	479380	106520	585900
2001	386210	87750	473960
2002	401310	95560	395480
2003	272790	104320	377110
2004	341176	120413	461589
2005	394849	89303	484152

## 1.2. Aperçu sur l'élevage en Algérie

L'Algérie est un grand pays d'élevage [12]. En matière de commerce, il permet principalement d'éviter la croissance des importations de viandes et de lait ou même de les diminuer [13].

Les principales races ovines Algériennes sont : la Ouled Djellal, la Hamra ou Béni-Ighil et la Rembi ; les races secondaires sont : la Berbère à laine Zoulai, la Barbarine de Oued Souf, la D'men et la Targuia-Sidaou. Ces races possèdent une grande rusticité et une capacité d'adaptation remarquable à la marche sur de longues distances (élevage essentiellement nomade) et supportent bien les conditions sahariennes ou tempérées selon sa distribution, valorisant ainsi très bien les pâturages (hautes plaines, steppes, parcours).

Pour les Bovins, depuis 1970, la composition du troupeau a fortement changé avec l'introduction des races Pie Noire, Pie Rouge et Tarentaise. Le croisement anarchique de la race locale, la brune de l'Atlas, avec les races européennes importées fait qu'elle régresse de façon nette, mais quoique qu'avec une grande hétérogénéité dans la couleur de la robe, la conformation et la taille, elle conserve beaucoup de caractères de souche locale (rusticité surtout) [13].

CHELLIG [14] identifie deux races caprines locales : l'Arabia et la Mekatia, il y a aussi la naine du sud (Béchar) et la naine de Kabylie [15]. Les races introduites durant la colonisation sont : la race Murcia et la race Maltaise. Les races Alpine, Chamoise et Saanen ont une place relativement réduite.

Le cheval d'Afrique du nord appartient à la race Barbe ; il y a aussi le pur sang Arabe ainsi qu'un ensemble de croisés entre ces deux races.

Les types de dromadaires rapportés par BEN AISSA [16] et BENMESSAOUD *et al.* [17] sont définis par les éleveurs et sont : Le Chaambi ; L'Ouled Sidi Cheikh ; Le Sahraoui ; Le Targui ; Le Hodni ; Le Nailli ; Le Soufi ; Le Reguibi... Le dromadaire reste la source essentielle de protéines animale pour les populations du sud et intervient de moins en moins dans le transport.

Les ovins représentent 76.87% de l'effectif global du cheptel avec plus de 10 millions de brebis. L'élevage caprin vient en seconde position (14.59%) comprenant plus de 55% de chèvres. L'effectif des bovins reste faible avec 1.58 millions de têtes soit 6.44% de l'effectif global dont 58.25% sont des vaches laitières. L'élevage des espèces camelines et équines suit avec des effectifs plus faibles, mais il est à signaler que l'effectif camelin a augmenté entre 1999 et 2005 tout au contraire des équins dont la diminution est de l'ordre de 33.5% (Tableau 1.3).

Tableau 1.3. Evolution des effectifs du cheptel de 1995 à 2005 (nombres de têtes)  
[9].

Année	Bovins	Ovins	Caprins	Equins	Camelin
1995	1266620	17301560	2779790	366680	126350
1996	1227940	17565400	2894770	345500	136000
1997	1255410	17387000	3121500	320540	150870
1998	1317240	17948940	3256580	278300	154310
1999	1579640	1788480	3061660	266030	217370
2000	1595380	17615930	3026730	264200	234220
2001	1613040	17298790	3129400	267450	245490
2002	1551570	17587740	3280540	261720	249690
2003	1537846	17535500	3310080	255779	249321
2004	1613700	18293300	3450580	245780	273140
2005	1586070	18909110	3589880	243672	268560

L'une des contraintes majeures à l'essor de l'élevage en Algérie est l'alimentation, le bilan fourrager permet de relever que le taux de couverture des besoins du cheptel reste insuffisant et est déficitaire de 4 milliards d'UFL/an, les besoins étant de l'ordre de 12 milliards d'UFL et l'offre nationale de 8 milliards d'UFL seulement. [18].

## CHAPITRE 2

### LES LEGUMINEUSES

#### 2.1. Généralités

Les légumineuses représentent la famille la plus riche en espèces endémiques en Afrique du nord devant les Labiées et les Crucifères. L'Algérie à elle seule compte 51 genres et 440 espèces [19].

Les légumineuses ont toutes en commun de vivre en relation symbiotique avec des bactéries installées dans leurs racines. Ces bactéries ont la capacité de capter l'azote atmosphérique et de le transformer en substances azotées directement utilisables pour la plante. Cette association permet aux légumineuses de se développer sur des sols pauvres en azote tout en permettant même de les enrichir.

Par leur richesse en protéines, soit du fourrage pour les légumineuses fourragères, soit des graines pour les légumineuses à grosses graines, elles contribuent à la qualité des rations et de diètes, à la fois des animaux de rente mais aussi pour la population humaine [20].

En dehors de leur rôle fourrager et pastoral, les Légumineuses (herbacées et ligneuses) sont utilisées dans les actions de restauration et d'amélioration des différents espaces.

#### 2.2. Classification

Règne :	Végétaux
Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Dialypétales
Ordre :	Rosales
Famille :	Légumineuses

Les légumineuses sont l'un des plus grand groupe taxonomique comportant plus de 18 000 espèces et 650 genres distribuées dans la plupart des environnements du monde entier [21]. Elles sont divisées en trois sous familles selon la morphologie des fleurs :

- Sous-famille des Caesalpinoideae compte environ 2 800 espèces, lesquelles sont des arbres des savanes tropicales et des forêts de l'Afrique, d'Amérique et d'Asie comme l'arbre de Judée, Cassiers, Caroubier.
- Sous-famille des Mimosoideae qui compte également 2 800 espèces. Ce sont les arbres et les arbustes des régions semi-arides, tropicales de l'Afrique, des Amériques et de l'Australie. Les espèces d'Acacias et de mimosas sont les meilleurs exemples connus de cette famille.
- Sous-famille des Papilionoideae ou Fabaceae est la plus importante avec 12 000 espèces et 350 genres. Ce sont principalement des plantes herbacées et des arbustes distribués dans le monde entier, et inclut les légumineuses à grain bien connues telles que les haricots et les pois. Ce sont en majorité des espèces de climat méditerranéen et tempéré [22] [21].

### 2.3. Intérêt des légumineuses

Les légumineuses ont une place centrale dans les systèmes de production à la fois en tant que sources de fourrage vert et de foin de qualité, riche en protéines, et que tête de rotation incontournable par leur reliquat azoté, mais aussi par l'azote recyclé via les fumiers issus des élevages alimentés avec les fourrages suscités [23].

#### 2.3.1. Intérêt agronomique

De part leur effet sur la fertilité des sols et leur richesse en protéines, les légumineuses jouent un rôle important dans l'amélioration physico-chimique du sol en laissant une masse importante de matière organique [24], elles augmentent la porosité du sol et la quantité d'eau retenue ainsi que la qualité d'agrégats et de micro-agrégats qui sont stables.

A titre d'exemple, la luzerne pérenne (*Medicago sativa*) laisse dans le sol 6 à 8 tonnes de racines sèche par hectare ce qui correspond à 10 tonnes de fumier par hectare [25], sans compter les chutes de feuilles, débris de tiges et gousses laissés sur le terrain après la fauche ou la moisson [13].

Le tableau 2.1 met en évidence que le précédent cultural sur le nombre de pied de blé/m<sup>2</sup> est nettement positif après une légumineuse par rapport à une graminée, on constate :

- Une diminution de la densité apparente, et, une augmentation de la porosité par rapport au maïs et au sorgho.
- Un lit de semence pour le blé d'hiver plus fin par rapport aux deux graminées (maïs, sorgho).

Tableau 2.1 : Composition de l'état d'un sol argilo-limoneux après différentes cultures [26]

Propriétés physiques du sol	Précédent cultural					
	Mais	sorgho	soja	féverole	pois	Lupin
Densité apparente 0.25%	1.69	1.58	1.50	1.43	1.40	1.37
Porosité %	36.2	40.4	43.4	46.0	47.0	48.3
Finesse du lit de semence pour blé d'hiver	grosse	grosse	fine	moyenne	moyenne	Moyenne

D'autre part, les plantes de la famille des légumineuses enrichissent le sol en azote ; en réorganisant l'azote minéral, elles évitent les pertes par lessivage qui risqueraient de se produire sur sol nu [27], sous la luzerne par exemple les fuites de nitrates sont nuls [28].

Les légumineuses présentent ce remarquable avantage de réduire fortement tout recours à la fertilisation azotée. De plus, en raison du fonctionnement de la symbiose, tout l'azote minéralisé sous la culture de légumineuse sera préférentiellement capté. Ceci conduit à une absence totale de lessivage au cours de la culture [23]. Luzerne et trèfle violet sont économes en frais de culture grâce à leur pérennité et à l'économie d'azote minéral réalisée [29].

### 2.3.2. Intérêt économique et écologique

Les éleveurs préfèrent les surfaces herbacées à base de légumineuses fourragères en vue d'obtenir, un fourrage abondant, de haute qualité et afin d'économiser les divers facteurs de production acquis hors de l'exploitation paysanne (fumure minérale, herbicide, concentré).

Leur effet positif sur la fertilité du sol se manifeste à travers la fixation symbiotique de l'azote dans la biomasse. En effet, la symbiose avec la bactérie *Rhizobium* utilise l'énergie provenant de la photosynthèse pour assurer la transformation de l'azote de l'air, qui entre ainsi dans le circuit de la synthèse des protéines végétales. Cette opération se fait grâce à une enzyme, la nitrogénase.

La chimie de synthèse des engrais azotés reproduit les mêmes réactions, mais avec un apport d'énergie considérable pour réaliser des températures de 500 à 600°C et des pressions importantes. Ainsi, le coût énergétique d'1 kg d'azote fixé par une légumineuse est estimé entre 5 142 et 10 285 kcal, tandis qu'il est compris entre 17 600 et 19 486 kcal pour un engrais de synthèse [30], auquel il faut ajouter les dépenses de stockage et de distribution.

Dans les pays en voie de développement la fixation symbiotique de l'azote revêt une importance économique particulière comme moyen d'amélioration de la fertilité puisque le recours aux engrais chimiques n'est pas économiquement supportable, la culture de légumineuses pourrait être un débouché intéressant pour une production de protéines plus économique et plus autonome [31], et contribuer fortement au développement de l'économie rurale [32].

Les légumineuses constituent clairement une solution pertinente en limitant, voire supprimant, le besoin de fertilisation azotée, et, en limitant aussi les apports de concentrés protéiques dans la ration dans le cas des aliments du bétail [23].

Les légumineuses assurent également la durabilité des systèmes fourragers qui les comprennent. Leur culture nécessite très peu d'intrants chimiques. De ce fait, elles contribuent à la diversité de la flore, notamment en région de grandes cultures ; mais aussi de la faune, car les peuplements fourragers pérennes sont des réservoirs pour la disponibilité alimentaire/ou de reproduction de plusieurs espèces animales (insectes, oiseaux, etc....) [33] [34].

#### 2.4. Intérêt des associations légumineuses graminées

L'association binaire graminée-légumineuse présente un intérêt particulier dans les systèmes de production fourragère où on cherche à diminuer l'emploi d'engrais azoté [35], elle devrait permettre théoriquement un fourrage équilibré [36]. Une bonne conduite des mélanges fourragers consiste en grande partie à maîtriser l'équilibre entre graminées et légumineuses [37]. En effet BOROWIECKI [38] affirme que les associations sont préférées aux cultures pures de légumineuses, car elles cumulent plusieurs avantages :

- Elles permettent une production élevée : la production est supérieure (de 2 à 4 t MS/ha/an) à celle des légumineuses pures.
- L'économie d'azote : la fertilisation d'une association peut être limitée à 120Kg N/ha/an. Par rapport à une graminée pure, la culture permet d'économiser 60 à 80 unités d'azote sur la culture qui lui succède.
- Un fourrage équilibré : la complémentarité des espèces dans une association assure les meilleurs équilibres alimentaires (protéine-énergie) et minéraux du fourrage.
- Une qualité de récolte et de conservation : par rapport à la légumineuse pure, l'association avec une graminée facilite le séchage, la récolte et l'ensilage (la graminée améliore la qualité du sucre et permet de réduire les quantités de conservateur à ajouter pour la confection des ensilages).

Selon LE GALL [29], les associations pourraient se substituer en partie aux graminées pures. L'économie d'azote minéral est de 100 à 150 unités/ha pour une production fourragère identique ou supérieure à celle d'une graminée moyennement fertilisée (200 à 250 unités N/ha) (Tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Production des principales associations graminée légumineuse et des cultures pures (t MS/ha ; entre parenthèse : dose d'azote en kg N/ha/an).[29]

	Nombre d'essai	Graminée	Légumineuse	Association
Dactyle + Luzerne	4	13.1 (250 N)	12.7 (0 N)	13.9 (125N)
Fétuque + Luzerne	3	14.1 (250 N)	12.0 (0 N)	13.9 (125 N)
Brome + Luzerne	1	15.4 (240 N)	13.4 (0 N)	15.0 (120N)
Ray-grass + Trèfle violet	19	11.2 (280N)	11.2 (0 N)	11.3 (140N)

Pour maîtriser l'équilibre de l'association, il est nécessaire de bien piloter la fertilisation azotée, notamment pour éviter l'étouffement de la légumineuse par la graminée [39].

Le choix d'espèces et variétés a son importance. Il y a certainement des associations d'espèces et des combinaisons de variétés plus pertinentes que d'autres [40] [37]. Les types d'associations varient selon les conditions climatiques ; avec la luzerne par exemple JELINOWSKA et MAGNUSZGKE [41] recommandent surtout d'associer l'avoine élevée dont les exigences pédoclimatiques et la résistance à la sécheresse sont comparables à celle de la luzerne et qui présente une très bonne pérennité. Quelques exemples d'association sont donnés dans le tableau 2.3.

Tableau 2.3 : Associations utilisées en Pologne selon les conditions du milieu. [38]

Légumineuses	Graminées			
	Zones chaudes		Zones froides	
	Sol humide	Sol sec	Sol humide	Sol
Trèfle violet	Ray-grass anglais	Fétuque des prés	Fléole	Fétuque des prés
Luzerne	Fléole (dactyle)	Avoine élevée (dactyle)	Fléole (dactyle)	Avoine élevée (dactyle)
Trèfle blanc	Ray-grass anglais+ fétuque des prés	Fétuque des prés+ brome inerme	Fléole+ dactyle	Fétuque des prés + brome inerme

Les associations présentent l'avantage d'être utilisées de longues périodes ; MAURIES et PAILLAT [42] affirment que les luzernes pures et associées

produisent en moyenne pendant 4 à 5 ans, certaines parcelles sont conservées jusqu'à 10 ans si elles ne sont exploitées qu'en foin.

Il faut, toutefois, se souvenir de l'influence considérable du stade d'exploitation des fourrages de l'association, car des différences existent selon les espèces, les légumineuses ont un développement beaucoup plus tardif mais une grande résistance à la sécheresse, leur utilisation en vert et la conservation sont à prendre en considération pour minimiser au plus les pertes de feuilles et de tiges qui contiennent la plus grandes quantité d'azote [43] (Tableau 2.4).

Tableau 2.4 : Variation des teneurs en matières azotées de trois légumineuses et trois graminées [44].

Espèces	Matières azotées (% MS)	
	Feuilles (limbes)	Tiges (tiges + graines)
Luzerne	30 à 25	25 à 10
Trèfle violet	25 à 20	20 à 10
Trèfle blanc	30 à 20	-
Dactyle, Ray-grass	25-30 à 10-15	15 à 5
Fétuque		

Si les graminées restent les meilleurs fournisseurs d'énergie, les légumineuses apportent l'azote pour rééquilibrer la ration [45], la qualité gustative du fourrage augmente ainsi que les performances zootechniques des animaux [46]. Le tableau 2.5 montre que la contribution en matière sèche des légumineuses est faible mais que la teneur en matière azotée est plus élevée.

Tableau 2.5 : Composition chimique et digestibilité de quelques associations. [47]

Association	MS (%)		Composition chimique (% MS)				Valeur nutritive	Production	
	Vert	Foin	Cendre	Azote	CB	AG	Digestibilité (%)	MST	MAT (g/100gMS)
Vesce-Avoine	32.64	83.00	7.44	7.95	34.86	1.92	73	7.75	616.12
Pois-Avoine	23.80	83.00	7.77	9.28	35.76	1.91	72	7.23	670.94
Vesce-orge	27.81	84.00	8.44	7.79	33.34	2.76	66	9.76	750.30
Pois-orge	28.26	85.00	7.66	8.08	33.63	1.93	67	9.97	805.51
Pois-triticale	27.83	85.00	7.33	9.71	31.03	2.77	74	8.32	807.57
Vesce-triticale	25.80	85.00	9.63	9.62	33.50	1.71	77	7.79	749.39

## 2.5. Etude de deux espèces de légumineuses

### 2.5.1. La luzerne : *Medicago sativa* L.

La luzerne est une légumineuse de grande valeur [48], elle dispose de qualités agronomiques et zootechniques incontestées [42]. Sa culture remonterait à 9 000 ans [49]. La plus productive de toutes les légumineuses, sauf conditions particulières du sol, est *Medicago sativa* L. [50]. C'est elle dont la repousse après la coupe est la plus rapide, même en saison sèche.

Parmi les légumineuses, la luzerne a bien méritée l'appellation « de reine des culture » [51].

On s'accorde généralement à penser que la luzerne est originaire d'une zone délimitée par l'Asie mineure, la Transcaucasie, l'Iran et les hauts plateaux du Turkménistan [52] [53] [54]. Son centre d'origine le plus souvent mentionné est l'Iran. Elle a gagné le Bassin Méditerranéen puis l'Europe Occidentale, elle a été introduite en Amérique au siècle dernier [12].

La luzerne cultivée appartient à deux sous espèces botaniques différentes de l'espèce *Medicago sativa* L. : La luzerne commune, *Medicago sativa* à fleurs pourpres, a évolué dans les zones arides, et la luzerne faucille, *Medicago falcata* à fleurs jaunes, qui possède une remarquable résistance au froid et aux maladies, ainsi que dans les conditions semi désertiques [55]. Les luzernes issues du croisement de ces deux sous espèces, *Medicago media*, sont bigarrées (de plusieurs couleurs), des caractères intermédiaires, vivaces et utiles [56].

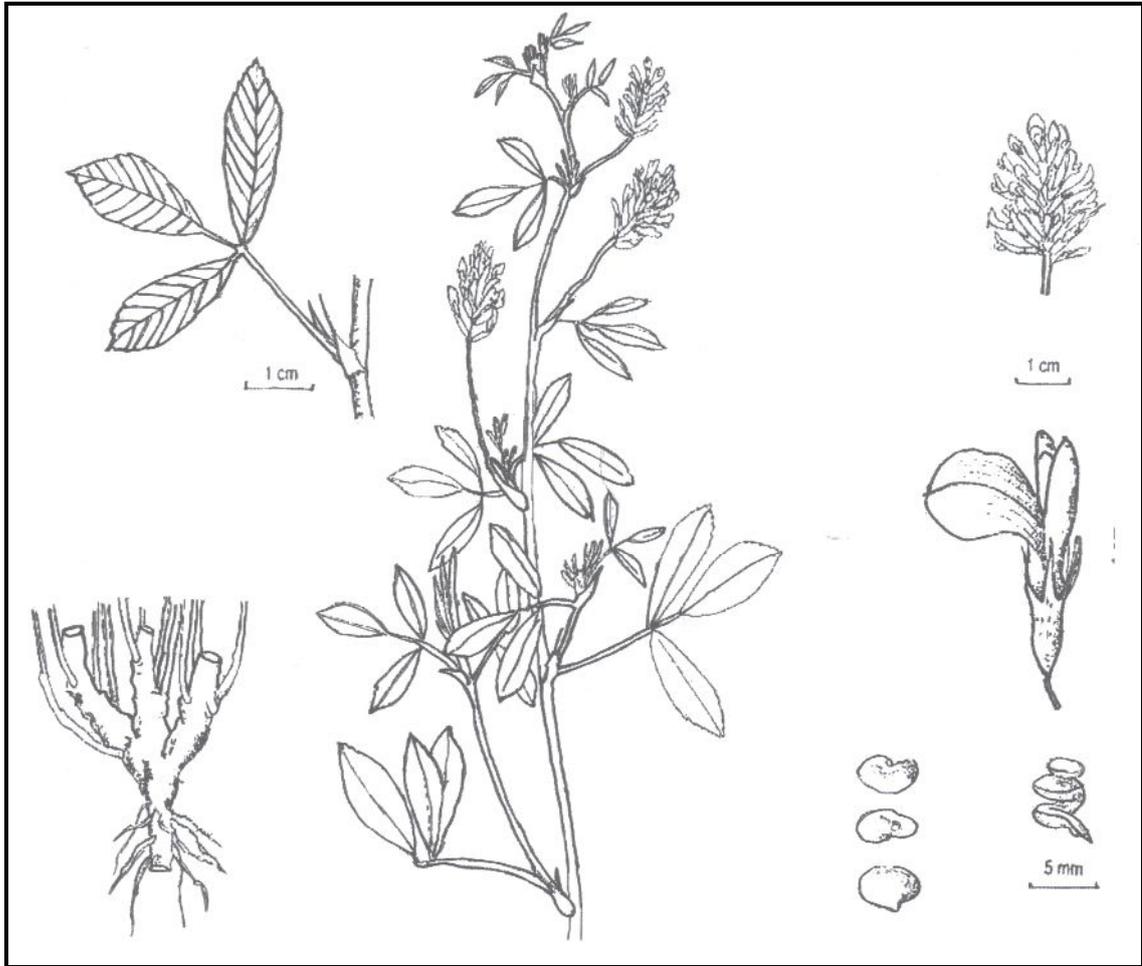


Figure 2.1 : Caractéristiques morphologiques de *Medicago sativa* [57]

Les variétés de luzerne sont classées en trois types :

- Type méditerranéen : regroupe les variétés à repos végétatif peu marqué, production quasi continue, elles sont sensibles au froid ; cultivées dans les régions à hiver doux.
- Type intermédiaire : regroupe les variétés à repos végétatif plus ou moins marqué, elles sont moins sensibles au froid que les précédentes ; cultivées dans les régions à hiver peu froid à frais.
- Type nordique : regroupe les variétés à repos végétatif très marqué, elles sont résistantes au froid ; cultivées dans les régions à hiver froid et très froid.

Bien qu'ayant une aire de culture très large, la luzerne exige des conditions de température et d'humidité suffisante, la température maximale autorisant la croissance est 37°C, la minimale au dessous de laquelle la plante suspend son activité définit une autre limite, ce zéro de végétation est de 8 à 9°C [12].

La luzerne est très exigeante en eau. Pour élaborer un gramme de matière sèche, il faut 800 à 1 000 g d'eau. Il faut entre 12 000 et 13 000 m<sup>3</sup>/ha pour une année de culture [58], elle réussit bien dans les sols profonds, bien ameublés et s'adapte dans les sols riches en chaux ou du moins alcalins. Pour les sols légèrement acides, les amendements calciques constituent un usage de précaution et l'inoculation est envisageable [43].

La luzerne est très exigeante en potassium, en acide phosphorique et en certains oligo-éléments tels que Mo, Zn, Cu, Fe, Cl, Br et Co.

La luzerne est la première légumineuse utilisée dans le monde. Elle assure :

- Une mobilisation des nutriments des réserves profondes du sol grâce à son puissant système racinaire.
- Un haut potentiel de production de qualité.
- Une souplesse d'exploitation (fauche, foin, pâturage, déshydratation et ensilage) [57].
- Une masse importante de matière organique ainsi que des résidus azotés dans le sol après défrichement, grâce aux nodosités des racines.

En Algérie, la superficie consacrée à la luzerne pérenne, *Medicago sativa*, représente entre 0.37 et 0.71% de la superficie réservée aux cultures fourragères. Dans les régions sahariennes, la luzerne est la principale espèce fourragère cultivée. Les agriculteurs de la région ont façonné des populations qui arrivent à égaler et parfois même dépasser les populations introduites allant jusqu'à 12 coupes/an [59].

L'intervalle entre les coupes peut être ajusté afin d'obtenir des rendements élevés et une bonne persistance de la luzernière [57] ; en effet, chaque repousse de luzerne se réalise à partir des réserves des pivots racinaires. Elle doit être fauchée à 20-50% floraison, récoltée après, les tiges deviennent difficiles à consommer et à ruminer, et la digestibilité diminue rapidement [60].

Dans un essai mené en Mitidja, BOUSSADI et HAMMADACHE [61] ont obtenu 8.36t MS/ha malgré une sécheresse automnale et hivernale, la période de production peut s'étaler de 3 à 5 mois selon la variété.

Le stade de récolte a un grand effet sur la valeur nutritive (Tableau 2.6) ; la proportion des feuilles représente 45% de la matière sèche de la plante au stade bourgeonnement et diminue pour ne constituer que le tiers lorsque la plante vieillit [62] ; la teneur en azote varie plus lentement que chez les graminées et suit l'évolution du rapport feuilles/tiges [63].

Tableau 2.6 : Valeur énergétique de la luzerne en fonction du stade et du cycle de Développement [64].

Cycle	Stade	UFL/kg MS	UFV/kg MS
Premier	Végétatif	0.88	0.82
	Bourgeonnement	0.77	0.69
	Floraison	0.69	0.59
Deuxième	Végétatif	0.82	0.75
	Bourgeonnement	0.82	0.74
	Floraison	0.73	0.64
Troisième	Végétatif	0.84	0.76
	Bourgeonnement	0.78	0.70
	floraison	0.73	0.65

La luzerne est la culture de foin par excellence, elle peut être cultivée en association avec des graminées (dactyle, féтуque élevée, brome), ou pure pour une exploitation en pâture où en fauche ou en vue de sa déshydratation industrielle [65]. Un excellent foin de luzerne doit contenir plus de 19% de MAT et avoir une digestibilité supérieure à 65%.

De la luzerne bien ensilée donne un produit appétant agissant favorablement sur la digestion. Elle donne une importante consistance tout en permettant une ingestion élevée.

L'utilisation en vert permet de bonnes performances de production et de croissance chez les bovins. Les vaches laitières peuvent produire 12 à 25 kg de lait par jour sans complémentation ; les jeunes bovins peuvent avoir une croissance de 800 à 1 000 g/jour sans complémentation [64].

Comme la luzerne est cultivée de plusieurs façons et dans différents endroits, les méthodes d'installation varient et doivent être adaptées aux réalités locales. Elle est, cependant, la plante fourragère la plus indiquée pour un élevage bovin laitier.

Enfin, introduite dans la rotation, la culture peut rompre l'évolution parasitaire qui accompagne les rotations céréalières et freiner l'emploi des produits phytosanitaires [66].

### 2.5.2. Le Sulla : *Hedysarum coronarium* L.

Le Sulla ou sainfoin d'Espagne (cock'head, soula ou tasoula) est une plante annuelle ou bisannuelle (Figure 2.2) selon les conditions du milieu, très présente dans la rive Nord de la Méditerranée, et, particulièrement en Italie où elle occupe une place assez importante. Le HOUEROU [19] compte 38 espèces et 6 sous espèces du genre *Hedysarum* dans le Bassin Méditerranéen, en Algérie sa culture est limitée ou elle existe à l'état spontané [67].

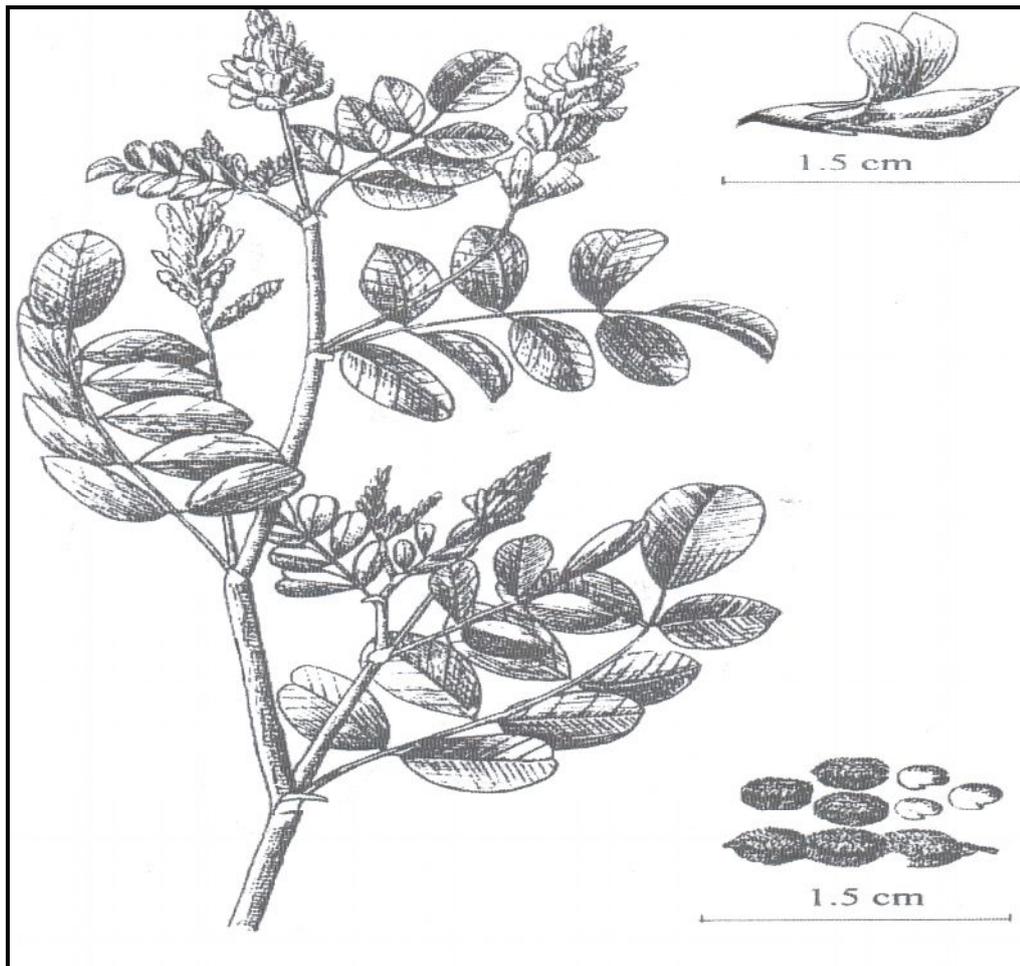


Figure 2.2 : Caractéristiques morphologiques d'*Hedysarum coronarium* [13]

Selon BOUSSAID *et al.* [68] et ZOGHLAMI et HASSEN [69] *Hedysarum* est, le plus répandu en Tunisie et s'étend de l'hyper humide jusqu'au semi-aride, mais disparaît dans la zone aride ; en Algérie, par ses différentes espèces, le genre *Hedysarum* occupe tout les étages bioclimatiques [70].

C'est une espèce à enracinement puissant qui colonise les affleurements marneux des forêts de pin d'Alep de l'Afrique du Nord [71], elle pousse sur des

sols argilo-limoneux, pauvres en calcaire total, de faible pente mais très bien arrosés [69], et occupe les bordures des champs ou talus [72] [21].

*Hedysarum coronarium* peut être pâturé, fauché, ensilé en mélange ou fané [67].

MARTINELLO et CIOLA [73] rapportent qu'en Italie le Sulla et le sainfoin sont généralement pâturés d'octobre à avril, et récoltés en foin en mai-juin

Un labour de 20 à 25 cm est conseillé. La préparation du lit de semence est la même que pour le blé [74], le semis se fait très tôt en automne ou juste après les premières pluies à raisons de 30 à 50 Kg/ha. Il peut être semé seul ou en association avec l'orge, l'avoine et la fétuque.

Le Sulla a une bonne dormance, une haute qualité fourragère, une tolérance au pâturage et une propagation végétale associée à un resemis naturel [75].

La croissance est assez réduite en hiver, mais au printemps elle s'accélère fortement ; la production est très importante si les conditions sont favorables. Dans le tableau 2.7, RONDIA *et al.* [74] trouvent des rendements assez intéressants avec le Sulla pendant deux années successives.

Tableau 2.7 : Rendement du Sulla à Frétissa (500 à600 mm/an) (Tunisie) [74]

Utilisation	Année	Rendements et observations
Pâturage	1 <sup>ère</sup> année	45 à 60 t MV/ha, à partir du 15 mars
	2 <sup>ème</sup> année	55 à 80 t MV/ha dont 30à40 t en janvier, le pâturage à partir du 15 décembre
Vert	1 <sup>ère</sup> année	60 à 85 t MV/ha, en coupe
	2 <sup>ème</sup> année	80 à 100 t MV/ha, en une ou deux coupes (janvier ou avril)
Foin	1 <sup>ère</sup> année	60 à 75 q MS/ha
	2 <sup>ème</sup> année	55 à 65 q MS/ha, après un pâturage en janvier pour avoir un foin de qualité
Graines	1 <sup>ère</sup> année	5 à 15 q/ha
	2 <sup>ème</sup> année	7 à 18 q/ha, après un pâturage en janvier (30à40 t MV/ha)

C'est une plante très intéressante, de bonne valeur alimentaire (Tableau 2.8), elle peut être utilisée en vert ou en ensilage.

Tableau 2.8 : Valeur alimentaire du Sulla à différents stades [76]

Stade	EN % MS						Digestibilité (%)		
	MS	PB	FB	Cend re	EE	ENA	PB	FB	EE
Vert, début floraison	12.0	19.6	24.0	14.0	2.4	40.0	70. 7	61.0	68.9
Vert, mi- floraison		13.3	30.5	10.5	2.3	43.4	56. 4	47.4	61.7
Gousses		13.8	23.6	15.5	2.1	45.0	-	-	-
Foin		13.6	30.0	10.7	2.0	43.7	59. 8	39.9	63.1

Le Sulla a été qualifié par Le HOUEROU [21] comme faisant partie des espèces peu connues mais à potentiel agricole prometteur. Outre leur intérêt fourrager et pastoral, la majorité des espèces sont très fréquentées par les abeilles et jouent un rôle dans la mise en valeur des terres lourdes en pente [13] [77]. Son atout majeur réside dans sa tolérance à la salinité du sol [67] [68].

## CHAPITRE 3

### VALEUR ALIMENTAIRE ET FACTEURS DE VARIATIONS

#### 3.1. Notion de valeur alimentaire

La valeur alimentaire d'un fourrage est le produit de deux facteurs [2] [62] [78] :

- la valeur nutritive de ce fourrage, c'est-à-dire sa teneur en éléments nutritifs digestibles (valeurs énergétique, azotée, minérale et vitaminique).
- son ingestibilité, c'est-à-dire la quantité volontairement consommée par le ruminant recevant le fourrage à volonté.

Cependant, la valeur alimentaire d'un fourrage est susceptible de variations importantes.

#### 3.2. Facteurs de variations de la valeur alimentaire

En culture fourragère, les chercheurs se limitent à la comparaison entre les deux grandes familles à savoir : les légumineuses et les graminées [79]. La valeur alimentaire diffère d'une famille à une autre [44]. La différence réside dans leur composition morphologique et chimique, et, entre les espèces au sein d'une même famille [80].

Pour une espèce donnée, la composition morphologique et la composition chimique varient en fonction d'un certain nombre de facteurs qui sont selon AUFRENE [81], la famille botanique, l'espèce, le stade de végétation, les facteurs du milieu (climat et sol) et les conditions de récolte et de conservation.

### 3.2.1. La famille botanique et l'espèce

La valeur alimentaire des plantes fourragères diffère d'une famille à une autre et d'une espèce à une autre au sein de la même famille. Ces différences sont d'ordre morphologiques (biomasse, rapport feuille/tige) et chimique (teneur en énergie, azote, minéraux et vitamines).

A un stade de végétation comparable, la morphologie des légumineuses et des graminées est très différente, notamment le rapport feuille/tige (Tableau 3.1) [64].

Ce rapport est le principal paramètre qui met en évidence les variations qualitatives de la plante [82], il évolue de façon moins spectaculaire chez les légumineuses que chez les graminées, il diminue rapidement jusqu'à l'apparition des bourgeons et plus lentement ensuite (de 0.9 à 0.7 chez la luzerne, et de 0.7 à 0.4 chez le sainfoin) [83].

Tableau 3.1 : Pourcentage de feuilles (légumineuses) et de limbes (graminées) des plantes fourragères à différents stades de croissance. [62]

Espèce	Premier cycle		Deuxième cycle		Troisième cycle	
	Début du cycle	Floraison	01 mois	02 mois	01 mois	02 mois
Luzerne	65	20	50	35	55	45
Trèfle Violet	70	35	70	40	85	65
Ray-grass d'Italie	75	20	40	20	65	55
Fléole	75	25	60	50	-	65

LAPEYRONIE [12] note que les légumineuses et leurs foins sont riches en matières azotées totales et ont une teneur élevée en calcium, contrairement aux autres foins souvent pauvres en cet élément.

ANDRIEU [44] confirme qu'à stade de végétation comparable, les légumineuses par rapport aux graminées sont plus riches en minéraux notamment en calcium, en carotène, en acide organique et en azote par contre, elles sont plus pauvres en glucides solubles et en constituants pariétaux (Tableau 4.2).

REKIK [84], dans une étude menée sur deux groupes de plantes prairiales à Batna, souligne des différences importantes dans la composition chimique :

- Matières azotées totales (graminées 7% et légumineuses 11 à 15 %).
- Cellulose (graminée 30%, légumineuses 20%).
- Sels minéraux (les légumineuses sont trois à quatre fois plus riches que les graminées).
- Energie (les graminées sont plus riches que les légumineuses)

Tableau 3.2 : Variations des teneurs en matières azotées, en cellulose brute et en constituants pariétaux de trois légumineuses et trois graminées (en % MS). [44]

Espèces	Matières azotées		Cellulose brute		Constituants pariétaux	
	Feuilles	Tiges	Feuilles	tiges	Feuilles	Tiges
Luzerne	25 à 30	10 à 25	12 à 14	25 à 45	18 à 24	35 à 58
Trèfle violet	20 à 25	10 à 20	10 à 12	20 à 38	19 à 22	31 à 48
Trèfle blanc	20 à 30	-	13 à 24	-	22 à 39	-
Ray-grass anglais Dactyle Fétuque	10 à 15	5 à 15	15 à 27	25 à 35	28 à 50	35 à 62

### 3.2.2. Le stade de végétation

La valeur nutritive du fourrage diminue au cours de l'évolution de la plante à cause des modifications de la composition morphologique, en particulier du rapport feuille/tige.

A mesure que la plante vieillit, il y a une diminution relative de proportion des feuilles par rapport aux tiges qui retentit sur la valeur nutritive des fourrages, du fait de la composition chimique différente de ces deux organes [85].

Selon DEMARQUILLY et JARRIGE [86] la composition morphologique des légumineuses change moins vite que celle des graminées au cours du premier cycle de végétation, car les légumineuses gardent plus longtemps leurs feuilles, alors que la proportion des feuilles diminue régulièrement au cours du cycle pour les graminées.

DEMARQUILLY et ANDRIEU [87] observent qu'à un âge égal, la proportion des feuilles augmente avec le numéro du cycle chez les graminées : la plante devient donc de plus en plus feuillue.

D'après DEMARQUILLY et JARRIGE [88], les feuilles sont plus riches en constituants cellulaires, et plus pauvres en constituants pariétaux que les tiges et leur composition chimique évoluent moins vite avec l'âge (Tableau 4.3).

Tableau 3.3 : Variation de la teneur en matières azotées, en cellulose brute des feuilles et des tiges de luzerne et des limbes et des tiges plus gaines de graminées. [88]

Constituants (% MS)	Graminées		Luzerne	
	Limbes	Tiges+ gaine	Feuilles	Tiges
Matières azotées				
- plantes jeunes	15 - 25	10 - 15	30 - 33	20 - 23
- plantes âgées (1 <sup>er</sup> cycle)	7 - 10	3 - 5	23 - 25	9 - 10
Cellulose brute				
- plantes jeunes	15 - 17	22 - 25	11 - 12	22 - 25
- plantes âgées	26 - 28	35 - 38	13 - 14	40 - 45

Chez les légumineuses, la proportion des feuilles augmente avec le numéro de la repousse [89]

Ce changement dans la composition morphologique a un effet direct sur la composition chimique, la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages [90].

AERTS *et al.* [91] notent que les modifications journalières moyennes intervenues dans la composition de la matière organique évoluent positivement pour la cellulose brute, l'extractif non azoté et les parois cellulaires, par contre elles diminuent lentement pour les matières grasses et les protéines brutes (Tableau 3.4).

Chez les graminées comme chez les légumineuses, au cours du premier cycle, la digestibilité d'une espèce donnée dépend de son stade de développement [92], elle est au maximum au début du premier puis diminue lentement jusqu'à un stade compris entre, l'épiaison (ray-grass d'Italie, fléole, fétuque levée) et le début épiaison (dactyle), puis s'accroît de 0.4-0.5 points par jour [62].

Tableau 3.4 : Changements journaliers moyens sur le plan de la valeur alimentaire des produits herbacés en stade de croissance [91].

Constituants chimiques en (%)	Composition (%)
Protéines brutes	-0.25
Cellulose brute	+0.19
Extractif non azoté	+0.11
Extractif étheré	-0.05
Parois cellulaires	+0.33
Digestibilité	-0.20
Valeur amidon	-0.66

Pour une même plante, la digestibilité des repousses est toujours moindre lors de la première pousse pour les légumineuses, elle atteint 78% au stade végétatif pour la luzerne pour diminuer au stade pleine floraison à 59.30% (Tableau 3.5).

Tableau 3.5 : Evolution de la digestibilité en fonction du stade de développement.

[12]

Espèce végétale	Stade végétatif	Digestibilité de la matière organique (%)
Dactyle	Montaison	78.00
	07 jours avant début épiaison	77.00
	Début épiaison	73.50
	07 jours avant floraison	70.50
	Floraison	58.50
Luzerne	Végétatif (30 cm)	78.00
	végétatif (40 cm)	73.00
	Apparition des bourgeons	68.00
	Bourgeons développés	67.00
	Début floraison	63.00
	Pleine floraison	59.30

### 3.2.3. Le milieu

Tout comme la composition morphologique, la composition chimique varie dans le temps sous l'influence des conditions du milieu [93].

Les différentes espèces végétales et leurs variétés réagissent différemment aux conditions climatiques. La vitesse de croissance est liée à la température et à l'insolation [94].

La température semble le principal facteur climatique affectant la qualité du fourrage [95] [96], elle accélère l'apparition des feuilles et diminue leur longévité [97], comme aussi, les fortes températures augmentent les teneurs en cellulose brute par l'accélération du degré de lignification ce qui influe négativement sur la digestibilité du fourrage [83]

Pour une espèce végétale et pour un âge donné, la teneur en cellulose augmente dans le temps et sous l'influence de sécheresse et il s'ensuit généralement une diminution de la digestibilité du fourrage [98].

Par leurs caractères intrinsèques, les sols conditionnent l'adaptation des plantes et influencent la production et la qualité des fourrages [99].

L'acidité et le comportement du sol face à l'humidité peuvent être des facteurs limitants sur le développement des végétaux ; généralement, les graminées s'adaptent à des sols très variés, mais ce n'est pas le cas pour les légumineuses qui préfèrent des sols sains, bien drainés, aérés et à bonne réserve en eau [43].

La fertilisation azotée accroît la production en augmentant la surface foliaire, le nombre de talles, le poids des tiges et des feuilles [97]. L'azote diminue la quantité des sucres de la plante et augmente les teneurs en matières azotées et en minéraux.

DEMARQUILLY [100] montre que la fertilisation phosphatée et potassique ne modifie ni la digestibilité de la matière organique ni la valeur énergétique des plantes fourragères, par contre, elle semble avoir un effet plus ou moins favorable sur la composition minérale.

### 3.2.4. Les conditions de récolte et de conservation

La valeur alimentaire d'un fourrage conservé dépend, de celle du fourrage vert correspondant au moment de la coupe, des conditions de récolte et de conservation [62].

Parmi les différentes techniques de conservation de l'herbe, la fenaison au champ demeure la méthode la plus utilisée dans de nombreux pays, notamment en Algérie.

A cet effet, la maîtrise de la date de récolte est importante. Des pertes importantes sont enregistrées lors de la fenaison, notamment en matière sèche et en principes nutritifs (Tableau 3.6). Elles ont lieu d'abord sur le champ lors de la récolte, mais aussi en cours de la conservation [101].

Tableau 3.6 : Pertes mécaniques chez la luzerne et le trèfle blanc. [101]

Pertes mécaniques en MS (en % MS de départ)		Organes (en % des pertes totales)				
		Folioles	Pétioles	Tiges principales	Tiges secondaires	Fleurs
Luzerne	18.7	89.1	5.2	0	5.7	-
Trèfle blanc	17.4	84.4	10.9	-	-	4.7

Selon DULPHY [102], les pertes mécaniques, les processus enzymatiques qui se déroulent après la fauche, et, le lessivage éventuel par la pluie sont tous fonction des conditions climatiques, des techniques de fanage ainsi que de la masse du fourrage et l'espèce végétale.

Au cours de la fenaison, les parties les plus fragiles et les plus sèches de la plante (feuilles et limbes) sont les plus riches (en azote, en minéraux et en vitamines) et sont, les plus digestibles ; elles se détachent et tombent sur le sol. Ces pertes sont plus importantes chez les légumineuses que chez les graminées [101] [103].

La déshydratation affecte très peu la valeur nutritive du fourrage. A basse température, elle diminue très peu la digestibilité des matières azotées, par contre à température élevée la diminution peut aller jusqu'à 10% [104].

L'ensilage ne diminue pas la digestibilité de la matière organique des fourrages sauf s'ils ont une teneur en matière sèche inférieure à 20% au moment de la mise en silo [105]. Les régimes mixtes, ensilage de maïs + ensilage de trèfle violet ou de luzerne sont valorisés par les vaches laitières dès que les ensilages ont été récoltés au bon stade et dans de bonnes conditions [106].

Selon DEMARQUILLY *et al.* [107], les conditions de réussite de l'ensilage sont :

- La mise en anaérobiose rapide de façon à limiter les pertes par la respiration.

- La descente du pH non seulement suffisante ( $\leq 4.0$  pour les ensilages en coupe directe) mais la plus rapide possible.

- Le pré fanage à au moins 35%MS si le fourrage est haché, et à 45% si le fourrage est long.

- L'addition d'un conservateur, pour accélérer la fermentation lactique.

## CHAPITRE 4

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 4.1 Matériel végétal

Le matériel végétal mis en essai est indiqué dans les tableaux 4.1 et 4.2 et comprend pour l'essai INA 16 variétés de luzernes et pour l'essai ITGC, 4 variétés de Sulla.

Pour les deux essais, les variétés nous ont été fournies par différents partenaires dans le cadre du réseau du projet PERMED.

Tableau 4.1 : Liste et origine des variétés de luzerne mises en essai

Variétés	Origine
ABT 805	Géorgie USA
Africaine	Maroc
Ameristand	USA
Coussouls	INRA Montpellier France
Demnat	Atlas du Maroc
Ecotipo siciliano	Sicile Italie
Erfoud	Oasis « Ziz Valley » Maroc
Gabes-2355	INRA Tunisie
Magali	France
Mamuntanas	Italie
Melissa	INRA Montpellier France
Prosementi	Italie
Rich 2	INRA Maroc
Sardi 10	Australie
Siriver	Australie
Tamantit	Adrar Algérie

Tableau 4.2 : Liste et origine des variétés de Sulla mises en essai.

Variété	Origine
Grimaldi	Pérouse Italie
Sparacia	Palerme Italie
Irpina	Sud d'Italie
D'Italie	Tunisie

## 4.2. Conditions expérimentales

### 4.2.1. Localisation des essais

L'expérimentation s'est déroulée durant la campagne 2004/2005, au niveau de deux sites (INA d'El Harrach et ITGC de Oued Smar), situés dans le même étage bioclimatique sub humide à hiver doux.

Latitude : 36° 43' Nord.

Longitude : 30° 8' Est.

Altitude : 50 m.

### 4.2.2. Conditions climatiques

Dans le tableau 4.3, nous présentons l'essentiel des données climatiques de la campagne agricole 2004-2005.

La répartition des pluies est irrégulière, elle est minimale en automne (septembre et octobre), maximale en fin d'automne jusqu'à la fin d'hiver, et nulle en été.

La campagne 2004/2005 est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de 630 mm concentrée en automne et en hiver, avec des basses températures et de gelées successives en hiver.

Tableau 4.3 : Données climatiques de la campagne 2004-2005.

Mois	T min (°C)	T max (°C)	T Moyenne (°C)	Pluviométrie (mm)	Nbre jours de pluie
Sept	18.4	30.6	24.5	06	02
Oct	15.0	28.2	21.58	40	03
Nov	8.2	18.9	13.6	97.1	05
Dec	7.3	15.3	11.3	139	09
Jan	3.0	12.9	7.94	92	04
Fev	4.4	16.8	10.6	185	14
Mars	7.1	16.5	11.89	41.9	07
Avril	9.9	21.1	15.5	26.7	04
Mai	13.9	24.8	19.3	2.3	01
Juin	17.9	28.4	23.2	00	00
juillet	17.1	39	25.9	00	00
Août	19.4	31.3	25.3	00	00

#### 4.2.2 1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN [108] permet de représenter la répartition des saisons humides et sèches au cours d'une ou plusieurs années.

Pour l'année 2004/2005 (figure 1), la période humide s'étale de la fin octobre jusqu'à la fin du mois de février, et, la période sèche s'étale de la mi avril jusqu'au mois de septembre.

Le diagramme ombrothermique de l'année 2004/2005 fait ressortir donc deux périodes :

- Une période sèche : qui sévit de la mi avril jusqu'au début septembre.
- Une période humide : s'étalant de la fin septembre jusqu'à la fin février.

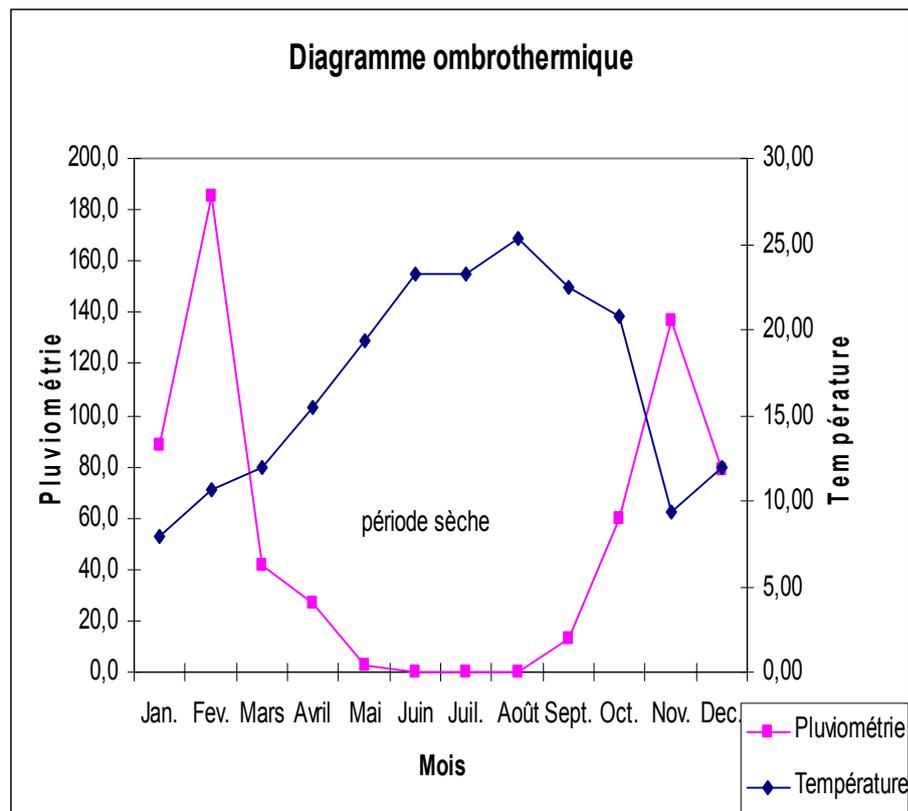


Figure 4.1 : Diagramme ombrothermique de l'année agricole 2004/2005, INA d'El Harrach.

#### 4.2.3. Les conditions édaphiques et travail du sol

Notre expérimentation a été réalisée sur un sol de texture argilo limoneuse.

Le précédent cultural pour l'essai Sulla était des céréales (Blé dur) et pour l'essai luzerne, du côté supérieur (bloc 1 et 2) de l'orge, et du côté inférieur (bloc 3 et 4) de la luzerne annuelle.

Les différentes opérations de travail du sol sont les suivantes :

- Labour d'automne, fin octobre à une profondeur de 25 cm ;
- Fertilisation de fond avec un apport de 02 quintaux de TSP (tri super phosphate) 46% ;
- Passage croisé de cover crop réalisé le 20/11/2004 ;
- Passage d'une herse rotative pour la préparation du lit de semences.

#### 4.2.4. Le dispositif expérimental

Toutes les variétés/populations de luzerne, ont été semées le 29 novembre 2004 à une profondeur de 0.5 cm, selon le dispositif expérimental bloc aléatoire complet avec 04 répétitions. Pour l'essai Sulla le semis a été fait le 22 novembre 2004.

Nous avons d'abord procéder au traçage de la parcelle à l'aide d'un mètre ruban et d'une ficelle afin d'avoir des angles bien droits. De la même manière les limites des micros parcelles et des bordures ont été délimitées. Et c'est ainsi que nous avons pu avoir des micro-parcelles de 2.5 m de longueur et 2 m de largeur.

L'opération qui a suivi le traçage est le billonnage et qui a été effectuée à l'aide de petites binettes. Nous avons mis 10 lignes par micro-parcelle et qui sont distantes de 20 cm entre elles, ce qui correspond à une répétition d'une variété dans chaque bloc.

Des distances de 40 cm ont été laissées entre les micro-parcelles, de même que des marges de 60cm ont été laissées entre les blocs, et c'est ainsi que une ligne de bordure a été semis en variété Altiva avec la même dose de semis entre les micro-parcelles, dans les deux sens horizontal et vertical, et deux lignes entre les blocs (dans les deux sens aussi).

L'opération du semis a été la dernière ; un semis à la main a été réalisé, nous avons disposé les graines des différentes variétés à l'intérieur des sillons d'une manière plus ou moins homogène, et puis l'opération de couverture des graines est venue en dernier pour terminer le semis.

Nous avons obtenu donc un dispositif de quatre blocs identiques. Chaque bloc est constitué de 16 micro-parcelles avec les dimensions citées plus haut et qui correspondent au nombre de variétés/populations à mettre en place dans chaque bloc.

Il faut mentionner que les essais de luzerne (en « sec » et « en irrigué ») sont disposés l'un à côté de l'autre, et les mêmes opérations sont faites dans les deux essais. De même nous avons procédé aux mêmes opérations pour l'essai Sulla.

#### 4.2.5. Entretien et déroulement de l'essai

Pour la bonne conduite des essais, au niveau des deux sites, plusieurs opérations ont été réalisées :

- Désherbage manuel chaque 2-3 jour pour éviter l'envahissement des mauvaises herbes.
- Désherbage par binette tout au tour des parcelles et entre les micro-parcelles pour détruire les mauvaises herbes qui risquent de créer un microclimat favorable pour le développement des parasites.
- Une irrigation par aspersion a été réalisée 2 à 3 fois par semaine au mois de mai (56 mm). Les asperseurs ont une portée de 12 m et un débit horaire de 8 mm/h. Le système d'irrigation a été installé le 04/05/2005, suite à la sécheresse printanière qui a faillit compromettre l'essai ainsi que pour subvenir aux besoins des plantes dont la réussite était conditionnée par une bonne alimentation hydrique. Cependant, une anomalie a été relevée lors des différentes irrigations ; les micro-parcelles de l'extrémité externes des blocs 2 et 4 étaient les moins irriguées par rapport au reste et ce à cause du vent qui est l'inconvénient majeur de ce mode d'irrigation. D'autres

irrigations à l'aide d'arrosoirs ont eu lieu avant l'installation du réseau d'irrigation avec une dose de 2 mm chaque 2 jours (Tableau 4.6).

- L'essai Sulla a reçu 30 U d'azote par hectare le 15/03/2005.
- Pour tous les stades phénologiques de la plante, nous avons noté des attaques de fourmis sur les graines, ce qui nous a obligé à utiliser un insecticide (Pychlorex) à une dose de 170 ml/100l.

Tableau 4.6 : Quantités d'eau apportées par irrigation «Essai luzerne ».

Essai Luzerne				Essai Sulla	
Traitement pluvial		Traitement irrigué		Date	Quantité
Date	Quantité	Date	Quantité		
26/04/2005	40mm	27/04/2005	40mm	04/05/2005	8mm
07/05/2005	28mm	08/05/2005	24mm	06/05/2005	16mm
16/05/2005	6mm	19/05/2005	16mm	11/05/2005	8mm
22/05/2005	8mm	22/05/2005	8mm	22/05/2005	8mm
26/05/2005	6mm	23/05/2005	7mm	25/05/2005	8mm
30/05/2005	35mm	30/05/2005	35mm	28/05/2005	8mm
13/06/2005	8mm	01/06/2005	20mm	01/06/2005	8mm
		05/06/2005	15mm		
		13/06/2005	8mm		
		19/06/2005	24mm		
		21/06/2005	13mm		
		22/06/2005	6mm		

#### 4.2.6. Nombre et dates de coupes

Pour les deux essais les coupes ont été effectuées quand 75% des variétés ont atteint 50% de floraison. Pour les variétés qui n'ont pas fleuri à la date de fauche, nous avons laissé 2m sur chacune des rangées extérieures de frontière non coupé (deuxième et avant dernière) pour estimer leur date de floraison. La date de floraison est estimée en nombre de jours à partir 1<sup>er</sup> janvier où 50% des plants de la parcelle (6 rangs au milieu de la parcelle) ont au moins une fleur ouverte.

Trois coupes ont été effectuées pour l'essai « luzerne irriguée » :

- 1ère coupe : réalisée le 11/05/05.
- 2ème coupe : réalisée le 12/06/05.
- 3<sup>ème</sup> coupe : réalisée le 17/07/05.

Une seule coupe a été effectuée pour l'essai « luzerne en sec » : le 29/05/2005.

Une seule coupe a été effectuée pour le Sulla, et ce, à la date du 05/06/05.

#### 4.2.7. Rendements

Le rendement en matière verte, exprimé en t/ha, est déterminé par pesée de la biomasse récoltée (RdtV). Un échantillon de 1 000 g est mis à l'étuve à 60°C pendant 36h pour déterminer la matière sèche (MS) et le rendement en matière sèche en t/ha (RdtS). Ce même échantillon est conservé pour le broyage et les analyses fourragères.

#### 4.3. Analyses chimiques

La détermination de la composition chimique à savoir, la MS, MM, MO, MAT et CB a été réalisée en trois répétitions selon INRA [109] au laboratoire d'analyses fourragères du Département d'Agronomie (Université de Blida) et les résultats sont exprimés en pourcentage de MS. Le détail des méthodes est présenté en annexe.

Les analyses chimiques ont été effectuées sur tous les échantillons des :

- 16 variétés de luzerne irriguée (1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> coupe).
- 16 variétés de luzerne en sec.
- 04 variétés de Sulla.

##### 4.3.1. Détermination de la matière sèche

Un échantillon est séché pendant 24h dans une étuve à 105°C, la différence des poids représente la matière sèche. La matière sèche est exprimée en% d'un Kg de matière verte.

##### 4.3.2. Détermination de la matière minérale

La capsule et le résidu de l'échantillon qui a servi à la détermination de la matière sèche par dessiccation à l'étuve sont portés au four à moufle jusqu'à combustion complète du charbon formé, le résidu de la substance après incinération représente les cendres.

#### 4.3.3. Détermination de la matière organique

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et la matière minérale (MM).

#### 4.3.4. Détermination de la cellulose brute

La teneur en CB est déterminée par la méthode de WEENDE, où les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives :

- Une hydrolyse acide (acide sulfurique).
- Une hydrolyse basique (soude)

C'est une estimation par excès de la cellulose brute puisque le résidu organique obtenu contient une fraction variable de lignine et des hémicelluloses.

#### 4.3.5. Détermination des matières azotées totales

L'azote est dosé par la méthode de KJELDHAL, la matière organique de la plante est attaquée par l'acide sulfurique concentré et un catalyseur. L'azote des composants organiques est transformé en azote ammoniacal, ce dernier est alors fixé sous forme de sulfate d'ammonium par l'acide sulfurique. La teneur en MAT est obtenue en multipliant la teneur en azote de la plante par le coefficient 6.25.

#### 4.4. Analyses statistiques

Les données recueillies ont fait l'objet d'analyses statistiques. Les résultats pour tous les paramètres étudiés et pour les 16 variétés de luzerne et les 04 variétés de Sulla ont été soumis à une analyse de la variance avec le logiciel STATITCF.

L'analyse de la variance permet de tester la similitude de variable en termes statistiques. L'effet variable est significatif lorsque la probabilité de l'erreur réellement commise est :

- $P = 0.001$  très hautement significatif
- $P = 0.01$  hautement significatif
- $P = 0.05$  significatif

Les moyennes sont comparées à l'aide du test de NEWMAN et KEULS, lorsque cela est nécessaire (différence au moins significative).

## CHAPITRE 5

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### 5.1. Essai luzerne en irrigué et l'effet des deux coupes

L'analyse statistique a montré que globalement notre essai présente une homogénéité relative pour un même traitement dans les quatre blocs.

##### 5.1.1. Teneurs en matière sèche

Les résultats obtenus sont rapportés dans la figure 5.1. L'analyse de la variance a montré que la matière sèche présente une différence non significative entre les variétés mais significative entre les deux coupes avec un coefficient de variation élevé de 12.4% (Tableau C.1, en annexe).

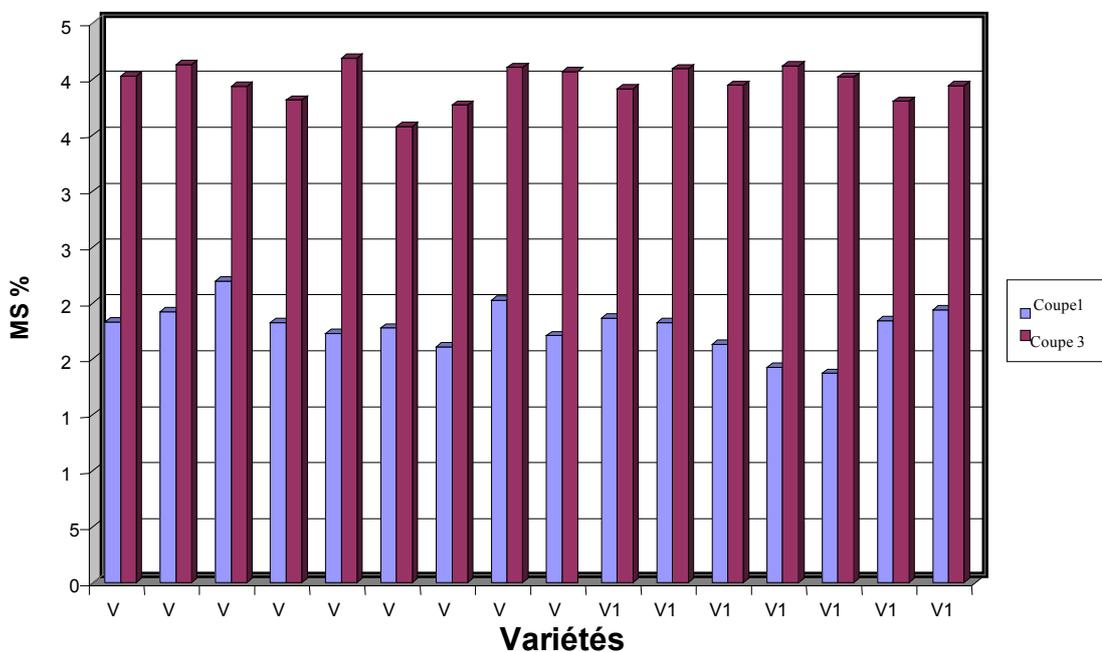


Figure 5.1. : Evolution des teneurs moyennes en matière sèche (%) chez les variétés de luzerne irriguée.

(**V1** : Ecotipo sici ; **V2** : Prosementi ; **V3** : Melissa, **V4** : Siriver ; **V5** : Rich2 ; **V6** : ABT805 ; **V7** : Magali ; **V8** : Tamantit ; **V9** : Mamuntanas ; **V10** : Ameristand ; **V11** : Demnat ; **V12** : Africaine ; **V13** : Gabès ; **V14** : Coussouls ; **V15** : Sardi10 ; **V16** : Erfoud).

La teneur en matière sèche varie en fonction du stade de développement de la plante ; elle évolue aussi en fonction de la composition morphologique et la croissance de l'herbe [97]. GALVANO et POLIDORI [110] observent une augmentation régulière de la teneur en matière sèche de la première à la dernière coupe, elle est de l'ordre de 8 à 12% en novembre décembre et de 20 à 25% en mai-juin.

D'après INRA [111], la luzerne au stade début floraison a des teneurs en MS de 18.9 et 24.9% respectivement pour le 1<sup>er</sup> cycle et la repousse de 08 semaines en 3<sup>ème</sup> cycle qui correspond à la date de notre 3<sup>ème</sup> coupe.

Nos résultats semblent concorder avec ceux de KERBAA [112], qui enregistre une MS de 24.5% en 1<sup>er</sup> cycle et de 33.5% en 3<sup>ème</sup> cycle.

Concernant nos résultats, les teneurs en MS sont élevées chez toutes les variétés étudiées. L'élévation du taux de MS est due principalement à la sécheresse étalée entre le mois de Mai et Juillet (Tableau 5.1).

Tableau 5.1 : Teneurs moyennes en MS (%) (Coupe1 et coupe3)

Variétés	Moyennes coupe1
Melissa	26.90
Tamantit	25.21
Erfoud	24.35
Prosementi	24.17
Ameristand	23.61
Sardi10	23.40
Ecotipo sici	23.25
Siriver	23.20
Demnat	23.20
ABT805	22.70
Rich2	22.21
Mamuntanas	22.05
Africaine	21.25
Magali	21.05
Gabès	19.20
Coussouls	18.65

Variétés	Moyennes coupe3
Rich2	46.82
Prosementi	46.23
Gabès	46.13
Tamantit	46.00
Demnat	45.87
Mamuntanas	45.59
Ecotipo sici	45.24
Coussouls	45.16
Africaine	44.39
Erfoud	44.35
Melissa	44.28
Ameristand	44.08
Siriver	43.10
Sardi10	42.97
Magali	42.64
ABT805	40.71

### 5.1.2. Teneurs en matière organique

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 5.2.

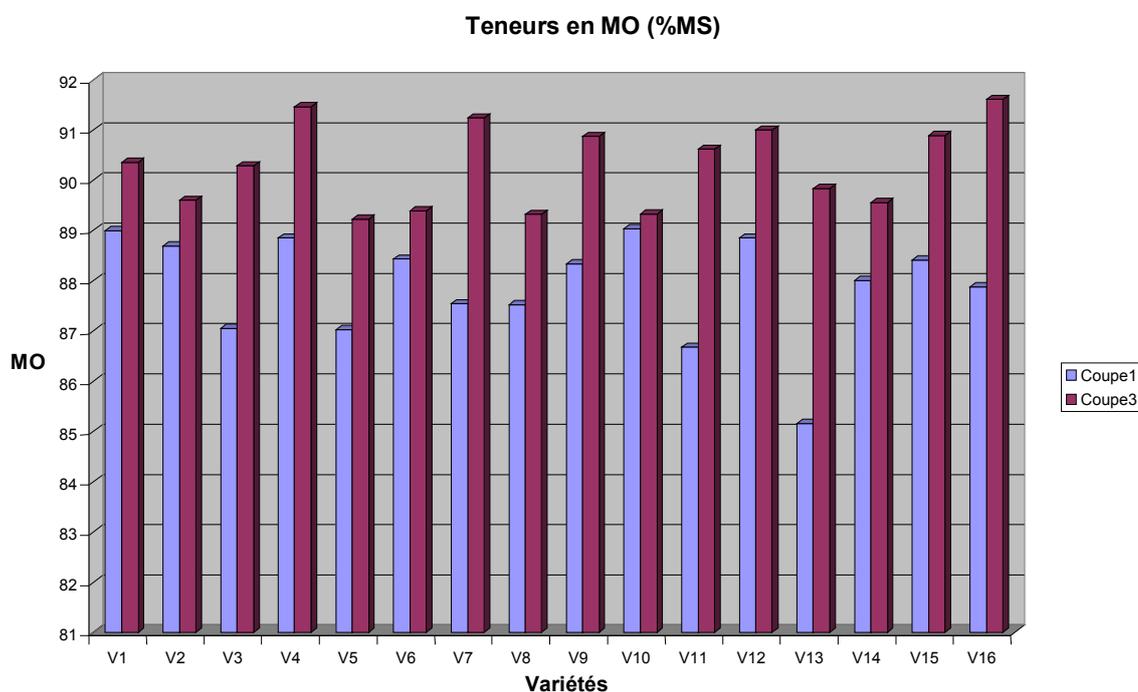


Figure 5.2 : Evolution des teneurs moyennes en matière organique (en % de MS) chez les variétés de luzerne irriguée.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

Les teneurs en matière organique de la première coupe sont comprises entre 85.16% et 89.04% respectivement pour les variétés Gabès et Ameristand.

Pour la troisième coupe les teneurs se situent entre 89.23% et 91.61% respectivement pour les variétés Rich 2 et Erfoud.

L'analyse de la variance (Tableau C.2 en annexe) présente une différence très hautement significative d'une variété à une autre, et même d'une coupe à l'autre avec un coefficient de variation faible de 1.1%.

La comparaison des moyennes nous a permis de faire ressortir neuf groupes de moyennes qui se chevauchent (Tableau 5.2). Erfoud, Siriver, Magali et Africaine ont la teneur en MO la plus importante ; dans le deuxième groupe les

moyennes se chevauchent est sont comparables, les variétés Demnat et Gabès ont les teneurs en matière organiques les plus faibles de MO en première coupe.

Tableau 5.2 : Moyennes et groupes homogènes des teneurs en matières organiques

Variété.	Coupe	Moyenne	Groupes homogènes
Erfoud	3	91.16	A
Sriver	3	91.46	A B
Magali	3	91.24	A B C
Africaine	3	91.00	A B C D
Sardi 10	3	90.89	A B C D E
Mamuntanas	3	90.88	A B C D E
Demnat	3	90.62	A B C D E
Ecotipo sici	3	90.36	A B C D E F
Melissa	3	90.29	A B C D E F
Gabès	3	89.84	A B C D E F G
Prosementi	3	89.60	A B C D E F G H
Coussouls	3	89.56	A B C D E F G H
ABT	3	89.39	A B C D E F G H
Amerist	3	89.33	A B C D E F G H
Tamantit	3	89.32	A B C D E F G H
Rich 2	3	89.23	A B C D E F G H
Amerist	1	89.04	B C D E F G H I
Ecotipo sici	1	89.00	B C D E F G H I
Sriver	1	88.87	C D E F G H I
Africaine	1	88.85	C D E F G H I
Prosementi	1	88.70	C D E F G H I
ABT	1	88.43	D E F G H I
Sardi 10	1	88.42	D E F G H I
Mamuntanas	1	88.34	E F G H I
Coussouls	1	88.00	F G H I
Erfoud	1	87.88	F G H I
Magali	1	87.54	G H I
Tamantit	1	87.52	G H I
Melissa	1	87.05	H I
Rich2	1	87.03	H I
Demnat	1	86.68	I
Gabès	1	85.16	I

En ce qui concerne les deux coupes, la comparaison des moyennes a fait ressortir deux groupes très distincts, le premier englobe la troisième coupe (90.29%), le deuxième groupe représente la première coupe (87.91%) La MO a tendance à augmenter en troisième coupe.

Tableau 5.3 : Moyennes et groupes homogènes de la MO pour le facteur coupe.

Coupe	Moyennes	Groupes homogènes
Coupe 3	90.29	A
Coupe 1	87.91	B

Les teneurs en matière organique obtenues sont comparables à celles annoncées par CIEHAM [113], 87 et 89.6% respectivement au stade début floraison, plante entière du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> cycle ; elles sont supérieures aux valeurs énoncées par INRA [111] où la matière organique en 1<sup>er</sup> cycle est de 89.1% alors qu'en 2<sup>ème</sup> cycle, pour des repousses à tiges de 08 semaines la matière organique est de 89.6%. Les teneurs obtenues en 2<sup>ème</sup> coupe sont très voisines de celles publiées par INRA [111].

#### 5.1.4. Teneurs en matières azotées totales

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 5.3.

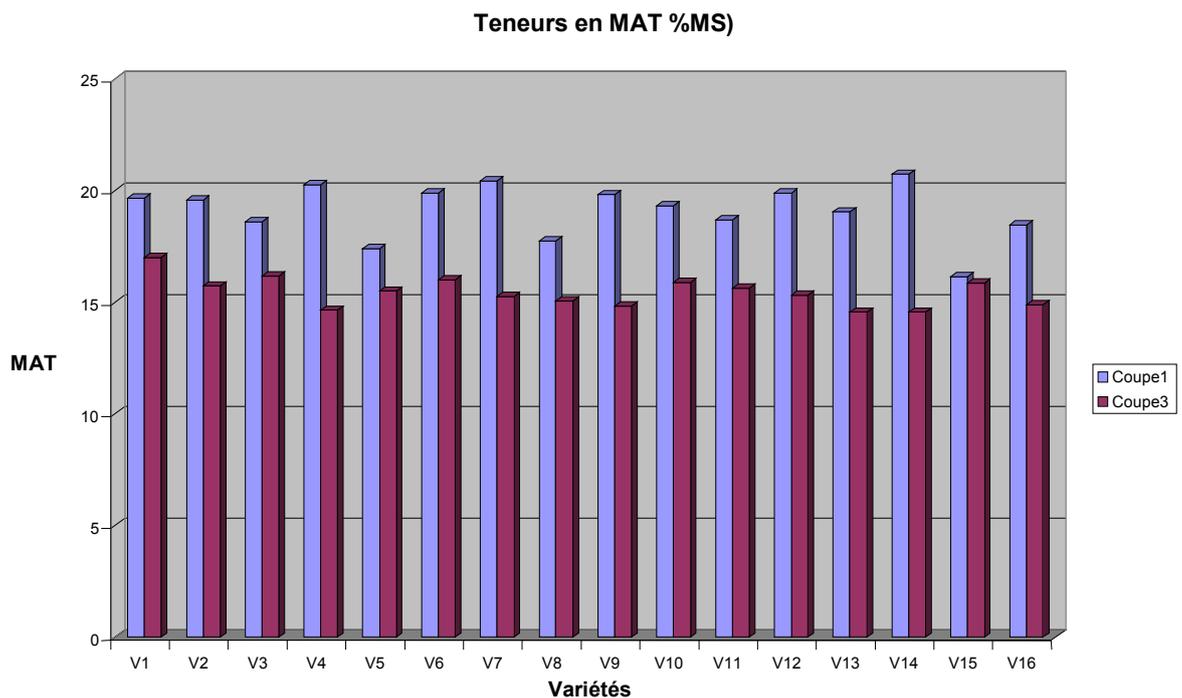


Figure 5.3 : Evolution des teneurs moyennes en matières azotées totales (en % de MS) chez les variétés de luzerne irriguée.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance (Tableau C.5 en annexe) a montré une différence non significative entre les variétés, mais hautement significative entre les deux coupes, avec un coefficient de variation faible de 7.9%.

Pour la 1<sup>ère</sup> coupe, les teneurs en MAT sont comprises entre 16.13 et 20.73%, le taux le plus élevé caractérise la variété Coussouls en 1<sup>ère</sup> coupe, valeur égale à celle publiée par CIHEAM [113] 20.7% pour la même espèce et au stade début floraison, de même pour KERBAA [112] qui enregistre une valeur de 21.6%. La teneur la plus faible caractérise la variété Sardi10, valeur inférieure à celle donnée par INRA [111] (17.8%) au même stade.

Tableau 5.4. Moyennes des teneurs en MAT

Variétés	Moyennes coupe1	Variétés	Moyennes coupe3
Coussouls	20.73	Ecotipo sici	16.99
Magali	20.42	Melissa	16.17
Siriver	20.26	ABT805	15.98
ABT805	19.88	Ameristand	15.88
Africaine	19.87	Sardi10	15.85
Mamuntanas	19.01	Prosementi	15.72
Ecotipo sici	19.66	Demnat	15.63
Prosementi	19.55	Rich2	15.49
Ameristand	19.31	Africaine	15.29
Gabès	19.04	Magali	15.26
Demnat	18.66	Tamantit	15.04
Melissa	18.60	Erfoud	14.88
Erfoud	18.45	Mamuntanas	14.83
Tamantit	17.72	Siriver	14.64
Rich2	17.41	Gabès	14.55
Sardi10	16.13	Coussouls	14.55

Dans l'ensemble toutes les variétés ont eu des teneurs en MAT supérieures à celles données par INRA [111] et par MAURIES et *al.* [114] qui enregistrent une teneur de 16.4% MAT pour une luzerne au stade début floraison du 1<sup>er</sup> cycle. Elles sont comparables, par contre, à ceux de PLANCQUAERT [48] qui enregistre 17.5% de MAT.

En 3<sup>ème</sup> coupe, la teneur en MAT diminue pour toutes les variétés par rapport à la 1<sup>ère</sup> coupe (Tableau 5.4), elle est comprises entre 14.55% et 16.99% respectivement pour les variétés Coussouls et Ecotipo sici. Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par KERBAA [112] qui enregistre une teneur en MAT de 16.7%, mais semblent inférieurs à ceux publiés par INRA [111], 20.3%, pour une luzerne en 3<sup>ème</sup> cycle.

Tableau 5.5 : Moyennes et groupes homogènes des MAT pour le facteur coupe.

Coupe	Moyennes	Groupes homogènes
Coupe 1	18.89	A
Coupe 3	15.36	B

Nos résultats sont comparables à ceux de MAURIES *et al.* [114], qui enregistre une diminution de la teneur en MAT de 16.4% en 1<sup>er</sup> cycle et de 15.2% en 3<sup>ème</sup> cycle.

Cependant, une teneur de 15 à 16% couvrirait largement les besoins azotés des animaux en croissance et en engraissement et ceux d'une vache laitière produisant 20 à 25 kg de lait par jour [87].

#### 5.1.5. Teneurs en cellulose brute

Les teneurs de la cellulose brute sont portées sur la figure 5.4.

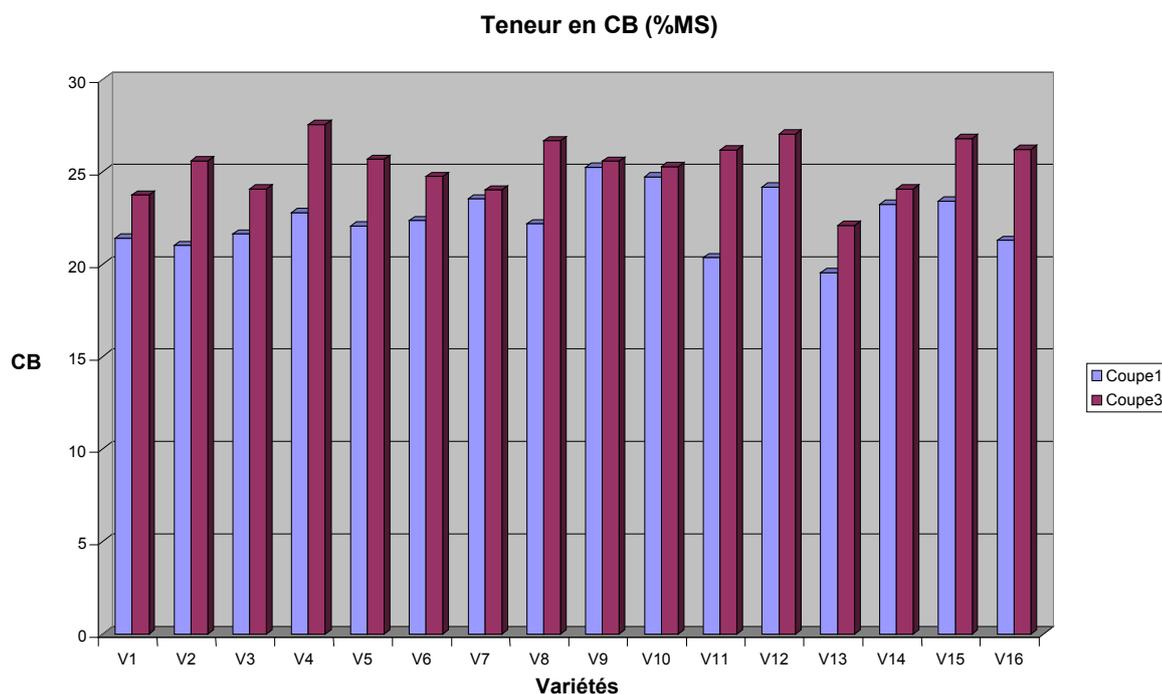


Figure 5.4 : Evolution des moyennes des teneurs en cellulose brute (en % de MS) chez les variétés de luzerne irriguée.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance (Tableau C.4 en annexe) a révélé une différence non significative entre les différentes variétés, mais significative entre les deux coupes.

Tableau 5.6. Moyennes des teneurs en CB

Variétés	Moyennes coupe 1	Variétés	Moyennes coupe 3
Mamuntanas	25.24	Siriver	27.55
Ameristand	24.72	Africaine	27.05
Africaine	24.16	Sardi10	26.79
Coussouls	24.06	Tamantit	26.69
Magali	23.54	Erfoud	26.22
Sardi 10	23.42	Demnat	26.17
Siriver	22.80	Rich2	25.69
ABT	22.35	Prosementi	25.60
Tamantit	22.18	Mamuntanas	25.57
Rich2	22.08	Ameristand	25.27
Melissa	21.64	ABT	24.74
Ecotipo sici	21.39	Melissa	24.07
Erfoud	21.29	Magali	24.01
Prosementi	21.01	Ecotipo sici	23.74
Demnat	20.36	Coussouls	23.25
Gabès	19.55	Gabès	22.10

Les teneurs en CB, en 1<sup>ère</sup> coupe sont comprises entre 19.55 et 25.24%. La teneur la plus élevée caractérise la variété Mamuntanas, valeur légèrement inférieure à celle trouvée par CIHEAM [113] (26.4%). La valeur la plus faible correspond à la variété Gabès, résultat inférieur à la valeur enregistrée par INRA [111] (31.5%).

En troisième coupe, la teneur en cellulose brute augmente par rapport à la 1<sup>ère</sup> coupe, mais reste pour toutes les variétés inférieures aux valeurs données par INRA [111] (31.2%). Deux groupes homogènes sont obtenus après la comparaison des moyennes.

Tableau 5.7 : Moyennes et groupes homogènes des teneurs en cellulose brute pour le facteur coupe.

Coupe	Moyennes	Groupes homogènes
Coupe 3	25.12	A
Coupe 1	22.65	B

Ainsi, plus la plante est âgée plus le rapport feuille/tige diminuerait, plus la teneur en cellulose brute augmenterait et moins la plante serait digestible [115].

Toujours est-il, la cellulose, comme l'indique SHEOVIC [116], est la source principale d'énergie pour la population microbienne du rumen, pour autant que l'action cellulolytique de celle-ci ne soit pas entravée par la présence de lignine. Cette lignification des tissus augmente avec la température ce qui cause la diminution de la digestibilité du fourrage [117].

#### 5.1.6. Rendement en matière verte

Les rendements enregistrés sont portés sur la figure 5.5.

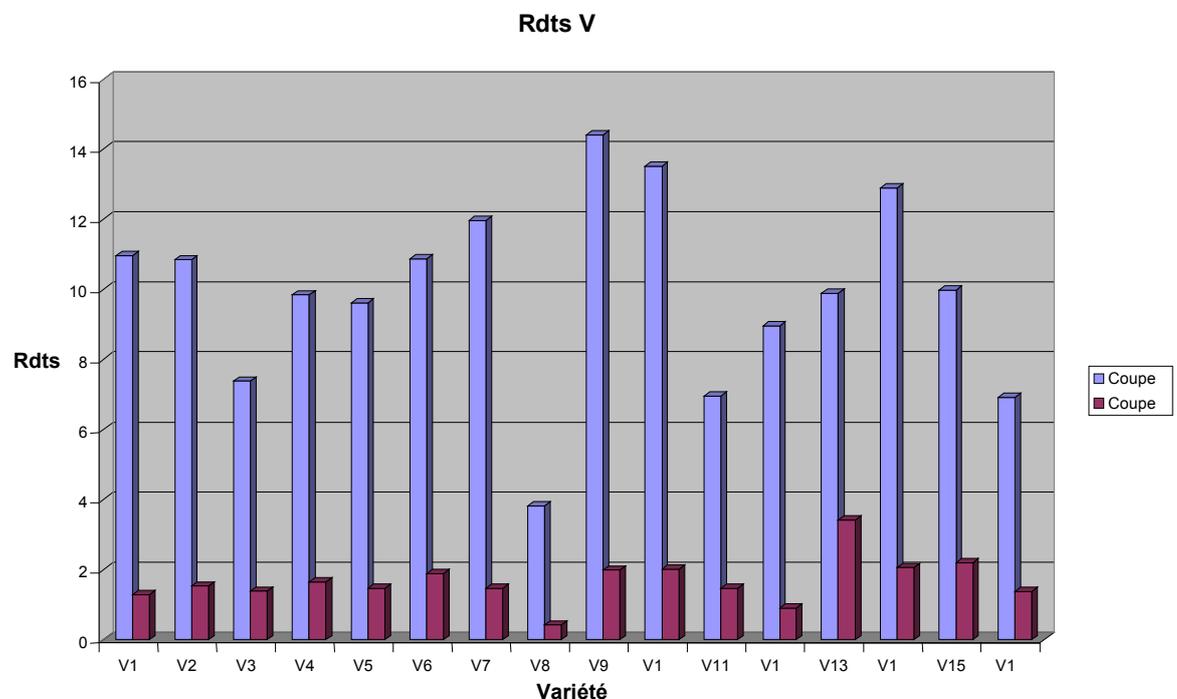


Figure 5.5 : Evolution des rendements moyens en matière verte (t/ha) chez les variétés de luzerne irriguée.

(**V1** : Ecotipo sici ; **V2** : Prosementi ; **V3** : Melissa, **V4** : Siriver ; **V5** : Rich2 ; **V6** : ABT805 ; **V7** : Magali ; **V8** : Tamantit ; **V9** : Mamunatanas ; **V10** : Ameristand ; **V11** : Demnat ; **V12** : Africaine ; **V13** : Gabès ; **V14** : Coussouls ; **V15** : Sardi10 ; **V16** : Erfoud).

L'analyse de la variance (Tableau C.6 en annexe) a donné une différence très hautement significative entre les différentes variétés et même d'une coupe à l'autre avec un coefficient de variation très élevé de 45.8%.

En 1<sup>ère</sup> coupe les variétés étudiées ont donné des rendements en matière verte compris entre 3.82 et 14.41 t/ha. La production la plus élevée est attribuée à la variété Mamuntanas et la valeur la plus faible caractérise la variété locale, Tamantit (Tableau C.6.1 en annexe).

En 3<sup>ème</sup> coupe, le rendement en vert est faible, il diminue pour toutes les variétés et est compris, entre 0.90 et 3.42 t/ha respectivement pour les variétés Tamantit et Gabès.

La comparaison des moyennes deux à deux nous a fait ressortir deux groupes de moyennes (Tableau 5.8). Cinq variétés appartenant au premier groupe se distinguent avec le rendement en vert le plus élevé à savoir, Mamuntanas, Ameristand, Coussouls, Magali et Gabès. La variété ABT est la première du 2<sup>ème</sup> groupe. Tamantit avec 2.12t/ha constitue la moyenne extrême et la plus faible du deuxième groupe.

Tableau 5.8 : Moyennes (des 2 coupes) et groupes homogènes des rendements en vert

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Mamuntanas	8.20	A
Ameristand	7.77	A
Coussouls	7.48	A
Magali	6.72	A
Gabès	6.65	A
ABT 805	6.38	A B
Prosementi	6.19	A B
Ecotipo sici	6.13	A B
Sardi 10	6.08	A B
Siriver	5.76	A B
Rich 2	5.55	A B
Africaine	4.93	A B
Melissa	4.38	A B
Demnat	4.20	A B
Erfoud	4.15	A B
Tamantit	2.12	B

Dans l'ensemble, nos variétés ont donné un rendement en vert relativement satisfaisant.

Des résultats similaires (10 à 13t/ha) ont été observés par CHAABENA [118] sur des variétés de luzerne menées en irriguée en zone saharienne.

Il est à noter que l'année de notre essai est l'année d'installation, c'est pour cela que l'on note cette grande variabilité au niveau du rendement ; à la 3<sup>ème</sup> coupe le rendement diminue pour toutes les variétés. Deux groupes homogènes émergent de la comparaison des moyennes (Tableau 5.9).

Tableau 5.9 : Moyennes et groupes homogènes des Rdts V pour le facteur coupe.

Coupe	Moyennes	Groupes Homogènes
Coupe 1	9.93	A
Coupe 3	1.66	B

Il faut rappeler que, l'alimentation des herbivores est assurée essentiellement par la biomasse verte de la plante et pour cela, il faut penser à maximiser les feuilles et les tiges tant en quantité qu'en qualité [119].

#### 5.1.7. Rendement en matière sèche

Les résultats obtenus sont portés sur la figure 5.8.

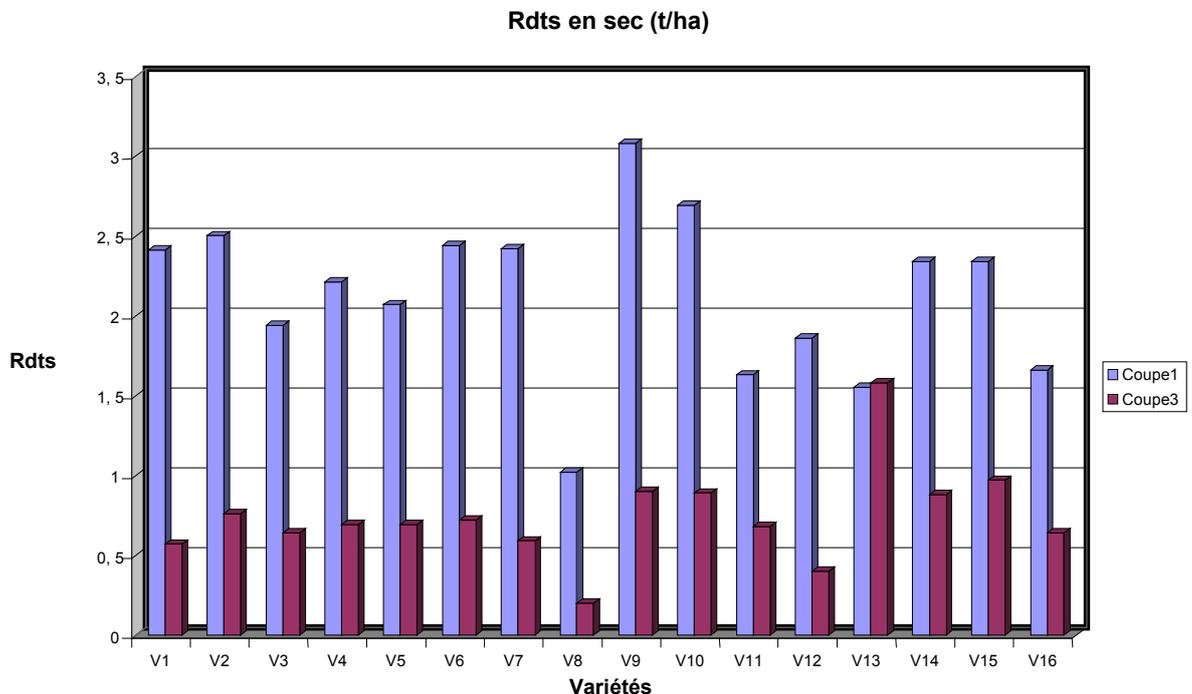


Figure 5.6 : Evolution des rendements moyens en matière sèche (t/ha) chez les variétés de luzerne irriguée.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamunatanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance (Tableau C.7. en annexe) a montré une différence hautement significative entre les différentes variétés et même entre la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> coupe, le coefficient de variation est de 37.1%.

La comparaison des moyennes deux à deux a fait ressortir sept groupes de moyennes qui se chevauchent (Tableau 5.10). Le premier groupe comportant douze variétés dont Mamuntanas qui se distingue légèrement des autres avec le meilleur rendement en sec, les autres groupes se chevauchent avec un net avantage pour la première coupe. La variété ayant le plus faible rendement en sec est Tamantit que ce soit en première ou en troisième coupe.

Tableau 5.10 : Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec (Variété -coupe).

Variétés	Coupe	Moyennes	Groupes homogènes
Mamuntanas	1	3.08	A
Amerist	1	2.69	A B
Prosementi	1	2.50	A B
ABT	1	2.44	A B
Magali	1	2.42	A B
Ecotipo sici	1	2.41	A B
Sardi 10	1	2.34	A B
Coussouls	1	2.34	A B
Siriver	1	2.21	A B C
Rich2	1	2.07	A B C D
Melissa	1	1.94	A B C D E
Africaine	1	1.86	A B C D E
Erfoud	1	1.66	B C D E F
Demnat	1	1.63	B C D E F
Gabès	3	1.58	B C D E F
Gabès	1	1.55	B C D E F
Tamantit	1	1.02	C D E F G
Sardi 10	3	0.97	D E F G
Mamuntanas	3	0.90	D E F G
Amerist	3	0.89	D E F G
Coussouls	3	0.88	D E F G
Prosementi	3	0.76	E F G
ABT	3	0.72	E F G
Siriver	3	0.69	E F G
Rich 2	3	0.69	E F G
Demnat	3	0.68	E F G
Erfoud	3	0.64	E F G
Melissa	3	0.64	E F G
Magali	3	0.59	E F G
Ecotipo sici	3	0.57	E F G
Africaine	3	0.40	F G
Tamantit	3	0.20	G

Pour la 1<sup>ère</sup> coupe, le rendement en matière sèche varie de 1.02 à 3.08 t/ha. La production la plus élevée caractérise la variété Mamuntanas et la plus faible correspond à la variété Tamantit.

Pour la 3<sup>ème</sup> coupe, le rendement varie de 0.20 à 1.58t/ha, la variété Gabès enregistre le rendement le plus haut, tan disque pour la variété Tamantit, c'est le taux le plus faible.

Dans l'ensemble, nos variétés ont enregistré des rendements en matière sèche faibles. Une nette différence entre les deux coupes est à noter comme le montre le tableau 5.11

Tableau 5.11 : Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec pour le facteur coupe.

Coupe	Moyennes	Groupes homogènes
Coupe1	2.14	A
Coupe3	0.74	B

Le rendement en matière sèche de la luzerne dans la région de la Mitidja est selon KERBAA [112] de 4.74 et 3.74 t/ha respectivement pour le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> cycle de la luzerne en début de floraison.

La tendance à la baisse du rendement en matière sèche de la luzerne d'une coupe à l'autre est observée également par MAURIES et *al.* [114], qui note 4.5 t MS/ha en 1<sup>er</sup> cycle contre 3 t MS/ha en 2<sup>ème</sup> cycle.

### 5.1.8. Discussion des résultats

La teneur en matière sèche pour toutes les variétés est en moyenne de 22.77% pour la 1<sup>ère</sup> coupe et de 44.60% pour la 3<sup>ème</sup> coupe. EMILE et TRAINEAU [120] considèrent une luzerne de 20.3% comme luzerne pauvre en matière sèche, nos résultats sont supérieurs, et avoisinent ceux de Kerbaa [112] pour une luzerne conduite en Mitidja.

En effet, la teneur en MS des fourrages évolue dans le même sens que le numéro de coupe ; plus la plante vieillit plus la teneur en MS augmente, la proportion des feuilles chez les légumineuses et des limbes chez les graminées diminuent au bénéfice de la proportion des tiges ou des tiges plus limbes. La proportion de feuilles passe d'environ 60% au stade végétatif à 35% au stade floraison chez les légumineuses [101].

D'après INRA [111], la luzerne au stade début floraison a des teneurs en MS de 18.9 et 24.6% respectivement pour le 1<sup>er</sup> cycle et une repousse de 5 semaines en 3<sup>ème</sup> cycle, qui correspond à la date de notre 3<sup>ème</sup> coupe. Nos résultats sont supérieurs chez toutes les variétés et pour les deux coupes.

L'élévation du taux de MS est due principalement à la sécheresse printanière et estivale qui a coïncidé avec la date de la troisième coupe de luzerne ; ceci peut s'expliquer par la forte évapotranspiration durant cette période et la déshydratation du végétal, hypothèse qui rejoint l'affirmation de DEMARQUILLY [100], MEHENNI [94] et ITIER et SEGUIN [121].

La matière organique a tendance à augmenter en 3<sup>ème</sup> coupe, ce qui s'accorde avec les résultats de DEMARQUILLY [100] qui a observé une augmentation de la teneur en MO avec l'âge de la plante.

Dès le démarrage de la végétation, la luzerne contient des tiges, la proportion des feuilles est donc en début de printemps plus faible que celles des limbes de graminées, mais elles diminuent moins rapidement avec l'âge, de sorte qu'elle est encore de 30% environ à la pleine floraison ; les fleurs représentent aussi une part de la MS beaucoup plus faible que les épis ; la proportion des feuilles augment avec le numéro de la repousse [122].

Les travaux d'Aerts *et al.* [91], sur l'évolution de la composition chimique en fonction du stade de végétation, montrent que les modifications journalières moyennes interviennent dans la composition de la MO atteignant pour les protéines brutes - 0.25%, la cellulose brute + 0.19% et les parois cellulaires + 0.33%.

La teneur en MO, qui caractérise la teneur en énergie de la plante, reste élevée et augmente suivant le développement phénologique des plantes ; MOULE [83] montre que l'évolution de la teneur en MO suit la diminution de l'absorption minérale au fur et à mesure que la plante vieillit.

La matière minérale diminue à la 3<sup>ème</sup> coupe, puisque plusieurs auteurs s'accordent à dire que la MM est corrélée négativement à la MO par rapport à la %MS ; nos résultats semblent concorder avec ceux de THERIEZ [123], qui rapporte la même tendance à la baisse de la matière minérale (11% MS) d'une luzerne pérenne coupée au stade floraison.

La teneur en cellulose brute s'établit en 1<sup>ère</sup> coupe à 22.66%, elle passe à 25.68% en 3<sup>ème</sup> coupe, c'est ainsi qu'avec l'âge, les plantes s'enrichissent en cellulose au dépend des matières azotées [124]. L'augmentation de la teneur en constituants pariétaux pourrait s'expliquer par la variation morphologique de la plante [125]. Les constituants des parois cellulaires sont plus élevés dans les tiges que dans les feuilles et augmentent avec l'âge de la plante. Quand la plante vieillit, la teneur en cellulose brute augmente de 30 à 40% environ chez les légumineuses [126].

Les teneurs en cellulose brute pour les deux essais restent inférieures à celles publiées par INRA [112] et CIHEAM [114], ceci est probablement dû à l'irrigation qui augmente le rapport feuille/tige, avec apparition de nouvelles feuilles qui compensent ainsi la perte par le vieillissement des feuilles.

AKROUF [96] affirme que l'irrigation accélère la reconstitution des réserves et par là allonge la durée de vie du système foliaire de la plante.

La teneur en matière azotée de la première coupe est de 18.89%. Elle diminue de 3 points à la troisième coupe pour s'établir à 15.36%. La diminution de

la teneur en azote avec le stade de coupe est tout à fait normale. DEMARQUILLY et ANDRIEU [87] rapportent une teneur en matière azotée totale plus élevée dans les feuilles que dans les tiges (30 à 33% dans les feuilles, et de 20 à 23% de MAT dans les tiges de luzerne), cette teneur diminue avec l'âge de la plante, 23 à 25% dans les feuilles contre 9 à 10% dans les tiges.

SCEHOVIC *et al.* [127] indiquent que l'azote total est souvent considéré comme un facteur déterminant de l'appétibilité du fourrage ; son abondance dans les plantes jeunes et dans les parties les plus appétibles (feuilles) donne l'impression d'être la cause de la préférence des animaux pour ces dernières d'où la nécessité de fournir un fourrage riche en feuille.

Si l'on considère les matières azotées comme facteur déterminant pour un fourrage donné, on peut dire dans notre cas et pour cet essai que toutes les variétés, sans exception, affichent de bonnes teneurs en MAT.

Les rendements en vert sont nettement différents d'une coupe à l'autre, et même d'une variété à l'autre, ils restent, cependant, satisfaisants du point de vue quantité pour la 1<sup>ère</sup> coupe, alors qu'en 3<sup>ème</sup> coupe les rendements sont nettement inférieurs, la date de coupe (Juillet) est certainement la cause, ce qui est confirmé par DURAND *et al.* [128] qui affirment que l'expansion des organes aériens diminue immédiatement et fortement quand débute la sécheresse ; LAVOINNE et PERES [64], quant à eux, notent que les repousses d'été sont assez variables selon la sécheresse et le type de sol.

D'une façon générale, ces résultats confirment l'hypothèse de plusieurs auteurs qui affirment que pour la première coupe de l'année on attend le début de floraison, afin d'obtenir un rendement maximum.

En effet, c'est à partir de la floraison que le gain de matière sèche devient lent, tandis que la baisse de valeur du fourrage se fait rapidement [129]. Une coupe plus tardive devient néfaste à la luzerne car on risque de couper de jeunes repousses. DENT [130] l'a bien observé et c'est à partir de l'apparition des boutons floraux que la production totale des matières azotées est ralentie, tandis que la production de cellulose brute s'accélère.

Le fait le plus marquant est que la variété locale originaire du Sud (Oasis), Tamantit, enregistre le rendement le plus faible que ce soit en vert ou sec ; les variétés introduites, notamment, Mamuntanas, Ameristand, et Coussouls semblent mieux s'adapter et ont donné les meilleurs rendements en vert.

Le rendement en sec suit la même évolution que les rendements en vert, les mêmes groupes homogènes se répètent.

## 5.2 Essai Luzerne en sec

### 5.2.1. Teneur en Matière sèche

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 5.7.

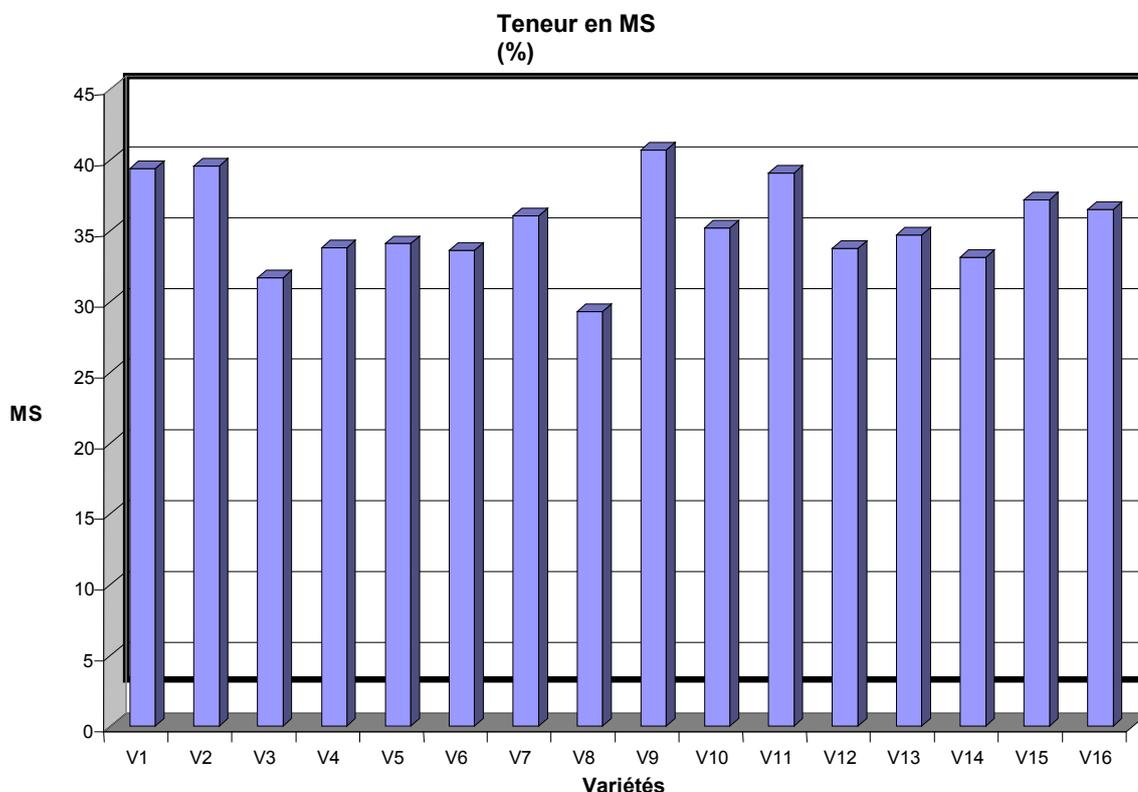


Figure 5.7 : Evolution des teneurs moyennes en matières sèche (%) chez les variétés de luzerne en sec.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich 2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance a montré une différence non significative entre les différentes variétés (Tableau C6 en annexe).

Les teneurs en MS varient entre 29.32% pour la plus faible valeur, et 40.71 pour la plus grande valeur, respectivement pour la variété Tamantit et Mamuntanas (Tableau 5.12).

Une nette différence entre les variétés a été notée, ceci peut s'expliquer d'une part, par la lenteur de la croissance suite au déficit hydrique, mais aussi car la fauche a été faite vers la fin du cycle quand les teneurs en matière sèche ont tendance à augmenter.

Tableau 5.12 : Moyennes des teneurs en matières sèches.

Variétés	Moyennes MS (%)
Mamuntanas	40.71
Prosementi	39.59
Ecotipo sici	39.40
Demnat	39.09
Sardi10	37.19
Erfoud	36.50
Magali	36.08
Ameristand	35.22
Gabès	34.70
Rich2	34.12
Siriver	33.81
Africaine	33.76
ABT805	33.62
Coussouls	33.13
Melissa	31.69
Tamantit	29.32

### 5.2.2. Teneur en matière organique

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 5.8.

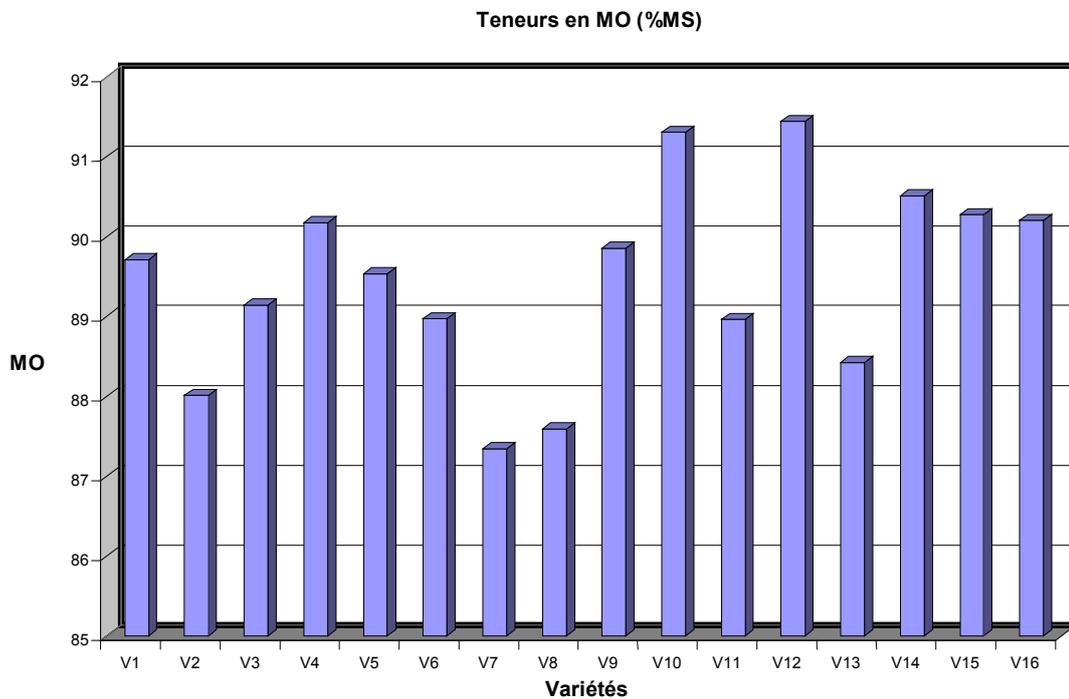


Figure 5.8 : Evolution des teneurs moyennes de la matière organique (%MS) chez les variétés de luzerne en sec.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich 2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative entre les variétés avec un coefficient de variation de 1.4% (Tableau C7 en annexe).

Deux groupes se chevauchant apparaissent après la comparaison des moyennes deux à deux (Tableau 5.13).

Tableau 5.13 : Moyennes et groupes homogènes des teneurs en matières organiques.

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Africaine	91.44	A
Ameristand	91.30	A B
Coussouls	90.58	A B
Sardi 10	90.27	A B
Erfoud	90.20	A B
Siriver	90.17	A B
Mamuntanas	89.85	A B
Ecotipo sici	89.53	A B
Rich 2	89.14	A B
Melissa	88.97	A B
ABT 805	88.96	A B
Demnat	88.42	A B
Gabès	88.21	A B
Prosementi	88.01	B
Tamantit	87.59	B
Magali	87.34	B

La variété qui enregistre la teneur la plus élevée en MO est la variété Africaine avec 91.44%, alors que la teneur la plus faible est pour la variété Magali avec 87.34%. Ces résultats semblent cohérents avec ceux de CIHEAM [113] pour une luzerne en début de floraison (87.0% MO).

### 5.2.4. Teneur en cellulose brute

Les différentes teneurs en cellulose brute sont illustrées dans la figure 5.9

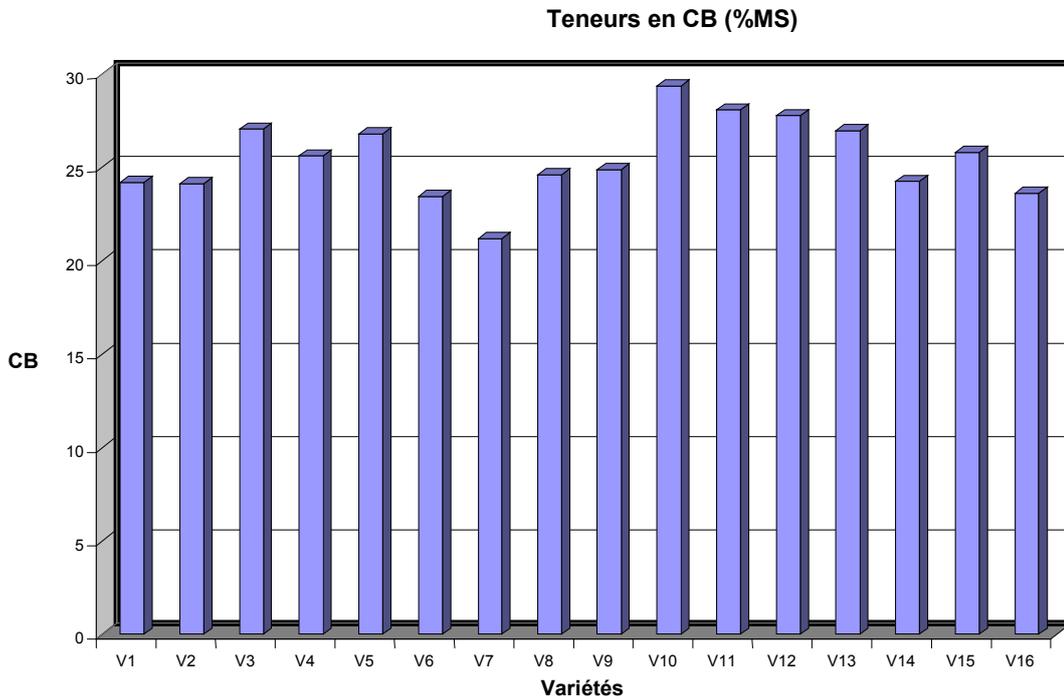


Figure 5.9 : Evolution des teneurs moyennes en cellulose brute (%MS) chez les variétés de luzerne en sec

(**V1** : Ecotipo sici ; **V2** : Prosementi ; **V3** : Melissa, **V4** : Siriver ; **V5** : Rich 2 ; **V6** : ABT805 ; **V7** : Magali ; **V8** : Tamantit ; **V9** : Mamuntanas ; **V10** : Ameristand ; **V11** : Demnat ; **V12** : Africaine ; **V13** : Gabès ; **V14** : Coussouls ; **V15** : Sardi10 ; **V16** : Erfoud).

L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative entre les variétés (Tableau C8 en annexe), la valeur la plus élevée correspond à la variété Ameristand (29.23%), légèrement inférieure à celle indiquée par l'INRA [111] pour une luzerne en troisième cycle et en début de floraison ; la plus faible valeur est pour la variété Magali (21.17%), valeur proche de celle publiée par CIHEAM [113] qui est de 20.7%.

La comparaison des moyennes deux à deux a permis de dégager trois groupes de moyennes qui se chevauchent (Tableau 5.14)

Tableau 5.14 : Moyennes et groupes homogènes de la CB

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Ameristand	29.35	A
Demnat	28.07	A B
Africaine	27.75	A B
Melissa	27.05	A B
Gabès	26.95	A B
Rich2	26.78	A B
Sardi10	25.79	A B
Siriver	25.60	A B
Mamuntanas	24.88	B C
Tamantit	24.58	B C
Coussouls	24.23	B C
Ecotipo sici	24.18	B C
Prosementi	24.12	B C
Erfoud	23.61	B C
ABT 805	23.43	B C
Magali	21.17	C

### 5.2.5. Teneur en matières azotées totales

Les teneurs en MAT sont portées sur la figure 5.10

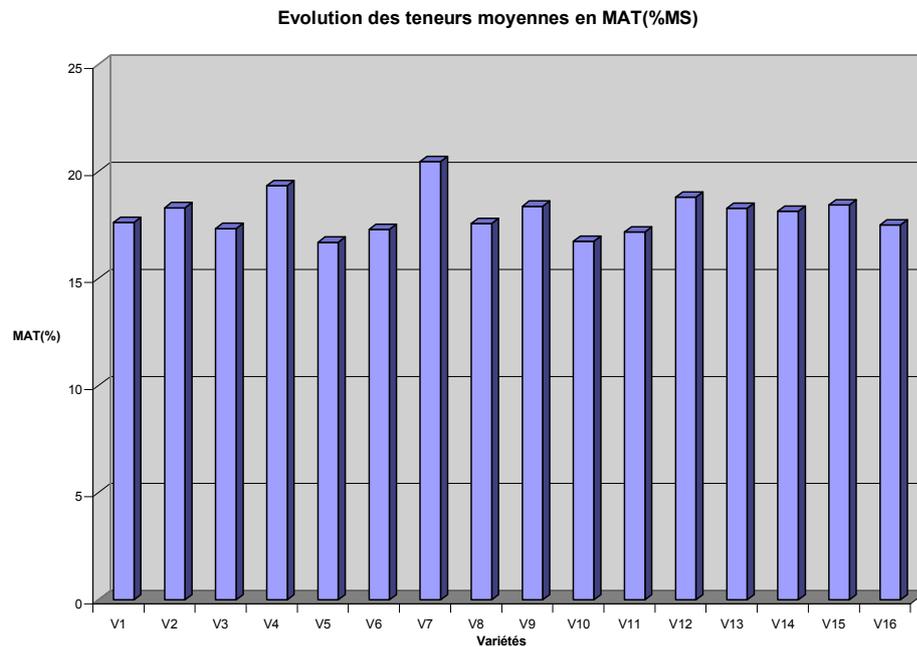


Figure 5.10 : Evolution des teneurs moyennes en MAT (%MS) chez les variétés de luzerne en sec.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich 2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les variétés, avec un coefficient de variation de 7.1% (tableau C9 en annexe).

La comparaison des moyennes a révélé l'existence de deux groupes illustrés dans le tableau 5.15. Les valeurs en MAT sont comprises entre 20.46% correspondant à la variété Magali, et 16.75% pour la variété Rich2 ; notons que ces valeurs se rapprochent de celles d'INRA [111] et de CIHEAM [113].

Tableau 5.15 : Moyennes et groupes homogènes des teneurs en Matières azotées

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Magali	20.46	A
Siriver	19.34	A B
Africaine	19.24	A B
Sardi 10	18.80	A B
Mamuntanas	18.79	A B
Prosementi	18.38	A B
Gabès	18.31	A B
Coussouls	18.08	A B
Ecotipo sici	17.62	A B
Tamantit	17.62	A B
Erfoud	17.51	A B
Melissa	17.34	B
ABT 805	17.30	B
Demnat	17.25	B
Ameristand	17.18	B
Rich2	16.75	B

### 5.2.6. Rendement en matière verte

Les rendements en verts pour les différentes variétés sont reportés sur la figure 5.11.

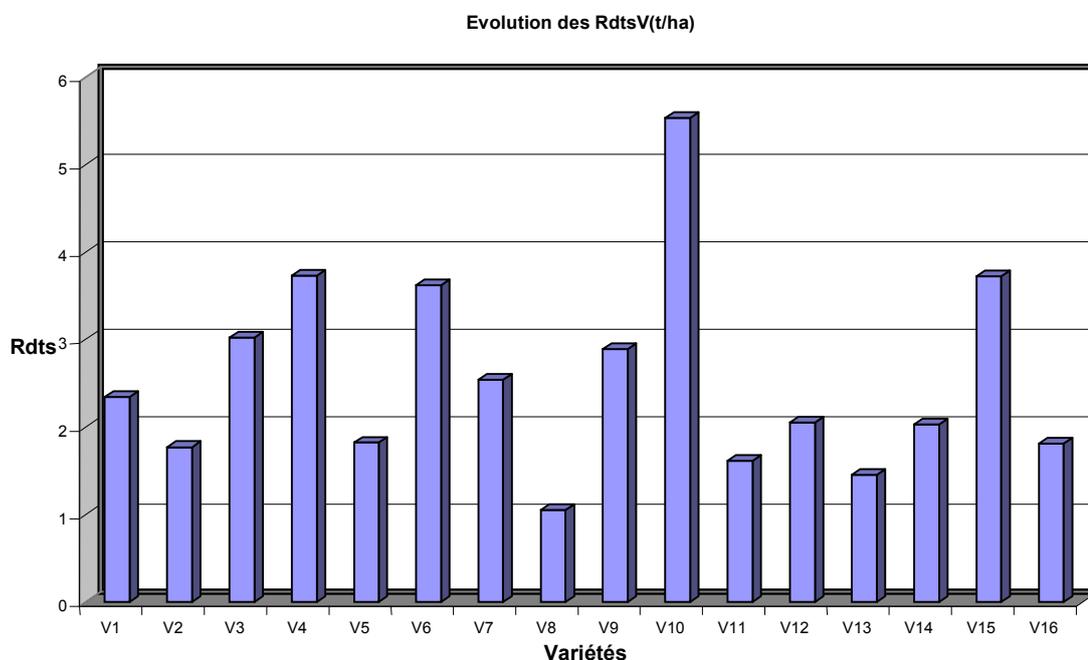


Figure 5.11 : Evolution des teneurs moyennes du rendement en vert (t/ha) de la luzerne en sec.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich 2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance (tableau C10 en annexe) a montré une différence significative entre les variétés. Les rendements en vert varient entre 1.05/ha, valeur la plus faible correspondant à la variété Tamantit, et 5.53/ha pour la variété Ameristand. Les rendements en vert pour l'essai luzerne en sec sont faibles par rapport à ceux enregistrés par KERBAA [112], ceci est certainement dû au stress hydrique.

La comparaison des moyennes a révélé l'existence de deux groupes homogènes qui se chevauchent avec cependant deux rendements extrêmes, à savoir, Ameristand pour le plus grand et, Tamantit pour le plus faible rendement (Tableau 5.16).

Tableau 5.16 : Moyennes et groupes homogènes des rendements en vert (t/ha)

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Ameristand	5.53	A
Siriver	3.73	A B
Sardi10	3.72	A B
ABT 805	3.62	A B
Melissa	3.02	A B
Mamuntanas	2.89	A B
Magali	2.54	A B
Ecotipo sici	2.34	A B
Africaine	2.05	A B
Coussouls	2.03	A B
Rich 2	1.82	A B
Erfoud	1.81	A B
Prosementi	1.77	A B
Demnat	1.61	A B
Gabès	1.45	A B
Tamantit	1.05	B

### 5.2.7. Rendement en matière sèche

Les rendements en matière sèche pour les différentes variétés sont portés sur la figure 5.12.

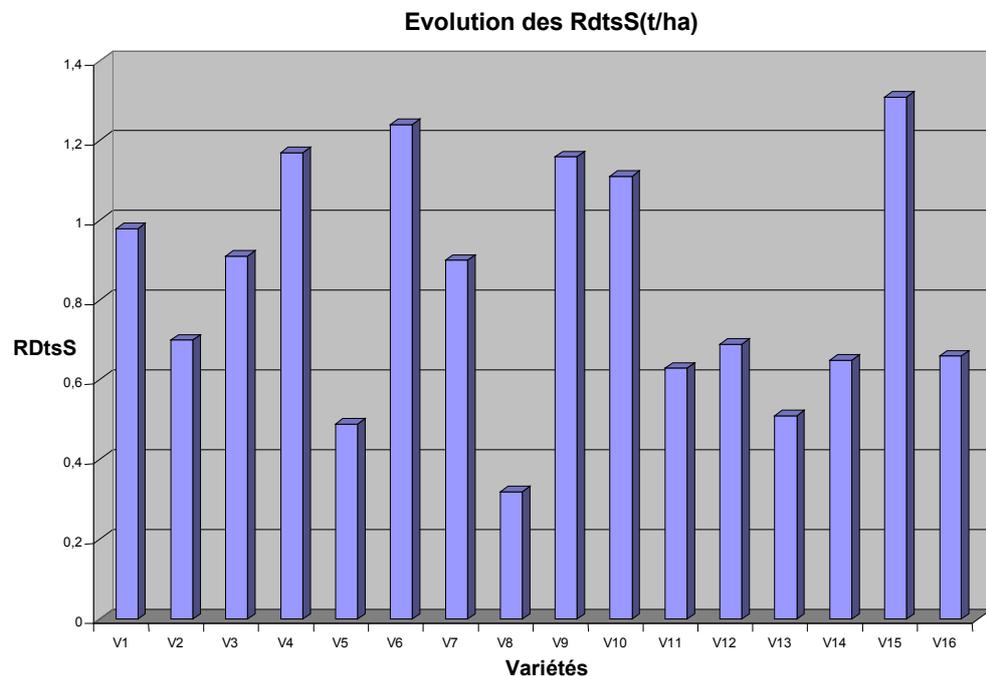


Figure 5.12 : Evolution des teneurs moyennes du rendement en sec (t/ha) de la luzerne en sec.

(V1 : Ecotipo sici ; V2 : Prosementi ; V3 : Melissa, V4 : Siriver ; V5 : Rich 2 ; V6 : ABT805 ; V7 : Magali ; V8 : Tamantit ; V9 : Mamuntanas ; V10 : Ameristand ; V11 : Demnat ; V12 : Africaine ; V13 : Gabès ; V14 : Coussouls ; V15 : Sardi10 ; V16 : Erfoud).

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les variétés, avec un coefficient de variation élevé de 27.7% (Tableau C11 en annexe) Quatre groupes se chevauchant résultent de la comparaison des moyennes (Tableau 5.17).

Tableau 5.17 : Moyennes et groupes homogènes des rendements en sec

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Sardi 10	1.31	A
ABT805	1.24	A B
Siriver	1.17	A B
Mamuntanas	1.16	A B
Ameristand	1.11	A B
Ecotipo sici	0.98	A B C
Melissa	0.91	A B C
Magali	0.91	A B C
Prosementi	0.70	B C D
Africaine	0.69	B C D
Erfoud	0.66	B C D
Coussouls	0.65	B C D
Demnat	0.63	B C D
Gabès	0.56	C D
Rich 2	0.50	C D
Tamantit	0.32	D

Les rendements en sec pour cet essai sont faibles, il est à noter que l'année de l'essai est l'année d'installation, qui a été par ailleurs une année sèche, ce qui influe sur le rendement en sec. Toutefois, nos valeurs concordent avec celles de KERBAA [112] pour une luzerne conduite en Mitidja en cinquième cycle au stade végétatif (1.92t/ha).

### Discussion des résultats « Comparaison entre luzerne irriguée et en sec »

Les moyennes des teneurs en matières sèches de l'essai en irrigué pour la première et la troisième coupe s'établissent respectivement à 22.77% et 44.60%, alors que pour l'essai en sec la teneur moyenne en MS est de 35.50%, elle est inférieure à celle de la 3<sup>ème</sup> coupe de l'essai en irrigué ; ceci est probablement l'effet de la date de coupe, vu que la coupe pour l'essai en sec a été effectuée vers la fin mai et la 3<sup>ème</sup> coupe en irrigué a été effectuée en juillet.

Les variations d'états hydriques du végétal induites par le déficit hydrique entraînent des modifications de l'ensemble du fonctionnement de la plante [131].

Le rapport feuille-tige est le principal paramètre qui met en évidence les variations qualitatives de la plante, d'où l'intérêt de la date de coupe qui joue un rôle aussi bien, sur le rendement en sec que sur la qualité car plus l'herbe avance en âge, moins elle devient feuillue.

La moyenne générale de la teneur en MAT de la 1<sup>ère</sup> coupe est de 19.09%, celle de la troisième coupe est de 15.42% ; cette diminution des MAT a été vérifiée par les travaux de LEMAIRE et *al.* [63] qui ont montré que la diminution des teneurs en azote de la luzerne au cours d'une repousse était reliée directement à l'augmentation de la biomasse aérienne.

Une telle relation indique que toute augmentation de croissance de la luzerne se traduit par une diminution de sa valeur azotée [60].

L'augmentation de la teneur en azote avec l'irrigation pourrait s'expliquer par l'augmentation du rapport feuille/tige car la teneur est étroitement liée à ce rapport et l'irrigation contribue à l'augmentation de la proportion de la surface foliaire (riche en azote).

En effet, les travaux de OUCHAI [132] montrent une surface foliaire de 239cm<sup>2</sup> par pot contre 674 cm<sup>2</sup> par pot respectivement pour une culture de luzerne en sec et en irrigué, il s'ensuit une teneur en MAT respectivement de 15g dans 100g MS contre 19g dans 100g MS. Ce même phénomène est rapporté par VIDAL et *al.* [133] et SELLAM [134].

La luzerne en sec enregistre une moyenne générale de 18.12% de MAT, valeur comparable à celle de la première coupe en irriguée. Ce qui confirme les résultats de LEMAIRE et ALLIRAND [60] qui montrent qu'à une même date de récolte, la différence de teneur en N entre "sec" et "irrigué" est en général faible.

La teneur en cellulose brute en 1<sup>ère</sup> coupe est de 22.65% ; en 3<sup>ème</sup> coupe elle augmente et s'établit à 25.12%, valeur comparable à celle de la luzerne menée en sec 25.47%. La teneur en cellulose est un facteur important de la fibrosité de la ration.

Par rapport au maïs ensilage, la luzerne affiche indéniablement de meilleures productions en situation sèche et est surtout plus régulière d'une année à l'autre ; elle produit davantage que les graminées les années sèches (13.4 t/ha MS pour la luzerne contre 9.9 t/ha pour le Ray-grass anglais) [29].

Les rendements en vert enregistrés pour l'essai luzerne en irrigué sont nettement supérieurs à ceux de l'essai en sec. Les espèces fourragères diminuent leur production en situation de déficit hydrique du fait d'une réduction de la croissance foliaire et d'une restriction de la nutrition azotée, la biomasse produite sera très limitée [135] [131].

La variété qui enregistre un rendement très intéressant et élevé dans l'essai en irrigué, à savoir Ameristand, occupe la première place aussi dans l'essai en sec, pour les autres variétés les rendements sont nettement inférieurs ; ce qui rejoint les résultats de ITIER et SEGUIN [121] qui affirment que la production fourragère est au premier rang des productions agricoles touchées par la sécheresse, avec des baisses de production qui peuvent atteindre et dépasser les 50% dans certains cas.

DURAND [131] affirme que la sécheresse est à priori susceptible de sélectionner les individus les plus aptes à lui résister.

Dans les situations de sécheresse récurrentes, des irrigations d'appoints régularisent les rendements. Elles stabilisent les rendements entre 12 à 16 t MS alors qu'en sec les rendements varient de 6.5 à 13 t MS/ha [136].

### 5.3. Essai Sulla

#### 5.3.1. Teneur en matière sèche

Les résultats obtenus sont reportés dans la figure 5.13. L'analyse de la variance a montré que la matière sèche présente une différence non significative entre les variétés avec un coefficient de variation de 16.7% (Tableau C12 en annexe).

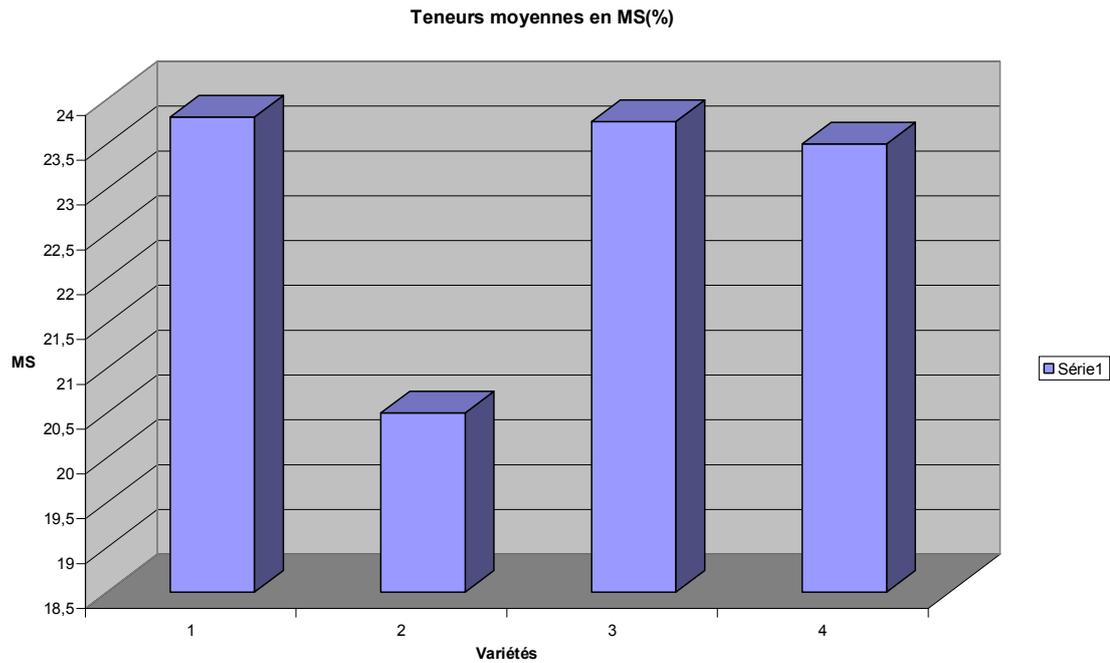


Fig.5.13: Evolution des teneurs moyennes en matière sèche (%) chez les variétés de Sulla.

(1 : Sparacia ; 2 : D'Italie ; 3 : Irpina ; 4 : Grimaldi)

Les teneurs en matière sèche varient entre 20.50 et 23.80%, la valeur la plus élevée correspond à la variété Sparacia et la plus faible pour la variété D'Italie (Tableau 5.18).

Tableau 5.18 : Moyennes des teneurs en matière sèche (%)

Variété	Moyenne
Sparacia	23.80
Irpina	23.75
Grimaldi	23.50
D'Italie	20.50

Nos valeurs sont supérieures à celles publiées par CIHEAM [113] (15.3%), et de SULAS et *al.* [76] trouvent 12% de MS.

L'élévation du taux de MS est due principalement à la sécheresse printanière étalée entre le mois de mai et juin.

### 5.3.2 Teneur en matière organique

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 5.14.

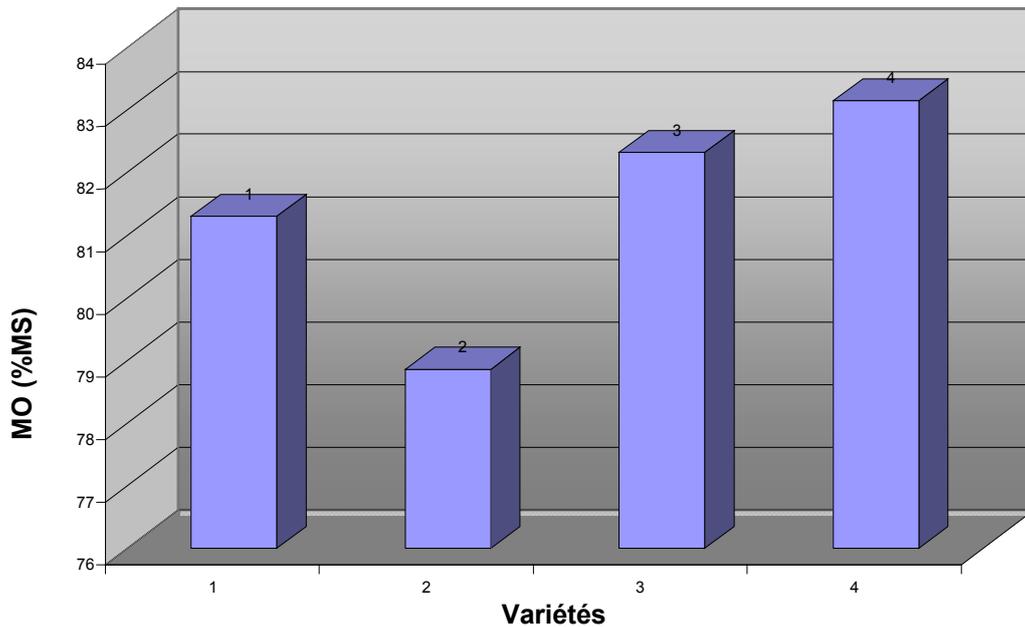


Figure 5.14 : Evolution des teneurs moyennes en matière organique (en % de MS) chez variétés

(1 : Sparacia ; 2 : D'Italie ; 3 : Irpina ; 4 : Grimaldi)

L'analyse de la variance montre une différence non significative entre les quatre variétés de Sulla (Tableau C13 en annexe).

Les teneurs en matière organique sont comprises entre 78.86 et 83.15%, correspondant respectivement à la variété d'Italie et la variété Grimaldi (Tableau 5.19).

Tableau 5.19 : Moyennes des teneurs en matières organiques (%MS)

Variété	Moyenne
Grimaldi	83.15
Irpina	82.32
Sparacia	81.30
D'Italie	78.86

Nos valeurs sont légèrement inférieures à celles mentionnées par CIHEAM [113] 88.8% et celles de ARRAB [137] qui enregistre une teneur de 87.96% de MO en zone semi-aride et en condition irriguée.

#### 5.3.4. Teneur en cellulose brute

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 5.15.

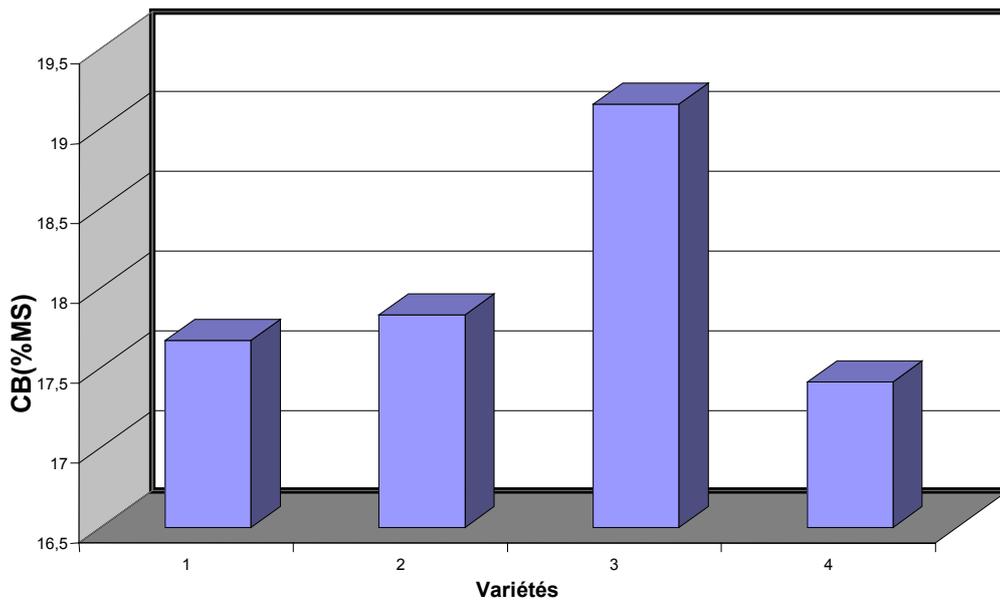


Figure 5.15 : Evolution des teneurs moyennes en cellulose brute (en %MS) des variétés de Sulla.  
(1 : Sparacia ; 2 : D'Italie ; 3 : Irpina ; 4 : Grimaldi)

L'analyse de la variance montre une différence non significative entre les différentes variétés (Tableau C14 en annexe). Les teneurs en cellulose brute sont comprises entre 17.41 et 19.15% respectivement pour la variété Grimaldi et Irpina (Tableau 5.20).

Tableau 5.20 : Moyennes des teneurs en Cellulose brute

Variété	Moyenne
Irpina	19.15
D'Italie	17.83
Sparacia	17.67
Grimaldi	17.41

Ces valeurs se rapprochent de celles publiées par CIHEAM [113] 19.2%, mais sont inférieures à celles rapportées par SULAS et *al.* [76] et TISSERAND [138].

### 5.3.5. Teneur en matière azotée

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 5.16.

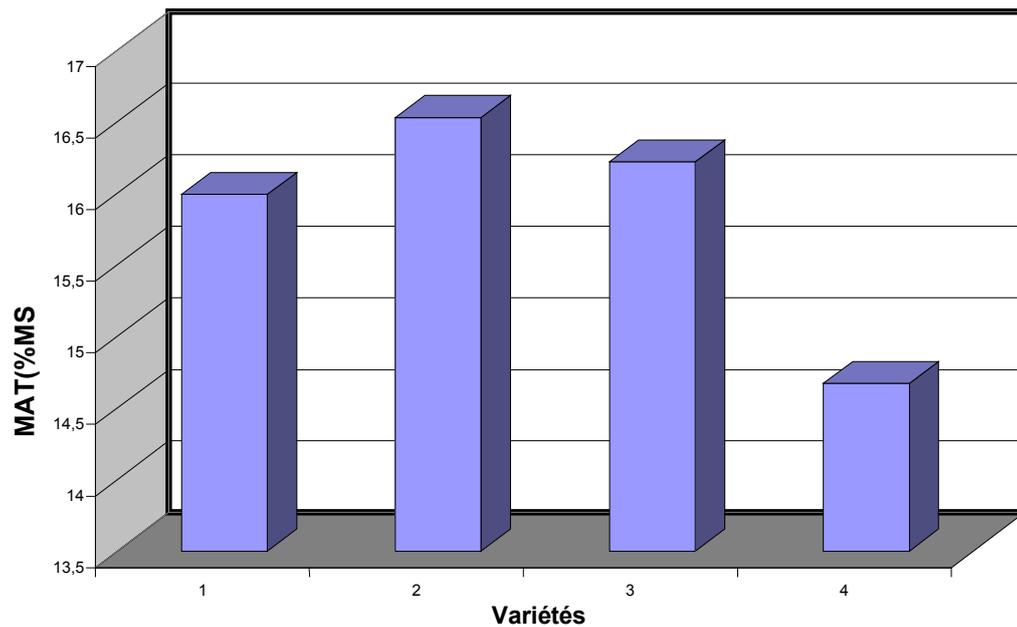


Figure 5.16 : Evolution des teneurs moyennes des matières azotées totales des variétés de Sulla.

(1 : Sparacia ; 2 : D'Italie ; 3 : Irpina ; 4 : Grimaldi)

Le tableau de l'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les variétés (Tableau C15 en annexe). Les teneurs en MAT varient entre 14.61 et 16.53%, respectivement pour la variété Grimaldi et d'Italie (Tableau 5.21).

La comparaison des moyennes a fait ressortir deux groupes de moyennes.

Tableau 5.21 : Moyennes et groupes homogènes des MAT

Variétés	Moyennes	Groupes Homogènes
IT	16.53	A
IR	16.22	A B
SP	15.99	A B
GR	14.61	B

Pour le même stade, nos résultats concordent avec ceux de SULAS et *al.* [139] qui trouvent une teneur en MAT de 13.3%, et avec ceux de TISSERAND [138] qui a trouvé 15.5%.

De même, CIHEAM [113] pour le Sulla en vert, plante entière en fin de floraison, publie une valeur de 14.3% pour les MAT, ce qui semble très proche de nos valeurs. MARTINIELLO et *al.* [140] enregistrent une teneur en protéines brutes de 17.1%.

### 5.3.6. Rendement en matière verte

Les valeurs obtenues sont présentées dans la figure 5.17.

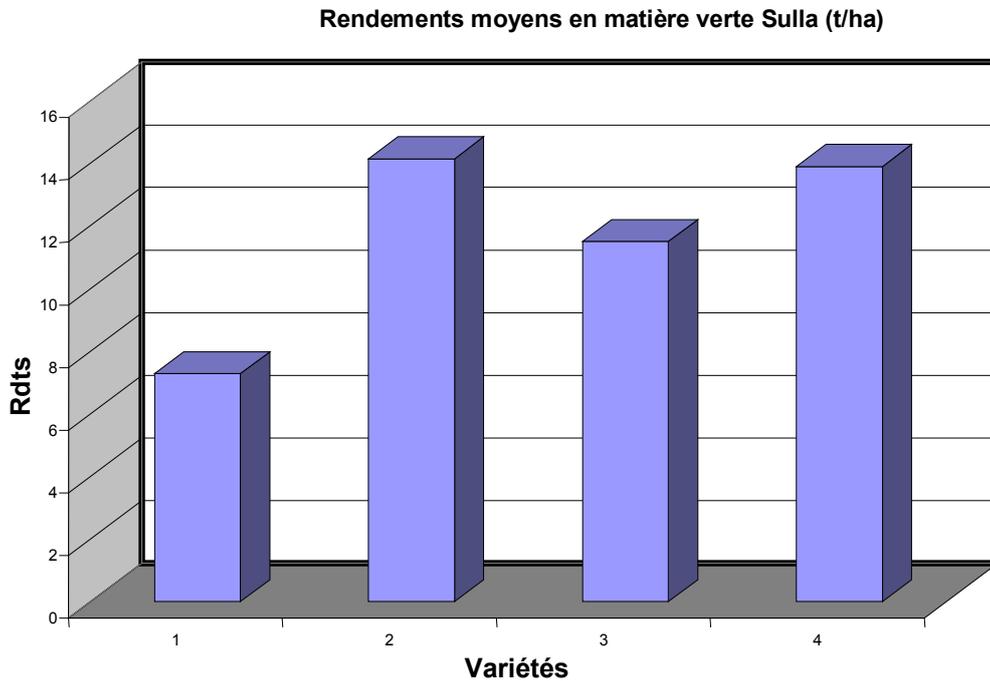


Figure 5.17 : Evolution des Rendements moyens en matière verte (t/ha) des variétés de Sulla.

(1 : Sparacia ; 2 : D'Italie ; 3 : Irpina ; 4 : Grimaldi)

L'analyse de la variance a révélée une différence significative entre les variétés (Tableau C17 en annexe) deux groupes homogènes émergent après une comparaison des moyennes deux à deux.

Les rendements en matière verte du Sulla varient entre 7.28t/ha et 14.14t/ha, le rendement le pus élevé correspond à la variété D'Italie, le plus faible correspondant à la variété Sparacia (Tableau 5.22).

Tableau 5.22 : Moyennes et groupes homogènes du rendement en vert

Variétés	Moyennes (t/ha)	Groupes Homogènes
IT	14.14	A
GR	13.90	A
IR	11.15	A B
SP	7.28	B

Les meilleurs rendements sont obtenus par les variétés D'Italie et Grimaldi, en ce qui concerne la variété Sparacia nos résultats sont comparables à ceux de SULAS et *al.* [76], qui pour la même variété enregistrent un rendement de 7.41t/ha.

### 5.3.7. Rendement en matière sèche

Les valeurs obtenues sont mentionnées dans la figure 5.18.

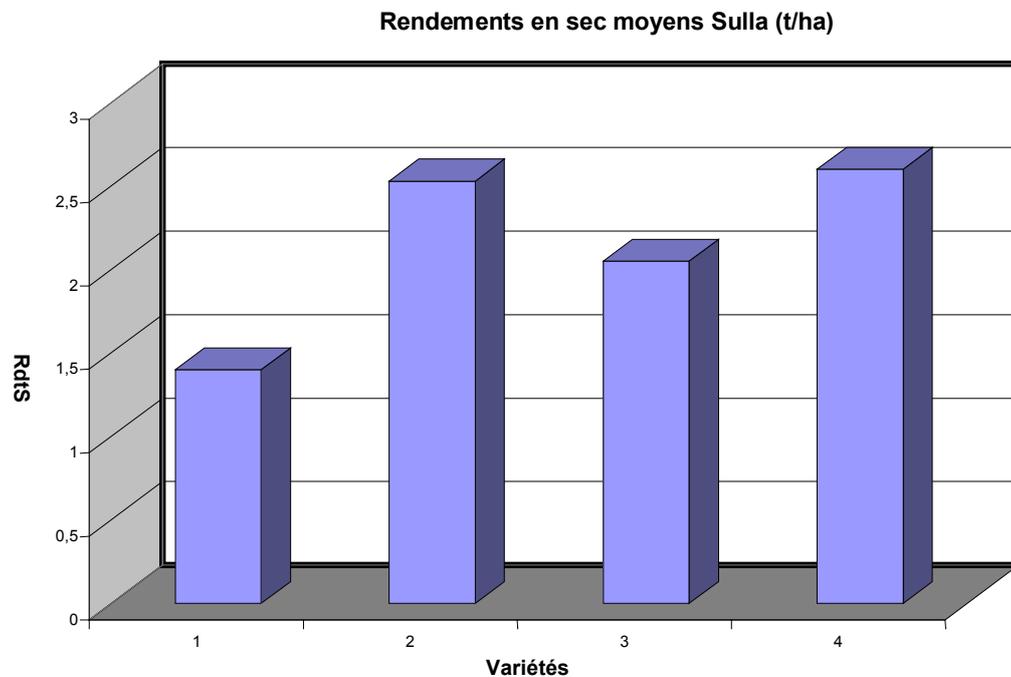


Figure 5.18 : Evolution des Rendements moyens en matière sèche (t/ha) des variétés de Sulla.

(1 : Sparacia ; 2 : D'Italie ; 3 : Irpina ; 4 : Grimaldi)

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les quatre variétés (Tableau C18 en annexe).

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir deux groupes (Tableau 5.23).

Le rendement en sec varie entre 2.60 et 1.40 t/ha, respectivement pour les variétés Grimaldi et Sparacia. La variété D'Italie qui a enregistré le meilleur rendement en vert est dans le premier groupe.

Tableau 5.23 : Moyennes et groupes homogènes du rendement en sec

Variétés	Moyennes (t/ha)	Groupes Homogènes
GR	2.60	A
IT	2.53	A
IR	2.05	A B
SP	1.40	B

## CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus après les essais sur les 16 variétés de luzerne (*Medicago sativa* L.) menées en irrigué et en sec, et les quatre variétés de Sulla (*Hedysarum coronarium* L.), nous pouvons faire ressortir les points suivants :

- Un bon comportement des variétés introduites de Sulla et de luzerne, cependant ces dernières expriment mieux leurs potentialités quand l'eau n'est pas un facteur limitant.
- Les teneurs en matières azotées totales sont très intéressantes pour toutes les variétés de luzerne, les teneurs obtenues en sec sont très voisines de celles du traitement en irrigué de la 1<sup>ère</sup> coupe, ceci confirme de LEMAIRE et *al.* [63], DEMARQUILLY et ANDRIEU [87] et LEMAIRE et ALLIRAND [60]. Les variétés de Sulla ont donné des valeurs proches de ceux de SULAS et *al.* [140], et de ARRAB [138].
- Chez les luzernes, les teneurs en CB de l'essai en sec se rapprochent des teneurs trouvées en 3<sup>ème</sup> coupe de l'essai en irrigué pour la majorité des variétés, à savoir Ecotipo sici, Prosementi, ABT, Mamuntanas, Tamantit, Sardi, Africaine, Melissa et Coussouls. Chez les Sulla, les teneurs en CB les plus faibles sont enregistrées par les variétés Sparacia et Grimaldi.
- L'objectif le plus ancien et le plus important est certainement le rendement en vert [40], un rendement en vert très satisfaisant est obtenu dans l'essai luzerne mené en irrigué ; une nette diminution est observée au niveau de la troisième coupes ceci est dû à la sécheresse au moment de la fauche.
- Les variétés introduites qui ont donné les meilleurs rendements en vert sont Mamuntanas, Ameristand, Coussouls, Magali et Gabès ceci démontre leur bonne adaptation et leur précocité, car ce sont les types

les plus précoces qui produisent le plus [40] ; à l'exception de la variété locale Tamantit, toutes les variétés introduites ont donné des rendements satisfaisants.

- Des essais sur vaches laitières avec de la luzerne verte distribuée ad libitum ayant en moyenne 20% MAT et 27% CB, ont confirmé l'accroissement important (12%) du niveau d'ingestion et de la production laitière (7%) selon Emile et TRAINEAU [120]. Les teneurs en MAT et en CB de variétés de luzernes sont très proches.
- En restriction d'eau, les variétés de luzerne n'ont pas donné un bon rendement en vert. L'année de notre essai était l'année d'installation, et les conditions climatiques n'étaient pas très favorables, malgré une irrigation d'appoint, on a remarqué, cependant, une lenteur de croissance et un développement moins important que pour l'essai en irrigué, ceci s'est répercuté sur le rendement en vert.
- Les variétés de Sulla sont très productives, leurs rendements sont supérieurs à ceux donnés par les différentes variétés de luzerne menée en sec.

Au terme de ce travail, les trois essais ont mis en évidence l'importance des fourrages verts à base de légumineuses dans le système fourrager de l'Algérie du Nord.

L'essai luzerne a montré un bon comportement des variétés introduites, ce qui confirme la bonne adaptation de ces espèces aux conditions pédoclimatiques de la Mitidja.

La Mitidja est une zone où nous pouvons faire de l'élevage en intensif si nous introduisons des légumineuses pérennes conduites en sec ; toutefois, elles expriment mieux leur potentiel en irrigué. L'exploitation des légumineuses fourragères se fait durant une grande partie de l'année par des coupes successives entre lesquelles la plante repousse.

Les meilleurs résultats pour l'ensemble des caractères étudiés sont obtenus dans les conditions où l'eau n'est pas un facteur limitant.

Les variétés introduites de Sulla ont donné des résultats similaires à ceux de la luzerne, ce qui atteste de l'intérêt de l'introduction très conseillée de cette espèce dans le calendrier fourrager algérien.

Enfin, certains points sont à recommander :

- Les légumineuses sont réputées pour leur valeur azotée (source non négligeable de protéine), elles sont moyennement pourvues en énergie. La luzerne est traditionnellement cultivée seule, sa conduite en association avec une graminée permettrait un meilleur équilibre nutritif du fourrage en procurant d'avantage d'énergie dans la ration.
- Le Sulla est une espèce à promouvoir, ses qualités fourragères sont très intéressantes notamment pour la production laitière ; une association avec une graminée peut être envisageable pour un meilleur fourrage.
- Après avoir tester les potentialités de ces variétés de légumineuses sous climat sub-humide et ce de point de vue aspect qualitatif et quantitatif, il sera intéressant de les tester dans les zones types d'élevage où le déficit hydrique est plus prononcé tels que les hauts plateaux algériens.
- Il faudrait, cependant, confirmer ces résultats par des tests d'ingestibilité, par l'étude de la valeur nutritive et par des tests sur animaux à différents stades physiologiques.

## APPENDICE A

### LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

Br.	: Brome
°C	: degré celsius
Ca	: calcium
Cl	: chlore
Co	: cobalt
Cu	: cuivre
CuSO <sub>4</sub>	: sulfate de cuivre
C.V.	: Coefficient de variation
D.D.L	: degré de liberté
Dig.	: Digestibilité
E.T	: écart type
INA	: institut national d'agronomie
INRA	: institut national de recherches agronomiques
ITGC	: institut national des grandes cultures
KCAL	: kilo calories
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: sulfate de potassium
MAD	: matières azotées digestibles
MADR	: ministère de l'agriculture et du développement rural
MAT	: matières azotées totales
MM	: matières minérales
MO	: matières organiques
MOD	: matières organiques digestibles
MS	: matière sèche
MT°	: moyennes des températures
MT° max	: moyenne des températures maximales
MT° min	: moyenne des températures minimales
N	: azote
P	: phosphore
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: anhydre phosphorique
RDTs	: rendement en sec
RDTV	: rendement en vert
S.A.U	: Surface agricole utile
S.C.E	: Somme des carrés des écarts
T°max	: température maximale
T°min	: température minimale
UF	: unité fourragère
UFL	: unité fourragère lait
UFV	: unité fourragère viande
cm	: centimètre
d	: densité
g	: gramme
h	: heure
ha	: hectare
kg	: kilogramme

km	: kilomètre
kcal	: kilocalorie
m	: mètre
m <sup>2</sup>	: mètre carré
ml	: millilitre
mm	: millimètre
t	: tonne
%	: pourcentage

## APPENDICE B ANALYSES CHIMIQUES

### B.1. Détermination de la matière sèche

- Dans une capsule séchée et tarée préalablement, introduire 1 à 5g de l'échantillon à analyser.
- Porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , laisser refroidir au dessiccateur, peser, remettre 1h à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en MS est donnée par la relation :

$$\text{MS}\% = \frac{Y}{X} \times 100$$

X : poids de l'échantillon humide

Y : poids de l'échantillon après dessiccation

### B.2. Détermination de la matière minérale

- Porter au four à moufle, la capsule contenant 2g d'échantillon, chauffer progressivement afin d'obtenir une carbonisation sans inflammation de la masse.
  - 1h 30mn à  $200^{\circ}\text{C}$
  - 2h 30mn à  $500^{\circ}\text{C}$
- L'incinération doit être poursuivie, s'il y a lieu, jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair.
- Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération puis peser.

$$\text{Teneur en MM (\%MS)} = \frac{A \times 100}{B \times \text{MS}}$$

A : poids des cendres

B : poids de l'échantillon

MS : teneur en MS (en%)

### B.3. Détermination de la matière organique

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et la matière minérale (MM) :

$$\text{Teneur en MO (\% MS)} = 100 - \text{MM}$$

### B.4. Détermination de la cellulose brute

La teneur en CB est déterminée par la méthode de WEENDE, où les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

- Peser 2 g d'échantillon ; l'introduire dans un ballon de 500ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot ; ajouter 100ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12.5 g d'acide sulfurique pour 1 litre.

- Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30mn, agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse ; séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible du produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides.

- Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifuger avec 100 ml de solution bouillante contenant 12.5 g de soude pour 1 litre, faire bouillir durant 30mn, ensuite filtrer sur creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant. Après rafraîchissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5h.

- Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

- La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine, et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB (\%MS)} = \frac{(A - B) \times 100}{C \times \text{MS}}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccateur

B : poids du creuset + résidu après incinération

C : poids de l'échantillon de départ.

### B.5. Détermination des matières azotées totales

L'azote est dosé par la méthode de KJELDHAL.

#### B.5.1. Minéralisation

- Opérer sur un échantillon de 0.5 à 2g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon), l'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2g de catalyseur, 250g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 250g de CuSO<sub>4</sub>, 5g de Se et 20ml d'acide sulfurique (d=1.84).
- Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à obtention d'une coloration verte stable, laisser refroidir.
- Puis ajouter peu à peu avec précaution 200ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

#### B.5.2. Distillation

- Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (BUCHI), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20ml de composé de : pour 1 litre de solution, de 20g d'acide borique, 200ml d'éthanol absolu, 10ml d'indicateur contenant :  $\frac{1}{4}$

de rouge de méthyle à 0.2%, dans l'alcool à 95° et  $\frac{3}{4}$  de vert de bromocresol à 0.1% dans l'alcool à 95°.

- Verser lentement dans l'appareil distillateur 50ml de lessive de soude (d=1.33), mettre en marche l'appareil laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'au moins 100ml de distillat. Titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 jusqu'à l'obtention de la couleur initiale de l'indicateur.

1ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ----- 0.0014g d'N

1ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ----- 0.0007g d'N

$$Ng = X \cdot 0.0007 \cdot \frac{100}{Y} \cdot \frac{200}{A}$$

$$\text{Teneur en MAT (\%MS)} = Ng \cdot 6.25$$

X : descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon

A : volume de la prise d'essai

**APPENDICE C**  
**TABLEAUX DES TENEURS MOYENNES ET D'ANALYSES DE LA VARIANCE**

Luzerne irriguée

Tableau C.1 : Analyse de la variance de la MS

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	17295.75	127	136.19				
VAR. Facteur 1	196.99	15	13.13	0.76	0.7222		
VAR. Facteur 2	15237.56	1	15237.56	877.17	0.0000		
VAR Inter F1.2	221.15	15	14.74	0.85	0.6226		
VAR. Blocs	24.53	3	8.18	0.47	0.7073		
VAR Résiduelle	1615.53	93	17.37			4.17	12.4%

Tableau C.2 : Analyse de la variance MO

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	406.06	127	3.20				
VAR. Facteur 1	61.60	15	4.11	4.01	0.0000		
VAR. Facteur 2	181.49	1	181.49	177.08	0.0000		
VAR Inter F1.2	45.66	15	3.04	2.97	0.0007		
VAR. Blocs	21.98	3	7.33	7.15	0.0003		
VAR. Résiduelle	95.32	93	1.02			1.01	1.1%

Tableau C.3 : Analyse de la variance de MM

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	245.95	126	1.95				
VAR. Facteur 1	35.50	15	2.37	3.20	0.0003		
VAR. Facteur 2	102.93	1	102.93	139.10	0.0000		
VAR Inter F1.2	26.22	15	1.75	2.36	0.0065		
VAR. Blocs	13.22	3	4.41	9.96	0.0010		
VAR. Résiduelle	68.08	92	0.74			0.86	8.1%

Tableau C.3.1 : Teneurs moyennes en MM pour les deux coupes

Variétés	MM Coupe1	MM Coupe3
Ecotipo sici	10.85	9.77
Prosementi	11.30	10.40
ABT	11.57	10.61
Amerist	10.77	10.67
Mamuntanas	11.67	9.11
Tamantit	12.11	10.68
Sardi 10	11.08	9.11
Siriver	11.13	8.55
Africaine	11.15	9.01
Gabes	12.12	10.16
Magali	12.47	8.76
Melissa	11.14	9.71
Coussouls	11.10	10.46
Rich 2	12.72	10.77
Erfoud	11.26	8.36
Demnat	11.82	9.38

Tableau C.4 : Analyse de la variance de la CB

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	1467.29	127	11.55				
VAR. Facteur 1	184.15	15	12.28	1.40	0.1647		
VAR. Facteur 2	196.34	1	196.34	22.35	0.0000		
VAR Inter F1.2	163.50	15	10.90	1.24	0.2564		
VAR. Blocs	106.22	3	35.41	4.03	0.0097		
VAR. Résiduelle	817.07	93	8.79			2.96	12.4%

Tableau C.5 : Analyse de la variance des MAT

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	726.64	127	5.72				
VAR. Facteur 1	48.77	15	3.25	1.77	0.0513		
VAR. Facteur 2	431.34	1	431.34	234.42	0.0000		
VAR Inter F1.2	68.27	15	4.55	2.47	0.0043		
VAR. Blocs	7.14	3	2.38	1.29	0.2807		
VAR. Résiduelle	171.12	93	1.84			1.36	7.9%

Tableau C.6 : Analyse de la variance des rendements en vert.

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	3335.12	127	26.26				
VAR. Facteur 1	290.88	15	19.39	2.75	0.0015		
VAR. Facteur 2	2190.56	1	2190.56	311.06	0.0000		
VAR Inter F1.2	180.71	15	12.05	1.71	0.0618		
VAR. Blocs	18.05	3	6.02	0.85	0.4701		
VAR. Résiduelle	654.92	93	7.04			2.65	45.8%

Tableau C.7 : Analyse de la variance des rendements en sec

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	111.96	127	0.88				
VAR. Facteur 1	12.42	15	0.83	2.91	0.0009		
VAR. Facteur 2	62.59	1	62.59	220.16	0.0000		
VAR Inter F1.2	8.20	15	0.55	1.92	0.0302		
VAR. Blocs	2.30	3	0.77	2.70	0.0494		
VAR. Résiduelle	26.44	93	0.28			0.53	37.1%

Tableau C.6.1 : Teneurs moyennes des rendements en vert (RdtsV) moyens pour les deux coupes.

Variétés	RDT V Coupe1	RDT V Coupe3
Ecotipo sici	10.97	1.28
Prosementi	10.85	1.53
Melissa	7.38	1.38
Siriver	9.85	1.66
Rich 2	9.62	1.47
ABT	10.87	1.88
Magali	11.97	1.46
Tamantit	3.82	0.42
Mamuntanas	14.41	1.99
Ameristand	13.51	2.02
Demnat	6.95	1.46
Africaine	8.96	0.90
Gabès	9.89	3.42
Coussouls	12.90	2.06
Sardi 10	9.98	2.19
Erfoud	6.92	1.37

Luzerne en sec

Tableau C.8 : Analyse de la variance de la matière sèche

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	2097.49	63	33.29				
VAR. Facteur 1	586.27	15	39.08	1.45	0.1680		
VAR. Bloc	294.24	3	98.08	3.63	0.0197		
VAR. Résiduelle	1216.99	45	27.04			5.20	14.7%

Tableau C.9 : Analyse de la variance de la matière organique

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	188.12	63	2.99				
VAR. Facteur 1	88.41	15	5.89	3.67	0.0004		
VAR. Bloc	27.35	3	9.12	5.67	0.0023		
VAR. Résiduelle	72.36	45	1.61			1.27	1.4%

Tableau C.10 : Analyse de la variance de la cellulose brute

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	486.50	63	7.72				
VAR. Facteur 1	262.72	15	17.51	5.04	0.0000		
VAR. Bloc	67.43	3	22.48	6.47	0.0011		
VAR. Résiduelle	156.36	45	3.47			1.86	7.3%

Tableau C.11 : Analyse de la variance des MAT.

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	1336.21	63	2.16				
VAR. Facteur 1	57.73	15	3.85	2.37	0.0130		
VAR. Bloc	5.46	3	1.82	1.12	0.3511		
VAR. Résiduelle	73.03	45	1.62			1.27	7.1%

Tableau C.12 : Analyse de la variance des RDTs V.

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	205.77	63	3.27				
VAR. Facteur 1	78.92	15	5.26	1.98	0.0395		
VAR. Bloc	7.19	3	2.40	0.90	0.4502		
VAR. Résiduelle	119.66	45	2.66			1.63	63.7%

Tableau C.12 : Analyse de la variance des Rendements en sec.

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	8.28	63	0.13				
VAR. Facteur 1	5.43	15	0.36	6.69	0.0000		
VAR. Bloc	0.40	3	0.13	2.49	0.0715		
VAR. Résiduelle	2.44	45	0.05			0.23	27.7%

Tableau C.12 : Analyse de la variance des Rendements en sec.

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	8.28	63	0.13				
VAR. Facteur 1	5.43	15	0.36	6.69	0.0000		
VAR. Bloc	0.40	3	0.13	2.49	0.0715		
VAR. Résiduelle	2.44	45	0.05			0.23	27.7%

## Essai Sulla

Tableau C.13 : Analyse de la variance de la matière sèche

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	252.56	15	16.84				
VAR. Facteur 1	30.61	3	10.20	0.69	0.5807		
VAR. Bloc	89.71	3	29.90	2.04	0.1790		
VAR. Résiduelle	132.24	9	14.69			3.83	16.7%

Tableau C.14 : Analyse de la variance de la matière organique

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	107.12	15	7.14				
VAR. Facteur 1	41.46	3	13.82	2.84	0.0975		
VAR. Bloc	21.89	3	7.30	1.50	0.2795		
VAR. Résiduelle	43.77	9	4.86			2.21	2.7%

Tableau C.15 : Analyse de la variance de la Cellulose brute

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	105.55	15	7.04				
VAR. Facteur 1	7.21	3	2.40	0.25	0.8621		
VAR. Bloc	10.69	3	3.56	0.37	0.7812		
VAR. Résiduelle	87.64	9	9.74			3.12	17.3%

Tableau C.16 : Analyse de la variance des MAT Sulla

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	16.54	15	1.10				
VAR. Facteur 1	8.64	3	2.88	3.98	0.0464		
VAR. Bloc	1.41	3	0.47	0.65	0.6059		
VAR. Résiduelle	6.51	9	0.72			0.85	5.4%

Tableau C.17 : Analyse de la variance des Rendements en vert

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	333.45	15	22.23				
VAR. Facteur 1	122.51	3	40.84	5.83	0.0173		
VAR. Bloc	147.86	3	49.29	7.03	0.0101		
VAR. Résiduelle	63.08	9	7.01			2.65	22.8%

Tableau C.18 : Analyse de la variance des rendements en sec du Sulla.

Variation	S.C.E	D.D.L	Carrés moyens	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR. Totale	7.95	15	0.53				
VAR. Facteur 1	3.70	3	1.23	5.72	0.0182		
VAR. Bloc	2.32	3	0.77	3.58	0.0594		
VAR. Résiduelle	1.94	9	0.22			0.46	21.6%

## REFERENCES

1. Tisserand J.L. Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne. *Option Méditerranéenne – Série Séminaires*, (1991), n°16, 23-25.
2. Demarquilly C., Faverdin P., Geay Y., Verité R., Vermorel M. Bases rationnelle de l'alimentation des ruminants. *Revue INRA Prod. Anim.*, hors série, (1996), 71-80.
3. Abdelguerfi A., Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. *Revue Céréaliculture*, (1987), n°16, 1-5.
4. Abdelguerfi A. et Bedrani S. Study on Range and Livestock Development in North Africa (Algeria, Morocco, and Tunisia). FAO, Regional Office for the NEAR EAST. (1997).
5. Abdelguerfi A et Laouar M. La privatisation du foncier : Impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie. In « Pastoralisme et foncier : Impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides » 17-19 Octobre 1996, Gabès (Tunisie). *Option Méditerranéenne*, (1997), n°32 : 203-207.
6. Abbas K., Abdelguerfi–Laouar M., Madani T., Mebarkia A., Abdelguerfi A. Rôle et usage des prairies naturelles en zone semi-aride d'altitude en Algérie. *Revue Fourrages*, (2005), n°183, 475-479.
7. Abdelguerfi A. Ressources génétiques d'intérêt pastoral et/ou fourrager : Distribution et variabilité chez les légumineuses spontanées (*Medicago*, *Trifolium*, *Hedysarum* et *Onobrychis*) en Algérie. Thèse Doc. d'Etat en Sciences Agronomiques (2002), INA Alger, 413p.
8. Abbas K., Abdelguerfi–Laouar M., Madani T., M'Hammedi Bouzina M., Abdelguerfi A. Place des légumineuses dans la valorisation de l'espace agricole et pastorale en régions nord d'Algérie. Workshop international sur : « Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 309-320.

9. Statistiques du MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural, Algérie, (2006).
10. Abbas K. et Abdelguerfi A. Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. *Revue Fourrages*, (2005) n° 184, 533-546.
11. Hammadache A. Les fourrages cultivés : un impératif au développement de la production laitière ; Résultats des travaux de recherche sur le trèfle d'Alexandrie (bersim). *Céréaliculture ITGC* (1998), 39-113.
12. Lapeyronie A. Les productions fourragères méditerranéennes. Tome-1- Généralité, caractères botaniques et biologiques. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. (1982), Ed. G.P. Maisson neuve et la rose, Paris, France, 425p.
13. Abdelguerfi A., Laouar M., "Les espèces fourragères et pastorales. Leurs utilisations au Maghreb. Algérie, Maroc, Tunisie" FAO Regional Office for the Near East. (2002).
14. Chellig R. La production animale de la steppe. In « Congrès sur le nomadisme en Afrique » Adis Abeba, 6-10 février, (1978), 96-112.
15. Abderrahmani H. et Guelmaoui S. Contribution à la connaissance des races caprines algériennes ; cas de la race du M'Zab. Thèse Ing. INA, (1995), Alger (Algérie).
16. Ben Aissa R. Le dromadaire en Algérie. In « Séminaire sur la digestion, la nutrition et l'alimentation du dromadaire », 28-02 au 01-03, Ouargla (ALgérie), (1988), CIHEAM-CCE-CTA et Ministère de l'Agriculture, 1-11.
17. Benmessaoud N.E., Bounaga N. et Khaldoun T. Recherches sur les camélidés et situation du dromadaire en Algérie. In « Constitution de Réseaux Thématiques de Recherche Agricole au Maghreb », Rabat Décembre 1988. Ed. A. Birouk, A. Ouhsine et T.E Ameziane. (1989), ACCT-Edition Actes, Maroc.139-144.
18. Houmani, M., "Situation alimentaire du bétail en Algérie", *Ann. Agron.* 4. (1999), 35 - 41.
19. Le Houerou H. N. The isoclimatic Mediterranean Biomes: Bioclimatology, Diversity and Phytogeography (2005), 2 vol. 765pp, Copymania, Montpellier.
20. Huyghe C., Bournoville R., Couteaudier Y., Duru M., Gensollen V., Lherm M., Peyraud J.L. Prairies et cultures fourragères en France : entre logiques de production et enjeux environnementaux. INRA Editions (2005), 209 pp.

21. Le Houerou H.N. "Les légumineuses fourragères dans la flore de la zone isoclimatique Méditerranéenne". Workshop international sur « Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A.Abdelguerfi, Alger 19-22 fév, (2006), 15-20.
22. Williams R.J. Tropical legumes. In: Genetic Resources of Forage Plants: McIvor, J.g. and Bray, R.A. (Eds), (1983), CSIRO, Melbourne, 17-36.
23. Huyghe C. Place des légumineuses fourragères à grosses graines dans les systèmes de production en France. Workshop international sur « Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 163-174.
24. Cotte A. Les légumineuses fourragères dans les Causses et la Camare. *Revue Fourrage* (1962), n°12,12-24.
25. Villax E.J., "La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale", Ed. INRAT Rabat, (1963).
26. Muller J.C., Denys D., Monbrun M.D. et Labre D., "La luzerne en Champagne crayeuse. Incidence de la culture sur l'environnement : élément de réflexion ". Rapport de l'INRA, Travaux de la station publication n°168, (1989).
27. Gauthier J., "Notion d'agriculture"Ed. TEC et DOT- Lavoisier, (1991), 573p.
28. Beaudouin N., Denys D., Muller J.C., Monbrun M.O. et Ledain C., "Influence d'une culture de luzerne sur le lessivage du nitrate dans les sols de Champagne crayeuse", *Revue Fourrages*, n°129, (1992), 45-57.
29. Le Gall A., "Les grandes légumineuses : situation actuelles, atouts et perspectives dans le nouveau paysage français", *Revue Fourrages*, n°134, (1993) ,121-144.
30. Catroux G., Amarger N., Lagachère B. et Picard J., "La culture des légumineuses : Une possibilité d'économiser l'énergie en agriculture." In : "Cahier du CENECA-CI. 180. *Agriculture et Energie*, 27,28et29 Février", Paris. (1980), 322-325.
31. Marrou J., "Croissance végétale, nutrition azotée des légumineuses", (1987), p7.
32. Stebler N., "Etude de la gestion des prairies naturelles", (1984), 33p.
33. Guilbot R., "Les insectes des prairies : un maillon essentiel de l'écosystème prairial" *Revue Fourrages*, n°160, (1999), 403-416.

34. Clere E., Bretagnolle V., "Disponibilité alimentaire pour les oiseaux en milieu agricole : biomasse et diversité des arthropodes capturés par la méthode des pots-pièges", *Revue Ecol. (Terre Vie)*, n°56, (2001), 257-297.
35. Pontaillet, S., "Les engrais et la qualité des fourrages", *Revue, Elevage ovins bovins caprins*, n°58, (1977), 20-26.
36. Huguet, L. et Guy, P., "L'association graminée légumineuse", *Revue, Elevage bovin*, n°126, (1982), 16-24.
37. Mossiman E., "Place des légumineuses dans les mélanges fourragers en Suisse", *Revue Fourrages*, n°134, (1993), 159-164.
38. Borowiecki J., "Comparison of seeding systems of grasses and legumes mixtures for forage production", *Revue Pam. Pul.*, n° 103, (1993), 26-34.
39. De Montard F.X., "Raisonnement de la fertilisation des prairies et du plan de fumure dans les exploitations d'élevage", Forum de l'élevage Auvergne. (1986).
40. Guy P. "Essais multilocaux d'association trèfle violet-graminées", *Revue Fourrages*, n°117, (1989), 29-48.
41. Jelinowska A., Magnuszewka K., "Evaluation of some grasses species for cultivation in mixture with lucerne", *Zesz. Probl., post. Nauk rol.*, n°293, (1985), 191-198.
42. Mauriès M. et Paillat J. "Culture et utilisation de la luzerne: pratiques des éleveurs de bovines du centre de la Charente" *Revue Fourrages*, n°149, (1997), 69-79.
43. Hnatyszczym, M. et Guais, A., "Les fourrages de l'éleveur. Agriculture d'aujourd'hui, techniques et applications", Ed, J-B Baillièrè, (1988), 440p.
44. Andrieu, J., "Valeur alimentaire des associations graminées trèfle blanc et prévision de leur valeur nutritive", *Revue Fourrages*, n°95, (1983), 145-160.
45. Guais N., "Les fourrages et l'éleveur, Technique et Documentation." (1988), Ed. INRA, Paris, 310p.
46. Gayrand P., "Quelques exemples de prairies graminées-légumineuses adaptées aux zones de climat océanique." *Revue Fourrages*, n°119, (1989), 350-393.
47. ITGC : Institut des grandes cultures INA EL Harrach (1989).

48. Planquert P., "L'exploitation de la luzerne", *Revue Fourrage*, n°26, (1966), 34-48.
49. Thenard V., Mauriès M, Trommenschlager J.M. "Intérêt de la luzerne déshydratée dans les rations complètes pour vaches laitières en début de lactation" INRA, *Prod. Anim.* N°15, (2002), 119-124.
50. Huygue P., "Les sorghos fourragers", *Revue Fourrages*, n°27, (1966), 71-107.
51. Talamucci P., "Lucerne role in farming systems. Technical itineraries and management for different uses in diverse physical and socio-economic environments. Management and breeding of perennial lucerne for diversified purposes." Coll. EUCARPIA/FAO, Lusignan, France, 4-8 sept. (1994) ,6-17.
52. Whyte R.O., Nilsson- Leissner G., Trumble H., "Les légumineuses en agriculture", *Etude agricole de la FAO*, n°21, (1955).
53. Bolton J. L., "Alfalfa-botany cultivation and fertilisation", Interscience Publ., New York, (1962), 474p.
54. Wilsie P., "Crop adaptation and distribution, Freeman, San Fransisco et Londres", (1962).
55. Sinskaya E.N. "Flora of cultivated plants of the USSR.XIII Perennial Legumes plants. Part I. Medic, sweet clover, and fenugreek." Traduit par Israel program for Scientific Translation, (1950), Jerusalem.
56. Bolton J.L., Goplen B.P., Baenzinger H., "World distribution and historical developments, Ch. 1, In Alfalfa science and technology, Monographie" N°15, *American Society of Agronomy*, 1-34.
57. Birouk A., Bouizgaren A. et Baya B. "Luzerne (*Medicago sativa* L.)" In: "Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc", Edt. G.Jaritz et M. Bounejmate, INRA Maroc, (1997), 126-139.
58. INRA Maroc, "Les cultures fourragères irriguées au Maroc", INRA Rabat, (1965), 28p.
59. Chaabena A., Abdelguerfi A., "Situation de la luzerne pérenne dans le Sahara et comportement de quelques populations locales et variétés introduites dans le sud-est du Sahara algérien." XIVE Réunion Eucarpia du Groupe *Medicago spp.* Zaragoza et Lleida.Espagne, 12au 12.09. 2001, 57-60.

60. Lemaire G., Allirand J.M., "Relation entre croissance et qualité de luzerne : Interaction génotype-mode d'emploi." *Revue Fourrages*, n°134, (1993), 121-144.
61. Boussadi M., Hammadache A., "Essai de comportement de 11 variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L) en zone sub-humide." *Revue Céréaliculture*, n°24, (1991), 25-30.
62. Demarquilly C. et Weiss, P.H., "La valeur alimentaire des fourrages verts", *Revue Fourrage*, n°43, (1970), 30p.
63. Lemaire G., Cruz P., Goss G., Chartier M., "Etude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et la dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne ", *Revue Agronomie*, n°5(8), (1985), 685-692.
64. Grenier G., Huguet L., Guy P., Sauvion A., Traineau R., "Influence du rythme d'exploitation et du génotype sur la qualité de la luzerne" *Revue Fourrages*, n°76, (1978), 73-83.
65. Lavoine M. et Peres M., "Intérêt des associations fourragères, graminée-luzerne pour économiser la fumure azotée.", *Revue Fourrages*, n°134, (1993).121-144.
66. Picard J. "Les légumineuses dans la production fourragère française ; évolution au cours des vingt dernières années", *Revue Fourrages*, n°90, (1982), 17-26.
67. Abdelguerfi-Berrekia R., "Contribution à l'étude du genre *Hedysarum* L. en Algérie." Thèse Magister, INA, El Harrach (Algérie), (1985).
68. Boussaid M., Ben Fadhel N., Abdelkefi A., Marrakchi M., "Les espèces méditerranéennes du genre *Hedysarum* L. Ressources génétiques des plantes fourragères à gazon." Ed.INRA-BRG, (1995), Paris, 219p.
69. Zoghliami A., Hassen H. "Ecologie du genre *Hedysarum* en Tunisie : Répartition en fonction des facteurs du milieu." *Revue Ecologia mediterranea*, 27, (2001), 99-108.
70. Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M., M'Hammedi Bouzina M., Guittonneau G.G., Huguet T., Abbas K., Mebarkia A., Aouani M.E., Madani T. Distribution et écologie de quelques fabaceae spontanées d'intérêt pastoral et/ou Fourrager en Algérie, in « Workshop international sur : Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév., (2006), 27-36.

71. Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau G.G., "Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie" *Revue Fourrages*, n°126, (1991), 187-207.
72. Gounot M., "Contribution à l'étude des groupements végétaux Messicoles et Rudéraux de Tunisie." *Revue Annales Services Botanique et Agronomique de Tunisie*, n°31, (1958), 1-282.
73. Martinello P., Ciola A. "The effect of agronomic factors on seed and forage production in perennial legumes sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) And french honeysuckle (*Hedysarum coronarium* L.)." *Revue Grass and Forage Sci.*, n°49(1994) ,121-129.
74. Rondia G., Deker A., Jabri M., Antoine A. "Projet Ferme Modèle Frétissa, rapport final" Min. Agri. Tunisie et Admin.Gén. Coopération au Développement Belge. Geomaere Bruxelles. (1985).
75. Sulas L., Re G.A., Caredda S., "Hard seed breakdown pattern of Sulla (*Hedysarum coronarium*L) in relation to its regeneration capacite and persistence." *Cahiers Options méditerranéenes*, n°39, (1999), 79-82.
76. Sulas L., Re G.A., Ledda L., Caredda S. "The effect of utilization frequency on the forage production of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) ", *Italian Journal of Agronomy*, n°2, (1997), 89-90.
77. Khelil-Zoghلامي A., Hassen H. "Ecologie et distribution des légumineuses en Tunisie" Workshop international, *in* « Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév., (2006), 21-27.
78. Jarrige R., "Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins" Ed. INRA. (1988), Paris.
79. Goumiri R., "Contribution à la détermination de la qualité fourragère de quelques légumineuses spontanées en Algérie des genres *Hedysarum* L., *Medicago* L., *Onobrychis* adan., *Scorpiurus* L et *Trifolium* L." Thèse Ing., (1987), INA, El Harrach ; 105p.
80. Demarquilly C., "Valeur énergétique de la luzerne par la vache laitière haute productrice."INRA, *Prod. Anim.*, n°6, (1993) ,137-138.
81. Aufrère J., "Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique ", *Ann. Zoot*, 31(2), (1982), 111.

82. Dube N., "La luzerne et l'équilibre de la ration du troupeau laitier." *Revue Fourrages*, (1978), n°74, 71-79.
83. Moule C., "Les céréales, tome II, Phytotechnie spéciale" Ed. Maison rustique. Paris, (1980), 318p.
84. Rekik F. "Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna", Thèse de Magister, INA El Harrach, (2005), 100p.
85. Jarrige, R., "Les fourrages, In ; Alimentation des bovins ovins et caprins", Ed, INRA, Paris, (1978), 438p.
86. Demarquilly, C. et Jarrige, R., "The composition nutritive value of grass and legumes", *Revue L'axtodling*, n°28, (1973), 33-48.
87. Demarquilly, C. et Andrieu., "Les fourrages », In, «Alimentation des bovins, ovins et caprins", Ed, INRA, Paris, (1988), 315-334.
88. Demarquilly, C. et Jarrige, R. " Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages ", Ed, INRA, Publ, Paris, (1981), 41-59.
89. Moule, C., " Phytotechnie spéciale", *Revue Fourrages*, n°75, (1971), 28-57.
90. Cordesse, K., Valeur nutritive des aliments des ruminants", *Revue*, INSA Zootech, Montpellier, (1980), 40p.
91. Aerts J.V., DeBrabander D.L., Cottyn B.G., Buysse F.X., "Comparison de différentes techniques de laboratoires utilisées en vue de l'estimation de la valeur amidon." *Revue de L'Agric.* 5, (1977), 1209-1227.
92. Chenost M., Andrieu J., Aufrène J., Demarquilly C., "Some methodological for predicting whole plant maize digestibility from the "gas-test" technique. In: Lindberg J.E. Edit, Recent small ruminant nutrition, Zaragoza: CIHEAM, IAMZ, (1997), 137-141.
93. Duru, M. et Gibon, A., "Prévoir la valeur nutritive des foin et des regains dans les Pyrénées centrales. Principaux facteurs de variation de la composition chimique ", *Revue Fourrages*, n°114, (1988), 143-165.

94. Mehenni R., "Recherche du stade optimum de coupe des associations vese-avoine et pois-avoine et amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce avoine par traitement chimique" Thèse de Magister, (1999), INESA Blida, Algérie.
95. Coppenet J.M., "Les variations de la composition minérale des graminées fourragères exploitées en régime de pâture" *Revue Fourrages*, n°25, (1974), 36-41.
96. Akrouf, H., "Essai expérimental à différents stades phenologiques. Influence du rythme de coupe sur le comportement et rendement fourrager de *Trifolium Alexandrinum* conduit en sec et en irrigué", Thèse de Magister, INA, El-Harrach, Alger, (1983), 100p.
97. Gillet M., " Les Graminées fourragères : Description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe", Ed. Gauthier Villard, (1980), 306p.
98. Deinum, B. et Diriven, J.G., " Climate nitrophile and grass : Comparaison of production and chemical composition ; *Bracharia ruziziensis* and *Setaria sphacelata* growth at différent température ", *Neth. J. Agric. Sci*, n°24, (1976), 67p.
99. Duru M., "Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps, Etablissement de références", *Revue Agronomie*, n°12, (1992), 219-233.
100. Demarquilly, C., " Influence de la fertilisation azotée sur la valeur alimentaire des fourrages verts ", *Ann. Zoot*, n° 19, (1970), 423-437.
101. Demarquilly, C., " La fenaison : évolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique ", In ; *Fourrages secs : récolte- traitement- utilisation*, Ed, INRA, Paris, (1987), 23-46.
102. Dulphy J.P., "Utilisation des foins par les vaches laitières" In C. Demarquilly Ed. "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation" INRA, Paris, (1987), 335-360.
103. Demarquilly C., Andrieu J.P. "Législation française concernant les conservateurs d'ensilage." *Revue Fourrage*, n°155, (1998), 371-376.
104. Demarquilly C., "Digestibilité, valeur nutritive et ingestion des betteraves et luzerne à différentes teneurs en matière sèche." *Ann. Zootech.*, (1972), n°21, 415p.
105. Demarquilly, C., "Valeur alimentaire de l'herbe du pâturage ", *Revue Fourrages*, n°85, (1981), 59-72.

106. Chenais F., Le Gall A. et Jullien J.P., "Intérêt de l'introduction d'ensilage de légumineuses dans les rations à base d'ensilage de maïs en production laitière", *Revue Fourrages*, n°134, (1993), 259-265.
107. Demarquilly C., Dulphy J.P., Andrieu J.P., "Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage", *Revue Fourrages*, n°155, (1998), 349-369.
108. Bagnouls F., Gaussen R. "Les climats biologiques et leurs classifications." *Ann. Gegr.*, n°35(5), (1957), 139-220.
109. Afnor, "Aliments des animaux. Méthodes d'analyses françaises et communautaires", Ed, Afnor, juin, (1980), 164-169.
110. Galvano G., Polidorie F., "Un triemo di osservazione Sulla produzione composizione chimica e valore del prato irriguo di Trifoglio alessandrino coltivato nelle piana di catania", *Tech.Agric.Fasc.*, n°2, (1968), 20.
111. INRA "Tables de l'alimentation des bovins, ovins et caprins." INRA Ed., (1988), 365p.
112. Kerbaa, F., "Guide de la valeur alimentaire des fourrages cultivés en Algérie", IDEB, Alger, (1980), 35p.
113. Ciheam-Ecc., "Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne", Option méditerranéennes, série B, n°4, (1990), 137 p.
114. Mauriès M., Potier J., Violleau S., "Conduite et utilisation de la luzerne dans des systèmes laitiers de moyenne montagne." *Revue Fourrages*, n°134, (1993), 171-176.
115. JeanGros, B. et Scheovic, J., "Prairie permanente en herbage. III. Effet de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la qualité du fourrage", *Revue Suisse Agri*, 28(4), (1996), 213-221.
116. Sheovic J., "Prévision de la digestibilité de la matière organique et de la qualité de matière sèche volontairement ingérée des graminées, sur la base de leur composition chimique ", *Revue Fourrages*, n°79, (1979), 57-74.
117. Duru, M., "Digestibilité des espèces et communautés prairiales en fonction de la masse surfacique des limbes", *Revue Fourrages*, n°149, (1997), 55-67.

118. Chaabena A., "Situation des cultures fourragères dans le Sud-Est septentrional du Sahara algérien et caractérisation de quelques variétés introduites et populations sahariennes de luzerne cultivée." Thèse Magister, INA Harrach, (2001).
119. Lemaire G., "Cinétique de croissance d'un peuplement de féтуque élevée (*Festuca arundinacea*. Schreb) pendant l'hiver et le printemps. Effet des facteurs climatiques", Thèse, Doctorat en sciences naturelles, Université de Caen, France, (1985), 96p.
120. Emile J.C. et Traineau R. "Effet de la variabilité génétique sur la digestibilité in vivo de la luzerne", *Revue Fourrages*, n°134, (1993)255-258.
121. Itier B., Seguin B. "La sécheresse : caractérisation et occurrence, en lien avec le climat et l'hydrologie", *Revue Fourrages*, n° 190 (2007), 147-162.
122. Jarrige R., "Principe de la nutrition, de l'alimentation, besoins alimentaires des animaux, valeur nutritive des aliments." Ed. INRA. (1988), 64p.
123. Theriez M., "Valeur alimentaire des fourrages tunisiens. Composition chimique et Digestibilité de la féтуque élevée", *Bull. Ec. Nat. Sup. Agric.*, (1967), n° 14/15, 27-37.
124. Andrieu J. et Demarquilly C. "Valeur alimentaire du maïs fourrage." *Ann. Zootech.*23 (3), (1974), 1-25 et 27-43.
125. Demarquilly C. et Jarrige R., "Panorama des méthodes de prévisions de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages.", Ed. INRA Publ., Paris, (1981), 41-59.
126. Demarquilly C., "Valeur alimentaire de l'herbe des prairies temporaires aux stades d'exploitation pour le pâturage .II- Quantités ingérées par les vaches laitières." *Ann. Zootech.* (1966), n°35, 147-169.
127. Sheovic, J., Poisson, C. et Gillet, M., "Appétibilité et caractéristiques organoleptiques des graminées. I. Comparaison du ray gras et de la féтуque élevée", *Revue Agronomie*, 5(4), (1985), 347-354.
128. Durand J.L., Castal F., Etchebest S., Bonnet A.C., Chesquière M., "Interspecific variability of plant water status and leaf morphogenesis in temperate forage grasses under summer water deficit." *Eur.J.Agronomy*, n°7, (1997), 99-107.
129. Plancquaert P., "La luzerne et le trèfle violet, en culture pure ou en association : aspects phytotechniques", *Revue Fourrages*, n°90, (1982), 135-157.

130. Dent J., "Seasonal yield and composition of lucerne in relation to time of spring cutting", *J. Brit. Grass. Soc.*, n°4, (1966), 10.
131. Durand J.L. "les effets du déficit hydriques sur la plante : aspects physiologiques" *Revue Fourrages*, n° 190 (2007), 181-195.
132. Ouchai M., " Etude de quelques aspects physiologique du déficit hydrique chez deux espèces de luzernes annuelles : *Medicago tornata* et *Medicago rotata*". Thèse d'ing. INA El- Harrach, (1999), 62p.
133. Vidal A., Arnaud D., Arnoux M., "La résistance à la sécheresse du Soja. I.- Influence du déficit hydrique sur la croissance et la production.", *Revue Agronomie*, 1, (2001), 295-302.
134. Sellam F., " Consommation en eau du poivron *Capsicum anuum* et approche de la quantification de l'extraction hydrique racinaire", Thèse de magistère agro, INA, El Harrach, Alger, (1985) ,170p.
135. Durand J.L., Lemaire G., Gosse G., Chartier M., "Analyse de la conversion de l'énergie solaire en matière sèche par un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.) soumis à un déficit hydrique." *Revue Agronomie*, 9, (1989), 599-607.
136. Lorgeou J., Battegay S., Pelletier P., "Adaptation à la sécheresse par les choix techniques de conduites de cultures pour les prairies et le maïs. *Revue Fourrages* 190, (2007), 207-221.
137. Sulas L., Porqueddu C., Bullita P. "The role and potential of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.)" in the Mediterranean sheep farming system. *Proc. Of the Vth Intern. Grassl. Congr.*, (1995), 543-544.
138. Arrab H., "Evaluation de la valeur nutritive des principaux fourrages des zones arides et semi-arides" Mémoire de magister, (2006), Université El Hadj Lakhdar, Batna.
139. Tisserand J.L. "Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne" *Options Méditerranéenne – Série Séminaires*, (1991), n°16, 23-25.
140. Martiniello P., Laudadio V., Pinto V., Ciruzzi B. "Influence des techniques de cultures sur la production du Sulla et du sainfoin en milieu méditerranéen" *Revue Fourrages*, n°161, (2000) ,53-59.

