

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université EL HADJ LAKHDAR de Batna

Faculté des sciences
Département d'agronomie



MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER
en Sciences Agronomiques

Option : Agrotechnie

Présenté par :
AMRANI Ouarda

Sujet :

Valeur nutritive du chardon marie
(*Silybum marianum* (L) Gaerthn) "Tawra"

Soutenu le : 25/06/2006

Devant la commission d'examen :

Mr B. OUDJEHIH
Mr T. MEZIANE
Mr M. LAAMARI
Mr S. KHENNOUF
Mr A. BOUKAABOUB

M .C. - Université de Batna: Président
Prof. - Université de Batna : Rapporteur
M. C. - Université de Batna : Examineur
M. C. - Université de Sétif : Examineur
C. C. - Université de Batna : invité

Année 2006

SOMMAIRE

1.1 PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1.2 Introduction

1.3 1-1- GENERALITES

| | |
|---|----|
| 1-1-1- Présentation du Chardon marie (<i>Silybum marianum</i> (L). Gaerthn)..... | 4 |
| 1-1-1-1-Systématique | 4 |
| 1-1-1-2- Origine et description du chardon marie..... | 5 |
| 1-1-1-2-1-Origine | 5 |
| 1-1-1-2-2- Description morphologique..... | 5 |
| Racine | 6 |
| Tige | 6 |
| Feuilles | 6 |
| Fleurs | 6 |
| Floraison | 6 |
| Fruit | 7 |
| 1-1-1-3-Reproduction | 7 |
| 1-1-1-4-Croissance et développement | 7 |
| 1-1-1-5- Intérêt médicinal et pharmaceutique du Chardon marie..... | 8 |
| 1-1-2-Les fourrages en Algérie | 9 |
| 1-1-2-1-Les ressources fourragères | 9 |
| 1-1-2-2-Les besoins alimentaires du cheptel | 10 |
| 1- 2-Valeur nutritive des fourrages..... | 13 |
| 1-2-1- Notion de la valeur alimentaire | 13 |
| 1-2-2-Composition chimique des fourrages..... | 13 |
| 1-2-3-Valeur nutritive | 14 |
| 1-2-4-Ingestibilité | 14 |
| 1-2-5-Facteurs de variation de la valeur alimentaire..... | 15 |
| 1-2-5-1-Facteurs extrinsèques..... | 15 |
| 1-2-5-2-Facteurs intrinsèques | 16 |
| 1-2-5-2-1-Variation en fonction de la famille botanique..... | 16 |
| 1-2-5-2-2-Variation en fonction des stades d'exploitations..... | 16 |
| Conclusion | 17 |

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

| | |
|--|----|
| 2-1-Caractéristiques climatiques de site d'étude..... | 18 |
| 2-1-1-Température | 18 |
| 2-1-1-Pluviométrie | 19 |
| 2-1-3- Diagramme ombrothemique de Gaussen..... | 19 |
| 2-1-4-Climagramme d'Emberger..... | 21 |
| 2-1-5 Caractéristiques climatiques durant l'année d'étude 2003/2004..... | 23 |
| 2-2- Matériel végétal | 25 |
| 2-3- Méthodes..... | 25 |
| 2- 3-1- Echantillonnage des plantes | 25 |
| 2-3-2-Préparation des échantillons | 26 |
| 2-3-3- Méthodes analytiques | 27 |
| 2-3- 4-Analyses fourragères | 27 |
| 2-3-4-1-Teneur en matière sèche..... | 27 |
| 2-3-4-2-Teneur en cendres et en matière organique | 27 |
| 2-3-4-2-1-Dosage des minéraux | 28 |
| 2-3-4-3-Teneur en matières azotées totales | 28 |
| 2-3-4-4-Teneur en cellulose brute | 29 |
| 2-3-4-5-Teneur en matière grasse. | 29 |
| 2-3-5-Digestibilité | 29 |
| 2-3-5-1-Mode opératoire de la digestibilité enzymatique..... | 30 |
| 2-3-5-2- Calcul de la digestibilité de la matière sèche..... | 30 |
| 2-3-5-3-Calcul de la digestibilité de la matière organique | 31 |
| 2-3-6- Valeur nutritive..... | 31 |
| 2-3-6-1- Valeur azotée..... | 32 |
| 2-3-6-2-Valeur énergétique | 33 |
| 2-3-7- Analyse statistique | 35 |

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

| | |
|---|-----------|
| 3-1- Composition chimique | 36 |
| 3-1-1- Evolution de la matière sèche..... | 36 |
| 3-1-2-Evolution de la matière organique | 38 |
| 3-1-2-1-Evolution des matières azotées totales..... | 38 |
| 3-1-2-2- Evolution de la cellulose brute | 41 |
| 3-1-2-3 – Evolution de la matière grasse..... | 43 |
| 3 -1-3 Evolution de la matière minérale | 44 |
| 3-2-Digestibilité | 49 |
| 3- 3- Valeur nutritive | 55 |
| 3- 3-1-Valeur azotée..... | 55 |
| 3-3-2-Valeur énergétique..... | 58 |
| Conclusion générale..... | 70 |

Référence bibliographique

Annexes

REMERCIEMENTS

Louange à **Allah**, seigneur de l'univers, le tous puissant et miséricordieux, qui m'a inspirée et comblé de bienfaits, je lui rends grâce.

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes plus vifs remerciements à :

Mr T. MEZIANE, Professeur à l'université de Batna, pour la confiance qu'il m'a accordée en me proposant cette étude et aussi d'avoir bien accepté de la diriger. Je le remercie pour toute l'aide scientifique et technique qu'il m'a apportée au cours de la réalisation de ce travail.

Mr A. BOUKAABOUB, Chargé de cours à l'université de Batna, pour tout l'intérêt qu'il a porté à ce travail, ma reconnaissance et ma gratitude lui sont accordées.

Mr B. OUDJEHIIH, Maître de conférences à l'université de Batna pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Mr K. LAAMARI, Maître de conférences à l'université de Batna pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Mr S. KHENNOUF, maître de conférences à l'université de Sétif pour avoir accepté d'examiner ce travail, qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

De même, je tiens à remercier aussi :

Tout les enseignants de l'institut d'Agronomie et Vétérinaire de Batna, en particulier Mr F. REKIK, Mr S. MEHENNAOUI, Mr B. MAAMACHE, Mr B. SAFSAF et Mr F. KADI.

Mes remerciements vont aussi à mon oncle Mr H. GHAZI, et Amira.

Je remercie également, pour leur aide, toutes les personnes qui ont bien voulu m'apporter leur appui dans la réalisation de ce mémoire.

Abréviation

ACP : Analyse en composantes principales.

AFNOR : Association française de normalisation.

CB : Cellulose brute (méthode Weende).

D_{cell} MO : Digestibilité cellulasique de la matière organique.

D_{cell} MS : Digestibilité cellulasique de la matière sèche.

dMO : digestibilité de la matière organique.

dMS : digestibilité de la matière sèche.

dr : digestibilité réelle des protéines dans l'intestin.

EB : Energie brute.

ED : Energie digestible.

EM : Energie métabolisable.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique (France).

Kcal : kilocalorie.

MAD : matières azotées digestibles.

MAT : Matières azotées totales.

Max : maximum.

MG : Matières grasses estimées par l'extrait éthéré.

Min : Minimum.

MM : matières minérales (cendres)

MO : matière organique.

MOD : matière organique digestible.

MOND : matière organique non digestible.

MS : matière sèche.

PDI : protéines digestibles dans l'intestin.

PDIA : protéines d'origine alimentaire digestibles dans l'intestin.

PDIE : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'énergie.

PDIN : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'azote.

UF : unité fourragère.

UFL : unité fourragère lait.

UFV : unité fourragère viande.

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau n° 01 : Les ressources fourragères en Algérie..... | 9 |
| Tableau n°02 : Estimation du cheptel des ruminants | 10 |
| Tableau n° 03 : Bilan fourragère par zone agro écologique..... | 11 |
| Tableau n° 04 : Composition chimique (% MS) | 16 |
| Tableau n°05 : Evolution de la valeur énergétique et azotée en fonction du stade développement | 17 |
| Le tableau n°06 : Présentation mensuelle des températures moyennes (°C) durant période 1995-2004 | 18 |
| Tableau n°07 :Répartition mensuelle moyenne des précipitations (m 1995-2004..... | 19 |
| Tableau N°08 : Répartition mensuelle des températures moyennes au cours de l'es (2003/2004) | 23 |
| Tableau N°09 : Répartition mensuelle des précipitations (mm) au cours de l'essai (2003/2004) | 24 |
| Tableau n°10 : les différents organes prélevés en fonction de développement du chardon marie..... | 26 |
| Tableau n°11 Evolution de la matière sèche de du chardon marie (plante entière) fonction des phases phénologiques (%)...... | 36 |
| Tableau n° 12 : Evolution de la matière sèche et de l'humidité des feuilles et tiges chardon marie à la floraison (%)...... | 37 |
| Tableau n°13 : Composition du chardon marie (plante entière) en MAT, CB et MG fonction des phases phénologiques (%MS) | 38 |
| Tableau n°14 : Composition des feuilles et tiges en MAT, CB et MG (% MS) du chardon marie à la floraison. | 40 |
| Tableau n° 15 : Comparaison de la teneur azotée du chardon marie avec d'autres plantes (%MS) | 41 |
| Tableau n°16 : Evolution de la matière organique et minérale du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques (%MS) | 44 |
| Tableau n°17 : Evolution de la matière organique et minérale des feuilles et tiges chardon à la floraison entre (% MS). | 45 |
| Tableau n°18 : Evolution des teneurs en minéraux majeurs du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques (g / kg de MS)...... | 46 |

| | |
|---|----|
| Tableau n°19 : Evolution des teneurs en minéraux majeurs des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison (g / kg de MS) | 46 |
| Tableau n°20 : Plage de variation de la teneur de chardon marie et des fourrages macroéléments (g/kg MS) | 48 |
| Tableau n°21 : Evolution de la digestibilité de la MS et de la MO du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques. | 50 |
| Tableau n°22 : Evolution de la digestibilités des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison (%). | 51 |
| Tableau n° 23 : Comparaison de la digestibilité de la matière organique (%) du chardon marie avec d'autres espèces..... | 54 |
| Tableau n° 24 : Evolution des valeurs azotées du chardon marie (plante entière) fonction des phases phénologiques (g / kg de MS) | 55 |
| Tableau n° 25 : Evolution de valeurs azotées des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison (g / kg de MS) | 56 |
| Tableau n°26 : comparaison de la valeur azotée du chardon marie avec d'autres espèces (g/kg MS) | 58 |
| Tableau n° 27 : Evolution des valeurs énergétiques du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques | 59 |
| Tableau n° 28 : Evolution des valeurs énergétiques des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison..... | 61 |
| Tableau n°29 : comparaison de la valeur énergétique du chardon marie avec d'autres plantes..... | 62 |
| Tableau n°30 : contribution à la variation totale des premiers axes..... | 62 |
| Tableau n°31 : Matrice des corrélations totales des variables pour le chardon marie..... | 64 |
| Tableau n° : 32 : Comparaison de la composition chimique du chardon marie avec d'autres plantes désertiques..... | 69 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Fig. n° 01 :Bilan fourrager sans les chaumes et les pailles..... | 12 |
| Fig. n° 02 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Batna..... | 20 |
| Fig. n° 03 : Climagramme d'Emberger de la région de Batna..... | 22 |
| Fig. n°04 : Evolution de la teneur en MAT et en CB plante entière au cours des phases phénologiques du chardon marie | 42 |
| Fig. n°05 : Evolution de la teneur en MO et MM (plante entière) en fonction des phases phénologique du chardon marie..... | 45 |
| Fig. n°06 : Variation de la digestibilité de la MS et de la MO (plante entière) en fonction des phases phénologique du chardon marie..... | 56 |
| Fig. n° 07 : Relation entre la digestibilité de la matière organique et le taux de cellul brute en fonction des phases phénologiques du chardon marie | 53 |
| Fig. n°08 : Variation de la valeur azotée (plante entière) en fonction des phases phénologique du chardon marie | 57 |
| Fig. n°09 : Variation des valeurs énergétiques fourragères (plante entière) en fonction des phases phénologique du chardon marie | 61 |
| Fig.n°10 : Cercle des corrélations des différents variables pour le chardon marie..... | 65 |
| Fig.n°11 : Cercle des corrélations des différents stades pour le chardon marie..... | 66 |
| Fig. n°12 : Comparaison de l'apport du chardon marie en MS, MO, MAT avec l'acacia frais | 68 |

Introduction

L'insuffisance de la production fourragère et pastorale constituent un obstacle au développement de l'élevage bovin et ovin en Algérie, ce qui a conduit à des insuffisances en protéines et ce devant une croissance démographique importante. Cet état de fait a poussé le pays à importer des quantités de protéines sous forme de viandes, lait et autres produits pour subvenir aux besoins de la population. Cette déficience en ressources fourragères ne peut s'expliquer que par :

- Une négligence et une marginalisation de la production fourragère au profit de la céréaliculture.
- La culture d'une gamme d'espèces fourragères réduites.

L'essentiel de l'alimentation du cheptel ovin, bovin, caprin et camelin est assuré par des milieux naturels (steppe, parcours, maquis,...) et des milieux plus artificialisés (prairies, jachères,...) notamment en hiver et au printemps, ce qui engendre en général la dégradation de ces milieux par le phénomène de surpâturage et par conséquent une érosion importante.

La production fourragère doit suivre des orientations nouvelles et ce par la valorisation des ressources phytogénétiques locales adaptées aux conditions climatiques du pays.

La flore d'Algérie est particulièrement riche en plantes. La diversité de son climat et de ses sols lui donne une place privilégiée pour la culture et l'exploitation des plantes. Un très grand nombre d'entre elles poussent à l'état naturel et endémique, certaines d'entre elles révèlent une grande valeur agronomique, car elles sont utilisées comme fourrage pour le bétail ou sous forme d'engrais vert pour enrichir les qualités physiques, chimiques et biologiques du sol, par contre d'autres ont une très grande valeur médicinale du fait qu'elles sont utilisées en pharmacie.

Dans le but de valoriser les ressources phytogénétiques en Algérie, la connaissance des espèces à intérêt fourrager et pastoral représente une préoccupation essentielle (ABDELGUERFI et ABDELGUERFI-BERREKIA, 1988). C'est le cas du chardon marie plante annuelle qui est capable de persister durant les conditions de sécheresse et utilisé par les agriculteurs durant les années de disettes pour subvenir aux besoins alimentaires des animaux.

Le chardon marie est considéré comme une mauvaise herbe. MONTEGUT (1980) définit les mauvaises herbes comme : « **Toute espèce végétale est potentiellement une mauvaise herbe, qu'il s'agisse d'une plante annuelle, bisannuelle, pluriannuelle ou vivace, appartenant à la classe des monocotylédones ou dicotylédones** ». Ces plantes appartiennent généralement à la végétation spontanée, elles font partie de la flore naturelle (MENAULT et ROUSSEAU, 1902). BOUDRY et al (1992), rapportent que les plantes cultivées peuvent devenir des mauvaises herbes. Il est intéressant de mieux comprendre ce phénomène et de préciser sa nature; il peut s'agir soit d'un passage de formes cultivées à des formes mauvaises herbes, soit d'un changement de niche d'espèces sauvages apparentées à des espèces cultivées. **Sous l'angle de la botanique, il n'existe pas de mauvaises herbes.**

Les variations saisonnières de production et la moindre valeur alimentaire des pâturages naturels sont les contraintes majeures à l'élevage du bétail. Afin d'assurer la continuité dans le système fourrager, il est essentiel de pouvoir constituer des réserves pour les périodes de soudure ou de sécheresse. Par ailleurs, la détermination de la valeur alimentaire des fourrages aboutit à l'établissement de la valeur énergétique et protéique des fourrages, ainsi que leur ingestibilité.

Pour faire face à la disette, de même que pour combler le déficit de l'hiver, il est nécessaire de mobiliser toutes les ressources fourragères disponibles qui sont peu ou mal utilisées durant les années normales. Leur valeur nutritive et les possibilités de leur utilisation comme fourrage vont faire l'objet de ce travail.

Les travaux effectués sur le chardon marie concernant surtout la valeur thérapeutique, mais les études concernant sa valeur nutritive sont rares si ce n'est inexistantes, ce qui explique l'absence des résultats concernant cet aspect.

En Algérie l'étude de la valeur nutritive des fourrages disponibles en période hivernales et périodes de disettes sont portés surtout sur la paille (BOUABOUNE, 1989 ; CHABACCA, 1993 et BOUGUETTAYA, 1999).

L'objectif primaire de ce travail était une étude comparée entre la composition chimique des plantes cultivées en milieu contrôlé (semis au laboratoire) et les plantes récoltées au niveau du campus. Mais après quelque mois (03mois) les plantes n'ont pas évolué et ont dépéri.

En plus de cet axe, on avait mis au point un protocole expérimental quand à la distribution du chardon marie aux vaches. Cependant, vu l'option de cette spécialité, cette partie a été

considérée comme faisant partie de la zootechnie et ne pouvait pas être consignée dans ce travail.

Ce travail consiste en une étude de la valeur nutritive du chardon marie, qui peut être considéré comme une source fourragère non négligeable durant les périodes de disettes, selon qu'elles sont utilisées en vert (stade végétatif ou floraison) ou en plante sèche (paille). En parallèle, l'analyse de la composition chimique et de la digestibilité ont été réalisées.

Ainsi, dans la première partie de ce travail, une étude bibliographique traite :

- La présentation et la description du chardon marie.
- Les fourrages en Algérie.
- La valeur nutritive des fourrages.

La deuxième partie expérimentale (matériel et méthodes).

Dans la troisième partie, résultats et discussions, il sera question de la détermination de :

- 1-La valeur nutritive (composition chimique, digestibilité, valeur azotée et énergétique) aux différents phases phénologiques du Chardon marie dans le but de déterminer son importance zootechnique et agronomique.
- 2- Ainsi que la détermination du stade optimum d'utilisation du chardon marie selon l'espèce animale.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1-1- GENERALITES

1-1-1- Présentation du Chardon marie (*Silybum marianum* (L). Gaerthn)

Le nom chardon marie, donnée à cette plante tant en anglais qu'en latin ou en français, lui vient d'une légende au sujet de la Vierge marie qui, voyageant d'Égypte en Palestine, aurait donné le sein à l'enfant Jésus près d'un bosquet de chardons, quelques gouttes de son lait tombèrent sur les feuilles, d'où les nervures blanches caractéristiques à cette plante. (MORAZZONI et al. (1993) ; MORAZZONI et BOMBARDELLI (1995) ; FOSTER (1995) et LUPPER (1998). Alors que selon FOSTER (1995), le terme *Silybum* désigne, en Grec et en Latin, un chardon comestible.

1-1-1-1-Systématique

La systématique du chardon marie selon DEYSSON (1979), ANONYME, (1984), GUIGNARD, (1998) ; SPICHIGER et al. (2000), est comme suit :

| | |
|--------------------|--------------------------------------|
| Embranchement | Phanérogames |
| Sous-embranchement | Angiospermes |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Asterales |
| Famille | Asteraceae (Composées) |
| Sous-famille | Tubuliflores |
| Genre | <i>Silybum</i> |
| Espèces | <i>Silybum marianum</i> (L). Gaerthn |

Noms vernaculaires du chardon marie

Nom vernaculaire français : Chardon argenté, chardon notre-dame, Chardon marie, chardon marbré, épine blanche, lait de notre dame, Silybe de marie (MESEGUE, 1975).

Nom vernaculaire arabe: chouk el djemel, bou-zeroual ou sùk ez-zerwal, bû-zerwal, Hacoub et lichilic (NEGER, 1961 cités par BEL KHADA, 1997) et BELOUED (1998).

Nom vernaculaire targui ou berbère :

Tawra, douj-n'ilour man, selon GHARB et BERTRAND (1991) cités par BEL KHADA, (1997).

1-1-I-2- Origine et description du Chardon marie

1-1-1-2-1-Origine

Le Chardon marie est endémique à la région méditerranéenne (HAUF, 1982 ; GUITTONNEAU et HUON, 1983 et VOLAK et STODOLA, 1984). Selon BAYER et BULLER (1990); CAREMES (1990) MORAZZONI et BOMBARDELLI (1995), il s'étend de la mer à 700-1100 m d'altitude sur les terrains incultes secs et rocailleux de toute l'Europe occidentale (au nord jusqu'au Danemark) et méridionale, ainsi qu'en Afrique du Nord. Le chardon marie est cultivé dans les jardins ornementaux (ROCHE ,1991).

Selon QUEZEL et SANTA (1963), GUITTONNEAU et HUON (1983) et BENISTON (1984) cette plante est cosmopolite, préfère les sols secs et les endroits chauds et ensoleillés. On la trouve dans les champs, les terrains incultes, les décombres et les bords des routes. En Algérie d'après QUIZEL et SANTA (1963), le chardon marie est particulièrement répandue dans les hauts plateaux, la steppe, le sud de l'Atlas saharien, les pâturages sablonneux et les lieux un peu humides.

Selon SINDEL (1991) et GABAY et al (1994), le chardon marie est aujourd'hui répandu en Amérique du Nord, si bien qu'on le trouve tant au Canada qu'au Mexique, la Nouvelle-Zélande, l'Australie, l'Afrique du Sud, le Chili et l'Argentine.

1-1-1-2-2- Description morphologique

Mêlés à toutes les autres plantes qui foisonnent le long des champs et des routes, dont beaucoup sont aussi imposantes qu'eux, les chardons marie se reconnaissent à leurs belles têtes violacées qu'entourent les collerettes un peu défraîchies de leurs longues bractées épineuses (BENISTON, 1984, LUPER 1998 et PEPPING, 1999).

Racines

D'après SINDEL (1991), la plante Chardon marie est caractérisée par une racine pivotante, forte, longue, épaisse et fibreuse.

Tiges

Généralement ramifiée, atteignant environ 20 à 150 cm de haut, porte peu de feuilles sur la partie supérieure (HAUF, 1982, GUITTONNEAU et HUON, 1983 et CAREMES, 1990).

Feuilles

Selon BAYER et BULLER (1990) et CAREMES (1990), le chardon marie est caractérisé par ses grandes feuilles vert pâle brillantes, tachées de blanc lobées et ondulées, sont bordées de dents épineuses à pointe jaune très acérée.

Les feuilles de la base sont pétiolées, découpées en lobes à bords dentés épineux, en rosettes, très grandes d'environ 1 m (SINDEL, 1991). Les feuilles supérieures sont plus petites et plus étroites réduites et embrassantes, à bord moins découpé, mais très épineux. Elles présentent toutes de nombreuses nervures blanches, donnant l'impression que la feuille est maculée de lait (CAREMES, 1990).

Fleurs

Selon GUITTONNEAU et HUON (1983) et CAREMES (1990), elles sont toutes tubuleuses réunies en capitules terminaux, solitaires, dépassant souvent 6cm de diamètre, dont la plupart sont pourvues d'une forte épine atteignant jusqu'à 5cm et se réfléchissant vers l'arrière. La corolle est dentée de couleur pourprée, 5 étamines formant un tube autour du style (GUIGNARD, 1998).

Floraison

La floraison est caractérisée par une inflorescence parsemée de capitules, par une pollinisation autogame et par une répartition hermaphrodite GUITTONNEAU et HUON (1983). La période de la floraison s'étale du mois d'octobre jusqu'au printemps, elle dure environ deux mois DODD (1989).

Fruit

Selon GUITTONNEAU et HUON (1983), les fruits sont des akènes luisants, de 6 à 7 mm, plats, lisses, et brillants et la couleur s'étend du noir au brun chiné ou marbré de jaune, surmontés d'une aigrette blanche. D'après SINDEL (1991), les graines ont une aigrette, tombent quand les graines mûrissent.

1-1-1-3-Reproduction

Le Chardon marie se reproduit par la graine. Les bourgeons non ouverts et entièrement formés de fleur produiront des graines attachées à la plante (GROVES et KAYE 1989, SINDEL, 1991).

1-1-1-4-Croissance et développement

Le chardon marie est décrit comme une plante annuelle ou herbe bisannuelle par MESSEGUE (1975), BURNIE (1997) et VIAL (1998). Selon SINDEL (1991), le chardon marie peut accomplir un cycle de vie annuel s'il peut germer assez tôt dans la saison de croissance. Les jeunes plantes en retard d'hiver et de printemps se comporteront en tant que bisannuel. La germination se produit en automne (DODD, 1989).

Quelques températures froides sont exigées pour la production de fleurs. La plante a un potentiel de production de 55 capitules en moyenne et chaque tête de fleur produit environ 190 graines, avec une moyenne de 6350 graines par plante, dont 94 % sont viables (SINDEL 1991). Les graines montrent peu à aucune condition de dormance, et n'importe quelle longueur de dormance est affectée par la température et l'humidité (DODD, 1989). Les graines restent viables pendant neuf années, ou plus (SINDEL 1991). Les taux de germination sont plus élevés en graines plus anciennes (GROVES et KAYE, 1989).

La croissance et l'allélopathie végétales fortes pendant la germination pourraient expliquer la forte densité du chardon marie GABAY et al. (1994).

Selon SINDEL (1991), lorsque la plante meurt elle peut rester pendant une longue période et maintient le secteur nu de l'autre végétation, pour la prochaine génération des jeunes plantes de Chardon marie, ces caractéristiques biologiques favorisent la croissance de chardon marie et sa dominance dans un champ.

D'après JAUZIEN (1995), c'est une plante xérophile, nitrophile préférant les parcelles à forte fumure. Elle appartient au groupe biologique des thérophytes, le nombre total de chromosomes des cellules stomatiques est de $2n = 34$.

1-1-1-5- Intérêt médicinal et pharmaceutique du chardon marie

Le Chardon marie est une plante médicinale antique employée pour épurer et protéger le foie, elle est maintenue dans les hôpitaux allemands pour le traitement de secours des intoxications de chapeau de la mort (Papilloïdes d'amanite) (TURNER et SZCAZAWINSKI, 1991). En Europe, on trouve de nos jours le Chardon marie dans plusieurs préparations pharmaceutiques destinées au traitement de divers troubles hépatiques et biliaires (MORAZZONI et BOMBARDELLI, 1995).

Les allemands ont isolé un principe actif des fruits du chardon, le silymarin, qui est contenu dans les fruits dans les concentrations s'échelonnant de 1 à 4%. Ce substrat a un pouvoir hépatoprotecteur (VOLAK et STODOLA, 1984, TALAJ et al. 1989, VARRO et TYLER, 1994, FOSTER, 1995 et ODY, 2002).

La silymarine est hépatoprotectrice : elle permet une guérison plus rapide des hépatites et des cirrhoses en favorisant la reconstruction du foie. Elle favorise l'écoulement de la bile (ALARCON, 1995). D'après FLORA et al. (1998), LUPER (1998), PIZZORNO et al. (1999), ANDERSON et FLETCHER (2001), ERNST (2001), ANONYME (2001) et PISCITELLI et al. (2002), la silymarine peut régénérer les tissus abîmés du foie en plus de la protection contre les effets des toxines naturelles (champignons, morsures de serpents, piqûres d'insectes, alcool, etc.) ou synthétiques (solvants, produits de nettoyage, médicaments, etc.)

D'après COMPOS, (1989), SCHANDALIK et PERUCCA (1994), VENKATARAMAN et al. (2000) et ANDERSON et al. (2002), le Chardon marie est utilisé dans les applications suivantes : hépatites et hépatopathies latentes, stéatoses, cirrhoses, meilleurs effets de l'administration prophylactique (si les flavonolignanes sont absorbés avant la phalloïdine ou dans un délai de 48 heures), protection de la cellule hépatique lors des chimiothérapies anticancéreuses, dépression nerveuse, stimulation de la lactation... etc.

En Amérique du Nord, plusieurs personnes vivant avec le VIH (PVVIH) complètent leur traitement pharmaceutique à l'aide de vitamines, de suppléments nutritionnels et de

plantes médicinales ; le Chardon marie figure au nombre des compléments nutritionnels dont l'usage est répandu (ANDERSON et FLETCHER, 2001 et ANDERSON et al. 2002).

1-1-2-Les fourrages en Algérie

1-1-2-1-Les ressources fourragères

Les ressources fourragères en Algérie d'après HAMADACHE (2001), se composent principalement de chaumes de céréales, végétation de jachères pâturées, parcours steppiques, forêts, maquis et de peu de fourrages cultivés (tableau n°01).

Tableau n° 01 : Les ressources fourragères en Algérie

| Sources fourragères | Superficie en (Hectares) | Productivité moyenne (UF / Hectare) | Observations |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|
| Parcours steppiques | 15 à 20 millions | 100 | Plus ou moins dégradés |
| Les forêts | Plus de 3 millions | 150 | - |
| Chaumes de céréales | Moins de 3 millions | 300 | Nécessité d'amélioration de la qualité des chaumes |
| Végétation des jachères pâturées | Moins de 2 millions | 250 | Nécessité d'orienter la végétation |
| Fourrages cultivés | Moins de 500 milles | 1000 à 1200 | Orge, avoine, luzerne, trèfle et le sorgho, vesce avoine |
| Les prairies permanentes | Moins de 300 milles | - | Nécessité d'une prise en charge |

L'objectif de la production fourragère est l'alimentation du cheptel pour la production du lait, de viande, de laine, de peaux et du fumier. Selon NOUAD (2001), la satisfaction des

besoins du cheptel provient essentiellement des pacages et parcours et les dérivés des céréales (86%), les cultures fourragères participent à 13% dans le rationnement du cheptel national et les prairies naturelles n'apportent que 1%.

Le cheptel national selon SI ZIANI et BELBOURHANE (2001), est composé principalement d'ovins et de bovins et caprins (tab. n° 02).

Tableau n°02 : Estimation du cheptel des herbivores

| Espèce | Bovins | Ovins | caprins | Camelin | Equins |
|-----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Effectif | 1 316170 | 17889140 | 3 256580 | 154310 | 278300 |

NOUAD (2001), rapporte que les contraintes liées à la filière fourrage sont l'absence de législation concernant la gestion des parcours steppiques, le système fourrage reposant essentiellement sur l'utilisation des céréales, qui est dominé par l'association vesce avoine; utilisation d'un matériel végétal de faible performance; qualité des fourrages secs médiocre à cause de la récolte souvent tardive ; la production de semences pratiquement absente (les besoins étant couverts par les importations) ; absence de la technique d'ensilage et de l'affouragement vert ... etc.

Selon HAMADACHE (2001), pour combler le déficit il faut :

L'amélioration de la productivité des ressources actuelles, l'association de la surface fourragère au détriment de la jachère et d'une partie des céréales (blé tendre et orge) ; par l'utilisation des sous produits des industries agro-alimentaires, par le transfert des acquis scientifiques et par l'introduction de nouvelles espèces fourragères confirmées dans certaines zones écologiques.

1-1-2-2-Les besoins alimentaires du cheptel

Une analyse de la balance fourragère rapportée par SI ZIANI et BOULEBERHANE (2001), a permis de mettre en exergue la persistance d'un déficit fourragère estimé à 4 milliards d'UF (tableau n° 03, Fig. n°01). La production fourragère assure un taux de couverture des besoins du cheptel de 52%, la contribution des chaumes et pailles (environ 3 milliard d'UF) permet d'augmenter le taux de couverture à 82%.

Tableau n° 03 : Bilan fourragère par zone agro écologique (SI ZIANI et BOULEBERHANE, 2001)

| Zone | Besoins du cheptel (UF) | Disponibilités totales (UF) | | | Bilan | Taux de couverture |
|----------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------|-------------|--------------------|
| | | Fourrages | Chaumes / pailles | Total | | |
| Tell | 5045199300 | 1543845660 | 2232727560 | 3776573220 | -1268626080 | 74.85 |
| Montagne | 819696300 | 319431160 | 199356360 | 518787520 | -300908780 | 63.29 |
| Steppe | 2709055800 | 2159148030 | 628907160 | 2788055190 | 78999390 | 102.92 |
| Sud | 955594200 | 903303750 | 13047720 | 916351470 | -39242730 | 95.89 |
| National | 9529545600 | 4925728600 | 3074038800 | 7999767400 | -1529778200 | 83.95 |

Au niveau des différentes zones agro écologiques (tableau n° 03), le déficit fourrager est plus apparent au niveau de la zone montagnaise (37 %) et celle de tell (25 %). Ceci, s'explique par le fait que la plus part des superficies agricoles de ces deux zones sont utiles, les surfaces consacrées aux fourrages demeurent faibles par rapport à l'importance de l'élevage notamment le bovin.

Cette situation découle de ce que la production et la culture des fourrages en Algérie reste, à bien des égards, une activité marginale des exploitations agricoles. En effet, la proportion des terres réservées aux cultures fourragères, exploitées de manière extensive au demeurant, reste faible puisqu'elle ne représentait que 1 % des superficies fourragères globales. Le caractère extensif de la production fourragère est attesté par la prépondérance de la vesce avoine utilisée en tant que foin dans l'alimentation du bétail notamment dans les zones à pluviométrie réduite.

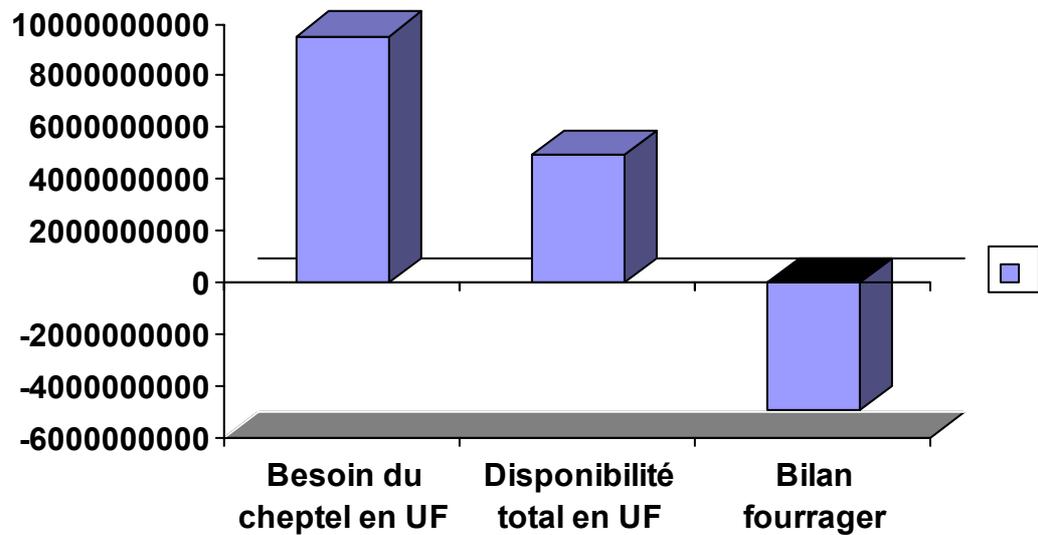


Fig. n° 01 : bilan fourrager sans les chaumes et les pailles (SI ZIANI et BOULEBERHANE, 2001)

Selon SI ZIANI et BOULEBERHANE (2001), l'utilisation des concentrés règle en partie le déficit fourrager; cependant l'amélioration de la situation alimentaire du cheptel national nécessite le développement du système fourrager en adéquation avec les potentialités de l'élevage existant dans chaque zone agro écologique.

1- 2-Valeur nutritive des fourrages

1-2-1- Notion de la valeur alimentaire

Le terme de valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux notions complémentaires :

- La valeur nutritive de ce fourrage, c'est-à-dire sa concentration en éléments nutritifs (énergie, azote, minéraux, vitamines) digestible par l'animal (JARRIGE, 1988).
- Son ingestibilité, c'est-à-dire la quantité volontairement ingérée par l'animal (DEMARQUILLY et WEISS, 1970).

D'après JARRIGE (1988) et SOLTNER (1999) l'estimation plus précise de la valeur d'un fourrage peut être obtenue à partir d'une analyse au laboratoire.

Les méthodes d'estimation de la valeur des aliments reposaient principalement sur la composition chimique des aliments (INRA, 1981 ; JARRIGE, 1988).

Une méthode enzymatique associant la pepsine et une cellulase permet de prévoir la digestibilité des fourrages (ADAMSON et TERRY 1980, DEMARQUILLY et JARRIGE 1981, AUFRERE 1982, AUFRERE et MICHALET- DOREAU, 1983 et 1988, AUFRERE et DEMARQUILLY 1989).

Cependant, la valeur alimentaire est susceptible de variations importantes qui sont liées aux conditions agro - écologiques (sol et climat), aux conditions de l'exploitation (fertilisation, stade de coupe), aux procédés de conservation (fenaision, ensilage) et aux stades de développement (JARRIGE ,1981).

1-2-2-Composition chimique des fourrages

Selon LAPEYRONIE (1982), la proportion des différents constituants organiques fournis par l'analyse permet de déterminer sa valeur nutritive. L'évolution pondérale d'un rendement en matière verte doit être précisée par la teneur en matière sèche du produit, celle-ci peut être très variable avec les espèces; les conditions d'exploitation et le stade de coupe. Les opérations d'analyse comprennent les recherches suivantes : matière sèche (MS), matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), matières grasses (MG), et cellulose brute (CB).

Selon LAPEYRONIE (1982), tout produit végétal est constitué de cellules dont les éléments protoplasmiques et les éléments membranaires sont de compositions différentes.

Dans le protoplasme on trouve des matières azotées, des glucides, des acides organiques, de la matière grasse et des pigments.

La membrane est constituée de cellulose vraie, dont le degré de polymérisation varie avec l'âge et l'organe considéré, d'hémicellulose, de lignine et des substances pectiques.

1-2-3-Valeur nutritive

La valeur nutritive d'après WHITTEMAN (1980) et CLEMENT (1981), c'est la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal. Selon SOLTNER (1986), la valeur nutritive représentée par la valeur énergétique et la valeur azotée, dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment.

2-2-4-Ingestibilité

Pour un animal donné, la quantité volontairement ingérée de fourrage dépend des caractéristiques du fourrage, qui détermine son ingestibilité et des caractéristiques de l'animal (ANDRIEU et BAUMONT, 2000).

L'ingestibilité des plantes fourragères classiques selon JARRIGE et al, 1974 cités par ANDRIEU et BAUMONT 2000, RIVIERE, 1978, JARRIGE 1984, DEMARQUILLY et al. 1998), varie dans le même sens que leur digestibilité, mais à même digestibilité, il existe des différences importantes d'ingestibilité, notamment selon :

- la nature botanique des fourrages
- le rapport feuilles / tiges ;
- la proportion de constituants intracellulaires ;
- la proportion de parois.

Selon JARRIGE (1984), la prévision de l'ingestibilité reste aléatoire. L'ingestibilité d'un fourrage diminue au fur et à mesure que la plante vieillit. Elle diminue également lorsque la teneur en MAT diminue et lorsque la teneur en CB augmente. Pour les fourrages, une augmentation de la digestibilité se traduit par une augmentation de leur ingestibilité.

1-2-5-Facteurs de variation de la valeur alimentaire

D'après TISSERAND (1991), la valeur nutritive des plantes fourragères joue un rôle important dans l'alimentation des ruminants. Le sol, le climat, l'altitude exercent un effet important sur la valeur alimentaire de l'herbe qui diminue au cours de la croissance. La température, l'ensoleillement et l'aridité ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages et, par conséquent, sur leur valeur nutritive.

1-2-5-1-Facteurs extrinsèques

La productivité d'une culture à élaborer une masse de matière sèche, se trouve déterminée par l'espèce exploitée et par l'incidence du climat sur le complexe : plantes, techniques culturales et sol (FELIX et al, 1971) cité par REKIK (2004).

Selon DEMARQUILLY (1982), les différences bien connues de la valeur nutritive entre les fourrages des pays tempérés et des pays tropicaux sont à l'origine de nombreuses études sur l'influence des conditions climatiques sur la composition chimique et la valeur nutritive des fourrages. Le climat agit sur la composition chimique des fourrages par la majorité de ses composantes. L'action de la température sur la croissance est la résultante de son action sur la photosynthèse et les réactions métaboliques, mais aussi sur l'alimentation hydrique et minérale (HELLER et al. 1995). Les facteurs climatiques qui influent le plus sur le chardon marie sont surtout la température et la lumière, qui peuvent modifier la biomasse et la taille des rosettes (SINDEL, 1991). Selon MEDD et LOVETT (1979)cité par SINDEL, 1991) l'établissement de jeune plante du chardon marie est favorable après la chute des pluies, en particulier après un été sec où il y a une absence de couverture d'herbe, car les jeunes plantes de chardon marie exigent la lumière.

-La lumière

Intensité lumineuse : l'influence la plus nette de la diminution de l'intensité lumineuse est la baisse des teneurs en MS et en glucides solubles. En revanche, elle augmente les teneurs en nitrates et en cendres et, le plus souvent, les teneurs en constituants pariétaux, notamment en cellulose et en lignine. Cette augmentation des teneurs en constituants pariétaux affecte aussi bien les feuilles que les tiges (DEINUM et DIRVEN, 1972).

Longueur du jour modifie la composition morphologique de la plante (ALLISON, 1971). Le rapport feuilles / tiges en est modifié. Il s'ensuit une modification de la composition chimique en général du fourrage.

Humidité du sol et de l'air

La sécheresse : quand elle est suffisamment prolongée, la sécheresse peut diminuer de façon importante la valeur nutritive. Un déficit hydrique léger affecte l'allongement des tiges : la plante sera plus feuillue, plus riche en azote (MAT) et plus digestible (VOUGH et MARTEN, 1971 ; WILSON, 1981).

1-2-5-2-Facteurs intrinsèques

1-2-5-2-1-Variation en fonction de la famille botanique

Il existe selon LAPEYRONIE, (1982) entre les deux groupes de plantes graminées et légumineuses des différences importantes de composition :

1-2-5-2-2-Variation en fonction des stades d'exploitations

Une des principales causes de l'altération de la qualité des fourrages est le stade de végétation de l'herbe au moment où elle est utilisée (BOURENERIAS, 1979, cité par REKIK, 2004), JARRIGE (1988), constate une modification de la composition chimique durant les différents stades de développement des plantes (tableau n°04)

Tableau n° 04 : Composition chimique (% MS) de quelques fourrages (JARRIGE, 1988)

| Espèce | MO | MM | MAT | CB |
|---|-----------|-----------|------------|-----------|
| Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) 60 cm | 87.9 | 12.1 | 22.5 | 24 |
| Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) floraison | 89.8 | 10.2 | 16.8 | 33.3 |
| Brome (<i>Bromus catharticus</i>) épi à 10 cm | 86.3 | 13.7 | 18.6 | 23.9 |
| Brome (<i>Bromus catharticus</i>) floraison | 91.8 | 08.2 | 07.6 | 33.4 |
| Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) montaison | 88.4 | 11.6 | 19 | 26.4 |
| Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) floraison | 92.7 | 07.3 | 08.7 | 21.1 |
| Paille de blé | 92 | 08 | 03.5 | 42 |
| Paille d'orge | 92 | 08 | 03.8 | 42 |

La composition d'un fourrage diffère selon le stade de la plante, elle s'enrichit en

cellulose brute aux dépens des matières azotées.

La valeur énergétique et azotée des fourrages varie d'un stade à l'autre de la même plante, elle est plus importante aux premiers stades (tableau n°05).

Tableau n°05 : Evolution de la valeur énergétique et azotée en fonction du stade de développement (JARRIGE, 1988).

| Espèce | Valeur énergétique (/kg MS) | | Valeur azotée (g/kg MS) | | | |
|---|-----------------------------|------|-------------------------|------|------|------|
| | UFL | UFV | MAD | PDIA | PDIN | PDIE |
| Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) 60 cm | 0.88 | 0.82 | 176 | 51 | 141 | 101 |
| Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) floraison | 0.69 | 0.59 | 122 | 38 | 106 | 81 |
| Brome (<i>Bromus catharticus</i>) épi à 10 cm | 0.98 | 0.95 | 146 | 42 | 117 | 99 |
| Brome (<i>Bromus catharticus</i>) floraison | 0.77 | 0.70 | 45 | 17 | 48 | 71 |
| Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) montaison | 0.81 | 0.74 | 146 | 43 | 119 | 93 |
| Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) floraison | 0.68 | 0.59 | 53 | 20 | 55 | 66 |
| Paille de blé | 0.42 | 0.31 | 00 | 11 | 22 | 44 |
| Paille d'orge | 0.44 | 0.33 | 03 | 12 | 24 | 46 |

Conclusion

Les caractéristiques nutritionnelles des fourrages verts sont connues et figurent dans les tables de la valeur nutritive des aliments établies par INRA (1988), qui donnent pour chaque fourrage suivant son stade et son mode d'utilisation (en vert, ensilage ou en foin) sa composition chimique, sa digestibilité et sa valeur nutritive, le chardon marie ne figure pas dans les tables.

La faiblesse des superficies, de la production fourragère et pastorale, ainsi que les périodes de disettes alimentaires constituent des obstacles majeurs au développement de l'élevage des ruminants en Algérie, c'est cette problématique qui a conduit à nous intéresser à l'étude de la contribution nutritionnelle du chardon marie en fonction des différents stades phénologiques dans la région de Batna.

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES

2-1-Caractéristiques climatiques du site de l'étude.

La région d'étude est située dans l'étage semi aride, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers frais, la pluviométrie est très irrégulière. Sur les dix dernières années en moyenne, elle a été de 363.77 mm par an. Les caractéristiques climatiques de la wilaya de Batna ont été étudiées à partir des données enregistrées par la Station météorologique de l'Aérodrome de BATNA durant la décennie 1995-2004.

2-1-1-Température

Le tableau n°06 montre la variabilité mensuelle moyenne des températures (maxima et minima) pour la décennie 1995-2004.

**Tableau n°06 : Présentation mensuelle des températures moyennes (°C)
durant la période 1995-2004**

| Année | 1995- 2004 | | |
|-----------|------------|-------|-------|
| | Min. | Max. | Moy. |
| Mois | | | |
| Janvier | 0.14 | 12.15 | 06.28 |
| Février | 0.26 | 14.16 | 07.21 |
| Mars | 02.72 | 17.56 | 10.14 |
| Avril | 05.67 | 20.41 | 13.04 |
| Mai | 10.56 | 26.2 | 18.38 |
| Juin | 14.69 | 32.03 | 23.36 |
| Juillet | 17.40 | 35.68 | 26.54 |
| Août | 17.69 | 34.93 | 26.31 |
| Septembre | 14.24 | 28.82 | 21.53 |
| Octobre | 09.98 | 24.05 | 17.01 |
| Novembre | 04.87 | 16.67 | 10.77 |
| Décembre | 01.89 | 12.85 | 07.37 |

(Station météorologique de l'Aérodrome de BATNA, 2004).

2-1-2-Pluviométrie

La région de Batna reçoit un faible niveau de pluviométrie avec une moyenne de 363.77mm, qui se caractérise par son irrégularité (tableau n°07), la complexité du relief de la wilaya lui confère une grande variabilité particulièrement dans la distribution des précipitations.

Tableau n°07 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations (en mm) 1995-2004

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Σ |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | 37.45 | 20.89 | 29.42 | 37.33 | 51.85 | 20.37 | 06.15 | 17.67 | 46.19 | 24.6 | 35.05 | 39.8 | 363.7 |

(Station météorologique de l'Aérodrome de BATNA, 2004).

Il ressort du tableau n°07 que les principales périodes de précipitation sont concentrées durant la saison printanière (32.60%) et la saison automnale (29.09%).

2-1-3- Diagramme ombrothémique de Gaussen

Gaussen applique son diagramme au climat où il existe une saison sèche. Un mois est considéré sec si la moyenne de la température en C° ($p < 2T$). Les données bioclimatiques de 1995- 2004 laisse apparaître l'existence d'une saison sèche importante (fig. n °02).

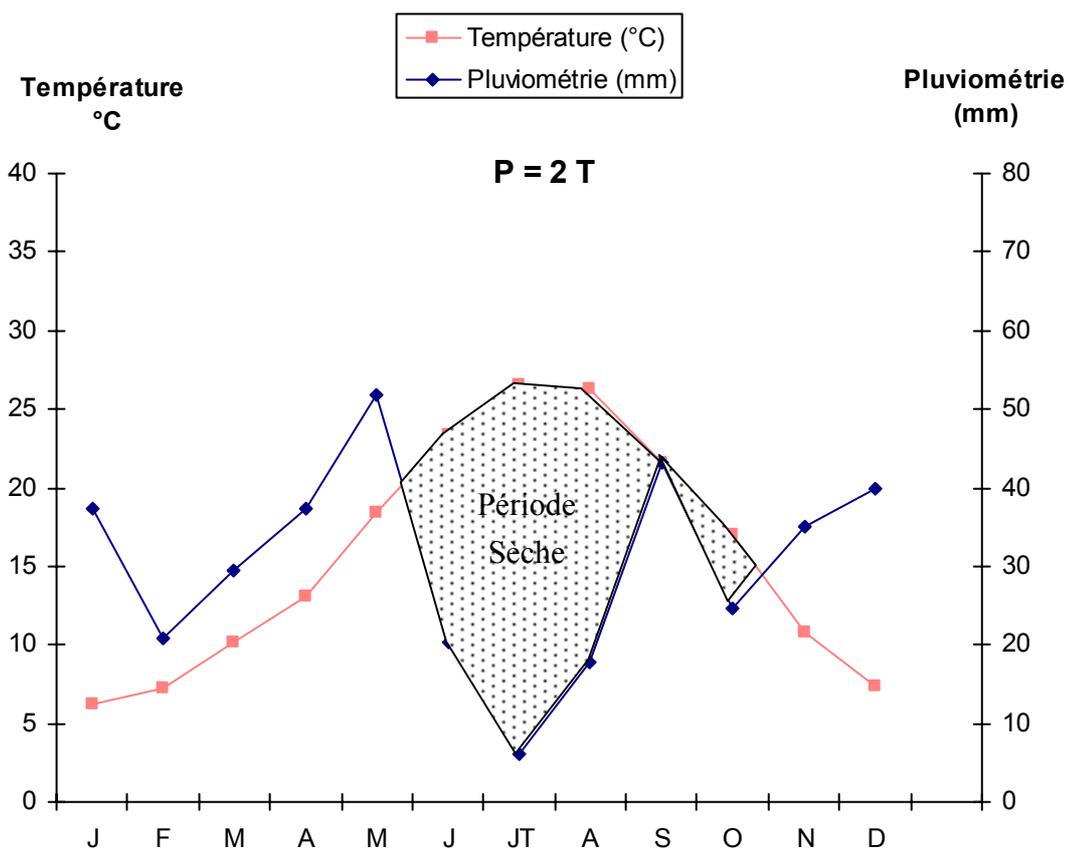


Fig. n °02 : Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Batna

On déduit du Diagramme que :

- La période humide s'étale durant le mois de novembre, et de décembre jusqu'à la fin du mois de mars.
- La période sèche s'étale durant les mois de mai à octobre.

2-1-4-Climagramme d'Emberger

EMBERGER a défini pour le bassin méditerranéen un quotient pluviométrique qui tient compte à la fois de la température et de la pluviométrie (fig. n°03), qui se calcule comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \times \frac{P}{M - m}$$

P : pluviométrie annuelle (363.77mm)

M – m : amplitude thermique

M : moyenne de la température maximale du mois le plus chaud.

m : moyenne de la température minimale du mois le plus froid.

Pour la zone d'étude, ce quotient est de 35.

Le calcul de ce quotient permet de classer la région de Batna en milieu semi-aride à hiver frais.

Formule de STEWART : $Q2 = 3.43 P/M - m$

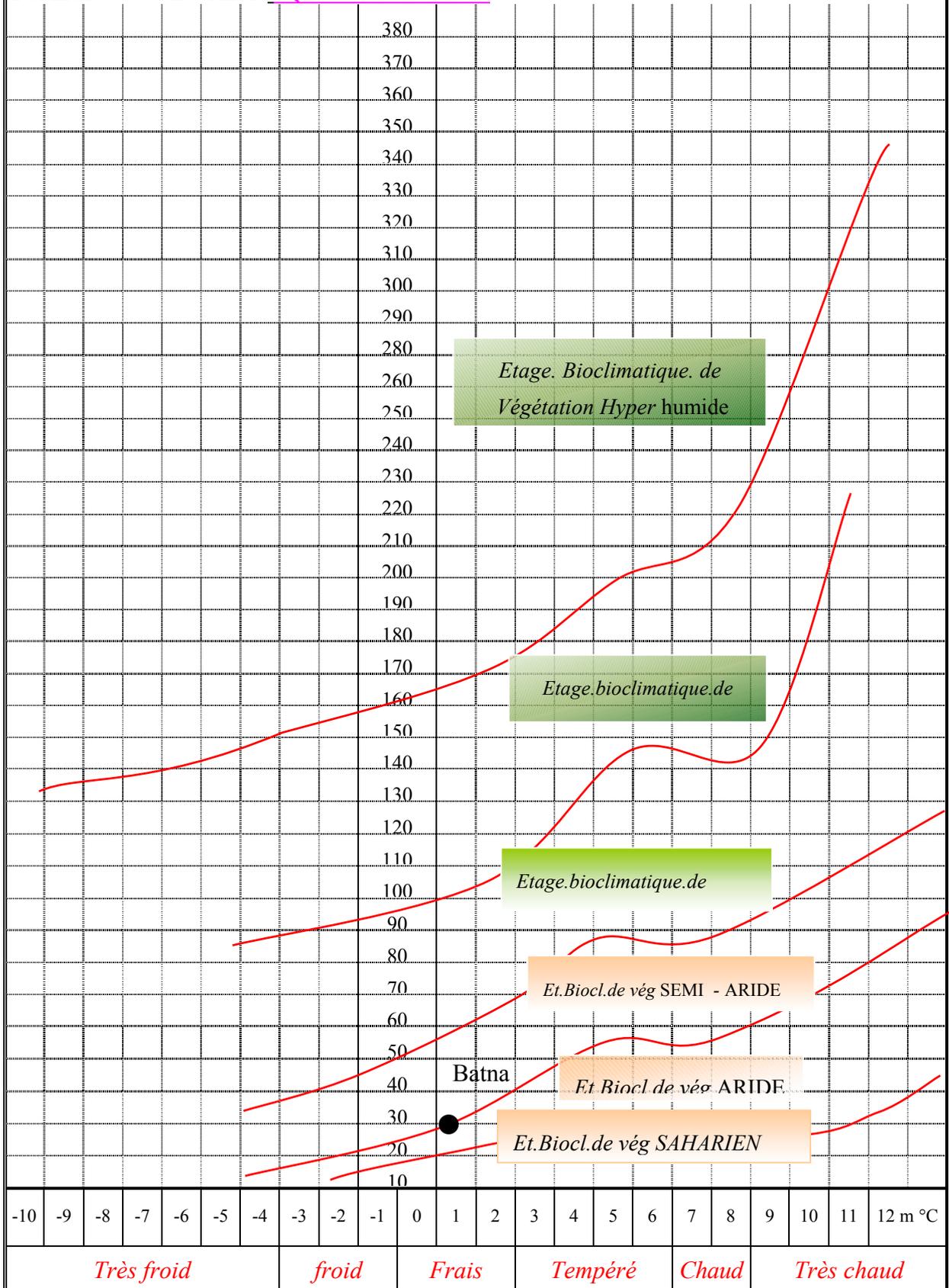


Fig. n° 03 : Climagramme d'Emberger de la région d'étude de Batna

2-1-5 Caractéristiques climatiques durant l'année d'étude 2003/2004

L'année d'étude commence du mois d'octobre 2003 jusqu'au mois de juin 2004, on a obtenu les données suivantes :

2-1-5-1-Température

Le tableau n°08 montre une grande variabilité des températures mensuelles moyenne pour l'année 2003/2004. La valeur moyenne la plus bas est enregistrée au mois de janvier (- 0.3°C) et la plus élevée au mois juin (34.7°C).

On observe que la campagne d'essai se caractérise par deux périodes :

- 1- Période 01 froide: s'étale du mois de décembre jusqu'au mois de février.
- 2- Période 02 tempérée : s'étale du mois de avril au mois de juin, et du mois d'Octobre jusqu'au mois de novembre.

Durant la période de développement, les températures sont en corrélation très étroite avec le développement morphologique de la plante (LAMAIRE et SALETTE, 1982) d'où l'importance de faire les relevés des minima ainsi que ceux des maxima durant l'année d'étude.

Tableau N°08: Répartition mensuelle des températures (°c) moyennes de la campagne (2003/2004)

| Mois | Min. | Max. | Moy. |
|----------|------|------|-------|
| Octobre | 13.0 | 21.9 | 17,45 |
| Novembre | 05.7 | 18.4 | 12,05 |
| Décembre | 0.7 | 15 | 7,85 |
| Janvier | -0.3 | 12.7 | 6,2 |
| Février | 0.3 | 16 | 8,15 |
| Mars | 02.6 | 16.9 | 9,75 |
| Avril | 04.6 | 19.4 | 12 |
| Mai | 08.4 | 28.2 | 18,3 |
| Juin | 12.5 | 34.7 | 23,6 |

(Station météorologique de l'Aérodrome de BATNA, 2004).

2-1-5-2-Pluviométrie

La quantité de pluie reçue durant neufs mois (353.8 mm) au cours de la période d'essai est proche à la moyenne annuelle de 10 ans (363.77 mm, 1995-2004).

Tableau N°09 : Répartition mensuelle des précipitations (mm) durant la période de l'essai (2003/2004)

| Mois | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | mai | Jui | Σ |
|--------------------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|----------|
| Pluies (mm) | 81.6 | 14.4 | 44.4 | 26.5 | 10.8 | 57 | 43.3 | 98 | 59.4 | 353.8 |

(Station météorologique de l'Aérodrome de BATNA, 2004).

Les pluies sont caractérisées par la grande variabilité de leur intensité et de leur durée. Ces précipitations sont insuffisantes pour permettre une utilisation agricole intensive, elle ne dépasse pas les 400 mm (tableaux n°07 et 09).

Malgré son insuffisance, la quantité enregistrée en moyenne chaque année peut cependant largement suffire pour le développement du chardon marie, étant donné que cette plante se développe en année de disette.

2-2- Matériel végétal

Les plantes étudiées ont été récoltées durant l'année 2003-2004 de l'automne à l'été au niveau des campus de l'université de Batna. L'annexe 01 présente une fiche descriptive du chardon marie.

Le choix des plantes a été aléatoire, basé sur le stade phénologique. Les plantes retenues pour l'analyse ont été récoltées régulièrement en fonction du stade de développement des plantes à partir du mois d'Octobre.

Le prélèvement des échantillons se fait à la moyenne sur trois plantes choisies au hasard à chaque stade sur toute la partie aérienne. Les échantillons sont mis dans un sachet en plastique avec une étiquette où est mentionnée : le stade phénologique et la date du prélèvement.

2-3- METHODES

2- 3-1- Echantillonnage des plantes

Pour suivre l'évolution de la valeur nutritive du chardon marie, nous avons délimité une parcelle au niveau du campus de l'université de Batna, suffisamment grande pour prendre des échantillons en fonction de stade phénologique sur une période de neuf mois. (tableau n° 10).

Chaque phase est constituée d'un ensemble de stades, il a été retenu les phases phénologiques suivantes :

- * Phase végétative : composée des différents stades en fonction du nombre de feuilles.
- * Phase floraison : le début de floraison ; le milieu floraison et la fin de la floraison.
- * Phase maturation.
- * Phase finale : récolte (la sénescence totale).

Tableau n°10 : Les différents organes prélevés en fonction du développement du chardon marie

| Phase | Végétatif | Floraison | | Maturation | Final (récolte) |
|------------------------|---|------------------|----------|-------------------|--------------------------|
| Période | Octobre à Janvier | Février à Avril | | Mai | à partir du mois de Juin |
| Partie analysée | Plantule | Début | | Feuilles | Plante entière |
| | En fonction du nombre de feuilles maximum 40 feuilles | Milieu | Feuilles | | |
| | | | Tiges | | |
| | | Fin | Feuilles | Tige | |
| Tiges | | | | | |

2-3-2-Préparation des échantillons

Les différents échantillons sont séchés à 80°C pendant 24 h jusqu'un poids constant afin d'évaluer leur teneur en eau.

Ils sont ensuite broyés en poudres fines, l'échantillon est finement broyé dans un moulin équipé d'un tamis dont les mailles mesurent 0.8 mm et conservés dans des flacons hermétiques pour analyse. Ces derniers munis d'étiquettes comportent le type d'organe prélevé et la phase phénologique.

La poudre ainsi obtenue est répartie dans différents flacons représentant la prise moyenne en feuilles ou en tiges du chardon marie.

L'analyse a été effectuée dans les différents laboratoires des départements d'agronomie et vétérinaire de l'université de Batna.

2-3-3- Méthodes analytiques

Les analyses effectuées sont toutes conformes aux normes (AFNOR Paris, 1985) citées par JARRIGE (1988) établies par l'INRA. Elles consistent en la détermination de la MS, MO, MM, MG, CB et de la digestibilité.

Pour chaque stade trois répétitions ont été réalisées, les résultats sont rapportés par rapport à la MS en % ou en g.

Notre travail comporte les trois étapes suivantes :

- Récolte des échantillons de plantes sur terrain ;
- Analyses chimiques des échantillons au laboratoire ;
- Traitement des données.

2-3-4-Analyses fourragères

Les analyses fourragères ont consisté en la détermination de la matière sèche, la matière minérale ou cendres, les minéraux, la matière grasse, les matières azotées totales et la cellulose brute.

2-3-4-1-Teneur en matière sèche

Le but est de déterminer la teneur en matière sèche dans les plantes .La matière brute (MB) est égale à l'eau plus la matière sèche (MS)

donc

$$\mathbf{Eau = MB - MS}$$

Dessiccation dans une étuve à 80°C jusqu'à ce que le poids soit constant .La perte de masse est déterminée par pesée.

2-3-4-2-Teneur en cendres et en matière organique

Le but est de déterminer la teneur en matières minérales dans les plantes, de façon à calculer la quantité de matière organique (MO). Elle représente la différence entre la MS et les matières minérales (MM)

Donc

$$\text{MM} = \text{MS} - \text{MO}$$

La minéralisation à 550°C dans un four à moufle (**Nabertherm**) dans le but de détruire la matière organique.

Le dosage s'effectue sur un aliment broyé. Les cendres représentent le poids des minéraux dans la plante.

2-3-4-2-1-Dosage des minéraux

La teneur en éléments minéraux est mesurée directement sur la poudre végétale selon la méthode proposée par LAMBERT (1975) en deux étapes :

Minéralisation

1 g de poudre végétale est soumis à une attaque à froid pendant 30 minutes par un mélange triacide constitué de 1 ml d'acide sulfurique, 4 ml d'acide perchlorique et 10 ml d'acide nitrique. Celle-ci est suivie d'une autre, à chaud (180°C), selon le procédé décrit par JACKSON et al. (1958).

Après filtration, on obtient la solution mère dans laquelle seront dosés les différents minéraux.

Les éléments minéraux ont été dosés, pour chaque échantillon, par spectrophotométrie à absorption atomique (Ca et Mg), photométrie à flamme (K et Na) et colorimétrie (P).

2-3-4-3-Teneur en matières azotées totales

Le but est de mesurer la teneur en azote de l'aliment de façon à calculer le taux des matières azotées totales (MAT)

$$\text{MAT} = \text{N} \times 6.25$$

Selon la méthode de Kjeldahl, ce dosage consiste à :

minéraliser les matières azotées par l'acide sulfurique concentré à chaud, en présence de catalyseur, en sulfate d'ammonium (**Minéralisateur Gerhardt Kjeldatherm**) déplacé par la soude, l'azote minéral en ammoniac, entraîner l'ammoniac par de la vapeur d'eau et le

recueillir dans de l'acide sulfurique titré en excès (**Distillateur Gerhardt Kjeldatherm**).
Doser l'acide sulfurique en excès par la soude titrée.

Par différence, on en déduit l'ammoniac recueilli; l'azote correspondant ; le taux de MAT.

2-3-4-4-Teneur en cellulose brute

Méthode de Weende (méthode officielle pour les pays de la CEE)

Le but est de déterminer le taux de la cellulose brute de façon à pouvoir calculer la valeur fourragère des aliments (**Tecator Fibertech System 1010 heat extractor**)

La matière organique résistant à une hydrolyse à chaud, en milieu acide, pendant 30min, suivie d'un lavage par l'alcool, puis par l'éther éthylique, constitue la cellulose brute de Weende.

2-3-4-5-Teneur en matière grasse.

Les lipides ont la propriété d'être solubles dans l'éther de pétrole, un échantillon de matière sèche est traité à chaud par l'éther dans l'appareil de Soxhlet (**Soxtec system HT 1043 extraction Unit**). Les matières grasses dissoutes peuvent être séparées de l'éther volatil et déterminées par simple pesée.

2-3-5-Digestibilité

Trois groupes de méthodes d'estimation de la dMO ont été définis:

1- à partir de la digestibilité pepsine -cellulase, qui peut être réalisée sur les fourrages verts, les foin (AUFRERE et GRAVIOU ,1996)

2- à partir de la composition chimique (cendres ou matières minérales : MM, cellulose brute, CB, matières azotées totales : MAT) ; cette méthode s'applique à l'ensemble des fourrages classiques (voir les équations de prévision par espèce végétale et cycle de végétation, INRA 1981);

3- à partir de l'âge du fourrage, uniquement pour les fourrages verts (INRA 1981).

Dans notre cas, nous avons eu recours à la première méthode basée sur la pepsine- cellulase

2-3-5-1-Mode opératoire de la digestibilité enzymatique

La digestibilité a été déterminée selon la méthode enzymatique à la pepsine –cellulase

proposée par AUFRERE et MICHALET- DOREAU (1983) et décrite par DEMARQUILLY et ANDRIEU (1987), DEMARQUILLY et CHENOSTH (1969).

Cette méthode consiste à attaquer les échantillons (0.5g de poudre) par deux enzymes diluées dans des tampons appropriés.

La première attaque se fait par la pepsine (50ml) pendant 24 heures d'incubation dans un bain marie à 40°C. Après filtration et rinçage à l'eau distillée, le résidu subit une attaque à la cellulase (50ml) pendant 24 heures d'incubation à 40°C. Le résidu est filtré, rincé et séché à l'étuve à 103°C pendant 48 heures. On obtient ainsi la matière sèche indigestible, après passage, les résidus sont incinérés au four à moufle pendant 4 heures à 500°C puis pesés. On obtient les cendres retenues de la matière sèche indigestible, permettant d'obtenir la matière organique indigestible.

2-3-5-2- Calcul de la digestibilité de la matière sèche

$$D_{\text{cell MS}} = \frac{E(\text{MS}) - (P_1 - P_0)}{E(\text{MS})} \times 100$$

- E (MS) : poids de la prise d'essai ;
- P₀ : poids du creuset vide (en g) ;
- P₁ : poids "creuset + résidu après étuve" (en g) ;
- D_{cell MS} : digestibilité cellulosique de la MS (en g).

La digestibilité in vivo de la MS est calculée par l'équation de régression empruntée à DEMARQUILLY et ANDRIEU (1987) et qui est la suivante :

$$d\text{MS} = 0.706 D_{\text{cell MS}} + \Delta_1 + \Delta_2 + 20$$

2-3-5-3-Calcul de la digestibilité de la matière organique

$$D_{\text{cell MO}} = \frac{E(\text{MO}) - (P_1 - P_2)}{E(\text{MO})} \times 100$$

- E (MO) : poids de la prise d'essais (MO en g) ;
- P₁ : poids " creuset + résidu non digéré de matière sèche" (en g);
- P₂ : poids " creuset + cendre" (en g) ;
- D_{cell MO} : digestibilité cellulosique de la MO (en g).

La dMO in vivo est estimée par la formule suivante (DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1987) :

$$d\text{MO} = 0.656 D_{\text{cell MO}} + \Delta_3 + \Delta_4 + 24.6$$

Les valeurs de Δ sont les suivantes :

Graminées et prairies naturelles

$$\Delta_1 +2.15 \quad \text{et} \quad \Delta_3 +1.49$$

Fourrages verts

$$\Delta_2 +1.75 \quad \text{et} \quad \Delta_4 +1.76$$

Δ : étant un facteur de correction alloué aux différentes familles et en fonction du stade

2-3-6- Valeur nutritive

Les valeurs des aliments peuvent être lues dans les tables proposées dans le " Livre Rouge " (INRA 1988), mais une estimation plus précise de la valeur d'un fourrage ou d'un concentré peut être obtenue à partir d'une analyse de laboratoire. Les modes d'expression de la valeur nutritive des aliments dans le système des UF (VERMOREL et al 1987), et dans le système PDI. VERITE et al. (1987), estiment la valeur azotée et énergétique des fourrages selon la démarche séquentielle centrée sur l'estimation de la digestibilité de la matière organique (dMO) qui a servi à l'élaboration des tables (ANDRIEU et DEMARQUILLY 1987a).

Les valeurs énergétiques et azotées ont été estimées sur la base de leur composition chimique et leurs digestibilités.

Dans le système (UFL, UFV, PDIE, PDIN)

2-3-6-1- Valeur azotée

Dans la plupart des pays, les apports alimentaires et les besoins des animaux en azote ont longtemps été exprimés en matières azotées digestibles (MAD), qui correspondent au bilan digestif apparent de l'ensemble des matériaux azotés (GAUTHIER, 1991). Ce mode d'expression simple est ensuite devenu insuffisamment précis, notamment du fait de l'accroissement des performances animales, de la diversification des sources azotées et des objectifs d'efficacité alimentaire, de la qualité des produits et de moindres rejets azotés.

L'INRA a développé un système d'évaluation de la nutrition azotée. Ce nouveau système, appelé système PDI (protéines digestibles dans l'intestin grêle), a été diffusé dès 1978 (JARRIGE et al. 1978). Ces systèmes se caractérisent par une valeur alimentaire pour chaque aliment (valeur énergétique, valeur azotée et ingestibilité) et un besoin pour chaque animal à chaque stade physiologique (besoins en énergie et en azote, capacité d'ingestion).

Le système PDI est basé sur l'estimation conjointe des protéines alimentaires (PDIA) et microbiennes (PDIM) digérées dans l'intestin grêle dont la somme constitue la valeur PDI. Le calcul de la valeur azotée d'un aliment (PDI) nécessite de connaître sa teneur en MAT et sa dMO.

Pour calculer les valeurs énergétiques et les valeurs azotées nous avons utilisé les formules de l'INRA (1978 et 1988).

- **PDIA** = 0.65 MAT (1- S) dr
- **PDIE** = PDIA + PDIME
- **PDIN** = PDIA + PDIMN

S : solubilité des matières azotées

dr : digestibilité réelles des protéines

$$\mathbf{PDIME} = 135 \times 0.8 \times 0.7 \times \mathbf{MAD}$$

$$\mathbf{PDIMN} = \mathbf{MAT} (0.196 + 0.364 \mathbf{S})$$

Les tableaux de la valeur nutritive des aliments (DEMARQUILLY et al 1978) établis sur un nombre encore plus élevé d'échantillons de fourrages. Les valeurs énergétiques et azotées sont exprimées dans les nouvelles unités proposées par l'INRA, UFL et UFV pour l'énergie (VERMOREL,et al., 1978) et PDIN et PDIE pour l'azote (JARRIGE, 1978). Les tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages (ANDRIEU et WEISS 1981), qui ont permis de prévoir à partir de l'analyse chimique de Weende, les valeurs énergétiques et azotées ainsi que l'ingestibilité des fourrages verts et conservés dans les modes d'expression proposés par l'INRA en 1978.

2-3-6-2-Valeur énergétique

Pour la valeur énergétique, la démarche consiste essentiellement à estimer la dMO, puis les UFL et UFV sont calculées de façon séquentielle à partir des estimations de l'énergie brute, de l'énergie digestible, de l'énergie métabolisable et enfin de l'énergie nette.

Cette

Cette méthode assure le maximum de cohérence avec les tables INRA (ANDRIEU et al. 1988).

$$\text{UFL} = \text{EM} \times \text{Kl} / 1700$$

$$\text{UFV} = \text{EM} \times \text{Kmf} / 1820$$

- UFL : unité fourragère lait par kg de MS ;
- UFV : unité fourragère viande par kg de MS ;
- EM : énergie métabolisable en Kcal / kg de MS ;
- Kl : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière ;
- Kmf : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien et la production de viande.

La valeur de EM peut se calculer par la formule de l'INRA, 1978 :

$$\text{EM} = 3.4 \text{ MOD} + 1.7 \text{ MAD}$$

- MOD : matière organique digestible (g/ kg de MS) ;
- MAD : matière azotée digestible (g/kg MS).

Les rendements Kl et Kmf sont calculés par les équations de l' INRA, 1978 :

$$\mathbf{KI} = 0.6 + 0.24 (q - 0.57)$$

$$\mathbf{Kmf} = K_m K_f 1.5 / K_f + 0.5 k_m$$

Avec

$$\mathbf{K_m} = 0.287q + 0.554$$

$$\mathbf{K_f} = 0.78 q + 0.006$$

- K_m : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien ;
- K_f : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production de viande ;
- q : Rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable, qui se calcule de la manière suivante :

$$q = EM / EB$$

$$EB = ED / dE$$

- EB: énergie brute kcal /kg de MS);
- ED: énergie digestible (kcal / kg de MS);
- dE: digestibilité de l'énergie

ED et dE se calcule par les équations de l'INRA (1978).

$$dE = 1.0087 DMO - 0.0377$$

DMO : digestibilité de la matière organique.

ED est estimée à partir de la formule suivante :

$$EM = ED \cdot EM / ED$$

$$= EB \cdot dE \cdot EM / ED$$

Ce qui donne : $ED = EM / (EM / ED)$

Le rapport EM / ED est calculé d'après l'INRA, 1978

$$EM / ED = 0.8286 - 0.0000877 CB - 0.000174 MAT + 0.0243 NA$$

NA : niveau d'alimentation qui est égale à 1.7 pour les fourrages (INRA, 1978).

2-3-7- Analyse statistique

Les résultats des différentes analyses ont été traités par le logiciel EXCEL en vue du calcul de la moyenne et de l'écart type pour l'établissement des graphes.

Les résultats obtenus ont été étudiés, au moyen du logiciel STAT-ITCF version 4 par :

- l'analyse en composante principales (ACP) : c'est une méthode descriptive qui permet d'avoir une idée sur les liaisons des variables entre elles ou entre celles-ci et différents stades phénologiques, complétée par des matrices des corrélations qui expriment, par la valeur des coefficient de corrélation (r), l'importance réelle de ces liaisons.
- Analyse de variance : elle a été utilisée pour comparer les moyennes et connaître par conséquent l'effet de stade phénologique sur les différentes variables considérées (MS, MO, MM, MG, MAT, CB, ..).
- L'analyse de la variance est complétée par le test de NEWMAN et KEULS qui permet de classer les différentes phases phénologique du chardon marie selon l'importance de la valeur moyenne des variables considérées pour chaque phase phénologique.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Effet de la phase du développement sur la valeur nutritive du chardon marie

Globalement la phase de développement (âge) du chardon marie est un facteur déterminant de la valeur nutritive (Fig. n10 et 11 page 65, 66). Les plantes étudiées y sont groupées, pour chaque phase, de manière distincte. En général les plantes d'un stade donné ne présentent pas la même composition chimique ni la même valeur nutritive que celles de l'autre.

Les résultats obtenus sont rapportés dans les tableaux, 11, 13, 16, 18, 21, 24 et 27 respectivement pour la composition chimique, l'évolution de la digestibilité, des valeurs azotées et des valeurs énergétiques en fonction des différentes phases phénologiques.

3-1- Composition chimique

3-1-1- Evolution de la matière sèche

La teneur de la MS connaît une augmentation graduelle tout au long de son évolution. Elle est d'une moyenne de 11.36, 15.49 et 28.09% respectivement pour les phases végétative, floraison et maturation (tableau n° 11).

C'est à la phase finale (plante sèche) que la valeur de la MS est la plus importante et qui est d'une moyenne de 61.14%.

Tableau n°11: Evolution de la matière sèche de du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques (%)

| Phase | Végétative | Floraison | Maturation | Plante sèche |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| H ₂ O | 88,63 ± 0.60 | 84,51 ± 0.68 | 71,92 ± 15.94 | 38,86 ± 12.55 |
| MS | 11,36 ^(c) ± 0.60 | 15,49 ^(c) ± 0.68 | 28,09 ^(b) ± 15.94 | 61,14 ^(a) ± 12.55 |

Les moyennes affectées de lettre différentes (a, b, c) sont statistiquement différentes au seuil de signification 5%.

Pour ce qui est de la graine du chardon marie, sa matière sèche est d'une moyenne de 93.37% (± 5.54).

Nos résultats montrent que le chardon marie à la phase finale est le plus riche en matière sèche (61.14%). La différence est d'ailleurs significative entre les différentes phases ($F = 24.84^{***}$, $p < 1\%$). Le test de NEWMAN et KEULS à 5% classe ainsi les différentes phases en trois groupes homogènes.

À la phase floraison on remarque que les tiges renferment plus de la MS que les feuilles 16.46% et 14.63% respectivement (tableau n°12).

Tableau n° 12 : Evolution de la matière sèche et de l'humidité des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison en (%).

| Phase | Feuille | Tige |
|------------------|------------------|------------------|
| H ₂ O | 85.47 \pm 1.75 | 83.55 \pm 6.30 |
| MS | 14.63 \pm 1.75 | 16.46 \pm 6.30 |

Selon HELLER (1977), en général les variations de la teneur en eau des végétaux s'expliquent principalement par l'évolution du volume des vacuoles rendue possible par une certaine extensibilité des parois (photo n° 01) ; au fur et à mesure que les structures de la cellule jeune se différencient (épaississement de la membrane, développement des organes), la teneur en eau s'abaisse.

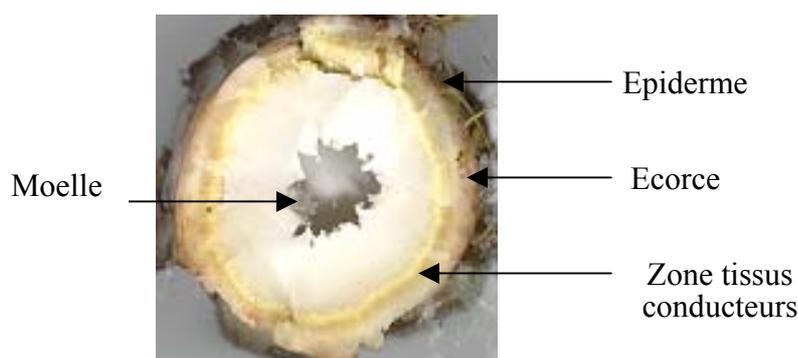


Photo n° 01 : Coupe transversale de la tige du chardon marie (croissance en épaisseur)

D'après RIVIERE (1978) les proportions d'eau varient en fonction de la phase végétale ; de l'organe de la plante (feuille, tige, fruit), de la saison et la nature du sol, à l'état jeune les plantes fourragères peuvent contenir de 88 à 90% d'eau.

Jusqu' à la fin de la phase floraison, les teneurs en matière sèche du chardon marie sont faibles et variant entre 11.36 et 15.49%. Les résultats trouver par KIRILOV (2000) (qui a travaillé sur la comparaison des valeurs alimentaires de plantes entières de pois et de vesce), pour les teneurs en matières sèche du pois et de la vesce qui varient dans les limites étroites entre 12 et 19% à la floraison, nos résultats sont considérés comme des teneurs proche aux résultats mentionnés.

On a jugé que le chardon marie est distribué aux animaux durant les deux premières phases, son utilité se trouve à l'état de fourrage grossier (lest).

3-1-2-Evolution de la matière organique

3-1-2-1-Evolution des Matières azotées totales

Les teneurs enregistrées à différentes phases phénologiques indiquent que le chardon marie a une teneur importante en matières azotées totales (tableau n°13).

La teneur de la plante en matières azotées totales représente en moyenne 20.01 % à la phase végétative; 18.20% à la phase floraison; 05.66% à la maturation et 07.23% pour la plante sèche.

Les graines du chardon marie ont une valeur moyenne de 14.79 % MS (± 0.89).

Durant la phase de la floraison ce sont les feuilles qui apportent plus de matières azotées totales que les tiges en moyenne de 22.62 % MS et 13.78 %MS respectivement (tableau n°14).

Tableau n°13 : Composition de chardon marie (plante entière) en MAT, CB et MG en fonction des phases phénologiques (%MS)

| Phase | Végétative | Floraison | Maturation | Plante sèche |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Matières azotées totales | 20,01 \pm 12.03 ^(a) | 18.20 \pm 3.13 ^(a) | 05,66 \pm 0.49 ^(b) | 07,23 \pm 0.66 ^(b) |
| Cellulose brute | 11,11 \pm 0.81 ^(c) | 15.94 \pm 2.34 ^(c) | 24,96 \pm 7.07 ^(b) | 34,71 \pm 2.65 ^(a) |
| Matière grasse | 02,40 \pm 1.01 [*] | 02,14 \pm 0.22 [*] | 01,83 \pm 0.23 [*] | 02,00 \pm 1.00 [*] |

Les moyennes affectées de lettre différentes (a, b, c) sont statiquement différentes au seuil de signification 5%.

(^{*}) : Moyennes statistiquement identiques au seuil de signification 5 %.

La teneur en matières azotées totales du chardon marie est élevée durant la phase végétative et floraison, à la phase maturation on enregistre le taux le plus faible. Une légère augmentation du taux de la plante sèche (fig. n°04). Cette évolution selon LEMAIRE, (1987) et SOLTNER, (2000), est due aux stade de développement.

Pendant la phase végétative, la luzerne (*Medicago sativa*) (à 60 cm de haut) et le brome (*Bromus catharticus*) (épi à 10 cm du sol) ont des valeurs de 22 % MS et 18.6% MS de matières azotées totales respectivement (JARRIGE, 1988), ces valeur sont proches de nos résultats du chardon marie (20..01% MS).

A la phase floraison, le chardon marie (18.20%MS) a une teneur supérieure à celle de la luzerne (16.8% MS) , et plus importante que le brome (7.6% MS) (JARRIGE, 1988).

A la phase finale le chardon marie a une teneur en matières azotées totales de 7.2% MS qui est intéressante comparée à celle d'une paille (3.5% MS) (JARRIGE, 1988).

La teneur en matières azotées totales diminue avec l'âge de chardon marie, les variations les plus importantes interviennent entre la phase floraison et la phase maturation et correspondent à une modification notable de la composition morphologique de la plante (feuilles et tiges). L'analyse de la variance nous montre que une différence significative existe entre les phases phénologiques ($F = 6.26^{**}$, $p < 1\%$). Ces résultats sont confrontés, par la comparaison des moyennes réaliser par le test de NEWMAN et KEULS a 5%, qui classe les phases phénologiques en deux groupes homogènes.

La différence apparaît encore dans la figure n °11 (page 65) où les plantes de la phase végétative et floraison sont opposées aux plantes de la phase maturation et finale pour leurs taux en MAT.

Les variations observées a partir de la phase floraison sont surtout dues aux modifications des tiges et rapport feuilles/ tiges, en effet d'après JEAN BLIAN et al. (1992), dans une plante la plus grande partie des matières azotées totales se trouve dans les feuilles.

Tableau n°14 : Composition des feuilles et tiges en MAT, CB et MG (% MS) du chardon marie à la floraison.

| Phase | Feuille | Tige |
|---------------------------------|----------------|--------------|
| Matières azotées totales | 22.62 ± 2.70 | 13.78 ± 3.78 |
| Cellulose brute | 12.64 ± 0.55 | 19.25 ± 5.55 |
| Matière grasse | 02.44 ± 0.20 | 01.84 ± 1.18 |

La teneur en matières azotées totales varie entre les phases phénologiques, d'après JEAN BLAIN et al. (1992), cette différence serait due au fait que la teneur en matières azotées totales varie dans des proportions considérables en fonction de plusieurs facteurs dont le plus important est le stade de végétation. Selon JARRIGE et al. (1995), en général les plantes fourragères s'appauvrissent en matières azotées totales au cours de leur croissance avec la sénescence de leurs organes aériens.

D'après ANDRIEU et DEMARQUILLY, (1987b) et HNTYSZYN, (1988), les feuilles sont plus riches en matières azotées totales et en cendres que les tiges, cette teneur diminue avec la phase de développement et l'âge de la plante.

En comparant nos résultats à ceux de TANJI, (1993) (tableau n°15), pour des plantes différentes considérées comme mauvaises herbes et appartenant à la famille des composées, on constate que le chardon marie au cours de la phase végétative a une teneur proche de la chicorée frisée et du mouron bleu (21.32% MS, 21.24% MS). En revanche, à la phase floraison le chardon marie paraît plus riche en matières azotées totales que la chicorée frisée (14.11%MS), le chrysanthème à couronnes (11.33% MS) ou le mouron bleu (13.50%MS).

Tableau n° 15: Comparaison de la teneur azotée du chardon marie avec d'autres espèces (% MS)

| Espèce | Matières azotées totales | |
|---|--------------------------|-----------------|
| | Phase végétative | Phase floraison |
| Chardon marie (<i>Silybum marianum</i>) | 20.01 | 18.71 |
| Résultat d'après TANJI (1993) | | |
| | Phase végétative | Phase floraison |
| Chicorée frisée (<i>Cichorium endivia L.</i>) | 21.32 | 14.11 |
| Chrysanthème à couronnes (<i>Chrysanthemum coronarium L.</i>) | 25.13 | 11.33 |
| Mouron bleu (<i>Anagallis foemina Miller</i>) | 21.24 | 13.50 |

Le chardon marie a l'avantage par rapport à d'autre fourrage de fournir une ration dont la teneur en matières azotées est importante , il peut donc être associé avec les fourrages pauvres en azoté (paille) pour compenser le déficit de la ration.

La diminution des teneurs en matières azotées totales est accompagnée par l'augmentation simultanée des parois cellulaires avec l'âge.

3-1-2-2- Evolution de la cellulose brute

L'évolution de la cellulose brute est régulière avec l'âge de la plante. Elle croit de 11.11 à 34.71 % MS. C'est à la phase végétative où on enregistre la plus faible teneur avec une moyenne de 11.11 % MS. Celle-ci augmente à 15.94 % MS durant la floraison. A la maturation, le taux de cellulose brute est en moyenne de 24.96 %MS. La teneur en cellulose brute à la phase finale atteint son maximum 34.71 % MS (tableau n°13).

Au cours de la floraison, la teneur des tiges en cellulose brute est supérieure à celle des feuilles, (19.25% contre 12.64%) (tableau n°14).

L'évolution de la cellulose brute croit d'une façon linéaire depuis la première phase jusqu'à la fin du cycle de développement (fig. n°04).

En général, la teneur des tiges en parois cellulaires est supérieure à celle des feuilles et elle augmente avec l'âge (JARRIGE, 1981). Les feuilles sont plus riches en matières azotées et en cendres que les tiges comme rapportées par ANDRIEU et DEMARQUILLY, (1987b).

Les proportions de cellulose dans les parois sont également toujours plus élevées dans les tiges que dans les feuilles. Nos résultats obtenus sur le chardon marie suivent cette tendance.

La teneur en cellulose brute est influencée par la phase de développement. En effet, le taux le plus élevé est noté à la phase finale. L'analyse de la variance montre que les taux enregistrés présentent une différence significative entre les phases phénologiques ($F= 21.51^{***}$, $p<1\%$), et le teste de NEWMAN et KEULS a 5% dégage trois groupes homogènes.

La matrice des corrélations réalisée révèle une corrélation positive entre la cellulose brute et la matière sèche ($r = 0.64$) (tableau n°31, page 64). C'est à dire plus le taux de matière sèche augmente plus il y a augmentation du taux de cellulose brute, la différence apparaît plus nettement dans le cercle de corrélation (fig. n°10 page 64) où la cellulose brute et la matière sèche sont situés du même côté et ils sont opposés a la teneur en MAT.

D'après JARRIGE et al, (1995), la teneur en cellulose augmente de façon importante et régulière avec l'âge de la plante, elle peut également être influencée par les facteurs agro climatiques en particulier la température élevée.

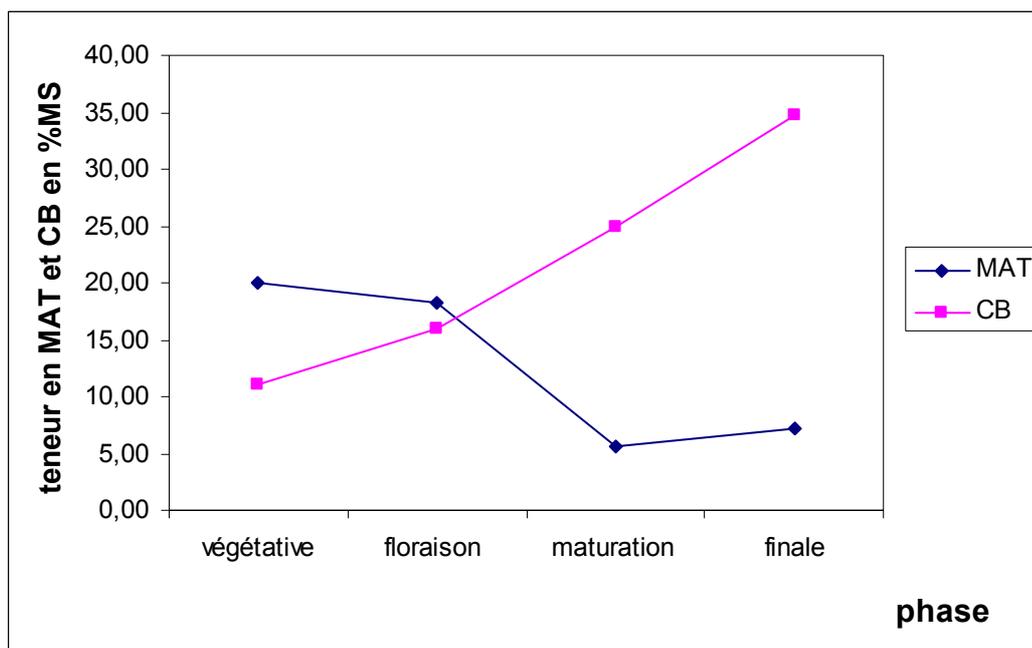


Fig. n°04 : Evolution de la teneur en MAT et en CB (plante entière) au cours des phases phénologiques du chardon marie

Comme il a été rapporté par plusieurs auteurs GAILAR, (1974) ; ANDRIEU et WEISSE, (1981), DEMARQUILLY et ANDRIEU, (1987) et SOLTNER, (2000), la cellulose brute évolue avec l'âge de la plante.

Pour sa faible teneur en cellulose brute, la plante chardon marie ne se rapproche des fourrages verts classiques que durant le phase végétative et floraison. C'est ainsi que le dactyle, le fétuque, le ray gras d'Italie (au 1^{er} cycle et phase feuillu), le seigle (début montaison), le trèfle blanc et le trèfle violet (au 1^{er} cycle, végétatif), renferment dans l'ordre 17.7 ; 18.6 ; 17.8 ; 19 ; 17.5 ; et 15.2% de cellulose brute (INRA, 1988). Ceci expliquerait en grande partie la très forte valeur du coefficient de digestibilité des matières sèche et organique du chardon marie. La digestibilité de la matière organique et la valeur nutritive des fourrages sont déterminées par la résistance des composants pariétaux à la résistance mécanique (rumination) et enzymatique (tube digestif). Cette résistance relève d'une part de la composition chimique de la fraction fibreuse de la cellule végétale (cellulose, lignine, hémicellulose) et d'autre part, de l'activité microbienne dans le rumen.

3-1-2-3 – Evolution de la matière grasse

La plante présente de faibles teneurs en matière grasse, durant son cycle de développement avec des valeurs comprises entre 1.83 à 2.40 % de MS (tableau n°13).

La matrice des corrélations, réalisée révèle des corrélations positives entre la matière grasse et la matière sèche ($r = 0.92$), la matière organique ($r = 0.68$) et des corrélations négatives avec la matière minérale ($r = -0.68$) (tableau n°31, page 64).

La teneur en lipides est donc très faible. Ces valeurs s'insèrent dans l'intervalle 1.5 à 4 % de MS d'après (JARRIGE, 1980). Selon JEAN BLAIN et al. (1992), la teneur en matière grasse des fourrages varie très peu au cours du stade de végétation.

Les graines du chardon marie renferment une valeur élevée en matière grasse qui est de 21.33 % (± 2.25) de MS valeur comparable à celle de la littérature qui est de 21-26 % selon ADZET et al. (1987) cité par BEL KHADA (1998).

3-1-3 Evolution de la matière minérale

Les résultats de la composition chimique obtenus ont une forte teneur en cendres (matières minérales) de la matière sèche, qui représente en moyenne 21.67 à 12.50% MS au cours des différentes phases de développement du chardon marie (tableau n°16).

Tableau n°16 : Evolution de la matière organique et minérale du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques (%MS)

| Phase | Végétative | Floraison | Maturation | Plante sèche |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Matière organique | 78,33± 5.56 ^(b) | 81.25± 2.65 ^(b) | 76,25± 7.67 ^(b) | 87,50± 2.50 ^(a) |
| Matière minérale | 21,67± 5.56 ^(a) | 18.75± 2.65 ^(a) | 23,75± 7.67 ^(a) | 12,50± 2.50 ^(b) |

Les moyennes affectées de lettre différentes (a, b, c) sont statistiquement différentes au seuil de signification 5%.

La graine du chardon marie apporte en moyenne 97.50 % MS pour la matière organique et 2.50 %MS pour la matière minérale respectivement.

Les plus faibles taux en matières minérales ont été enregistrés dans la phase finale. Les taux les plus élevés ont été observés à la maturation. L'analyse statistique nous montre qu'il existe une différence significative entre les phases phénologique ($F = 5.02^{**}$, $p < 1\%$). Ces résultats sont confrontés, par la comparaison des moyennes réalisées par Le teste de NEWMAN et KEULS au seuil 5% qui classe les phases en deux groupes homogènes distinctes.

La teneur en matière minérale suit une évolution antagoniste à celle de la matière organique en connaissant un pic à la phase de maturation puis décroît, quand la plante devient sèche (Fig. n°05).

En effet, la matrice de la corrélation réalisée, révèle une corrélation positive entre la matière organique et la matière sèche ($r = 0.58$) d'une part, et une corrélation négative, entre la matière minérale et la matière sèche ($r = -0.58$) (tableau n°31 page 64). Donc il y a une liaison étroite entre la matière organique et la matière sèche, c'est à dire plus la matière sèche augmente plus il y a augmentation de la teneur en matière organique et un abaissement de la matière minérale; et cela se confirme avec le cercle de corrélation (fig. n°10 page 64) où on trouve les deux variables opposées.

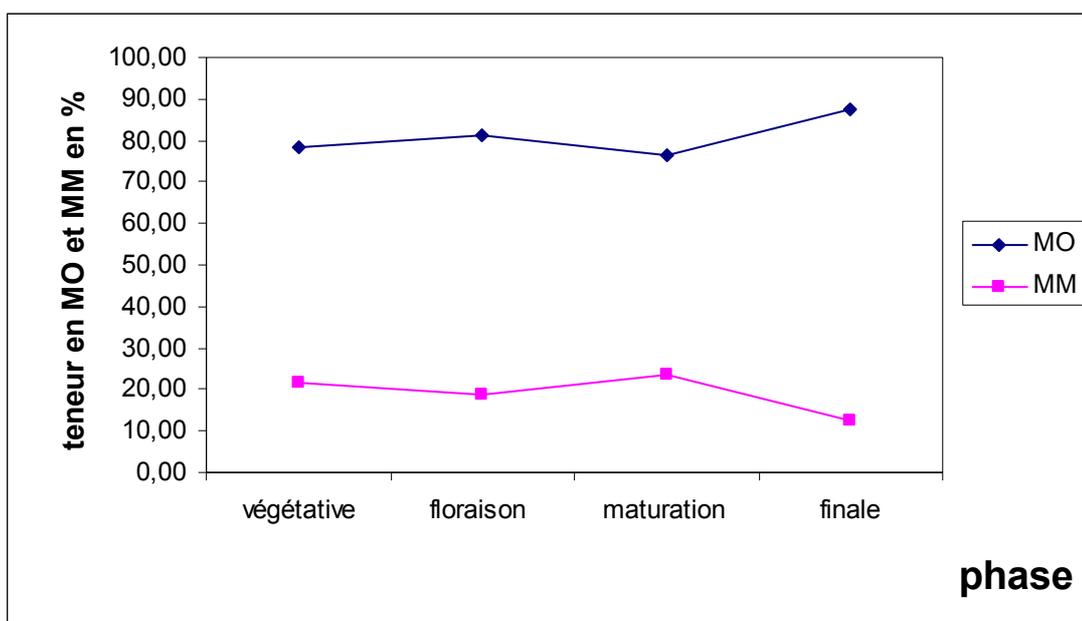


Fig. n°05 : Evolution de la teneur en MO et MM plante entière au cours des phases phénologiques du chardon marie

Durant la phase floraison, les tiges sont plus riches en matières organiques que les feuilles avec une moyenne de 85 % et 77.50 % respectivement. Les feuilles apportent donc plus de la matière minérale que les tiges 22.50 et 15 % (tableau n°17).

Tableau n°17 : Evolution de la matière organique et minérale des feuilles et tiges du chardon à la floraison entre (% MS).

| Phase | Feuille | Tige |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Matière organique | 77.50 ± 3.33 | 85.00 ± 0.00 |
| Matière minérale | 22.50 ± 3.33 | 15.00 ± 3.33 |

Les matières minérales (ou cendres brutes), constituant de 8% à 15% de la MS des fourrages (BOUCHET et GUEGUEN, 1981).

L'apport du chardon marie en matières minérales est élevé durant la phase végétative, maturation et à un degré moindre à la phase floraison par rapport aux teneurs signalés par (BOUCHET et GUEGUEN, 1981).

Les cendres sont constitués surtout par le calcium (Ca), le potassium (K) et à un degré moindre le magnésium (Mg) (tableau n°18).

Tableau n°18 : Evolution des teneurs en minéraux majeurs du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques (g / kg de MS).

| Phase | Na | K | P | Mg | Ca |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| Végétative | 4.46±0.23 | 25.48±0.4 | 0.26±0.01 | 03,59±0.99 | 55,82±06.29 |
| Floraison | 0.64±0.27 | 20.2±1.84 | 0.23±0.04 | 02.38±0.06 | 45.34±07.33 |
| Maturation | 0.4±00 | 31.6±1.16 | 0,4±00 | 02,08±0.64 | 53,02±07.09 |
| Plante sèche | 0.5±00 | 26.3±0.29 | 0.2±00 | 01.31±0.20 | 35.97±13.48 |

La graine du chardon marie est plus riche en Ca (en moyenne 35.57g /kg de MS) qu'en K (8.0 g/ kg de MS); Mg (01.43 g/ kg de MS) ; P (0.6 g/ kg de MS) et en Na (0.2 g/ kg de MS)

Les feuilles sont plus riches en calcium que les tiges pendant la phase de floraison, alors que les tiges ont une valeur plus importante en potassium (tableau n°19).

Tableau n°19 : Evolution des teneurs en minéraux majeurs des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison (g / kg de MS)

| Organe | Na | K | P | Mg | Ca |
|----------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Feuille | 0.83 ±0.35 | 18.9 ±3.27 | 0.2 ±00 | 02.43 ±0.60 | 50.52 ±16.13 |
| Tige | 0.45 ±0.07 | 21.5 ±0.41 | 0.15 ±0.07 | 02.34 ±1.17 | 40.15 ± 9.22 |

Par ailleurs, GUEGUEN (1956) cité par MESCHY et GUEGUEN (1995), a signalé, que la répartition des éléments minéraux dans les différents organes de la plante n'est pas homogène (probablement à cause de la différence de stade).

Sodium (Na)

La plante présente de très faibles teneurs en sodium 0.5 à 4.5 g/ kg de MS (tableau n°18), il y a une diminution de la concentration de la phase végétative jusqu'à la phase finale. Des corrélations positives entre le sodium et la digestibilité de la matière sèche ($r = 0.54$) et la digestibilité de la matière organique ($r = 0.57$). Une corrélation négative avec la teneur en cellulose brute ($r = -0.55$) (tableau n°31 page 64).

Potassium (K)

Les teneurs en potassium présentent des valeurs moyennes 20.2 à 31.6 g/ kg de MS. En effet la matrice de corrélation montre des corrélations négatives entre potassium et la teneur en matière sèche ($r = -0.57$) et avec la teneur en matière grasse ($r = -0.60$) (tableau n°31 page 64).

Phosphore (P)

Les teneurs en phosphore sont les plus faibles des minéraux étudiés (0.2-0.4/ kg de MS). Cet élément reste à un niveau relativement constant tout au long du cycle de la plante. La matrice de corrélation réalisée montre des corrélations positives entre le phosphore et la teneur en matière sèche ($r = 0.65$) et avec la teneur en matière grasse ($r = 0.65$) (tableau n°31 page 64).

Magnésium (Mg)

Les teneurs en magnésium restent faibles comparées à celles du calcium (3.59 – 1.31 g/ kg de MS). Au cours du développement de la plante, on note une tendance à la baisse de la teneur en magnésium. La matrice de corrélation montre des corrélations négatives entre magnésium et la teneur en cellulose brute ($r = -0.67$) et des corrélations positives, avec la matière organique digestible ($r = 0.56$), la digestibilité de la matière sèche ($r = 0.74$) et la digestibilité de la matière organique ($r = 0.77$) (tableau n°31 page 64).

Calcium (Ca)

Le calcium présente les teneurs les plus élevées des minéraux étudiés (35.57 - 55.83 g / kg de MS). Les valeurs de calcium baissent progressivement avec l'âge de la plante. En effet, la matrice de corrélation révèle des corrélations négatives entre calcium et la teneur en matière organique ($r = -0.60$) (tableau n°31 page 64).

La comparaison entre feuilles et tiges à la floraison révèle des teneurs en macroélément toujours supérieures dans les feuilles que dans les tiges.

Le chardon marie contient les minéraux nécessaires à l'organisme animal. Néanmoins, sa teneur en minéraux peut être pour l'animal soit un aliment parfaitement équilibré, soit au contraire, accuser des déséquilibres selon les besoins des animaux. La concentration du

chardon marie en potassium reste assez stable en fonction des différentes phases phénologiques. Légère tendance à la baisse pour le calcium.

Le chardon marie est beaucoup plus riche en calcium que les légumineuses, la luzerne à une teneur de 16 à 20 g/kg MS (JEAN BLIAN et al, 1992).

JEAN BLIAN et al, (1992), rapporte que le potassium est l'élément minéral le plus abondant dans les plantes fourragères. Par conséquent l'étude des variations de la teneur des plantes en calcium, phosphore et magnésium présente un intérêt pratique.

Les éléments minéraux majeurs présentent selon LITTLE (1982) cité par MESCHY et GUEGUEN (1995), approximativement les plages de variation suivant par g / kg de MS (tableau n°20) :

Tableau n°20 : Plage de variation de la teneur de chardon marie et des fourrages en macroéléments (g/kg MS)

| Minéraux | Chardon marie | Plantes fourragères LITTLE (1982) |
|-----------------|----------------------|--|
| Phosphore (P) | 0.20 - 0.40 | 0.20 - 0.70 |
| Calcium (Ca) | 35.97 - 55.82 | 0.40 – 71 |
| Magnésium (Mg) | 2.38 - 3.59 | 0.30 – 10 |
| Sodium (Na) | 0.4 – 4.5 | 0.01 – 21 |
| Potassium (K) | 20.2 - 25.6 | 10 – 60 |

Du tableau n°20 on peut déduire, que le chardon marie est très riche en calcium .

La teneur en minéraux d'une plante fourragère reflète la teneur et la disponibilité de ces mêmes éléments dans le sol qui la produit (JEAN BLAIN et al.1992). D'après RIVIERE (1978) et JARRIGE et al. (1995) la composition minérale d'un fourrage résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs : la phase végétative de la plante, son appartenance botanique, les conditions de milieu et l'exploitation.

Il est généralement admis, d'après JARRIGE et al. (1995), que l'âge des fourrages est un facteur important de variation de leur composition minérale, mais cette situation a en fait, une origine multifactorielle :

- La croissance végétale : le rapport entre les éléments absorbés et la quantité de matière organique synthétisée pendant une même période diminuent avec l'âge de la plante;
- Morphologique du végétal : la diminution du rapport feuille / tige, ainsi que de la composition minérale des organes végétaux eux mêmes, particulièrement marquée à certaines phases physiologiques, notamment la floraison et la maturation;
- Organes : la répartition des éléments minéraux dans les différents organes de la plante n'est pas homogène.

Les teneurs en éléments minéraux de la plante dépendant à la fois des réserves du sol, de la disponibilité de chaque élément vis-à-vis la plante, de l'efficacité de la captation racinaire vers les organes aériens de la plante (RIVIERE, 1978, JARRIGE et al, 1995).

BOUCHET et GUEGUEN (1981), mentionnent que la teneur en minéraux des fourrages est liée à la espèce et la phase de développement.

MESCHY et GUEGUEN (1995), rapportent qu'il est généralement admis que plus la plante accumule de la matière sèche plus la teneur en minéraux diminue.

En général, la variation en matière minérale dépend entièrement de l'activité chlorophyllienne et métabolique de la plante selon DUDOUET (1999).

DEBARBANDER et al. (1977) ont étudiés l'influence du stade de végétation sur la composition chimique, la digestibilité et la valeur énergétique des fourrages, ils observent que la modification moyenne journalière intervient dans la composition de la matière organique, protéines brute, cellulose brute, les matières grasses et les parois cellulaires. Il en ressort que la composition chimique est modifiée au fur et à mesure que la plante pousse de l'âge.

3-2-Digestibilité

La digestibilité de la matière sèche et de la matière organique est plus importante durant la phase végétative et la phase floraison. Elle est en moyenne de 70.83% et 68.12% pour la première et une moyenne de 69.64% et 65.15% pour la seconde respectivement. Au cours de la maturation on note une moyenne de 52.97% pour la digestibilité de la matière sèche et 52.98% de la digestibilité de la matière organique, et en phase finale en moyenne de 53.93% et 51.01% respectivement pour la digestibilité de la MS et la MO (tableau n°21).

Pour ce qui est de la graine, la digestibilité de la matière sèche est de 46.53% (± 0.78) et la digestibilité de la matière organique est de 47.87% (± 0.71), la matière organique digestible 466.72 (± 2.42) g/kg MS et la matière organique non digestible 508.28 (± 2.42) g/kg MS.

Tableau n°21 : Evolution de la digestibilité de la MS et de la MO du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques.

| Stade | En % | | | | En g / kg MS | |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------|
| | D _{cell} MS | D _{cell} MO | dMS | dMO | MOD | MOND |
| Végétative | 66,48± | 63,70 | 70,83 ^(a) | 69,64 ^(a) | 545,21 ^(a) | 238,12 |
| | 10.81 | ± 11.73 | ± 07.63 | ± 07.70 | ± 83.32 | ± 57.47 |
| Floraison | 62.64 | 56.87 | 68.12 ^(a) | 65.15 ^(a) | 530.23 ^(a) | 282.27 |
| | ±0 8.75 | ± 11.80 | ±0 6.18 | ±0 7.75 | ± 99.28 | ± 46.25 |
| Maturation | 41,18 | 38,31 | 52,97 ^(b) | 52,98 ^(b) | 403,58 ^(b) | 358,92 |
| | ±02.56 | ±0 1.41 | ±0 1.81 | ± 00.92 | ± 33.92 | ± 42.68 |
| Plante sèche | 42.53 ± | 35,31 ± | 53,93 ^(b) | 51,01 ^(b) | 446,52 ^(ab) | 428,48 |
| | 02.28 | 02.73 | ± 01.61 | ± 01.79 | ± 25.25 | ± 13.76 |

Les moyennes affectées de lettre différentes (a, b, c) sont statistiquement différentes au seuil de signification 5%.

A la floraison, la digestibilité des tiges est supérieure à celle des feuilles (72.49 %, 63.76 %) et (70.63 %, 59.86 %) respectivement pour la matière sèche et la matière organique (tableau n°22). Ce qui donne aux tiges un comportement comparable à celui des plantes jeunes (phase végétative), cela se confirme avec le cercle de corrélation des individus (fig. n°11 page 65), qui montre que la tige à ce stade se regroupe avec les plantes de la phase végétative.

Le stade de développement la plante à un effet très sensible sur la digestibilité de la matière sèche et la matière organique, les stades plus jeunes avec les tiges pendant la floraison étant les plus digestibles (tableau n° 21 et 22). L'analyse de la variance donne en effet une différence de digestibilité significative ($F = 10.91^{***}$ et 9.44^{***} , $p < 1\%$) entre les phases aussi bien pour la matière sèche que pour la matière organique. Le teste de NEWMAN et KEULS a 5% dégage deux groupes homogènes pour la digestibilité de la matière sèche et la matière organique.

La différence apparaît encore dans le cercle des corrélations (11page, 66), où la phase végétative ou floraison est opposée à leur digestibilité et le taux de cellulose brute à la phase maturation ainsi que la phase finale.

En effet les valeurs les plus élevées sont enregistrées à la phase végétative et la floraison alors que les valeurs les plus basses sont enregistrées lorsque la plante atteint sa phase finale. En fonction de ces stades de développement, la dMO diminue progressivement d'une façon linéaire.

La digestibilité du chardon marie est au maximum au début de la phase végétative, elle diminue jusqu' à la phase finale, par suit de l'accroissement de la proportion des tiges et la diminution de la digestibilité des ces derniers ver la maturation et le stade finale (Fig. n °06).

Tableau n°22 : Evolution de la digestibilités des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison

| Floraison | En % | | | | En g / kg MS | |
|-----------------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | D _{cell} MS | D _{cell} MO | dMS | dMO | MOD | MOND |
| Feuilles | 56.45 ± 0.55 | 48.52 ± 11.25 | 63.76 ± 7.45 | 59.86 ± 7.38 | 460.03 ± 52.35 | 314.97 ± 85.21 |
| Tiges | 68.82 ± 8.07 | 65.21 ± 9.09 | 72.49 ± 5.70 | 70.63 ± 5.96 | 600.43 ± 27.15 | 249.57 ± 72.15 |

La matrice des corrélations réalisée, révèle des corrélations négatives entre la digestibilité de la matière sèche et le taux de matière sèche ($r = - 0.65$), le taux de cellulose brute ($r = - 0.64$), d'une part et des corrélations négatives entre la digestibilité de la matière organique et le taux de la matière sèche ($r = - 0.57$) et le taux de la cellulose brute ($r = - 0.60$) d'autre part (tableau n°31 page).

La corrélation élevée entre la digestibilité de la matière sèche et celle de la matière organique ($r = 0.98$) est tout à fait normale ; la matière organique représente en effet le constituant essentiel de la matière sèche.

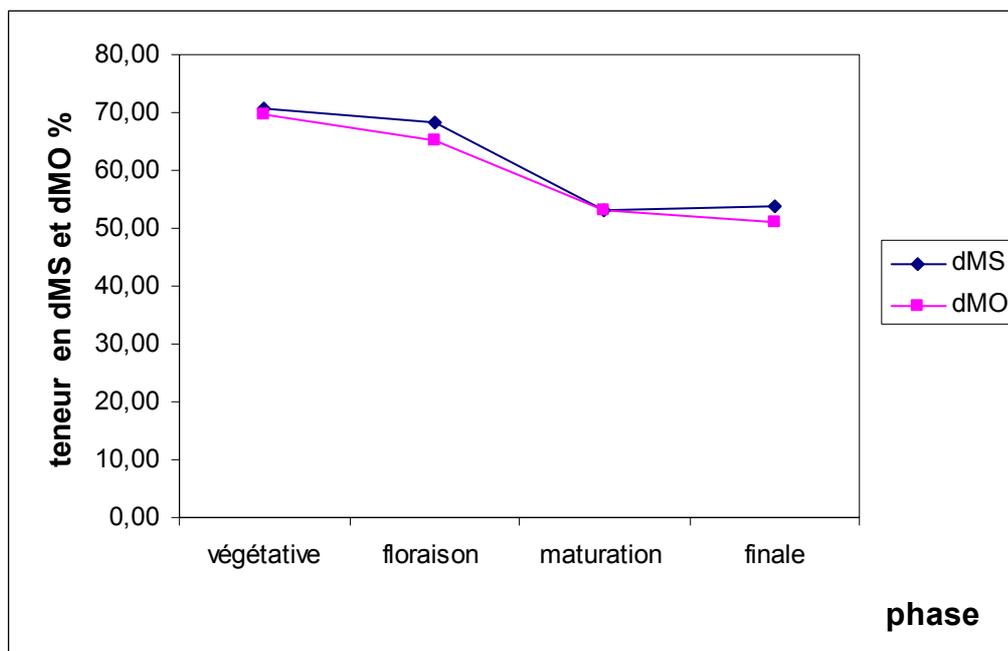


Fig. n°06 : Variation de la digestibilité de la MS et de la MO (plante entière) en fonction des phases phénologiques du chardon marie

Nos résultats concorde avec ceux JEAN BLIAN et al. (1992), qui rapporte que la digestibilité de la matière organique est en fonction de l'avancement du stade de végétation. Lorsque le taux de cellulose brute augmente, la digestibilité décroît, l'allure de cette décroissance varie suivant le stade de végétation, elle est maximale à la première phase (fig. n° 07).

Au cours de la phase végétative la digestibilité de la matière organique (dMO) du chardon marie (69.64 %) est proche aux résultats de KIRILOV (2000), du pois (71.3 %) et inférieure à celle de la vesce (74%). Pendant la floraison la valeur de la dMO du chardon marie (65.15 %) est proche du pois et de la vesce (69.9 % et 69.1 %).

Durant la floraison, JEAN BLIAN et al. (1992), rapporte que la digestibilité de la matière organique de la luzerne (60%) et d'une graminée (55%), La digestibilité de la matière organique du chardon marie (65.15%) est considérés comme des taux relativement important aux résultats sus mentionnés.

La digestibilité de la matière organique dépend essentiellement des parois de la plante, caractérisées par la fraction cellulose brute (VAN-SOEST, 1967).

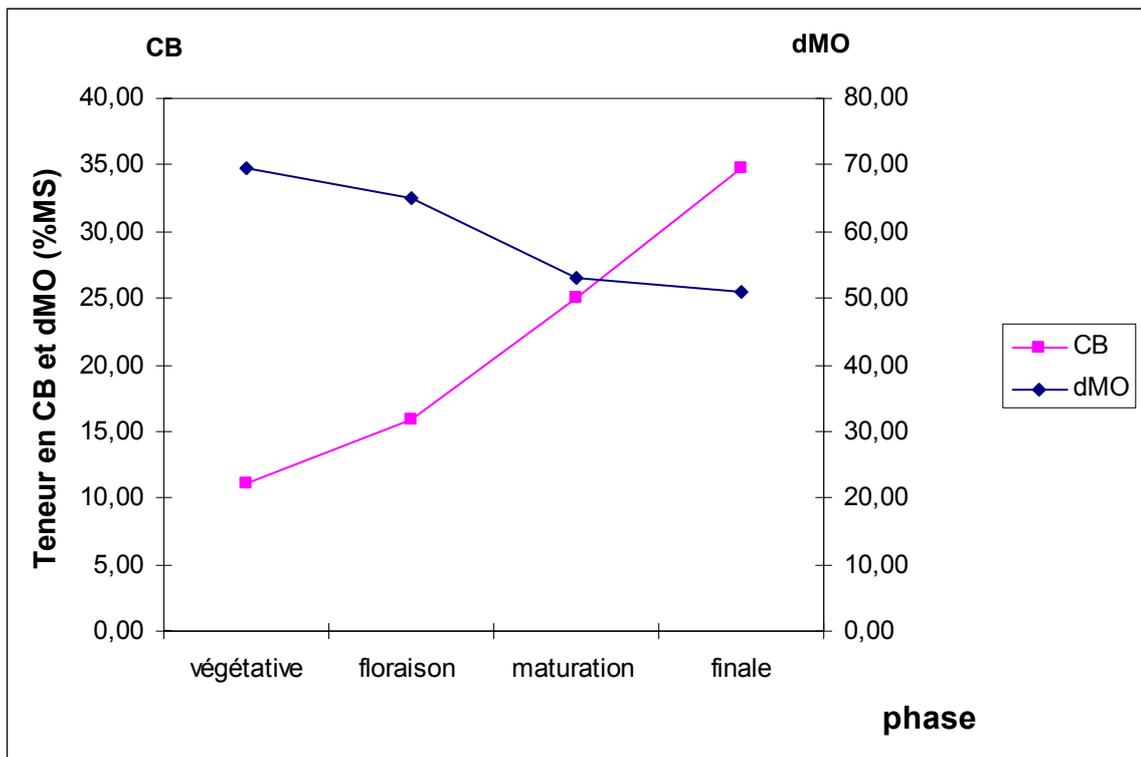


Fig. n° 07 : Relation entre la digestibilité de la matière organique et le taux de cellulose brute en fonction des phases phénologiques du chardon marie

D'après ANDRIEU et WEISS (1981), la digestibilité de la matière organique et la valeur énergétique du fourrage sont les plus difficiles à prévoir à partir de l'analyse chimique; au premier cycle de végétation, la digestibilité et la valeur énergétique d'une plante donnée sont liées positivement à sa teneur en matières azotées et négativement à sa teneur en cellulose brute.

La digestibilité et l'ingestibilité varient avec les mêmes facteurs : âge, composition morphologique, degré de lignification des tissus (ANDRIEU et BAUMONT, 2000). Au printemps, la digestibilité diminue essentiellement en relation avec la proportion des tiges dans la biomasse récoltable, ces dernières étant moins digestibles (HACHER et al. 1981) Cité par DURU et al. (1998).

La digestibilité de la matière organique d'une espèce donnée dépend presque exclusivement de sa phase de développement (DEMARQUILLY et al 1998).

On comparant nos résultats à ceux trouvés par TANJI (1993) pour des plantes différentes considérées comme mauvaises herbes et appartenant à la famille des composées

(tableau n°23), nos résultats s'avèrent plus élevés que ceux de chicorée frisée (66.51 %), mouron bleu (66.67 %) à la phase végétative et une valeur moyenne proche de chrysanthème à couronnes (70.41 %) ; à la phase floraison nos résultats sont proches de ceux enregistrés par les autres plantes.

Tableau n° 23 : Comparaison de la digestibilité de la matière organique (%) du Chardon marie avec d'autres espèces

| Espèce | Phase végétative | Phase floraison |
|--|-------------------------|------------------------|
| Chardon marie (<i>silybum marianum</i> L.) | 69.64 | 65.15 |
| Résultat d'après TANJI (1993) | | |
| | Phase végétative | Phase floraison |
| Chicorée frisée (<i>Cichorium endivia</i> L.) | 66.51 | 64.43 |
| Chrysanthème à couronnes (<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.) | 70.41 | 63.19 |
| Mouron bleu (<i>Anagallis foemina</i> Miller) | 66.67 | 62.82 |

Citée par plusieurs auteurs, la digestibilité de la matière organique dépend de l'importance de la fraction non soluble (parois cellulaires), cela signifie que le vieillissement de la plante entraîne une régression de la dMO. SCEHOVIC (1991) rapporte que la digestibilité de la matière organique d'une plante fourragère ou d'un organe de cette plante dépend essentiellement de la teneur et de la digestibilité des constituants pariétaux. Elle diminue au fur et à mesure que la teneur en ces constituants et le degré de lignification de ces derniers augmente. Il en résulte que la digestibilité des tiges est plus faible que celle des feuilles sauf dans notre étude où les tiges durant la phase floraison qui sont plus digestibles (dMO 70.63 %MS) qui donne au chardon marie un caractère nutritive important.

Il apparaît ainsi que la règle selon la quelle la digestibilité varie considérablement avec la phase végétative, ou l'âge chez les fourrages classiques (DEMARQUILLY et JARRIGE, 1981) peut s'appliquer aussi au chardon marie.

II- 3- Valeur nutritive

La valeur nutritive du chardon marie (MAD, PDIN, PDIE, PDIA, UFL, UFV) a été estimée à partir d'équations de régression.

3- 3-1-Valeur azotée

Le chardon marie est riche quelque soit le mode d'expression (MAD, PDIN, PDIE, PDIA) durant le phase végétative et la floraison. Sa matière sèche renferme un taux moyen de matières azotées digestibles respectivement 132.26g et 116.49g. Puis cette teneur diminue jusqu'à la fin du cycle de développement 30.17g et 36.85g pour la phase de maturation et plante sèche respectivement où on enregistre le taux le plus faible à la phase maturation (tableau 24).

L'évolution des valeurs de la digestibilité azotée est semblable à celle de la digestibilité de la matière organique. La teneur en matières azotées digestibles connaît une diminution graduelle tout au long de son évolution, elle atteint le pic le plus bas à la phase de maturation puis une légère augmentation lorsque la plante atteint la phase finale (Fig. n °08). , cette évolution est significative entre les différentes phases phénologiques, et le teste de NEWMAN et KEULS a 5% dégage deux groupes homogènes.

Tableau n° 24 : Evolution des valeurs azotées du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques (g / kg de MS)

| Stade | MAD | PDIA | PDIE | PDIN |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Végétative | 132,26 ^(a) ± 71.95 | 71.26 ^(a) ± 43.20 | 112.48 ^(a) ± 39.02 | 131.94 ^(a) ±80.13 |
| Floraison | 116.49 ^(a) ± 24.52 | 69.62 ^(a) ± 23.92 | 109.11 ^(a) ± 16.40 | 123.37 ^(a) ± 39.73 |
| maturation | 30,17 ^(b) ± 3.06 | 21.64 ^(b) ± 1.89 | 52.15 ^(b) ± 0.067 | 37.89 ^(b) ±3.32 |
| Plante sèche | 36,85 ^(b) ± 2.86 | 22.38 ^(b) ± 2.04 | 56.14 ^(b) ± 01.01 | 45.83 ^(b) ±4.15 |
| Signification | P < 1‰ | P<1% | P < 1‰ | P<1% |
| | F = 9.30 ^{***} | F =6.99 ^{**} | F = 11.83 ^{***} | F = 6.43 ^{**} |

Les moyennes affectées de lettre différentes (a, b, c) sont statistiquement différentes au seuil de signification 5%.

La valeur azotée du chardon marie dépend essentiellement de sa teneur en matières azotées totales. En effet, la matrice des corrélations réalisée, révèle des corrélations d'une part positives entre la digestibilité des matières azotées et le taux de la matière azotée totale ($r = 0.96$), et une corrélation négative avec la cellulose brute ($r = - 0.58$) d'autre part (tableau n°31 page 64).

Pour les PDIA on note une valeur moyenne de 71.26 g/kg MS ; 69.62 g/kg MS; 21.64 g/kg MS respectivement à la phase végétative, la floraison et la maturation et en phase finale en moyenne 22.38 g/ kg MS.

Pour les PDIE en moyenne de 112.48 g/kg MS 109.11 g/kg MS pour la phase végétative et la floraison; 52.15 g/kg MS à la maturation et 56.14 g/kg MS pour la plante sèche (tab. 24).

Pour les PDIN on a les moyennes 131.94 g/ kg MS phase végétative et 123.37g/kg MS durant la floraison ; 37.89 g/kg MS à la maturation et 45.83 g /kg MS pour la plante sèche (tableau 24).

Les graines ont des teneurs élevées en PDIN (92.52 g / kg MS ± 2.59) que les PDIE (69.22 g/ kg MS ± 1.12) et les PDIA (33.94 g / kg MS ± 0.95) et une valeur azotée en moyenne 70.83 g / kg MS (± 2.32).

Durant la phase floraison la valeur azotée des feuilles est plus élevée que celle des tiges (tableau n °25).

Tableau n° 25 : Evolution de valeurs azotées des feuilles et tiges du chardon marie à la floraison (g / kg de MS)

| Organe | MAD | PDIA | PDIE | PDIN |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Feuille | 133.83 \pm 13.28 | 86.54 \pm 10.32 | 121.31 \pm 9.78 | 151.46 \pm 18.07 |
| Tige | 99.15 \pm 38.97 | 52.71 \pm 14.43 | 98.11 \pm 19.89 | 92.27 \pm 25.26 |

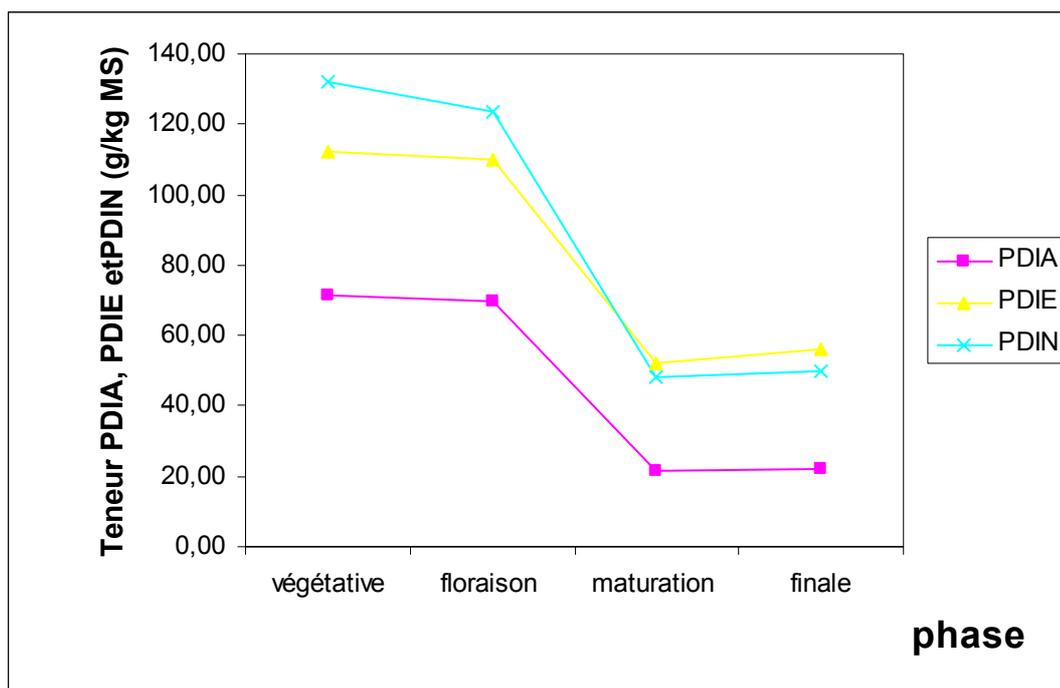


Fig. n°08 : Variation de la valeur azotée (plante entière) en fonction des phase phénologique du chardon marie

L'examen de la Fig. n °08 et des valeurs PDIN et PDIE de la plante permet de faire les remarques suivantes :

* Valeurs des PDIN sensiblement supérieures à la valeur des PDIE durant la phase végétative et floraison. L'énergie fermentescible est le facteur limitant, dû au taux élevé du chardon marie en matières azotées.

* Valeurs des PDIE sensiblement supérieures à la valeur des PDIN pendant la maturation et la phase finale, la matière azotée fermentescible est le facteur limitant, dû au faible taux de la matière azotée du chardon marie, ce qui met en évidence l'existence d'un un potentiel de synthèse protéique microbienne à partir de l'énergie fermentescible dans le rumen (PDIME), plus importante que celle permise par l'azote fermentescible (PDIMN).

La valeur azotée du chardon marie est influencée par la phase phénologique, c'est la phase végétative et la floraison qui sont plus riches en PDIA, PDIE et PDIN, l'analyse de variance donne d'ailleurs une différence significative entre les différentes phases phénologiques. Le teste de NEWMAN et KEULS a 5% dégage deux groupes homogènes.

Selon JARRIGE (1984) et DEMARQUILLY et al. (1981), la teneur en PDIN d'un fourrage dépend de sa teneur en matières azotées totales, de la solubilité (s) des matières azotées totales et de leur digestibilité réelle (dr) dans l'intestin grêle.

La valeur azotée du chardon marie durant la phase végétative est élevée comparativement à celle de la teneur du luzerne et le brome (tableau n °26), à la phase floraison la valeur MAD est inférieure a celle de la luzerne (122 g et 116.49 g/kg MS) et plus importante que le brome (45 g/kg MS).

Tableau n °26 : comparaison de la valeur azotée du chardon marie avec d'autres espèces (g/kg MS)

| Espèce | Stade | MAD | PDIA | PDIN | PDIE |
|--|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Chardon marie <i>(Silybum marianum)</i> | Végétative | 132.26 | 71.26 | 112.48 | 131.94 |
| | Floraison | 116.49 | 69.62 | 109.11 | 123.37 |
| Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) JARRIGE (1988) | Végétative | 176 | 51 | 141 | 101 |
| | Floraison | 122 | 38 | 106 | 81 |
| Brome (<i>Bromus catharticus</i>) JARRIGE (1988) | Végétative | 146 | 42 | 117 | 99 |
| | Floraison | 45 | 17 | 48 | 71 |

On peut donc classer le chardon marie selon sa valeur en PDIN et PDIE, dans la catégorie des fourrages de qualité pendant les deux phases végétatives et floraison tels que les tourteaux et les protéagineux. Alors que durant les phases maturation et finale, le chardon marie a des propriétés telles des pailles et d'un mauvais fourrage.

3-3-2-Valeur énergétique

A partir des équations de prédiction établies par l'INRA, (1978 et 1988) qui ont permis de calculer les valeurs énergétiques du chardon marie (tableau n° 27).

On a enregistré une énergie brute en moyenne de 3826.06 kcal/kg MS au sein de la phase végétative, 3936.19 kcal/kg MS à la floraison, à la phase maturation en moyenne 3423.12 kcal/kg MS et une valeur maximum moyenne de 4116.75 kcal/kg MS à la phase finale. Une énergie digestible de 2517.37 kcal/kg MS ; 2426.69 kcal/kg MS ;

1698.78 kcal/kg MS et 1963.48 kcal/kg MS respectivement pour la phase végétative, floraison, maturation et la phase finale. Une énergie métabolisable où on enregistre la moyenne la plus élevée durant la phase végétative et floraison 2078.57 et 2000.82 kcal/kg MS et la moyenne la plus faible 1423.46 kcal/kg MS à la phase maturation (tableau. n°27).

Tableau n° 27 : Evolution des valeurs énergétiques du chardon marie (plante entière) en fonction des phases phénologiques

| Stade | En kcal / kg MS | | | / kg MS | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|
| | EB | ED | EM | UFL | UFV |
| Végétative | 3826.06 ± 404.11 | 2517.37 ± 278.06 | 2078.57 ± 237.10 | 0,73 ^(a) ± 0.10 | 0,67* ± 0.11 |
| Floraison | 3936.19 ± 16.19 | 2426.69 ± 339.73 | 2000.82 ± 295.87 | 0.70 ^(a) ± 0.12 | 0.64* ± 0.13 |
| Maturation | 3423.2 ± 347.03 | 1698.78 ± 142.16 | 1423.46 ± 110.12 | 0,47 ^(c) ± 0.04 | 0,39* ± 0.03 |
| Plante sèche | 4116.75 ± 76.28 | 1963.48 ± 94.91 | 1580.83 ± 82.84 | 0,52 ^(b) ± 0.03 | 0,41* ± 0.03 |

Les moyennes affectées de lettre différentes (a, b, c) sont statistiquement différentes au seuil de signification 5%.

() : Moyennes statistiquement identiques au seuil de signification 5 %.

Pour ce qui est de la graine, on a enregistré les valeurs énergétiques moyennes suivantes : énergie brute 4680.89/kg MS (5.23) ; énergie digestible 2083.77 /kg MS (14), énergie métabolisable 1707.25/kg MS (11.93), et un apport fourragère moyen en UFL 0.55/kg MS et UFV 0.43/kg MS.

L'évolution de l'énergie brute au cours du cycle de développement de la plante, nous permet de déduire que celle-ci varie et serait plus élevée à la fin du cycle (plante sèche), c'est à la phase de maturation qu'on enregistre les taux les plus bas des valeurs énergétiques (EB, ED et EM) alors que la phase végétative et floraison sont les plus énergétiques. Pour l'énergie digestible et l'énergie métabolisable, on note que leur évolution diminue avec les phases phénologiques où on enregistre le taux le plus bas au sein de la phase maturation puis une légère augmentation lorsque la plante devient sèche.

La valeur énergétique du chardon marie augmente puisque la teneur en matière sèche augmente mais cette matière sèche est moins énergétique à cause de la diminution de sa digestibilité.

En effet, la matrice des corrélations révèle des corrélations positives entre l'énergie brute et le taux de la matière organique ($r = 0.73$), la matière grasse ($r = 0.54$) et matières azotées totales ($r = 0.55$); et une corrélation négative avec la matière minérale ($r = -0.73$) (tableau n°31 page 64). Des corrélations positives entre d'une part, l'énergie digestible et la digestibilité de la matière sèche ($r = 0.84$), digestibilité de la matière organique ($r = 0.84$) et de l'autre part l'énergie métabolisable avec la digestibilité de la matière sèche ($r = 0.87$) et la digestibilité de la matière organique ($r = 0.88$) (tableau n°31).

Pour les valeurs énergétiques fourragères, la matière sèche du chardon marie est assez énergétique (tableau n° 27), elle connaît une évolution réduite jusqu'à la phase de maturation (Fig. n°09). Elle renferme en moyenne 0.73 UFL et 0.70 UFL par kg de MS à la phase végétative et floraison respectivement. Cette valeur diminue en phase maturation en moyenne 0.47 par kg MS puis augmente légèrement lorsque la plante devient sèche en moyenne de 0.52UFL/ kg MS. Pour les valeurs énergétiques UFV, sont plus importantes à la phase végétative et floraison en moyenne de 0.67 UFV, 0.64 UFV/ kg MS respectivement et 0.39 UFV/ kg MS concernant la phase maturation qui est la valeur la plus faible. La phase finale apporte 0.41UFV/ kg MS (tableau n° 27).

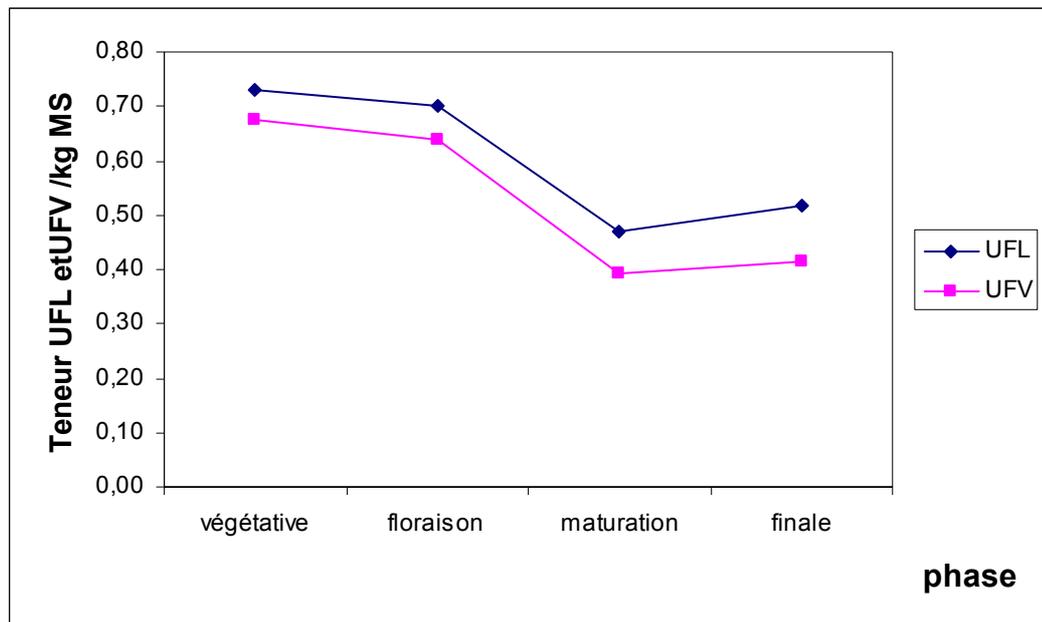
L'analyse statistique révèle une différence significative ($F= 17.17^{***}$, $p<1\%$), entre l'apport énergétique fourragère (UFL) et les phases phénologiques du chardon marie. Le teste de NEWMAN et KEULS a 5% dégage trois groupes homogènes.

La matrice de corrélation révèle d'une part une corrélation positive entre UFL et le taux de matières azotées totales ($r = 0.96$) et une corrélation négative avec la cellulose brute ($r = -0.62$); et d'autre part une corrélation positive entre UFV et le taux des matières azotées totales ($r = 0.91$) (tableau n°31 page 64).

Durant la phase floraison, les tiges sont plus énergétiques que les feuilles (tableau n°28), ces dernières sont d'une moyenne de 0.61UFL pour les feuilles et 0.78 UFV pour les tiges. la valeur énergétique du chardon marie est plus importante en UFL que en UFV (Fig. n°09).

**Tableau n° 28 : Evolution des valeurs énergétiques des feuilles et tiges
du chardon marie à la floraison**

| Organe | En k cal / kg MS | | | / kg MS | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | EB | ED | EM | UFL | UFV |
| Feuille | 3924.75 ±253.45 | 2186.46 ±229.78 | 1791.61 ±194.83 | 0.61 ±0.08 | 0.54 ±0.10 |
| Tige | 3947.64 ±64.03 | 2666.91 ±382.87 | 2210.03 ±382.86 | 0.78 ±0.13 | 0.73 ±0.15 |



**Fig. n°09 : Variation des valeurs énergétiques fourragères (plante entière) en fonction
des phases phénologique du chardon marie**

Le chardon marie s'avère moins énergétique comparativement aux données bibliographiques que la luzerne et le brome durant la phase végétative et floraison (tableau n° 29).

Tableau n °29 : comparaison de la valeur énergétique du Chardon marie avec d'autres plantes

| Espèce | Phase | UFL | UFV | ED | EM |
|--|--------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Chardon marie <i>(Silybum marianum)</i> | Végétative | 0.73 | 0.67 | 2547 | 2078 |
| | Floraison | 0.70 | 0.64 | 24266 | 2000 |
| Luzerne (<i>Medicago sativa</i>) JARRIGE (1988) | Végétative | 0.88 | 0.82 | 3070 | 2500 |
| | Floraison | 0.69 | 0.59 | 2530 | 2040 |
| Brome (<i>Bromus catharticus</i>) JARRIGE (1988) | Végétative | 0.98 | 0.95 | 3240 | 2690 |
| | Floraison | 0.77 | 0.70 | 2720 | 2220 |

Les valeurs énergétiques fourragères du chardon marie sont considérées comme des teneurs moyennes comparativement à celles rapportées par JARRIGE (1988), pour la luzerne les UFL varie qui entre 0.88 – 0.69 /kg MS et le brome 0.98 – 0.77 UFL/kg MS pour la phase végétative et floraison respectivement.

En raison de la digestibilité de 69.94 % de la matière organique à la phase végétative et 65.15% à la phase floraison, le chardon marie devrait avoir une valeur énergétique importante. La digestibilité de la matière organique constitue en effet le meilleur critère d'estimation de la valeur énergétique des fourrages (INRA, 1978) dont elle reflète l'importance. Les plantes jeunes du chardon marie sont plus énergétiques ceci serait dû à leur plus grande richesse en matières azotées totales et leur digestibilité plus élevée.

L'analyse statistique en ACP

Pouvoir explicatif des principaux axes

Tableau n°30 : contribution à la variation totale des premiers axes

| Axes | I | II | II |
|-----------|------|------|------|
| Inertie % | 42.7 | 24.7 | 17.1 |

Le tableau n°30 montre que l'axe I explique à lui seul 42.7% de l'ensemble des variations, et l'axe II explique 24.7%.le troisième axe explique 17.1% des variations. Ainsi l'analyse du plan des axes et II fourni 77.4% d'explication et du plan des axes I et III fournit 59.8%.

Caractérisation des axes I et II

En observant l'annexe 02, on déduit que l'axe I détermine dans son sens positif l'augmentation de la teneur du chardon marie en MS, CB et P et la diminution de sa teneur en eau, DMS, DMO, MOD EM, ED Na, Mg et Ca dans le sens négatif.

L'axe II dans une certaine mesure décrit la diminution de la teneur en MAT, MAD, PDIA, PDIE, PDIN, UFL et UFV. Alors que l'axe III décrit la diminution de la teneur en Mo, MM et EB et l'augmentation de K,

Délimitation des groupes d'individus :

Les individus se ressemblent sont proches l'un de l'autre, les caractères peu sélectifs sont regroupés au centre du diagramme. Plus un point se situe à droite sur le graphique plus il s'écarte de la moyenne par de fortes valeurs des caractères. Les points situés à gauche du graphique correspondent évidemment au phénomène inverse. Les positions opposées des caractères déterminent l'opposition entre eux.

Sur la fig. n°11 : on remarque la délimitation de trois groupes, où il semble que le stade de développement a joué un grand rôle dans la discrimination entre les différentes plantes du chardon marie : groupe 1 végétative (avec la tige en milieu floraison), groupe 2 végétative début et milieu floraison). Ce sont les plantes du groupe 1 qui ont montré un plus en digestibilité et en énergie. Les plantes du groupe 2, ont montré un plus en valeur azotée et énergétique, et cela n'est guère en contradiction avec la bibliographie (DEBARBANDER et al. 1977, JEAN BLIA et al, 1992 et JARRIGE, 1995).

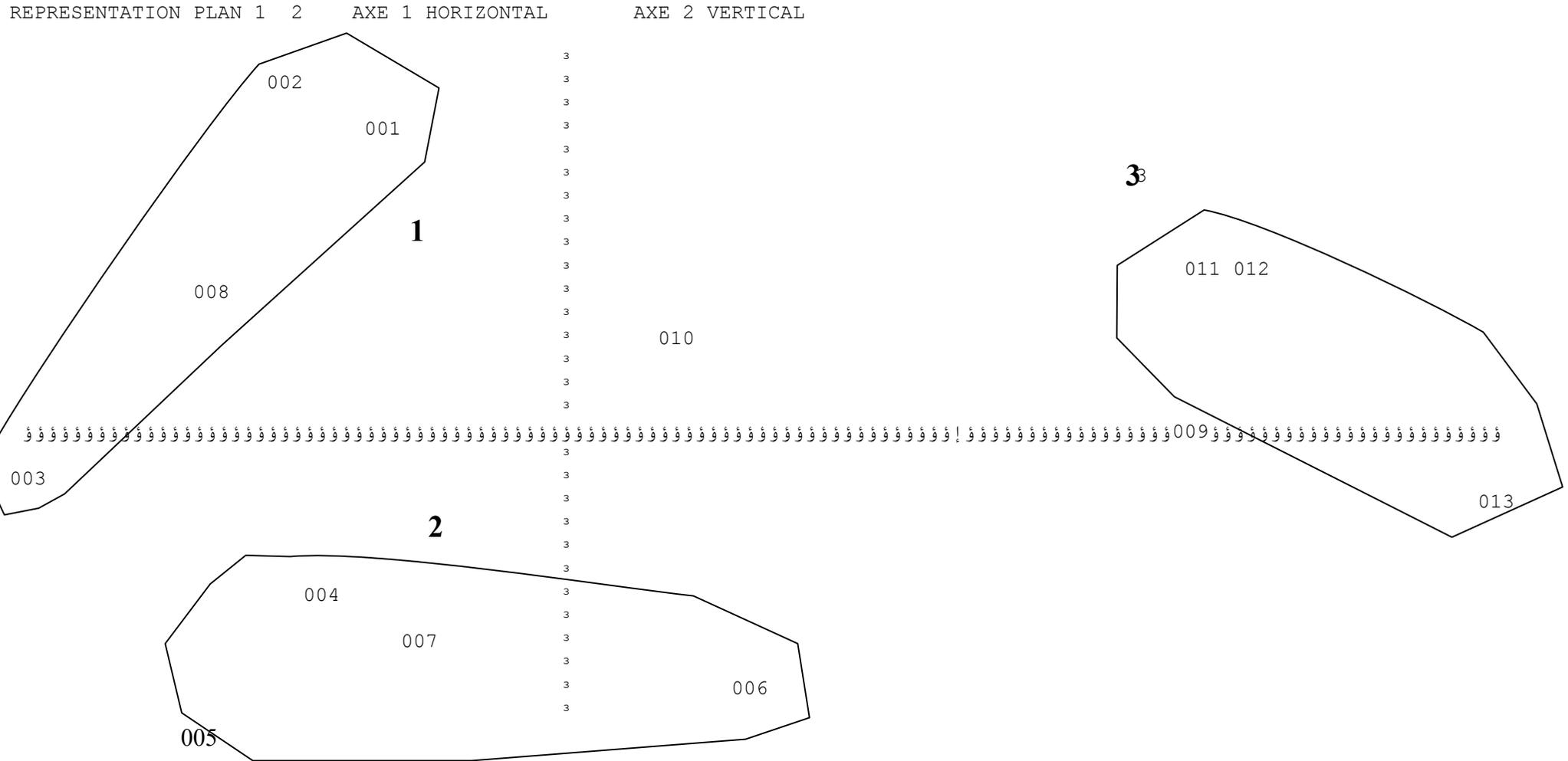
Par ailleurs la comparaison des groupes des plantes à stades différents, fait remarquer que les plantes du chardon marie en phase maturation et finale (récolte) sont les plus riches en matière sèche et cellulose brute.

Il convient de retenir que la valeur nutritive du chardon marie est au maximum à la phase végétative et floraison.

Tableau 31 : Matrice des corrélations totales des variables pour le chardon marie

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H2O | MS | MO | MM | MG | MAT | CB | CMS | DMS | CMO | DMO | MOD | MON | MAD | PIA | PIE | PIN | UFL |
| H2O | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MS | -1.000 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MO | -0.589 | 0.589 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MM | 0.589 | -0.589 | -1.000 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| MG | -0.925 | 0.925 | 0.688 | -0.688 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| MAT | 0.215 | -0.215 | -0.132 | 0.132 | -0.107 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| CB | -0.642 | 0.642 | 0.502 | -0.502 | 0.505 | -0.486 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| CMS | 0.654 | -0.654 | -0.189 | 0.189 | -0.505 | 0.038 | -0.644 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| DMS | 0.654 | -0.654 | -0.189 | 0.189 | -0.505 | 0.038 | -0.644 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | | | |
| CMO | 0.573 | -0.573 | -0.166 | 0.166 | -0.446 | -0.031 | -0.606 | 0.985 | 0.985 | 1.000 | | | | | | | | |
| DMO | 0.573 | -0.573 | -0.166 | 0.166 | -0.446 | -0.031 | -0.606 | 0.985 | 0.985 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | |
| MOD | 0.302 | -0.302 | 0.302 | -0.302 | -0.149 | -0.107 | -0.343 | 0.863 | 0.863 | 0.887 | 0.887 | 1.000 | | | | | | |
| MON | -0.722 | 0.722 | 0.472 | -0.472 | 0.655 | -0.000 | 0.695 | -0.940 | -0.940 | -0.946 | -0.946 | -0.698 | 1.000 | | | | | |
| MAD | 0.343 | -0.343 | -0.166 | 0.166 | -0.232 | 0.962 | -0.582 | 0.272 | 0.272 | 0.213 | 0.213 | 0.115 | -0.231 | 1.000 | | | | |
| PIA | 0.365 | -0.365 | -0.244 | 0.244 | -0.271 | 0.983 | -0.554 | 0.115 | 0.115 | 0.030 | 0.030 | -0.093 | -0.098 | 0.961 | 1.000 | | | |
| PIE | 0.423 | -0.423 | -0.186 | 0.186 | -0.299 | 0.962 | -0.620 | 0.282 | 0.282 | 0.201 | 0.201 | 0.100 | -0.232 | 0.983 | 0.981 | 1.000 | | |
| PIN | 0.254 | -0.254 | -0.249 | 0.249 | -0.157 | 0.910 | -0.452 | -0.022 | -0.022 | -0.109 | -0.109 | -0.237 | 0.032 | 0.857 | 0.917 | 0.871 | 1.000 | |
| UFL | 0.423 | -0.423 | -0.186 | 0.186 | -0.299 | 0.962 | -0.620 | 0.282 | 0.282 | 0.201 | 0.201 | 0.100 | -0.232 | 0.983 | 0.981 | 1.000 | 0.871 | 1.000 |
| UFV | 0.254 | -0.254 | -0.249 | 0.249 | -0.157 | 0.910 | -0.452 | -0.022 | -0.022 | -0.109 | -0.109 | -0.237 | 0.032 | 0.857 | 0.917 | 0.871 | 1.000 | 0.871 |
| EM | 0.382 | -0.382 | 0.227 | -0.227 | -0.207 | 0.194 | -0.492 | 0.875 | 0.875 | 0.880 | 0.880 | 0.953 | -0.711 | 0.409 | 0.207 | 0.391 | 0.043 | 0.391 |
| ED | 0.377 | -0.377 | 0.231 | -0.231 | -0.201 | 0.284 | -0.500 | 0.846 | 0.846 | 0.845 | 0.845 | 0.921 | -0.678 | 0.491 | 0.292 | 0.470 | 0.124 | 0.470 |
| EB | -0.417 | 0.417 | 0.736 | -0.736 | 0.549 | 0.557 | 0.180 | -0.273 | -0.273 | -0.303 | -0.303 | 0.038 | 0.519 | 0.468 | 0.447 | 0.453 | 0.418 | 0.453 |
| NA | 0.368 | -0.368 | -0.197 | 0.197 | -0.194 | 0.020 | -0.551 | 0.544 | 0.544 | 0.571 | 0.571 | 0.434 | -0.549 | 0.135 | 0.018 | 0.101 | -0.008 | 0.102 |
| K | 0.579 | -0.579 | -0.479 | 0.479 | -0.604 | -0.038 | 0.014 | 0.099 | 0.099 | 0.090 | 0.090 | -0.117 | -0.251 | 0.010 | 0.037 | 0.015 | -0.027 | 0.015 |
| P | -0.655 | 0.655 | 0.336 | -0.336 | 0.651 | -0.272 | 0.430 | -0.443 | -0.443 | -0.347 | -0.347 | -0.205 | 0.441 | -0.338 | -0.402 | -0.442 | -0.366 | -0.442 |
| MG1 | 0.458 | -0.458 | -0.364 | 0.364 | -0.358 | 0.086 | -0.675 | 0.740 | 0.740 | 0.776 | 0.776 | 0.566 | -0.797 | 0.278 | 0.119 | 0.228 | 0.092 | 0.228 |
| CA | 0.378 | -0.378 | -0.605 | 0.605 | -0.421 | 0.135 | -0.493 | 0.429 | 0.429 | 0.442 | 0.442 | 0.133 | -0.577 | 0.276 | 0.177 | 0.202 | 0.025 | 0.202 |
| | | | UFV | EM | ED | EB | NA | K | P | MG1 | CA | | | | | | | |
| UFV | | | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| EM | | | 0.043 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| ED | | | 0.124 | 0.995 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| EB | | | 0.418 | 0.177 | 0.245 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| NA | | | -0.008 | 0.440 | 0.416 | -0.230 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| K | | | -0.027 | -0.105 | -0.106 | -0.413 | 0.184 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| P | | | -0.366 | -0.291 | -0.301 | 0.148 | 0.104 | 0.008 | 1.000 | | | | | | | | | |
| MG1 | | | 0.092 | 0.604 | 0.582 | -0.345 | 0.756 | 0.205 | 0.014 | 1.000 | | | | | | | | |
| CA | | | 0.025 | 0.206 | 0.204 | -0.461 | 0.461 | 0.307 | 0.097 | 0.625 | 1.000 | | | | | | | |

Fig. n° 11 : Cercle des corrélations des différents individus du Charbon marie



1 - 13 : Plantes de chardon marie a différents stades phénologiques

La valeur nutritive du chardon marie est plus élevée pendant la phase végétative quand la plante est constituée principalement de feuilles et aussi durant la phase floraison. Au cours de la croissance, la masse des feuilles diminue alors que la masse des tiges augmente. De plus, il y a accumulation de cellulose et de lignine surtout dans les tiges. Comme les tiges sont moins digestibles que les feuilles sauf durant la phase floraison, l'augmentation de la proportion des tiges entraîne une diminution de la valeur nutritive. De plus, la perte de feuilles (sénescence) occasionne également une diminution de la valeur nutritive. Cet aspect est connue pour toutes les espèces fourragères (JARRIGE, 1988).

D'une manière générale, nous constatons que quelque soit l'élément considéré, sauf pour la cellulose brute, que les feuilles sont plus riches que les tiges. Selon NEDJRAOUI (1981) ce phénomène est lié à l'activité métabolique qui est plus intense au niveau des feuilles.

Quand la plante se développe et vieillit, les cellules meurent et n'en restent que ces parois qui constituent alors des tissus lignifiés pauvres en constituants intracellulaires. Il en résulte selon JARRIGE (1980), une diminution de la digestibilité, de l'ingestibilité et des éléments nutritifs que la plante est supposée apporter à l'animal.

Une des principales causes de l'altération de la qualité des fourrages est le stade de végétation de l'herbe au moment où elle est fauchée (AERTS et DEBRABANER, 1977).

Selon HUGUES (1962), comme principales modifications, la chute de la teneur en protéines et l'augmentation de la teneur en cellulose brute ce qui modifie la valeur alimentaire. La valeur nutritive du fourrage dépend du stade de végétation auquel se trouve la plante lors de la récolte.

Les stades de végétation diffèrent sensiblement les uns des autres sur le plan des proportions respectives des feuilles, des tiges et des inflorescences. La variabilité des premiers stades est très grande. Ils sont uniquement feuillus avant la floraison, la proportion des tiges s'accroît progressivement et les inflorescences apparaissent (BARRET, 1992).

A cause des teneurs différentes en éléments nutritifs des diverses parties constitutives de la plante : feuilles et tiges, la valeur alimentaire du fourrage varie suivant les proportions respectives des ces dernières (HUGUES, 1962).

Le chardon marie selon ANON (1978) Cité par GROVES et KAYE (1989), est réputée d'avoir une valeur alimentaire modérée malgré qu'elle puisse provoquer des intoxications en nitrate en état de stockage. Les effets nuisibles d'ingérer n'importe laquelle des parties du chardon marie manquent généralement de la littérature (WEISS, 1988) cité par SINDEL (1991).

Nos résultats de la composition chimique et ceux de la digestibilité à la floraison sont intéressants comparé à des plantes disponibles comme fourrages pendant les années de disette. La matière sèche s'avère plus bas comparé à celle d'acacia frais trouvé par NEFZAOU (1995), et un apport plus important en matières azotées totales et de la digestibilité de la matière organique (fig. n °12).

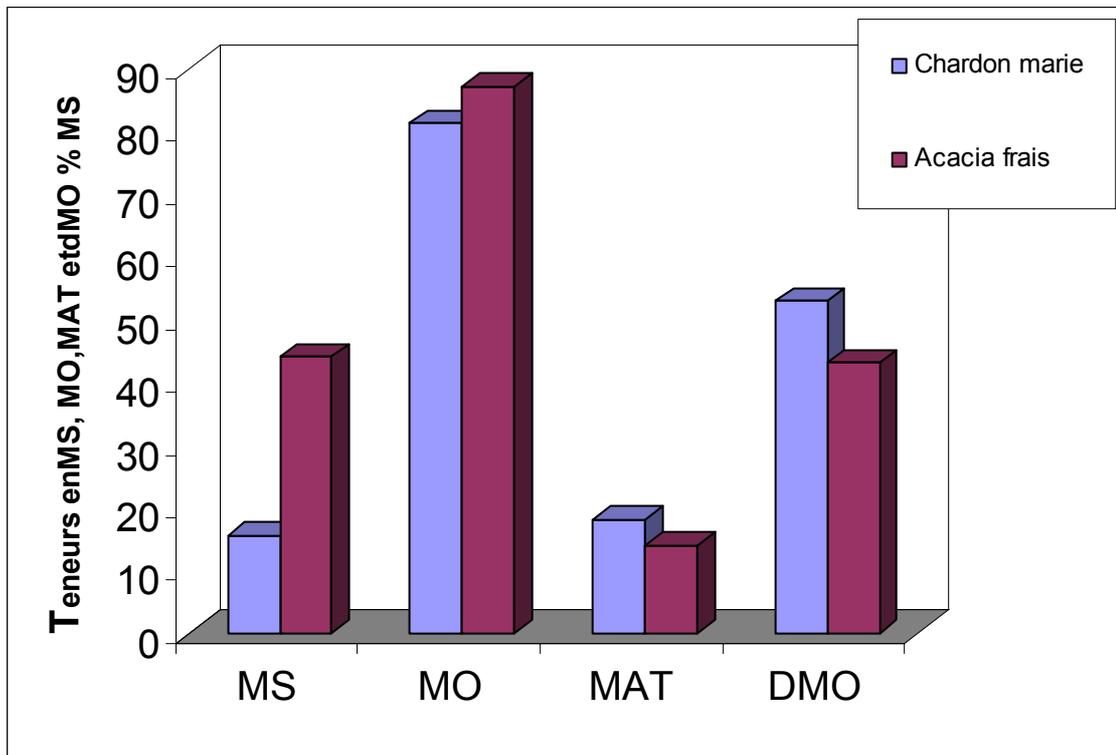


Fig. n°12: Comparaison de l'apport du chardon marie en MS, MO, MAT avec d'acacia frais

Le dromadaire est un animal désertique s'adaptant très bien aux offres fourragères très maigres et très irrégulières de son milieu écologique (ASSAD, 1970) cité par CHEHMA (1998), la majorité des plantes préférées par le dromadaire, ne sont pas facilement consommables, en raison des épines, il broute les plantes épineuses non seulement par

nécessité, mais par goût. Contrairement aux autres animaux d'élevage, le dromadaire n'attache souvent pas d'importance, pour la végétation dense et succulente. Pendant la saison chaude, les plantes relativement sèches sont préférées aux plantes vertes (YAGIL, 1985) cité par CHEMA (1998).

De cela on peut proposer la plante chardon marie à la phase finale (récolte), vu que sa valeur nutritive non négligeable par rapport à la paille (tableau n°05) et certaines plantes désertiques (tableau n°32), comme plante fourragère pour le dromadaire.

Tableau n° : 32 : comparaison de la composition chimique du chardon marie avec des plantes désertiques

| | %MS | | | | g/kg MS | |
|--|-------|-------|-------|-------|---------|------|
| | MO | MMS | MAT | CB | MAD | UF |
| Chardon marie | 87.50 | 12.50 | 07.23 | 34.71 | 36.85 | 0.33 |
| Résultats CHEMA, 1998 | | | | | | |
| | MO | MMS | MAT | CB | MAD | UF |
| Pédicelles de dattes | 91.97 | 08.03 | 03.93 | 36.55 | 22.94 | 0.37 |
| Drinn (<i>Aristida pungens</i>) | 91.18 | 08.82 | 04.70 | 35.76 | 20.23 | 0.67 |

Il en résulte que l'apport du chardon marie en matières minérales, matières azotées totales et matières azotées digestibles est supérieur à celui de drinn et pédicelle.

En général, la valeur nutritive du chardon marie est la plus élevée pendant la phase végétative et elle est la plus faible à la phase maturation. Au cours du vieillissement du chardon marie, la teneur en matières azotée, la digestibilité et l'énergie diminue alors que la teneur en cellulose brute augmente.

Donc l'utilisation du chardon marie à un stade précoce (la phase végétative et floraison) fournit en général une ration de bonne qualité.

La phase végétative et floraison du chardon marie constituent les phases les plus riches en éléments nutritives, utilisées pour les bovins.

La phase finale peut être utilisée pour les camelins avec une valeur nutritive médiocre. la phase de maturation présente la phase où les apports nutritifs sont au niveau le plus faibles et cela est montré par l'analyse statistique qui montre des différences significatives entre les quatre phases et classe la phase maturation avec la moyenne la plus basse.

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons présenté les connaissances disponibles sur le chardon marie qui, ajoutées aux données connues sur les fourrages usuels, peuvent éclairer le choix des aliments auxquels il est nécessaire de faire appel pour compenser le déficit fourrager.

Le chardon marie révèle une valeur agronomique et zootechnique importante car il peut être utilisé comme fourrage pour bétail et engrais vert.

L'estimation de la valeur nutritive du chardon marie est importante pour son utilisation de façon rationnelle dans l'alimentation des ruminants et pour optimiser les apports complémentaires, cela permet de réduire les coûts de production surtout en année de disette.

Nous avons étudié la valeur nutritive du chardon marie durant ces différentes phases phénologiques et dégagé d'éventuels critères nutritifs, d'évaluation d'utilisation du chardon marie comme plante fourragère. Il est possible de conclure que durant la vie de la plante, les différentes phases phénologiques modifient l'aspect morphologique et nutritif notamment les concentrations en éléments nutritifs.

L'étude de la valeur nutritive du chardon marie revêt un intérêt sur le plan technique (richesse en matières azotées) et économique (diminution du coût de la ration de base).

On reconnaît au chardon marie diverses utilités :

1- L'utilisation fourragère par son apport important en matières azotées, matières minérales, l'offre fourragère et les possibilités de repousses qu'il offre en saison sèche et de son implantation facile (développement naturelle),

A la phase végétative et floraison, le chardon marie peut constituer un bon fourrage pour les ruminants; par sa valeur nutritive proche de celle des légumineuses comme la luzerne.

La matière sèche du chardon marie au cours des deux premières phases (végétative et floraison), est riche en :

- * Matières azotées totales qui est de 20% à 18%MS ;
- * Matières minérales riches en certains minéraux surtout en calcium (55.82 - 45.34 g / kg MS) et potassium (25.48 - 20.2 g/kg MS) ;
- * La teneur faible en cellulose brute qui fait rapprocher le chardon marie des fourrages classiques ;
- * La digestibilité de la matière organique importante qui est en moyenne 69.64% et 65.15%.

En dépit de la diminution des teneurs en matières azotées et l'augmentation de cellulose brute après la phase floraison, nous conseillons tout de même son exploitation à un

stade plus précoce. A la phase finale le chardon marie apporte une valeur nutritive importante que certaines plantes désertiques, il peut être donc utilisé dans l'alimentation des camélins comme plante fourragère.

Il serait de ce fait très intéressant d'engager des travaux dans ce sens sur animaux (étude in vivo).

2- Vu l'apport important du chardon marie en matières azotées totales et autres minéraux, il peut être utilisé en plus comme amendement organique.

La valeur nutritive du chardon marie peut être résumé dans le tableau suivant

Caractéristiques nutritives du chardon marie

| | | Stade végétatif | Stade floraison | Plante entière sèche |
|--|------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Constituant organiques (% MS) | MO | 78.33 | 81.25 | 87.50 |
| | MM | 21.67 | 18.75 | 12.50 |
| | MAT | 20.01 | 18.20 | 07.23 |
| | CB | 11.11 | 15.94 | 34.71 |
| | MG | 02.40 | 02.14 | 02.00 |
| Constituant minéraux (g/ kg MS) | Ca | 55.82 | 45.34 | 35.97 |
| | Mg | 03.59 | 02.38 | 01.31 |
| | P | 00.26 | 00.23 | 00.2 |
| | K | 25.48 | 20.2 | 26.3 |
| | Na | 04.46 | 00.64 | 00.5 |
| Digestibilité | dMO | 69.64 | 65.15 | 51.01 |
| Valeur azotée (g/k g MS) | PDIN | 131.94 | 123.37 | 45.83 |
| | PDIE | 112.48 | 109.11 | 56.14 |
| Valeur énergétique (/kg MS) | UFL | 0.73 | 0.70 | 0.52 |
| | UFV | 0.67 | 0.64 | 0.41 |
| Valeur énergétique (k cal /kg MS) | E M | 2078.57 | 2000.82 | 1580.83 |

Références bibliographique

- ABDELGUERFI, A. et ABDELGUERFI-BERREKIA, R., 1998.** Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Medicago* en Algérie. Caractérisation des graines et des gousses de *M. orbicularis* (L) Bart ; relation avec les conditions du milieu d'origine. Ann. Inst. Nat. Agro. El Harrache n°12, p 329 -334.
- ADAMSON A, H. et TERRY, G.R., 1980.** The relation ship between the in vivo digestibility of hay and its solubility in pepsin-hydrochloric acid and fungal cellulase solutions. J. Sci. food Agric, 31, p 854-856.
- AERTS, J.V., DEBRABANER D.L., 1977.** Influence du stade de végétation de l'herbe sur la composition, la digestibilité et la valeur énergétique des produits herbagés conserves. Revue de l'agriculture n°05. 127p.
- ALARCON , A.C., 1995.** Gastroprotection induced by silymarin, the hepatoprotective principle of *Silybum marianum* in ischemia: role of neutrophils. *Planta- Med.*; 61(2): p 116-119.
- ALLISON, D.W., 1971.** Influence of photoperiode and thermoperiode on the IVDMD and cell wall components of tall fescue. *Corp Science*, p 456-458.
- ANDERSON, PL., BRUNDAGE, RC., KAKUDA, TN. and FLETCHER, CV. 2002.** response is correlated with peak plasma concentrations of indinavir in adults with undetectable human immunodeficiency virus ribonucleic acid. *Clinical Pharmacokinetics* ; 71:p 280-285.
- ANDERSON, PL. and FLETCHER, CV., 2001.** Clinical Pharmacological considerations for HIV-1 protease inhibitors. *Current Infectious Disease Reports*; 3(4): p 381-387
- ANDRIEU, J., DEMARQUILLY, C., SAUVANT, D., 1988.** Tables de la valeur des aliments. Les fourrages. In : R. JARRIGE (Ed), *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins.*, INRA, Paris p 356-444.
- ANDRIEU, J. et BAUMONT, R., 2000.** Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage : facteurs de variations et prévision. *Revue fourrage* n° 163. Ed AFFP, p 316-327.
- ANDRIEU, J., DEMARQUILLY, C., 1987 a.** Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 61-74.

- ANDRIEU, J. et DEMARQUILLY, C., 1987 b.** Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles. In les fourrages secs, récoltes, traitements, utilisation. Ed INRA Paris p 163-182.
- ANDRIEU, J. et WEISS, PH. , 1981.** Prévion de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts des graminées et des légumineuses. In C DEMARQUILLY (Ed). Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévion de la valeur alimentaire de fourrages, p 61-79.
- ANONYME, 1984.** Document technique n°01. Station nationale d'essais de semences. Liste alphabétique des principales espèces de plantes cultivées et des mauvaises herbes. Noms latins et noms communs français. 2^{ème} Ed. Ed Geues.
- ANONYME, 2001.** La rousse : Encyclopédie des plantes médicinales, identification, préparation, soins. Ed. VUEF, Paris ,p75.
- AUFRERE, J., 1982.** Etude de la prévion de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. Ann. Zootech., 31, p 111-130.
- AUFRERE, J., DEMARQUILLY, C., 1989.** Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin-cellulase methods. In : XVI International Grassland Congress, Nice, France, p 887-889.
- AUFRERE, J. et GRAVIOU, D., 1996.** Prévion de la digestibilité des fourrages et aliments concentrés et composés des herbivores par une méthode enzymatique pepsine-cellulase. Note au BIPEA.
- AUFRERE, J., MICHALET-DOREAU, B., 1983.** In vivo digestibility and prediction of digestibility of some by-products. In : Feeding values of by-products and their use by beef cattle, EEC Seminar, 26-29 September 1983. Melle Gontrode, (Belgique).
- AUFRERE, J., MICHALET-DOREAU, B., 1988.** Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. Anim. Feed. Sci., 20, p 203-218.
- BARRET, J. P., 1992.** Alimentation des animaux domestiques. Zootechnie générale. Ed. Tec.Doc Lavoisier, 252p.
- BAYER, E. et BULLER, K. P., 1990.** Guide de la flore méditerranéenne : caractéristiques, habitats, distributions et particularités de 536 espèces. Ed. Delachaux et Niesthe Paris, p 222.

- BEL KHADA, J., 1997.** La pharmacopée marocaine traditionnelle.
Ed. ISBN. IBIS Press, p202.
- BELOUED, A., 1998.** Plantes médicinales d'Algérie. Ed. Office des publications
Universitaires INA EL HRACH, p 68.
- BENISTON, NT. WS. 1984.** Fleurs d'Algérie. Ed. Entreprise Nationale de livre Alger p274.
- BOUABOUNE, S., 1989.** Valeur alimentaire et bilan azotée de la paille de blé et du foin de
la luzerne chez des ruminants, bouc et moutons. Thèse d'Ingénieur agronomie
(Zootechnie) INA.El Harrache (Alger), 68p.
- BOUCHET, J. P. et GUEGUEN, L., 1981.** Constituant minéraux majeurs des fourrages
et des aliments concentrés. In prévision de la valeur nutritive des aliments des
ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire de fourrages. Ed. INRA, p 198-
202.
- BOUDRY, P., SAUMITOU LAPRADE, P., VERMET, PH. et VAN DUC, H., 1992.** Les
betteraves mauvaises herbes : origine et évolution. In IX^{eme} colloque international sur
la biologie des mauvaises herbes, Ed. ANNP. France, p437.
- BOUGUETTEYA, M. T., 1999.** Les pailles de céréales : variation de la composition
chimique et comportement uréolytique. Thèse magister. Institut des Sciences de la
nature, Uni. Annaba, 150p.
- BURNIE, G., 1997.** Encyclopédie de botanique et de l'horticulture. Plus de 10.000 plantes
du monde entier. Ed. Random house Australia ptyltd, p843.
- CAMPOS, R. GARRIDO, A. and GUERRA, R., 1989.** Silybin dihemisuccinate protects
against glutathione depletion and lipid peroxidation induced by acetaminophen on rat
liver. *Planta Medica*. 55: p 417-419
- CAREMES, C., 1990.** Les adventices des cultures méditerranéennes en Tunisie, leurs
plantules, leurs semences. Publication agricole n° 27, p 102-103.
- CHABACCA, R., 1993.** Valeur azotées des pailles traitées à l'ammoniac ou l'urée et impact
de la fixation de l'azote, des teneurs en substances phénoliques. Thèse magister, INA.
ELHarrache (Alger), 66p.
- CHEHMA, A., 1998.** Contribution à l'étude quantitative et valeur alimentaire des sous
produits du palmier dattier chez le mouton et le dromadaire en zones arides. Thèse
magister INA, 131p.

CLEMENT, J. M., 1981. Dictionnaire des industries alimentaires. Ed. Masson; 1146p.

DEBRABANDER, D. L., AERTS, J. V., BLICQUE, CH. et BUYSSE F., 1977.

Influence du stade de végétation de l'herbe sur l'ingestion de produits herbagés par les vaches laitières. Revue de l'Agriculture n °05, p 12-45.

DEINUM, B. et DIRVEN, J.G.P, 1972. Influence of age, light intensity and temperature on the production and chemical composition of Congo grass Neth.J. Agric. Sci., p20-125.

DEMARQUILLY, C., ANDRIEU, J. et SAUVANT, D., 1978. Composition et valeur nutritive des aliments. In : R. JARRIGE (Ed), Alimentation des ruminants. INRA, Paris, p 469-518.

DEMARQUILLY, C., JARRIGE, R., 1981. Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. In : . In C DEMARQUILLY (Ed). Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire de fourrages, INRA Paris, p 41-59.

DEMARQUILLY, C., WEISS, P., 1970. Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. INRA SEI étude n°42. INRA Versailles.

DEMARQUILLY, C. et CHENOSTH, M., 1969. Etude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon ; liaison avec la valeur alimentaire. Ann. Zootech., 18, p 419-436.

DEMARQUILLY, C., 1982. Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. In action du climat sur l'animal au pâturage. Ed INRA, p 50-63.

DEMARQUILLY, C., ANDRIEU, J. et WEISS, PH., 1981. L'ingestibilité des fourrages verts et des foins et sa prévision. In : C. DEMARQUILLY (Ed), Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire de fourrages. p 155-167.

DEMARQUILLY, C. et ANDRIEU, J., 1987a. Prévision de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire : C. DEMARQUILLY Ed. –Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. I. N. R. A. publication, 270-271.

- DEMARQUILLY, C., DULPHY, J. P. et ANDRIEU, J. P., 1998.** Valeur nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage. Revue Fourrages n° 158. Ed AFPF. p 349-369.
- DEMARQUILLY, C., GNENET, E. et ANDRIEU, J., 1981.** Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages. In : C. DEMARQUILLY (Ed), Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire de fourrages. p129-154.
- DEYSSON, G., 1979.** Organisation et classification des plantes vasculaires. 2^{ème} partie. Systématique. Cours de botanique générale. 4eme série T II, Ed. CUD SEDES. 540p.
- DODD, J., 1989.** Phenology and seed production of varbегatee thistle. *Silybum marianum* (L) Gaertn., in Australie in relation to mechanical an biological control. Weed Research 29 , pp 255-263.
- DUDOUET, C., 1999.** La production des bovins allaitant. Ed France Agricole, 395p.
- DURU, M., BALENT, G., et GIBON, A., 1998.** Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes exemple des Pyrénées centrales. Revue fourrage n°15. Ed. AFPF p 97-113.
- ERNST, E., 2001.** The Desktop Guide to Complementary and Alternative Medicine, Mosby, Grande-Bretagne, ERNST (Ed), p 135.
- FLORA, K., HAHN, M., 1998.** Milk thistle (*Silybum marianum*) for the therapy of liver disease. American Journal of Gastroenterology; 93(2): p 139-143.
- FOSTER, S., 1995.** Milk thistle: herbal seeds and medicinal needs. Better Nutrition for Today's Living, p 64-71
- GABAY, R., PLITMANN, U. et DANIN, A., 1994.** Facteurs affectant le dominante du marianum L. (*Asteraceae*) de *Silybum* dans ses habitats spécifiques. Flore 189 pp 201-206.
- GAILAR, B., 1974.** Valeur alimentaire des fourrages d'hiver. I. R. A. Alger.
- GAUTHIER, J., 1991.** Alimentation des animaux. In : Notion d'agriculture, le sol, les culture, les élevages, l'économie et la gestion. Tech. Doc. Lavoisier, p 330.

- GROVES, R. H. and KAYE, P. E., 1989.** Germination and Phenology of Seven Introduced Thistle Species in Southern Australia. Aust. J. Bot. Vol. 37 pp. 351-359.
- GUIGNAR, J.L., 1998.** Botanique. 11^{ème} Ed. Ed Masson ,278p.
- GUITTONNEAU, G. et HUON, A., 1983.** Connaître et reconnaître la flore et la végétation Méditerranéennes. Ed. Ouest France, 331p.
- HAMADACHE, A., 2001.** Les ressources fourragères actuelles en Algérie. Situation et possibilité d'amélioration. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC, 79p
- HAUF, M., 1982.** Les adventices d'Europe, leurs plantules, leurs semences. Ed BASF. 90p.
- HELLER, R. ; ESNAULT, R. et LANCE, C., 1995.** Physiologie végétale. 2 développement 5^{ème} . Ed. Ed Masson, 315p.
- HELLER, R., 1977:** Abrégé de physiologie végétale. Tome I, Nutrition. Ed. Masson, 238p.
- HNTYSZYN, M., 1988.** Les fourrages et l'éleveur. Ed Lavoisier France, 439p.
- HUGUES, P., 1962.** Les sorghos fourragers. Ed. DAUER, p 182-193.
- INRA, 1978.** Alimentation des ruminants. Ed. INRA, 599p.
- INRA, 1981.** Prévission de la valeur nutritive des aliments des ruminants, CRZU. Theix INRA, 580p.
- INRA, 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed INRA, Paris, 471p.
- JARRIGE, R., 1978.** Consommation d'aliments et d'eau. In: Alimentation des ruminants, R. JARRIGE (Ed), p 177-206.
- JARRIGE, R., 1980.** Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants; besoins alimentaires des animaux; valeur nutritive des aliments. Ed. INRA, 621p.
- JARRIGE, R., 1981.** Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage. In C DEMARQUILLY (Ed.) Prévission de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévission de la valeur alimentaire de fourrages, p 13.39.

- JARRIGE, R., 1984.** Alimentation des bovins .Ed ITEB, p396.
- JARRIGE, R., 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins ; Ed. INRA, PARIS, 471p.
- JARRIGE, R., RUCKEBUSHA, Y. et DEMARQUILLY, C., 1995.** Les herbivores ruminants. In nutrition des ruminants domestiques ; ingestion et digestion. Ed INRA, p 7-27.
- JAUZIEN, P., 1995.** Flore des champs cultivés. Ed. INRA,p244-245.
- JEAN BLAIN, C. ; GRANCHER, D.; EGRON, G. et ALVES, L., 1992 :** Cours de bromatologie. Chaire de nutrition et alimentation. Ed. ENVL, 95p.
- JEAN-BLAIN, C., 1982 :** les plantes vasculaires : éléments de systématique. Chaire de nutrition et d'alimentation, Ed. ENVL p 71-72.
- KIRILOV, A., 2000.** Comparaison des valeurs alimentaires de plantes entières de pois et de vesce. In fourrage n°162, Ed. AFPF., p 181-186.
- LAMAIRE, G. et SALETTE, J., 1982.** Analyse de la croissance d'une prairie naturelle Normande au printemps. La production et la variabilité, Fourrage n° 91 ; pp 03-16.
- LAMBERT, J., 1975.** Technique de minéralisation rapide des végétaux en vue de dosage en serie de N, P, K, Na, Ca, Mg, ... Laboratoire d'agriculture, I.N.A. El Harrach, Alger, 32p.
- LAPEYRONIE, A., 1982.** La production fourragère méditerranéenne. Ed. GP Maison Neuve et la rose Paris, 425p.
- LUPER, S. 1998.** A review of plants used in the treatment of liver disease: part 1. Alternative Medicine Review volume; 3(6): p 410-21.
- MENAULT, E. et ROUSSEAU, R., 1902.** Plantes nuisibles en agriculture et en horticulture. Les moyens de les détruire. Ed. Octeve Doin , librairie agricoles. Paris, p 3-4.
- MESCHY, F. et GUEGUEN, L., 1995 :** Ingestion et absorption des éléments minéraux majeurs: nutrition des ruminants domestiques; ingestion et digestion. Ed. INRA, p721-758.
- MESSEGUE, M., 1975.** Mon herbier de santé. Les plantes qui guérissent. Ed Robert Laffont, Paris, 334 p.
- MONTEGUT, J., 1980.** Les mauvaises herbes. Perspectives agricoles 42. Paris, p13-31.

- MORAZZONI, P. and BOMBARDELLI, E. 1995.** *Silybum marianum* (*Carduus marianus*). *Fitoterapia*, 66(1): p 3-49.
- MORAZZONI, P., MONTALBETTI, A., MALANDRINO, S., PIFFERI G., 1993.**
Comparative pharmacokinetics of silipide and silymarin in rats. *Eur J Drug Metab Pharmacokinet*; 18: p289-97.
- NADJRAOUI, D., 1981.** Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation (*Artemisia herba alba* , *Assolygeum spartum L.* et *Stippa tenacissima L.*) des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse Doc. 3^{ème} cycle de science biologique, p156.
- NEFZAOU, A., 1995.** Valeur alimentaire des feuilles d'*Acacia cyanophyller lindl* fraîches, séchées et traitées au polythylène glycol. In actes des 2^{ème} journées nationales sur les acquis de la recherche Agronomique halieutique et vétérinaire. Hammett, volume 3; production et santé animale IRESA Tunisie, p 485-492.
- NOUAD, M. A., 2001.** Alternatives fourragères en zone semi arides. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC. 79p
- ODY, P., 2002.** les plantes médicinales : Encyclopédie pratique. 2^{ème} Ed. Ed Sélection du Readers Digest p 120.
- PEPPING, J., 1999.** Milk thistle: *Silybum marianum*. *Am. J Health-System Pharm.*; 56: p 1195-1197.
- PISCITELLI, SC., FORMENTINI, E., BURSTEIN, AH., 2002.** Effect of milk thistle on the pharmacokinetics of indinavir in healthy volunteers. *Pharmacotherapy*, 22(5) p551-556
- PIZZORNO, J. E. and MURRAY MICHAEL, T., 1999.** Textbook of Natural Medicine, Churchill Livingstone, Ed. MURRAY MICHAEL, T. États-Unis, p 948.
- QUEZEL, P. et SANTA, S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales T2. Ed. CNRS p1011.
- ROCHE, C. 1991.** Milk thistle (*Silybum marianum (L.) Gaertn.*) Pacific Northwest Extension Publication. Washington State University, Oregon State University and University of Idaho Cooperative Extension. PNW p382.
- REKIK, F., 2005.** Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des

prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna. Thèse magister INA El Harrach 94p.

RIVIERE, R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. 2^{ème} Ed. Ed. IEMV, 527p.

SCHANDALIK, R., PERUCCA, E., 1994. Pharmacokinetics of silybin following oral administration of silipide in patients with extrahepatic biliary obstruction. Ed. Drugs - Exp -Clin-Res.; 20(1): p 37-42.

SCEHOVIC, J., 1991. Considération sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles. Revue suisse Agriculture 23, pp 5-305

SINDEL, B.M., 1991. A review of the ecology and control of thistles in Australia. Weed Research. Vol.31, pp 189-201.

SIZIANI, M. et BELBOURHEN, D., 2001. Bilan fourrager 1998, comparaison offre / besoin. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. I. T. G. C. 79 p.

SOLTNER, D., 1986. Alimentation des animaux domestiques. 17^{ème} Ed. Collection sciences et technique agricoles. 399 p.

SOLTNER, D., 1999. Les grandes productions végétales. 19^{ème} Ed. Collection sciences et technique agricoles pp 391-449.

SOLTNER, D. 2000. Tables de calculs des rations. Besoins alimentaires des bovins (Laitier et viande) des ovins, des porcs. Valeurs des aliments. Collection sciences et technique agricoles 25^{ème} édition.

SPICHIGER, R. E., SAVOLAINEN, V. et FIGEAT M., 2000. Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 1^{ier} Ed. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. 372p.

TALAJ, S. and CZECHOWICZ, A. S., 1989. Herbal Remedies Harmful and Beneficial Effects, Hill of Content, Melbourne, p 221

TANJI, A., 1993. Analyse fourragère de 26 adventices du blé non irrigué en Chaouia. In Awamia,

- TISSERAND, J. L., 1991.** Fourrages et sous produits méditerranéens. Présentation des tables de La valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne. Option méditerranéenne. Série A n° 16, p 23-25.
- TURNER, N.J. and SZCZAWINSKI, A.F 1991.** Common Poisonous Plants and Mushrooms of North America. Timber Press. Portland, Or., p 41.
- VAN-SOEST, P., 1967.** Development of a comprehensive system of feed analysis and its application of forages. J. Anim., Sci.,28, p 119,118.
- VARRO, E. and TYLER, PH.D. 1994.** Herbs of Choice the therapeutic Use of Phytomedicinals, PPP, NY, p.64.
- VENKATARAMANAN, R., RAMACHANDRAN, V. and KOMOROSKI BJ. 2000.** Milk thistle, an herbal supplement, decreases the activity of CYP 3A4 and uridine diphosphoglucuronosyl transferase in human hepatocyte cultures. Drug Metabolism and Disposition; 28(11), p1270-1273.
- VERITE, R., MICHALET DOREAU, B., CHAPOUTOT, P. et PEYRAUD, J. L., 1987.** Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, p 19-34.
- VERMOREL, M., COULON J. B. et JOURNET M., 1987.** Révision du système des unités fourragères (UF). Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, p 9-18.
- VIAL, B., 1998.** Botanique médicale. Ed. Imilia. Paris p 6-318.
- VOLAK, J. et STODOLA, J., 1984.** Plantes médicinales. Illustrations de Frantisek Severa, Ed. ARITA Grund Paris, p 319.
- VOUGH, L. R. and MARTEN, G. C., 1971.** Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of Alfa forage. Agron.J., p 63-40
- WHITTEMAN, P.C., 1980.** Tropical pasture science ; 2^{ème} Ed Rustica Paris, 177p
- WILSON, J. R ., 1981.** Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In nutritional limits to animal production from pastures. Ed J.B. HACKER Farnham. Royal, UK. Commonwealth Agricultural Bureaux, p 111-131.

Annexes

Fiche description du Chardon marie

1- Graine (ou fruit)

Les **fruits** (ou graine) sont des akènes luisants, noirs ou marbrés de jaune, surmontés d'une aigrette denticulée en anneau à sa base.

Forme : Ovoïde, aplatie, plus ou moins arquée. Base arrondie et le sommet tronqué. Aigrette blanche caduque à soies non plumeuses (photo n°02).



Photo n ° 02 : graine du chardon marie

Description de la plantule

Les cotylédons allongés en forme de cuillère, de grande taille, elliptique, épais, à nervure médiane bien apparente sur la face supérieure, pétiolée et glabre (photo n° 03).



Photo n° 03 : plantule du chardon marie

Description de la plante adulte

Hauteur de 40 à 150 cm. Plante dressée, robuste, glabre ou à peu près, ramifiée (photo n°04).



Photo n°04: plante adulte du chardon marie

Racine

Le chardon marie a un système racinaire pivotant Voir (photo n°05).

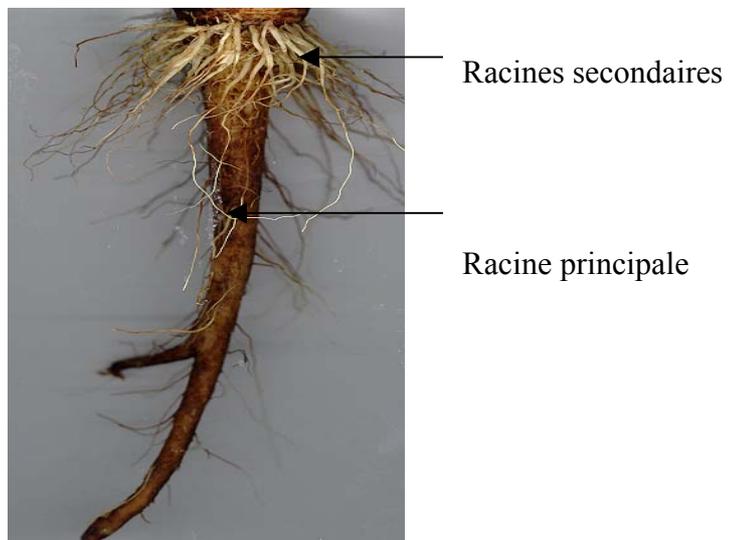


Photo n°05 : racine du chardon marie

Feuilles

Feuilles ordinairement marbrées de blanc au dessus, embrassant la tige par deux larges oreillettes arrondies sinuées dentées, à lobes bordés d'épines et de cils épineux (photo n°06).

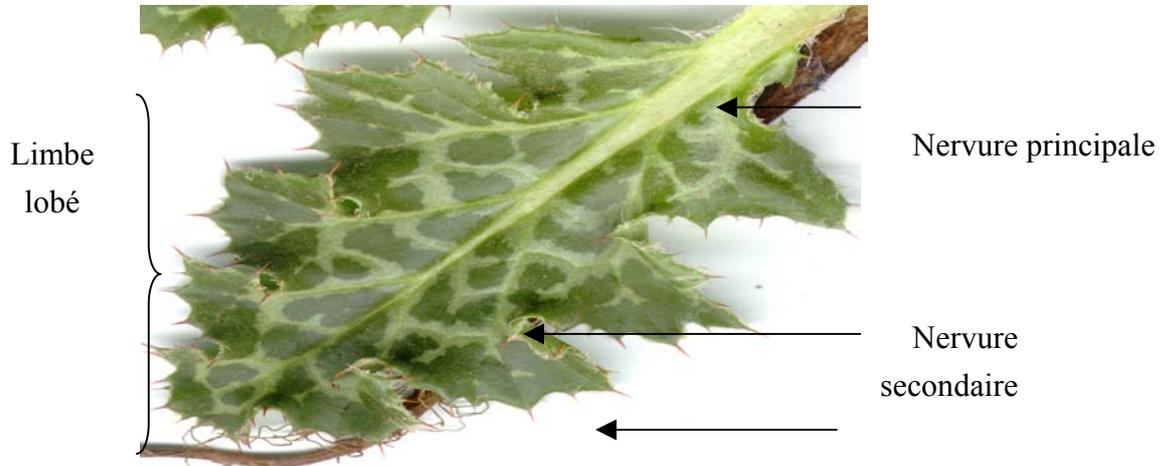


Photo n°06 : Feuille du chardon marie

Fleurs

Fleurs pourpres en capitules solitaires terminaux. Involucre important (au moins 3 cm de diamètre (photo n° 07)).

Les fleurs sont rassemblées d'une façon caractéristique en capitule. Ces capitules sont entourés de bractées.



Photo n°07 : Capitule du chardon marie

Annexe 02

Tableau n° 01 : Corrélations entre les variables et les axes I, II et III

| Axe 2 Variable | I | II | III |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| H₂O | -0.81 | 0.04 | 0.39 |
| MS | 0.81 | -0.04 | -0.39 |
| MO | 0.44 | 0.03 | -0.85 |
| MM | -0.44 | -0.03 | 0.85 |
| MG | 0.68 | -0.08 | -0.56 |
| MAT | -0.41 | -0.88 | -0.11 |
| CB | 0.83 | 0.15 | -0.08 |
| DMS | -0.88 | 0.38 | -0.22 |
| DMO | -0.84 | 0.46 | -0.25 |
| MOD | -0.60 | 0.47 | -0.62 |
| MAD | -0.60 | -0.74 | -0.16 |
| PDIA | -0.50 | -0.85 | -0.00 |
| PDIE | -0.62 | -0.76 | -0.12 |
| PDIN | -0.36 | -0.88 | 0.04 |
| UFL | -0.32 | -0.76 | -0.12 |
| UFV | -0.36 | -0.88 | 0.04 |
| EM | -0.72 | 0.20 | -0.62 |
| ED | -0.74 | 0.11 | -0.71 |
| EB | 0.20 | -0.62 | -0.05 |
| Na | -0.54 | 0.29 | 0.59 |
| K | -0.24 | 0.12 | 0.59 |
| P | 0.54 | 0.18 | -0.15 |
| Mg | -0.75 | 0.29 | -0.02 |
| Ca | -0.53 | 0.15 | 0.34 |

Résumé

Le chardon marie (*Silybum marianum* L.), est une plante annuelle très répandue en Algérie; utilisée par les éleveurs comme fourrage durant les périodes de disettes pour assurer l'alimentation de leur cheptel. Notre travail consiste en une étude de la valeur nutritive du chardon marie (la composition chimique et la digestibilité) durant ces différentes phases phénologiques.

Ceci a permis de remarquer que le chardon marie est caractérisé principalement par :

- Des teneurs élevées en matières azotées proches de celles des légumineuses durant la phase végétative et la floraison;

- Une matière organique très digestible ;

- Une matière sèche riche en matières minérales (environ 20%) en particulier le calcium et le potassium.

- Une valeur énergétique fourragère importante (0.73 UFL/kg MS).

Mots clés : Chardon marie (*Silybum marianum* L.), phases phénologiques, valeur nutritive, matières azotées, digestibilité.

Summary

The Milk thistle (*Silybum marianum* L.) is an annual plant very widespread in Algeria; used as forage by the breeders during dearth period to guarantee their livestock feeding.

Our work consists in a study to determine the nutritive value of the Milk thistle (chemical composition and digestibility) during its different. This allowed us to notice that the Milk thistle is mainly characterized by:

High contents of nitrogenous matters which are close to those of leguminous during vegetative and flowering phases.

Very digestible organic matter.

Dry matter rich in mineral matters (around 20%), in particular calcium and potassium.

Gives an important fodder energetic value (0.73 UFL/DM).

Key words : Milk thistle (*Silybum marianum* L), phonologic phases, nutritive value, nitrogenous matters digestibilité.

ملخص

نبذة التاور (*Silybum marianum* L.) هي نبتة سنوية

منتشرة في الجزائر، يستعملها الفلاحون في اوقات الجفاف لتغطية متطلبات قطعانهم الغذائية. يقتضي عملنا على دراسة و تحديد قيمتها الغذائية (مكوناتها الكيميائية و هضميتها) و ذلك حسب مراحل تطورها.

أدت الملاحظات المستخلصة الى اعطاء النبتة الخصائص التالية:

تركيز جد مرتفع للمادة الأزوتية مما يجعلها قريبة من البقوليات خلال المرحلة النباتية و الازهارية المادة العضوية تتميز بهضمية عالية ،

تتميز المادة الجافة بغناها بالمادة المعدنية (حوالي 20%) خاصة الكالسيوم و البوتاسيوم، قيمة طاقة علفية مهمة

الكلمات الرمزية : التاور (*Silybum marianum* L) ، مراحل التطور ، القيمة الغذائية، المادة الأزوتية، الهضمية.