

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**

Département de Biotechnologie

**THESE DE DOCTORAT**

en Sciences Agronomiques

Spécialité : Production Animale

**Valorisation des espèces fourragères spontanées de la région centre  
de l'Algérie dans l'alimentation des animaux.**

Par

**Mohamed BENCHERCHALI**

Devant le jury composé de :

M. LAFRI	Professeur	Université de Blida 1	Président
M. HOUMANI	Professeur	Université de Blida 1	Directeur de thèse
S. TRIKI	Professeur	ENSA Alger	Examineur
R. KAIDI	Professeur	Université de Blida 1	Examineur
D. KHELLAF	Professeur	ENV Alger	Examineur
SA. KADI	MCA	UMM Tizi Ouzou	Examineur

**Soutenu le 22 Février 2018**

## RÉSUMÉ :

L'objectif de ce travail est une contribution à la connaissance des graminées fourragères spontanées dominantes utilisées dans l'alimentation des animaux dans la plaine de la Mitidja.

**Dans une première expérience**, un inventaire floristique, a montré l'existence de vingt espèces de graminées spontanées à caractère fourrager. A l'aide de leur taux de recouvrement (abondance-dominance) et de leur hauteur, les vingt espèces ont été scindées en onze espèces principales retenues pour un approfondissement des connaissances et neuf espèces secondaires non retenues.

Les espèces principales sont *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus mollis*, *Bromus rigidus*, *Bromus squarrossus*, *Dactylis glomerata*, *Hordeum murinum*, *Lolium multiflorum*, *Oryzopsis miliacea*, *Phalaris brachystachis* et *Vulpia sicula*.

Les espèces secondaires sont *Aegilops triuncialis*, *Avena alba*, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Cynodon dactylon*, *Festuca caerulescens*, *Lagurus ovatus* et *Lamarckia aurea*.

**Dans une deuxième expérience**, la hauteur, le rapport feuilles/tiges, la composition chimique, la digestibilité in vitro, l'ingestibilité sur bœufs, et les valeurs énergétiques et azotées des onze espèces principales ont été déterminés à cinq stades phénologiques (montaison, début épiaison, épiaison, floraison et grain laiteux). *Lolium multiflorum*, *Avena sterilis*, *Bromus sp* et *Oryzopsis miliacea* sont les plus dominants avec une hauteur de 60 à 115 cm en fin de cycle. Le rapport feuilles/tiges diminue avec l'âge, plus rapidement avec les *Bromus sp* (de 1,83 à 0,20) et l'*Oryzopsis miliacea* (de 1,52 à 0,35) et beaucoup moins rapidement avec les autres espèces (de 1,85 à 0,39).

Les teneurs en cellulose brute (CB) et en parois végétales (NDF et ADF) augmentent avec l'âge, alors que celles des matières azotées totales (MAT) diminuent chez toutes les espèces avec le vieillissement des plantes. Les teneurs en CB et en parois, sont généralement comparables entre les onze espèces au stade début épiaison et significativement différentes aux stades floraison et laiteux. Les teneurs en MAT sont

significativement différentes aux stades début épiaison et épiaison en faveur du *Dactylis glomerata*, du *Lolium multiflorum*, de l'*Hordeum murinum* et de l'*Oryzopsis miliacea*.

La digestibilité *in vitro* de la MO des graminées est de 69,1 %  $\pm$  0,53 en début du cycle et de 60,2 %  $\pm$  0,50 en fin de cycle. *Lolium multiflorum* au stade épiaison, est le mieux ingéré (85,6 g MS/kg P<sup>0,75</sup>) et le moins encombrant (0,87 UEM) alors que *Bromus Madritensis* est le moins ingéré (48,3 g MS/kg P<sup>0,75</sup>) et le plus encombrant (1,55 UEM).

Avec des valeurs énergétiques variant entre 0,66 et 0,85 UFL et, entre 0,57 et 0,79 UFV par kg de MS et des valeurs azotées variant entre 47,1 et 79,7 g de PDIN et entre 68,1 et 84,5 g de PDIE par kg de MS entre les stades montaison et floraison, les onze espèces se présentent comme des fourrages de bonne qualité dans les conditions d'alimentation des ruminants en Algérie.

**Dans une troisième expérience**, les foins des graminées spontanées au stade épiaison, fanées au sol sous le soleil par beau temps pendant douze jours présentent des valeurs énergétiques de 0,63 à 0,74 UFL et 0,54 à 0,69 UFV par kg de MS et, des valeurs azotées de 40,8 à 61,6 g de PDIN et 65,6 à 75,7 g de PDIE par kg de MS. Le foin retourné tous les trois jours pendant la période de fanage, est mieux conservé. Il présente des teneurs en MAT plus élevée de 9,2 à 17,2 g/kg de MS et des valeurs en PDIN plus élevées de 2,0 à 11,1 g/kg de MS, que le foin non retourné.

**Dans une quatrième expérience**, la composition chimique, les digestibilités *in vitro* de la MO et de la CB, les valeurs énergétiques et azotées d'un fourrage naturel en vert constitué de *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, *H. murinum*, *L. multiflorum*, *O. miliacea* et *V. sicula* ont été déterminées à quatre stades phénologiques (début épiaison, épiaison, floraison et grain laiteux).

Les teneurs en éléments chimiques augmentent significativement du stade début épiaison au stade laiteux, de 2,1 points pour la MO, de 8,7 points pour la CB, de 10,8 points pour les parois totales et de 7,5 points pour la lignocellulose. Par contre, la teneur en MAT diminue de 2,1 points.

Les digestibilités *in vitro* de la MO et de la CB diminuent significativement du stade début épiaison au stade laiteux (respectivement de 10,9 et 10,4 points). Les

valeurs énergétiques passent de 0,78 à 0,60 UFL et de 0,72 à 0,54 UFV par kg de MS et les valeurs azotées de 64 à 44 g de PDIN et de 78 à 64 g de PDIE par kg de MS entre les stades début épiaison et laiteux.

L'ingestibilité varie entre les stades phénologiques de 52,8 à 67 g MS/kg de poids métabolique. La valeur d'encombrement varie entre 1,12 et 1,42 UEM du stade début épiaison au stade laiteux. Les béliers ayant servi aux tests d'ingestibilité ont gagnés du poids variant entre 20 et 100 g/j.

**Mots clés :** graminées spontanées, fourrage vert, foin, composition chimique, digestibilité in vitro, ingestibilité, valeur nutritive.

## الملخص:

الهدف من هذا العمل هو المساهمة في معرفة الأعشاب العلفية السائدة التي تنمو تلقائيا و المستخدمة في تغذية الحيوانات في سهل متيجة.

**في تجربة أولى**، تقييم وضع النباتات، أظهر وجود عشرين نوعا من الأعشاب التي تنمو تلقائيا ذات طبيعة علفية. باستخدام نسبة تغطيتها (الوفرة، الهيمنة) وارتفاعها، قد تم تقسيم الأنواع العشرين إلى إحدى عشرة أنواع رئيسية تستخدم لتعميق المعرفة وتسعة أنواع ثانوية لم يتم الاحتفاظ بها. الأنواع الرئيسية هي

*Avena sterilis, Bromus madritensis, Bromus mollis, Bromus rigidus, Bromus squarossus, Dactylis glomerata, Hordeum murinum, Lolium multiflorum, Oryzopsis miliacea, Phalaris brachystachis et Vulpia sicula.*

الأنواع الثانوية هي

*Aegilops triuncialis, Avena alba, Brachypodium silvaticum, Brisa maxima, Brisa minor, Cynodon dactylon, Festuca caerulescens, Lagurus ovatus et Lamarckia aurea.*

**في تجربة ثانية**، الإرتفاع، نسبة الأوراق / السيقان ، التركيب الكيميائي، الهضم في المختبر، التناول الطوعي للكباش والقيم الطاقوية والنيتروجينية للأنواع الرئيسية الاحدة عشرة تم تحديدها في خمس مراحل فينولوجية (مرحلة انبثاق الشتلة، بداية ظهور السنابل، ظهور السنابل، الإزهار و المرحلة التي تكون فيها البذور على شكل عجينة لينة)

*Lolium multiflorum, Avena sterilis, Bromus sp, Oryzopsis miliacea*

هي الأبرز مع إرتفاع 60-115 سم في نهاية الدورة. نسبة اوراق / سيقان تتخفف مع التقدم في السن، أسرع مع *Bromus sp* (83، 1، 20 إلى 0) و *Oryzopsis miliacea* (1، 52 إلى 0، 35) أقل سرعة بكثير مع الأنواع الأخرى (من 1، 85 إلى 0، 39). محتويات الألياف الخام و جدران الخلايا (NDF et ADF)تزداد مع التقدم في السن بينما المواد الأزوتية الكلية تتناقص عند جميع الأنواع مع التقدم في سن النباتات. محتويات الألياف الخام و جدران الخلايا قابلة للمقارنة بين الأنواع الأحد عشر عموما في مرحلة بداية ظهور السنابل و مختلفة بشكل كبير في مرحلة الإزهار و المرحلة التي تكون فيها البذور على شكل عجينة لينة أما محتويات المواد الأزوتية الكلية مختلفة بشكل كبير في مرحلة بداية ظهور السنابل و ظهور السنابل لصالح

*Dactylis glomerata, Lolium multiflorum, Hordeum murinum, Oryzopsis miliacea.*

الهضم في المختبر للمواد العضوية للأعشاب يقدر ب 69.1% مع انحراف معياري قدره 0.53 في بداية الدورة و 60.2% مع انحراف معياري قدره 0.50 في نهاية الدورة.

*Lolium multiflorum* في مرحلة ظهور السنابل، هو الأفضل تناولا (85.6 غ من المادة الجافة المتناولة / كغ  $P^{0.75}$ ) والأقل تعقيدا (0.87UEM) في حين الأقل تناولا هو *Bromus madritensis* (48.3 غ من المادة الجافة المتناولة / كغ  $P^{0.75}$ ) والأكثر تعقيدا (1.55 UEM).

مع قيم طاقوية تتراوح ما بين 0,85 و 0,66 UFL وبين 0,57 و 0,79 UFV / كغ من مادة جافة وبروتينية تتراوح بين 79,7 و 47,1 غ من PDIN وبين 84,5 و 68,1 PDIE غ لكل كيلو غرام بين مرحلة انبثاق الشتلة و مرحلة الإزهار ، الأنواع الأحد عشر تعتبر كعلف جيد في ظروف تغذية الحيوانات المجترة في الجزائر.

**في تجربة ثالثة،** القش المحشوش في مرحلة انبثاق الشتلة لهذه الأعشاب التي تنمو تلقائيا و الذابل على الأرض تحت أشعة الشمس في طقس صحو لمدة اثني عشر يوما تظهر القيم الطاقوية التالية 0.63 إلى 0.74 UFL و 0.54 إلى 0.69 UFV لكل كيلو غرام من المادة الجافة . وقيم النيتروجين من 40.8 إلى 61.6 غرام PDIN و 65.6 إلى 75.7 غرام من PDIE من المادة الجافة. القش المقلب كل ثلاثة أيام خلال فترة الذبول ، قد حفظ بشكل أفضل. إنه يحتوي على مواد ازوتية كاملة اعلى ب 9.2 الى 17.2 غ/ كغ من المواد الجافة وقيم أعلى من تلك التي في القش غير المقلب ب 2.0 الى 11.1 غ/ كغ من المادة الجافة فيما يخص PDIN.

**في تجربة رابعة،** التركيب الكيميائي، هضم المواد العضوية في المختبر والألياف الخام والقيم الطاقوية والنيتروجين لعلف طبيعي أخضر و الذي يتكون من

*A. sterilis, B. madritensis, B. mollis, B. rigidus, H. murinum, L. multiflorum, O. miliacea et V. sicula.*

والتي تم تحديدها في أربعة مراحل فينولوجية (بداية ظهور السنابل، ظهور السنابل، الإزهار و المرحلة التي تكون فيها البذور على شكل عجينة لينة). محتويات العناصر الكيميائية تزداد إلى حد كبير من مرحلة بداية ظهور السنابل إلى المرحلة التي تكون فيها البذور على شكل عجينة لينة ب 2.1 نقطة للمواد العضوية، 8.7 نقطة للألياف الخام ، 10.8 نقطة لمجموع الجدران النباتية و ب 7.5 نقطة لي لينوسلوز. ومن ناحية أخرى، ينخفض محتوى المادة النيتروجينية الكلية بمقدار 2.1 نقطة. الهضم في المختبر للمواد العضوية و الألياف الخام تنقص كثيرا من مرحلة بداية ظهور السنابل إلى المرحلة التي تكون فيها البذور على شكل عجينة لينة ب (10.9 و 10.4 نقطة على التوالي). تنتقل القيم الطاقوية من 0.78 الى 0.60 UFL و من 0.72 الى 0.54 UFV للكيلوغرام من المادة الجافة و القيم النيتروجينية من 64 الى 44 غ من PDIN و من 78 الى 64 غرام من PDIE لكل كيلو غرام من المادة الجافة بين مرحلة بداية ظهور السنابل و المرحلة التي تكون فيها البذرة على شكل عجينة لينة. يختلف الهضم بين المراحل الفينولوجية من 52.8 الى 67 غرام من المادة الجافة/كغ من الوزن الأيضي. قيمة الازدحام تتراوح بين 1.12 و 1.42 UEM من مرحلة بداية ظهور السنابل الى المرحلة التي تكون فيها البذرة على شكل عجينة لينة. الكباش التي استخدمت في اختبارات الهضم اكتسبت وزنا بين 20 و 100 غ / اليوم.

**الكلمات المفتاحية:** الأعشاب العلفية تلقائية النمو، القش، التركيب الكيميائي، عملية الهضم في المختبر، الابتلاع، القيمة الغذائية.

## ABSTRACT :

The objective of this work is a contribution to the knowledge of the dominant spontaneous gramineous forage grasses used in animal feed in the Mitidja Plain.

**In a first experience**, a floristic inventory, showed the existence of twenty spontaneous grasses species having forage traits. Using their recovery rate (abundance-dominance) and their height, the twenty species were divided into eleven main species selected for a deepening of their knowledge and nine secondary species not retained. The main species are *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus mollis*, *Bromus rigidus*, *Bromus squarrossus*, *Dactylis glomerata*, *Hordeum murinum*, *Lolium multiflorum*, *Oryzopsis miliacea*, *Phalaris brachystachis* and *Vulpia sicula*. The secondary species are *Aegilops triuncialis*, *Avena alba*, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Cynodon dactylon*, *Festuca caerulea*, *Lagurus ovatus* and *Lamarckia aurea*

**In a second experience**, the height, the leaf / stem ratio, the chemical composition, the digestibility in vitro, the ingestibility on rams, and energetic and nitrogen values of the eleven main species were determined at five phenological stages (Mild bloom, Early pre-bloom, Pre-bloom, Full bloom, and Milk stage). *Lolium multiflorum*, *Avena sterilis*, *Bromus sp* and *Oryzopsis miliacea* are the most dominant with a height of 60 to 115 cm at the end of the cycle. The leaf / stem ratio decreases when older, more rapidly with *Bromus sp* (1.83 to 0.20) and *Oryzopsis miliacea* (1.52 to 0.35) and much less rapidly with other species (from 1.85 to 0.39). The levels of crude fiber (CF) and plant wall (NDF and ADF) increase with age, while those of total nitrogenous matter (TNM) decrease in all species with ageing of plants. CF and wall plant contents are generally comparable among the eleven species at early pre-bloom stage and significantly different at full bloom and milky stages. TNM levels were significantly different at early pre-bloom and prebloom stages in favor of *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Hordeum murinum* and *Oryzopsis miliacea*. The in vitro digestibility of the OM of grasses was 69.1% with a standard deviation of 0.53 at the beginning of the cycle and 60.2% with a standard deviation of 0.50 at end cycle. *Lolium multiflorum* is the best ingested (85.6 g DM ingested / kg P<sup>0.75</sup>) at pre bloom stage and the less congesting (0.87 UEM) while *Bromus Madritensis* is the less ingested (48.3 g DM ingested / kg

P<sup>0.75</sup>) and the most congesting (1.55 UEM). With energy values varying between 0.66 and 0.85 UFI and between 0.57 and 0.79 UFV per kg of DM and nitrogen values ranging from 47.1 to 79.7 g of PDIN and between 68.1 and 84.5 g of PDIE per kg of DM between mild bloom and fullbloom stages. The eleven species perform as good quality forages in ruminant feeding conditions in Algeria.

**In a third experiment**, hays of spontaneous grasses at pre-bloom stage, haymade on the ground under the sun through nice days during twelve days, have energy values of 0.63 to 0.74 UFL and 0.54 to 0.69 UFV per kg of DM, and nitrogen values of 40.8 to 61.6 g of PDIN and 65.6 to 75.7 g of PDIE per kg of DM. The returned hay each three days during the haymaking season is better preserved. It has higher MAT contents of 9.2 to 17.2 g / kg of MS and higher PDIN values of 2.0 to 11.1 g / kg of MS, than unreturned hay.

**In a fourth experiment**, the chemical composition, in vitro digestibilities of organic matter and crude fiber, energetic and nitrogen values of natural fresh forage formed of *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. Rigidus*, *H. murinum*, *L. multiflorum*, *O. Miliacea* and *V. sicula* were determined at four phenological stages (early prebloom, prebloom, full bloom and milky grain). The levels of chemical elements increase significantly from early pre bloom to the milky stage, of 2.1 points for organic matter, 8.7 points for crude fiber, 10.8 points for total walls and 7.5 points for lignocellulose. On the other side, the content of total nitrogenous matter decreases by 2.1 points. The In vitro digestibilities of OM and CF decreased significantly from pre bloom milk stages (of 10.9 and 10.4, respectively). Energy values increase from 0.78 to 0.60 UFL and from 0.72 to 0.54 UFV per kg of DM and nitrogen values from 64 to 44 g of PDIN and from 78 to 64 g of PDIE per kg of DM between pre bloom to milkstages. Ingestibility varies between phenological stages from 52.8 to 67 g MS / kg of metabolic weight. The congestion value varies between 1.12 and 1.42 UEM from pre bloom stage to the milk stage. The rams used for ingestibility tests have gained weight ranging between 20 and 100 g / day.

**Key words:** spontaneous grasses, green forage, hay, chemical composition, In Vitro digestibility, ingestibility, nutritional value.

## REMERCIEMENTS

Gloire à « *ALLAH* » le tout puissant et le miséricordieux qui m'a donné force et patience pour accomplir le présent travail.

Je remercie tout d'abord mon directeur de thèse, le Professeur Mohamed HOUMANI, d'avoir assuré la direction et l'encadrement de mes travaux de thèse. Merci pour vos précieux conseils que ce soit sur le plan scientifique ou humain, avant et tout au long de la réalisation de cette thèse.

Je remercie également le président du jury Mr LAFRI Mohamed, Professeur à l'Université de Blida 1, d'avoir accepté de présider et d'examiner le présent travail.

Mes remerciements vont également aux Professeurs TRIKI Saddek (ENSA Alger), KAIDI Rachid (Université de Blida 1), KHELLAF Djamel (ENV Alger) et au Docteur KADI Si Ammar (UMM de Tizi-Ouzou) d'avoir acceptés malgré leurs nombreuses tâches de juger et d'examiner ce travail.

Je ne saurai oublier de remercier essentiellement ma chère femme et mes chères filles (Imene, Madina, Aya et Maroua) qui, sans vos encouragements, je n'aurai jamais pu continuer, ainsi que toute ma famille et ma belle famille.

Je dédie spécialement ce travail à mes défunts parents et frères qui espéraient tant voir ce jour.

Un grand merci à mes collègues de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, spécialement ceux du département de Biotechnologie et de l'option production animale.

Merci à celles et ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## TABLE DES MATIÈRES

RESUME	02
الملخص	05
ABSTRACT	07
REMERCIEMENTS	09
TABLE DES MATIERES	10
LISTE DES TABLEAUX	13
LISTE DES FIGURES	18
INTRODUCTION	19

### PREMIERE PARTIE

<b>I.1 Situation alimentaire des herbivores en Algérie</b>	<b>23</b>
1.1.1 Superficies agricoles et apports fourragers	24
1.1.1.1 Superficies agricoles	24
1.1.1.2 Superficies agricoles participant à l'alimentation du cheptel	25
1.1.1.3 Evaluation de la production fourragère	32
1.1.1.4 Apports fourragers	36
1.1.2 Evolution du cheptel	43
1.1.2.1 Evolution de l'effectif par espèce et par catégorie	43
1.1.2.2 Présentation de l'effectif en unité gros bétail (UGB)	53
1.1.2.3 Evaluation de la charge animale	56
1.1.2.4 Estimation des besoins alimentaires	57
1.1.3 Evaluation du bilan alimentaire	59
1.1.3.1 Evaluation du bilan énergétique (UFL)	59
1.1.3.2 Evaluation du bilan protéique en PDIN	60
1.1.3.3 Evaluation du bilan protéique en PDIE	61
<b>I.2 Caractéristiques botaniques et nutritives des graminées</b>	<b>63</b>
1.2.1 Généralités sur les graminées.	64
1.2.2 Classification botanique des graminées	67
1.2.3 Cycle végétatif	67
1.2.3.1 Période végétative	67
1.2.3.2. Période de reproduction	68

1.2.4 Phases du cycle végétatif	68
1.2.5 Caractéristiques botaniques et nutritives des graminées étudiées	69
1.2.5.1 <i>Bromus sp</i>	69
1.2.5.2 <i>Avena sterilis</i>	73
1.2.5.3 <i>Dactylis glomerata L</i>	77
1.2.5.4 <i>Hordeum murinum</i>	78
1.2.5.5 <i>Lolium multiflorum</i>	80
1.2.5.6 <i>Oryzopsis miliacea</i>	85
1.2.5.7 <i>Phalaris brachystachis</i>	86
1.2.5.8 <i>Vulpia sicula</i>	87
<b>1.3 Valeur alimentaire des fourrages et ses facteurs de variation</b>	<b>88</b>
1.3.1 Notion de valeur alimentaire	89
1.3.2 Facteurs de variation de la valeur alimentaire	89
1.3.2.1 Famille botanique et espèce	89
1.3.2.2 Age et stade de végétation	90
1.3.2.3 Conditions pédoclimatiques	93
1.3.2.4 Techniques culturales	94
1.3.2.5 Conditions d'exploitation	95
1.3.3 Digestibilité des fourrages	95
1.3.3.1 Facteurs influençant la digestibilité	95
1.3.4 Ingestibilité chez les ruminants	99
1.3.4.1 Quantité de MS ingérées	100
1.3.4.2 Facteurs influençant l'ingestibilité	100
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE</b>	<b>102</b>
<b>2.1 Matériels et méthodes expérimentales</b>	<b>103</b>
2.1.1 Description de la région d'étude	104
2.1.2 Caractéristiques climatiques	105
2.1.3 Techniques de mesure et d'évaluation	110
<b>2.2 Présentation des expérimentations</b>	<b>119</b>
2.2.1 Espèces inventoriées et espèces retenues pour l'étude	120
2.2.2 Valeur alimentaire des espèces principales en vert	121
2.2.3 Valeur nutritive du foin des espèces principales	124

2.2.4 Valorisation d'un fourrage naturel de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants	125
<b>2.3 Résultats et discussion</b>	127
<b>2.3.1 Espèces inventoriées et espèces retenues pour l'étude</b>	128
2.3.1.1 Recouvrement des espèces inventoriées	129
2.3.1.2 Hauteur des espèces inventoriées	130
2.3.1.3 Composition chimique des espèces inventoriées	133
Conclusion	140
<b>2.3.2 Valeur alimentaire des graminées principales en vert</b>	141
2.3.2.1 Mensurations des graminées principales	142
2.3.2.2 Composition chimique des graminées principales	145
2.3.2.3 Digestibilité in-vitro des graminées principales	158
2.3.2.4 Valeurs énergétiques et azotées des graminées principales	165
2.3.2.5 Ingestibilité des graminées principales	178
Conclusion	182
<b>2.3.3 Valeur nutritive du foin des graminées principales</b>	184
2.3.3.1 Composition chimique du foin des graminées principales	185
2.3.3.2 Digestibilité in-vitro du foin des graminées principales	195
2.3.3.3 Valeurs énergétiques et azotées du foin des graminées principales	200
Conclusion	210
<b>2.3.4 Valorisation d'un fourrage vert de graminées dans l'alimentation des ruminants</b>	211
2.3.4.1 Composition floristique et rapport feuilles / tiges	212
2.3.4.2 Composition chimique	212
2.3.4.3 Digestibilité in-vitro	215
2.3.4.4 Valeurs énergétiques et azotées	216
2.3.4.5 Ingestibilité et valeur d'encombrement	218
Conclusion	219
Conclusion générale	220
APPENDICE A	225
APPENDICE B	227
APPENDICE C : Liste des abréviations	231
REFERENCES	233

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1.1 : Part de la SAU dans la TUA par zone climatique (millier d'ha)	26
Tableau 1.1.2 : Surface et part des fourrages cultivés dans la SAU (millier d'ha)	31
Tableau 1.1.3 : Production fourragère moyenne annuelle calculée sur 10 ans (2006 – 2015) (en milliers de quintaux)	35
Tableau 1.1.4 : Production fourragère (en milliers de quintaux) des jachères pâturées et des chaumes de céréales ; et superficies occupées par les pacages et parcours (en milliers d'ha). Moyenne de 10 ans (2006 – 2015)	36
Tableau 1.1.5 : Production fourragère moyenne calculée sur 10 ans (2006- 2015) exprimée en millions d'UFL	38
Tableau 1.1.6 : Production fourragère moyenne calculée sur 10 ans (2006- 2015) exprimée en tonnes de PDIN	40
Tableau 1.1.7 : Production fourragère moyenne calculée sur 10 ans (2006- 2015) exprimée en tonnes de PDIE	42
Tableau 1.1.8 : Effectif bovin par zone climatique (période de 2006 à 2015)	44
Tableau 1.1.9 : Effectif ovin par zone climatique (période de 2006 à 2015)	46
Tableau 1.1.10 : Effectif caprin par zone climatique (période de 2006 à 2015)	48
Tableau 1.1.11 : Effectif camelin par zone climatique (période de 2006 à 2015)	50
Tableau 1.1.12 : Effectif équin par zone climatique (période de 2006 à 2015)	50
Tableau 1.1.13 : Effectif des ânes par zone climatique (période de 2006 à 2015)	52
Tableau 1.1.14:Effectif des mulets par zone climatique (période de 2006 à 2015)	52
Tableau 1.1.15 : Effectif par zone et par espèce exprimé en milliers d'UGB. Moyennes calculées sur 10 ans (2006 à 2015)	55
Tableau 1.1.16 : Besoins alimentaires par espèces et par zone exprimés en millions d'UFL, moyennes calculées sur 10 ans (2006 à 2015)	58

Tableau 1.1.17 : Besoins alimentaires par espèce et par zone exprimés en tonnes de PDI, moyennes calculées sur 10 ans (2006 à 2015)	58
Tableau 1.1.18 : Bilan énergétique exprimé en million d'UFL	60
Tableau 1.1.19 : Bilan azoté exprimé en tonnes de PDIN et PDIE	62
Tableau 1.2.1 : Composition chimique (% de la MS) du <i>Bromus catharticus</i> .	72
Tableau 1.2.2 : Digestibilité et teneur en protéines du brome à divers stades de maturité	72
Tableau 1.2.3 : Valeurs énergétiques et azotées du genre <i>Bromus</i>	73
Tableau 1.2.4 : Valeur nutritive du <i>Bromus catharticus</i>	74
Tableau 1.2.5 : Valeur nutritive de l' <i>Avena sativa</i>	76
Tableau 1.2.6 : Composition chimique du dactyle	78
Tableau 1.2.7 : Valeur nutritive de <i>Dactylis glomerata</i>	79
Tableau 1.2.8 : Valeur nutritive de l' <i>Hordeum vulgare</i>	81
Tableau 1.2.9 : Composition moyenne du ray-grass d'Italie selon le rythme de coupe.	82
Tableau 1.2.10 : Composition et valeur nutritive du ray-grass d'Italie à différents stades de développement	83
Tableau 1.2.11 : Valeurs énergétiques et azotées du ray-grass	83
Tableau 1.2.12 : Valeur nutritive du <i>Lolium multiflorum</i>	84
Tableau 1.2.13 : Valeur nutritive de l' <i>Oryzopsis miliacea</i>	86
Tableau 1.2.14 : Valeur nutritive du <i>Phalaris brachystachis</i>	87
Tableau 1.3.1 : Pourcentage des feuilles et des limbes à différents stades de croissance	90
Tableau 1.3.2 : Variation de la composition chimique des limbes et des tiges + gaines des graminées et des feuilles et des tiges de la luzerne	90
Tableau 1.3.3 : Variation des teneurs en MAT, en CB et en NDF des graminées et des légumineuses	91

Tableau 1.3.4 : Variation de la composition chimique en fonction des stades phénologiques	92
Tableau 1.3.5 : Variations journalières moyennes sur le plan de la composition chimique et de la digestibilité des fourrages en fonction de la prolongation du stade de croissance	93
Tableau 1.3.6 : Pourcentage des pertes de la valeur alimentaire	98
Tableau 2.1.1 : Températures moyennes mensuelles (°C) des années 2003 à 2009	106
Tableau 2.1.2 : Températures moyennes mensuelle (°C) des années 2010 à 2014	107
Tableau 2.1.3 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations en mm des années 2003 à 2009	108
Tableau 2.1.4 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations en mm des années 2010 à 2014	108
Tableau 2.1.5 : Recouvrement des espèces végétales	111
Tableau 2.1.6 : Composition chimique de la salive Mc Dougall	114
Tableau 2.2.1 : Graminées fourragères spontanées inventoriées	121
Tableau 2.2.2 : Composition floristique du fourrage naturel (%).	126
Tableau 2.3.1.1 : Abondance-dominance des espèces inventoriées.	130
Tableau 2.3.1.2 : Hauteurs des espèces inventoriées (cm)	132
Tableau 2.3.1.3 : Evolution des teneurs en MS (MS%) des espèces inventoriées	134
Tableau 2.3.1.4 : Evolution des teneurs en MO (MO%) des espèces inventoriées	135
Tableau 2.3.1.5 : Evolution des teneurs en MAT (MAT%) des espèces inventoriées.	137
Tableau 2.3.1.6 : Evolution des teneurs en CB (CB%) des espèces inventoriées.	139
Tableau 2.3.1.7 : Graminées fourragères principales et secondaires.	140

Tableau 2.3.2.1 : Hauteur des graminées principales (cm).	143
Tableau 2.3.2.2 : Rapport feuilles / tiges des espèces principales	145
Tableau 2.3.2.3 : Evolution des teneurs en matière sèche (MS%)	147
Tableau 2.3.2.4 : Evolution des teneurs en matière organique (MO%)	148
Tableau 2.3.2.5 : Evolution des teneurs en matières azotées totales (MAT%).	151
Tableau 2.3.2.6 : Evolution des teneurs en cellulose brute (CB%).	154
Tableau 2.3.2.7 : Evolution des teneurs en parois totales (NDF%)	155
Tableau 2.3.2.8 : Evolution des teneurs en ADF (en % de la MS).	158
Tableau 2.3.2.9 : Digestibilité in vitro de la MO (%).	161
Tableau 2.3.2.10 : Digestibilité in vitro de la CB (%).	164
Tableau 2.3.2.11 : Unité fourragère lait (UFL).	168
Tableau 2.3.2.12 : Unité fourragère viande (UFV).	171
Tableau 2.3.2.13 : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote (PDIN)	173
Tableau 2.3.2.14 : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie (PDIE)	177
Tableau 2.3.2.15 : Ingestibilité et valeur d'encombrement des graminées spontanées au stade épisaison.	181
Tableau 2.3.2.16 : Evolution du poids vif des béliers.	182
Tableau 2.3.3.1 : Teneur en MS (%) des foins.	186
Tableau 2.3.3.2 : Teneur en MO (%) des foins.	187
Tableau 2.3.3.3 : Teneur en MAT (%) des foins.	189
Tableau 2.3.3.4 : Teneur en CB (%) des foins.	191
Tableau 2.3.3.5 : Teneur en NDF (%) des foins.	193

Tableau 2.3.3.6 : Teneur en ADF (%) des foins.	195
Tableau 2.3.3.7 : Digestibilité in vitro de la MS (%) des foins.	196
Tableau 2.3.3.8 : Digestibilité in vitro de la MO (%) des foins.	198
Tableau 2.3.3.9 : Digestibilité in vitro de la CB (%) des foins.	200
Tableau 2.3.3.10 : Unité fourragère lait (UFL) des foins.	202
Tableau 2.3.3.11 : Unité fourragère viande (UFV) des foins.	204
Tableau 2.3.3.12 : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA g) des foins.	205
Tableau 2.3.3.13 : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote (PDIN g) des foins.	207
Tableau 2.3.3.14 : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie (PDIE g) des foins.	209
Tableau 2.3.4.1 : Composition floristique et rapport feuilles / tiges du fourrage naturel	212
Tableau 2.3.4.2 : Composition chimique du fourrage naturel	214
Tableau 2.3.4.3 : Digestibilité in-vitro du fourrage naturel	216
Tableau 2.3.4.4 : Valeurs énergétiques et azotées du fourrage naturel (par kg de MS)	217
Tableau 2.3.4.5 : Ingestibilité, valeur d'encombrement du fourrage naturel et gain moyen quotidien des béliers.	219

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.2.1 : Tiges des graminées	65
Figure 1.2.2 : Feuilles de graminées	66
Figure 1.2.3 : Inflorescences des graminées	66
Figure 1.2.4 : <i>Bromus rigidus</i> au stade épiaison	69
Figure 1.2.5 : <i>Bromus mollis</i> au stade épiaison	70
Figure 1.2.6 : <i>Bromus madritensis</i> au stade épiaison	71
Figure 1.2.7 : <i>Bromus squarrossus</i> au stade épiaison	71
Figure 1.2.8 : <i>Avena sterilis L</i> au stade épiaison	73
Figure 1.2.9 : <i>Dactylis glomerata</i> au stade épiaison	77
Figure 1.2.10 : <i>Hordeum murinum</i> au stade épiaison	78
Figure 1.2.11 : <i>Lolium multiflorum</i> au stade épiaison	80
Figure 1.2.12 : <i>Oryzopsis miliacea L</i> au stade épiaison	85
Figure 1.2.13 : <i>Phalaris brachystachis</i> au stade épiaison	86
Figure 1.2.14 : <i>Vulpia sicula</i> au stade épiaison	87
Figure 2.1.1 : Situation et caractéristiques physiques de la plaine de la Mitidja	104
Figure 2.1.2 : Limite géographique de la Mitidja	105
Figure 2.1.3 : Diagramme ombrothermique de la période : 2002 – 2008	109
Figure 2.1.4 : Diagramme ombrothermique de la période : 2011 – 2015	109
Figure 2.1.5 : Détermination du rapport feuilles / tiges	112
Figure 2.2.1 : Bélier porteur de canule ruminale	122
Figure 2.2.2 : Fourrage vert d' <i>Avena sterilis</i>	123
Figure 2.2.3 : Box individuels pour béliers	123
Figure 2.2.4 : Fourrage naturel de graminées spontanées	126

# INTRODUCTION

En Algérie, les fourrages cultivés contribuent faiblement à l'alimentation des herbivores comparés aux apports des pailles, des chaumes de céréales, des plantes fourragères spontanées, des jachères et des parcours. En effet, les cultures fourragères, n'occupent annuellement qu'une superficie de 620.926 hectares [1], soit 7,37 % seulement de la surface agricole utile. La culture des fourrages est peu pratiquée en raison d'une faible superficie agricole utile (8,4 millions d'hectares) [1] mais aussi à cause d'une insuffisante quantité d'eau allouée à l'agriculture.

Les semences des fourrages cultivés (luzerne, bersim, vesce, pois, avoine, orge, maïs) sont importées ; ce qui constitue un frein à l'expansion de leur culture. De plus, la faible maîtrise de l'itinéraire cultural, le manque d'eau d'irrigation quasi permanent en été et la faible mécanisation de l'agriculture engendrent de faibles rendements et augmentent les prix de revient des fourrages cultivés [2].

Dans ce contexte, les plantes fourragères spontanées sont une bonne alternative complémentaire aux fourrages cultivés. Elles constituent, en compagnie des pailles de céréales, l'essentiel de l'alimentation des herbivores, en particulier des petits ruminants [3]. Elles poussent dans les prairies naturelles, les parcours et les jachères ou encore, en intercalaire, dans les vergers arboricoles irrigués. Elles appartiennent à diverses familles botaniques telles que les graminées et les légumineuses, et sont offertes à l'auge ou pâturées. Elles constituent une importante biodiversité végétale nécessitant une protection adaptée et une valorisation rationnelle.

De nombreuses espèces fourragères spontanées supportent la sécheresse et des températures plus ou moins élevées, caractéristiques dominantes du climat Nord Africain. Cependant, cette biodiversité végétale à caractère fourrager est peu connue et peu ou pas du tout étudiée du point de vue de son intérêt fourrager.

C'est dans ce contexte et afin de connaître la valeur alimentaire de ces graminées spontanées que nous nous sommes proposés :

**Dans une première expérience**, de répertorier les graminées fourragères spontanées les plus dominantes au niveau de la plaine de la Mitidja.

**Dans une deuxième expérience,** de déterminer le rapport feuilles/tiges, la composition chimique (classique et parois végétales), la digestibilité in vitro, l'ingestibilité et les valeurs énergétiques et azotées des espèces les plus abondantes et les plus prospères (retenues précédemment) aux stades phénologiques de montaison, début épiaison, épiaison, floraison et laiteux sur plusieurs années consécutives.

**Dans une troisième expérience,** de déterminer la composition chimique (classique et parois végétales), la digestibilité in vitro et les valeurs énergétiques et azotées des foin des espèces les plus abondantes et les plus prospères fanées au soleil au stade épiaison.

**Dans une quatrième expérience,** de déterminer la composition chimique, la digestibilité in vitro, les valeurs énergétiques et azotées et l'ingestibilité d'un fourrage naturel en vert composé d'espèces spontanées aux stades phénologiques de montaison, début épiaison, épiaison, floraison et laiteux.

## **PREMIERE PARTIE**

## **I.Situation alimentaire des herbivores en Algérie**

## **1.1.1 Superficies agricoles et apports fourragers**

### **1.1.1.1 Superficies agricoles**

Les données traitées sont tirées des annuaires statistiques agricoles : superficies et productions, série B, Ministère de l'Agriculture et du développement rural [1]. La période d'étude porte sur 10 campagnes agricoles consécutives de 2006 à 2015.

Pour délimiter les zones, nous avons divisé le territoire algérien en quatre zones climatiques en fonction de la pluviométrie moyenne annuelle (zone humide avec plus de 600 mm/an, zone subhumide avec 400 à 600 mm/an, zone semi-aride avec 200 à 400 mm/an et zone aride avec moins de 200 mm/an).

L'Algérie couvre une superficie de 238.174.100 ha. Les terres agricoles, n'occupent qu'une très faible part de la surface totale du territoire avec 43.395.420 ha dont 19,5 % de SAU, qui ne totalise que 8.422.960 ha, soit 3,54 % de la superficie du territoire. 82 % du reste du territoire étant couvert par le désert [1].

Les terres agricoles, se trouvent insuffisamment en plaine. Les terrains en forte pente, exposés à une forte érosion hydrique, constituent 53 % des terres les mieux arrosées. Par ailleurs, elles sont souvent, soit trop lourdes, donc difficiles à travailler, soit trop légères, donc fortement soumises à l'érosion éolienne et hydrique [4].

#### **1.1.1.1.1 Terres utilisées par l'agriculture (TUA)**

Durant la période 2006 à 2015, les terres utilisées par l'agriculture représentent environ 18 % de la superficie totale du territoire national avec une moyenne de 43,4 millions d'hectares. Cette superficie a connu une augmentation de 5,45 millions d'hectares par rapport à la période 1980 à 1989 [5].

La zone aride occupe plus de la moitié de la TUA nationale avec une superficie moyenne de 26 millions d'hectares, suivie par la zone semi-aride avec 10,27 millions d'hectares soit 23,67 % de la TUA nationale.

La zone subhumide, détient 11,85 % de la TUA nationale alors que la part de la zone humide, varie entre 2,34 et 2,41 % de la TUA nationale.

L'augmentation de la TUA dans la zone aride est justifiée par la mise en valeur des terres, essentiellement pour la céréaliculture et les cultures maraichères. Le développement du bâtiment est parmi les principales causes de la diminution de la TUA dans la zone humide.

#### 1.1.1.1.2 Surface agricole utile (SAU)

La surface agricole utile (SAU) représente les terres cultivables. Elle totalise en moyenne 8,4 millions d'hectares soit 19,5 % de la TUA nationale. Elle est répartie entre les terres labourables et les cultures pérennes.

Le taux d'accroissement de la SAU nationale est assez médiocre (2,3 %) durant la décennie 2006 à 2015. Cette augmentation résulte principalement du défrichement des parcours et la mise en valeur des terres sahariennes.

Entre 2006 et 2015, les zones humide et subhumide enregistrent des diminutions respectives de 5220 et 93.000 hectares. La zone semi-aride, avec une superficie de 3,44 millions d'hectares, a connu une progression de 22.300 hectares. Le reste de la SAU se localise au niveau de la zone aride qui ne représente qu'environ 5 % de la SAU nationale (Tableau 1.1.1).

#### 1.1.1.2 Superficies agricoles participant à l'alimentation du cheptel

Ce sont les terres à vocation fourragère. Elles regroupent les terres impliquées dans la production de fourrages, à savoir : les prairies naturelles, les pacages et parcours, les jachères et les cultures fourragères. Ces terres sont rapportées à la surface agricole utile (SAU).

**Tableau 1.1.1 : Part de la SAU dans la TUA par zone climatique (millier d'ha)**

Année Zone	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humide	747,88 (8,90)* (73,09)**	748,46 (8,90)* (73,06)**	746,28 (8,86)* (73,21)**	746,28 (8,86)* (73,21)**	746,28 (8,85)* (73,21)**	745,55 (8,83)* (73,19)**	745,71 (8,82)* (73,21)**	745,67 (8,81)* (73,21)**	743,15 (8,77)* (73,01)**	742,66 (8,74)* (73,04)**
Subhumide	3874,65 (46,10)* (76,35)**	3874,46 (46,04)* (75,08)**	3871,88 (45,96)* (75,19)**	3873,67 (45,99)* (75,27)**	3875 (45,94)* (77,23)**	3875,28 (45,88)* (75,31)**	3876,19 (45,85)* (75,34)**	3875,37 (45,79)* (75,34)**	3875,23 (45,77)* (75,35)**	3781,61 (44,55)* (74,17)**
Semi-aride	3424,16 (40,74)* (33,44)**	3427,72 (40,73)* (33,48)**	3434,58 (40,76)* (33,54)**	3436,95 (40,80)* (33,59)**	3437,23 (40,75)* (33,64)**	3437,23 (40,70)* (33,64)**	3437,23 (40,65)* (33,66)**	3437,23 (40,62)* (33,48)**	3437,30 (40,60)* (33,48)**	3446,46 (40,60)* (33,54)**
Aride	356,86 (4,25)* (1,37)**	364,06 (4,32)* (1,39)**	372,00 (4,41)* (1,40)**	366,42 (4,35)* (1,39)**	376,49 (4,46)* (1,44)**	387,41 (4,58)* (1,48)**	395,47 (4,68)* (1,5)**	403,49 (4,76)* (1,52)**	409,33 (4,83)* (1,54)**	452,23 (5,32)* (1,67)**
Total national	8403,57 (100)	8414,67 (100)	8424,76 (100)	8423,34 (100)	8435,02 (100)	8445,49 (100)	8454,63 (100)	8461,88 (100)	8465,04 (100)	8422,96 (100)
SAU/TUA	19,83	19,82	19,85	19,83	19,84	19,89	19,89	19,72	19,73	19,55

Les valeurs entre parenthèses représentent des pourcentages

\* : SAU de la zone / SAU nationale

\*\* : SAU / TUA de la zone

#### 1.1.1.2.1 Surfaces occupées par les fourrages naturels

Les fourrages naturels sont un groupement d'êtres vivants composés de végétations spontanées qui se maintiennent en équilibre sous certaines conditions de milieu. Ils représentent avec leur environnement un écosystème important dans l'aménagement de territoire de sauvegarde des équilibres naturels [6].

Les surfaces occupées par les fourrages naturels regroupent les prairies naturelles et les jachères fauchées. Leur superficie moyenne est évaluée à 220.704 hectares. Elles sont essentielles pour les apports fourragers.

Les fourrages naturels se localisent essentiellement dans les zones humide et subhumide, avec respectivement 12,52 et 2,26 % de la SAU de la zone en 2015.

##### 1.1.1.2.1.1 Prairies naturelles

Les prairies naturelles sont des surfaces enherbées spontanées de composition floristique et de durée d'établissement variable [7]. Elles constituent la base de l'alimentation des ruminants et sont utilisées en ensilage, en foin, en affouragement en vert et en pâturage [8] ; [9].

Elles ont fortement régressées, passant de 2 millions d'hectares en 1930 à 25.450 hectares en 2015 [1] ; [10]. Elles ont été défrichées et utilisées pour la céréaliculture, la viticulture et/ou l'arboriculture. Certaines prairies ont été loties pour la construction d'habitations [11] ; [12] ; [13].

A l'échelle nationale, les prairies naturelles se localisent surtout dans la zone humide (notamment au Nord-Est du pays) où la pluviométrie est abondante [13] ; [14] ; [15] et à un degré moindre dans la zone subhumide (respectivement 15.380 et 7270 hectares en 2015). Dans la zone semi-aride, la superficie des prairies naturelles n'est que de 3000 hectares ; alors que la zone aride est dépourvue de prairies naturelles.

##### 1.1.1.2.1.2 Jachère

La jachère correspond à une période de non culture d'une terre exploitée de manière extensive dans un système d'assolement céréales-jachère. Elle reste un apport fourrager gratuit et sécurisant pour l'éleveur [16]. Elle englobe deux types :

### 1) Jachère pâturée

La jachère ne comportant aucun travail du sol et traditionnellement pâturée, la végétation est composée presque uniquement d'espèces annuelles adventices ou post-culturales [17]. Elle est typique dans les zones subhumide et semi-aride, qui représentent environ 90 % de la superficie totale de la jachère pâturée. Dans une telle région, l'absence de maquis et de parcours productifs est l'une des causes essentielles du maintien de la jachère pâturée dans cette région [18].

### 2) Jachère fauchée

La superficie de la jachère fauchée représente 12 fois moins la superficie de la jachère pâturée. Elle est présente surtout dans la zone humide et subhumide. Elle constitue un pâturage pour les cheptels jusqu'au mois de décembre, puis elle est mise en défend pour permettre une production de foin de qualité, souvent constitué de graminées et légumineuses annuelles [19].

Durant la décennie 2006 à 2015, les terres au repos ou jachère, sont en régression mais restent importantes. Elles peuvent représenter en moyenne annuelle presque la moitié de la SAU nationale (40,6%) avec une superficie de 3,42 millions d'hectares.

La part de la jachère est importante dans la zone semi-aride, elle occupe en moyenne 48,42 % de la SAU de la zone avec une superficie de 1,68 millions d'hectares. Au cours de la même période, il y'a une diminution de l'ordre de 265.190 hectares dans la zone subhumide. Alors que les zones humide et aride, présentent les surfaces les plus faibles avec des parts de 5,85 et 3,82 % de la surface totale de la jachère.

#### 1.1.1.2.1.3 Pacages et parcours

Les parcours occupent la place la plus importante du territoire et sont essentiellement localisés dans les zones semi-aride et aride. Ils sont composés par :

##### 1) Parcours steppiques

La steppe algérienne s'étend sur 20 millions d'hectares et la surface des parcours est évaluée à 15 millions d'hectares [20].

De nombreux travaux relatifs à l'étude de la végétation ont permis de faire ressortir les potentialités pastorales des parcours steppiques en Algérie qui sont dominées par 4 grands type de formations végétales [21] ; [22] ; [23] ; [24] ; [25].

a) Parcours en graminées

- les steppes à alfa, occupent 4 millions d'hectare, la productivité pastorale de ce type de steppe varie selon le recouvrement et le cortège floristique [26] ; [27] ; [28].
- les steppes à sparte, représentent 2 millions d'hectares, rarement homogène, leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevé en espèces annuelles, elle est en moyenne de 110 kg de MS/ha [26].
- les steppes à psammophytes, occupent une surface estimée à 200.000 hectares. Elles sont plus fréquentes en zones arides et présahariennes [26] ; [27].

b) Parcours à chamaephytes:

- les steppes à armoise blanche recouvrent 3 millions d'hectares ; l'armoise ayant une bonne valeur fourragère, ces parcours sont souvent considérés comme les meilleurs et sont utilisés pendant tout l'année [3] ; [27].
- Les steppes à remth, sont surtout exploitées par les camelins [29].

c) Parcours à espèces crassulescentes

Les steppes à halophytes couvrent environ 1 million d'hectares. Ce type de steppe, est très recherché par les pasteurs [26] ; [27].

d) Parcours dégradés et post-culturales

2) Parcours forestiers

En Algérie, le pacage en forêt (propriété domaniale) est autorisé par l'administration des forêts. En beaucoup d'endroit, le pacage, surtout des bovins, est permanent sauf dans les jeunes reboisements [30].

La formation forestière et les maquis jouent un rôle important dans l'alimentation du cheptel. Leur productivité est très variable d'une région à une autre en fonction des conditions du milieu, de la charge animale et de la composition botanique des formations végétales [31].

### 3) Parcours sahariens

Ils regroupent deux parties dont la présaharienne avec une superficie de pâturage utilisable de 6 à 8 millions d'hectares et une production fourragère variable suivant les parcours (composition floristique), avec en moyenne une biomasse de 450 kg MS/ha/an. La partie saharienne, est un plateau pierreux, le plus souvent non producteur [29].

Les pacages et parcours occupent en moyenne plus de 75,86 % du total national (32 millions d'hectares). Ils dominent dans la zone aride avec une superficie moyenne de 25 millions d'hectares et la zone semi-aride avec 6,37 millions d'hectares.

Au niveau des zones humide et subhumide, les pacages et parcours représentent respectivement une superficie moyenne de 192.530 et 967.270 hectares.

Les superficies des pacages et parcours augmentent de la zone humide à la zone aride alors que leur production fourragère diminue dans le même sens.

#### 1.1.1.2.2 Surfaces occupées par les fourrages cultivés

Sur huit millions d'hectares de SAU, les fourrages cultivés ne représentent qu'une faible proportion (7,36%), soit une superficie moyenne de 620.926 hectares.

Dans la zone humide, cette superficie représente 6,71 % de la SAU et a connue une progression de 7020 hectares entre 2006 et 2015. Dans la zone subhumide, les fourrages cultivés occupent une surface 5 fois plus grande que celle occupée dans la zone humide.

Dans la zone semi-aride, les surfaces consacrées aux fourrages artificiels évoluent de façon irrégulière avec des extrêmes de 4,02 (2009) et 12,95 % (2014) de la SAU nationale. Dans la zone aride, la superficie réservée aux cultures fourragères, augmente de façon significative, passant de 5,14 % en 2006 à 6,78 % de la SAU de la zone en 2015 (Tableau 1.1.2).

Le faible développement des cultures fourragères pourrait être expliqué par le manque de diversité de ces cultures (prédominance de l'avoine, de l'orge et du foin de vesce-avoine), par l'absence d'une véritable stratégie concernant la production des fourrages et les conditions climatiques défavorables [19] ; [30].

**Tableau 1.1.2** : Surface et part des fourrages cultivés dans la SAU (millier d'ha)

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zone										
Humide	45,56 (6,09)	40,48 (5,40)	47,97 (6,42)	55,52 (7,44)	52,98 (7,10)	51,13 (6,87)	53,28 (7,14)	49,65 (6,65)	51,69 (6,95)	52,58 (7,08)
Subhumide	231,92 (5,98)	194,96 (5,03)	358,80 (9,26)	198,71 (5,13)	225,18 (5,81)	292,67 (7,55)	222,68 (5,74)	233,56 (6,02)	225,42 (5,81)	281,88 (7,45)
Semi-aride	315,96 (9,22)	239,98 (7,00)	160,77 (4,68)	138,19 (4,02)	365,34 (10,62)	173,25 (5,04)	337,52 (9,81)	380,39 (11,06)	445,42 (12,95)	432,20 (12,54)
Aride	18,36 (5,14)	18,36 (5,04)	21,34 (5,73)	23,86 (6,51)	25,97 (6,90)	27,10 (6,99)	28,21 (7,13)	27,61 (7,52)	32,41 (7,91)	30,69 (6,78)
Total national	611,81 (7,28)	493,79 (5,87)	588,89 (6,99)	416,29 (4,94)	669,49 (7,94)	544,17 (6,44)	641,71 (7,59)	690,82 (8,16)	754,94 (8,92)	797,35 (9,46)

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions des fourrages cultivés / à la SAU

#### 1.1.1.2.2.1 Surfaces occupées par les céréales d'été (maïs + sorgho)

Les céréales d'été, occupent une superficie très réduite au niveau des cultures fourragères, elles sont utilisées en affouragement en vert ou en ensilage. La superficie allouée à ces cultures a augmentée de façon significative au niveau de toutes les zones ; passant de 5548 hectares en 2006 à 11.490 hectares en 2015 soit 0,13 % de la SAU nationale. Elle est plus élevée dans la zone semi-aride, avec une moyenne de 3624 ha, suivie par la zone humide où l'on remarque une augmentation de 2166 hectares entre 2006 et 2015.

#### 1.1.1.2.2.2 Surfaces agricoles occupées par les céréales d'hiver (avoine, orge, blé)

Les céréales d'hiver sont utilisées pour l'alimentation du bétail : soit directement par l'orge et l'avoine (en grains, en vert , en ensilage ou en céréales reconverties), soit indirectement par les issues de meunerie pour le blé, les pailles et les chaumes de céréales qui sont utilisées respectivement en alimentation automnale et hivernale et en été.

Ces surfaces céréalières représentent 3.266.700 ha en 2006 (soit 38,87 % de la SAU nationale) et 3.388.400 ha en 2015 (soit 40,23 % de la SAU nationale).

Entre 2006 et 2015, nous observons une diminution des surfaces céréalières dans la zone humide passant de 122.560 ha en 2006 à 118.420 ha en 2015 ; tandis qu'il y'a eu une augmentation des surfaces sur les 10 ans étudiées dans les régions subhumide, semi-aride et aride.

Les surfaces céréalières les plus importantes, se situent dans la zone subhumide avec 1.829.900 ha en 2015 (48,38 % de la SAU de la zone). La zone semi-aride présente aussi d'importantes surfaces céréalières (39,69 % de la SAU de la zone), suivie par la zone humide (15,94 % de la SAU de la zone) et la zone aride (15,91 % de la SAU de la zone).

#### 1.1.1.3 Evaluation de la production fourragère

En se référant aux annuaires statistiques agricoles (période de 2006 à 2015) [1], les productions fourragères sont exprimées en quantités (Tableaux 1.1.3 et 1.1.4) et en superficies (Tableau 1.1.4).

#### 1.1.1.3.1 Productions fourragères.

Les ressources fourragères en Algérie, se composent principalement de chaumes de céréales, de végétation des jachères pâturées, des parcours steppiques et forestiers, de maquis et de peu de fourrages cultivés [30] ; [32].

##### 1.1.1.3.1.1 Fourrages cultivés en vert

Les fourrages cultivés sont composés essentiellement, de graminées hivernales (orge, avoine et seigle) et secondairement de légumineuses (trèfle et luzerne).

Les graminées hivernales assurent une production nationale de 8.534.010 quintaux. Elles sont suivies par les légumineuses, avec une production de 2.590.470 quintaux et les graminées estivales (maïs et sorgho), avec 1.809.290 quintaux. Les autres fourrages cultivés en vert ne représentent que 683.070 quintaux (Tableau 1.1.3).

##### 1.1.1.3.1.2 Fourrages cultivés en sec

L'alimentation animale en Algérie est essentiellement basée sur la vesce avoine ; qui conservée dans de bonnes conditions, donne un foin d'assez bonne qualité (0,7 UFL / Kg de MS) [19] ; [32].

La production de vesce avoine en Algérie représente 15,16 % de la production totale de foin, soit 1.842.300 quintaux. Le foin de luzerne ne représente que 2,15 % de la production nationale de fourrages cultivés en sec avec une production de 261.290 quintaux. La culture des légumineuses, notamment celle de la luzerne, est très peu pratiquée, malgré son grand intérêt dans l'alimentation des animaux [33].

Les céréales reconverties avec 2.196.600 quintaux, représentent 18,07 % de la production nationale de foin. Les fourrages divers cultivés en sec, assurent la plus importante production avec 7.854.280 quintaux, soit 64,62 % de la production de foin en Algérie (Tableau 1.1.3).

La production nationale de fourrages secs a été évaluée à 9.830.880 quintaux durant la décennie 2003 à 2012 [34], alors que durant la décennie 2006 à 2015, elle est évaluée à 12.154.470 quintaux, soit une augmentation de 2.323.590 quintaux.

#### 1.1.1.3.1.3 Céréales en grains

Les céréales en grains sont composées d'orge, d'avoine, de son de blé dur et tendre. La production moyenne annuelle d'orge est de 12.494.380 quintaux, celle de l'avoine, n'est que de 807.160 quintaux (Tableau 1.1.3).

La quantité de son de blé produite à l'échelle nationale, est égale à la quantité de blé produite au niveau nationale multipliée par le coefficient de rendement du blé en son (blé dur = 18% ; blé tendre = 13%) [35].

#### 1.1.1.3.1.4 Pailles de céréales

Sur la base d'un quintal de céréales en grains dégage un quintal de paille en moyenne [36], les quantités de paille produites durant la décennie 2006 – 2015, sont en moyenne de 39.356.880 quintaux par an (Tableau 1.1.3).

#### 1.1.1.3.1.5 Chaumes de céréales

L'étude des chaumes de céréales est très importante dans la mesure où durant l'été, elles constituent un apport fourrager non négligeable pour l'élevage bovins et surtout ovins qui fuit la steppe en allant vers les hauts plateaux et le nord à la recherche d'aliments et d'eau [37]. Les chaumes autrefois offertes gratuitement, sont aujourd'hui louées en fonction de leur richesse en grains et en paille non ramassée par la botteleuse [38].

#### 1.1.1.3.1.6 Fourrages naturels

##### - Jachère

La jachère a toujours occupée des superficies plus importantes que celles réservées aux cultures fourragères. Chaque année, des millions d'hectares sont laissés en jachères dans les zones de moyenne et faible pluviométrie (200 à 400 mm) [38]. La production moyenne annuelle pour l'ensemble du territoire national est estimée à 10.324.190 quintaux au niveau national (Tableaux 1.1.3 et 1.1.4)

##### - Prairies naturelles

La composition des prairies naturelles, est très variable. Elle est sous la dépendance étroite du mode d'exploitation, des conditions climatiques et de la richesse de la flore spontanée [38] ; [39].

**Tableau 1.1.3** : Production fourragère moyenne annuelle calculée sur 10 ans (2006 – 2015) (en milliers de quintaux)

Année	Céréales d'été	Céréales d'hiver		Fourrages naturels		Pailles	Fourrages artificiels en sec				Fourrages artificiels en vert		
	Mais Sorgho	Orge	Avoine	Prairies naturelles	Jachères fauchées		Vesce- avoine	Luzerne	Céréales Reconvertis	Divers	Orge- Avoine- Seigle	Autres	Trèfle- Luzerne
Humide	822,84	265,66	20,77	436,29	2187,36	2254,95	541,53	11,46	71,90	739,85	1163,19	52,76	1230,36
Subhumide	164,78	6962,96	539,79	185,64	1867,22	24091,33	1097,81	11,49	909,15	4882,89	2723,36	213,68	183,14
Semi-aride	567,37	4855,61	237,58	76,52	953,15	12095,07	175,31	192,19	1180,25	2023,03	3236,46	280,69	413,64
Aride	254,30	410,15	9,02	00	0,064	915,53	27,65	46,15	35,30	208,51	1411,00	135,94	763,33
Total national	1809,29	12.494,38	807,16	698,45	5007,79	39.356,88	1842,30	261,29	2196,60	7854,28	8534,01	683,07	2590,47

**Tableau 1.1.4** : Production fourragère (en milliers de quintaux) des jachères pâturées et des chaumes de céréales ; et superficies occupées par les pacages et parcours (en milliers d'ha). Moyenne de 10 ans (2006 – 2015)

Fourrages Zones	Jachères pâturées	Chaumes	Pacages et parcours
Humide	2940,82	2254,95	192,53
Subhumide	1444,14	24091,33	967,27
Semi-aride	931,44	12095,06	6374,12
Aride	00	915,53	25384,20
Total national	5316,40	39356,88	32918,25

La production moyenne annuelle au niveau national, est de 698.450 quintaux, ce qui ne représente qu'environ 2 % de la production fourragère nationale (tableau 1.1.3).

#### - Pacages et parcours.

La production fourragère quantitative des pacages et parcours, n'a pas pu être estimée, car les rendements à l'ha sont inexistant dans les statistiques agricoles du MADR qui ne citent que la surface pour cette rubrique (tableau 1.1.4). Seule la valeur nutritive (UFL, PDIN et PDIE) à l'ha et par étage climatique a été estimée par certains chercheurs et sera utilisée dans cette étude pour calculer les apports nutritifs [3] ; [20] ; [21] ; [22] ; [26] ; [29].

#### **1.1.1.4 Apports fourragers**

Les résultats de production (quintaux) et de superficie (ha) des tableaux 1.1.3 et 1.1.4, ont été multipliés par les valeurs énergétiques exprimées en UFL et les valeurs azotées en PDIN et en PDIE par kg ou par ha des différents fourrages rapportés dans l'Appendice A1.

##### 1.1.1.4.1 Apports énergétiques (UFL)

La production fourragère annuelle calculée entre 2006 et 2015 est évaluée à 8349,6 millions d'UFL (Tableau1.1.5).

La zone humide avec une production de 493,72 millions d'UFL, ne participe qu'à raison de 5,91 % dans la production nationale. L'essentiel de cette production est apporté par les pailles et les chaumes de céréales avec 221,87 millions d'UFL, soit 44,9 % du total de la zone. Le foin et les fourrages cultivés en vert, apportent 124,8 millions d'UFL soit 25,28 % des apports totaux de cette zone. Les pacages et parcours avec 28,11 millions d'UFL, occupent l'avant dernière place devant le son de blé avec 6,23 millions d'UFL et derrière les céréales d'hiver avec 31,89 millions d'UFL.

Les fourrages naturels permettent une production de 38,48 millions d'UFL soit 7,79 % de la production d'UFL totale de la zone humide. Les jachères pâturées occupent une part non négligeable avec 42,34 millions d'UFL soit 8,57 % de la production d'UFL total de cette zone.

La zone subhumide représente, 47,05 % de la production nationale d'UFL avec une production de 3928,82 millions d'UFL. Les pailles et les chaumes, occupent toujours la première place avec 2429,35 millions d'UFL, suivis par : les céréales d'hiver avec 835,45 millions, les foins avec 364,82 millions et les pacages et parcours avec 141,22 millions. Le son de blé, les fourrages cultivés, les fourrages naturels et la jachère pâturée totalisent une production de 158 millions d'UFL soit 4,02 % seulement de la production d'UFL totale de la zone subhumide.

La zone semi-aride, avec une production moyenne de 3727 millions d'UFL, se place juste derrière la zone subhumide avec un taux de 44,63 % de la production nationale. L'essentiel des UFL produites, sont fournis par les pacages et parcours avec 1593,53 millions d'UFL, soit 11 fois plus d'UFL que les pacages et parcours de la zone subhumide et représentent 42,76 % de la production annuelle de la zone. Les pailles et les chaumes de céréales, totalisent 1319 millions d'UFL soit 35,39 % de la production de la zone. Les céréales d'hiver viennent en 4<sup>ème</sup> position avec 568,3 millions d'UFL. Les foins, apportent 227,61 millions d'UFL et les fourrages cultivés 66,52 millions d'UFL, ce qui correspond à 33,14 % du total national pour ces fourrages. Le son de blé, les fourrages naturels et la jachère pâturée représentent respectivement 0,62 ; 0,40 et 0,36 % de la production de la zone.

La zone aride produit moins d'UFL que les zones précédentes. Les ressources fourragères de cette zone, proviennent essentiellement des céréales d'hiver avec 23,43 % de la production d'UFL totale. Le reste, est réparti entre le foin avec 9,77 %, les fourrages cultivés avec 19,74 %, les pailles avec 23,77 %, les chaumes de céréales avec 22,43 % et le son de blé avec 0,84 % de la production d'UFL totale de la zone aride. Les fourrages naturels, n'ont qu'un très faible apport avec 0,05 millions d'UFL ; alors que les pacages et parcours et la jachère pâturée sont pratiquement nul au niveau de cette zone.

Cette situation montre que l'alimentation du bétail en Algérie est soumise à une forte influence de la pluviométrie, plus de 24 % de la production fourragère provient des pailles de céréales.

**Tableau 1.1.5** : Production fourragère moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) exprimée en millions d'UFL

Fourrages Zone	Foin	Fourrages cultivés (vert)	Céréales d'hiver (grains)	Pailles des céréales	Chaumes des céréales	Son de blé	Fourrages naturels	Packages et parcours	Jachères pâturées	Total de la zone
Humide	82,70 (11,90)	42,10 (20,97)	31,89 (2,15)	111,38 (5,47)	110,49 (5,73)	6,23 (7,27)	38,48 (46,33)	28,11 (1,59)	42,34 (55,32)	493,72 (5,91)
Subhumide	364,82 (52,52)	52,64 (26,22)	835,45 (56,35)	1248,88 (61,37)	1180,47 (61,21)	54,70 (63,86)	29,86 (35,95)	141,22 (8,01)	20,78 (27,15)	3928,82 (47,05)
Semi-aride	227,61 (32,76)	66,52 (33,14)	568,30 (38,33)	726,28 (30,82)	592,66 (30,73)	23,04 (26,90)	14,66 (17,65)	1593,53 (90,39)	13,41 (17,52)	3727,02 (44,63)
Aride	19,54 (2,81)	39,48 (19,67)	46,87 (3,16)	47,55 (2,33)	44,86 (2,32)	1,69 (1,97)	0,05 (0,06)	00	00	200,04 (2,39)
Total national	694,67	200,74	1482,51	2035,09	1928,48	85,66	83,05	1762,86	76,53	8349,60

Les valeurs mises entre parenthèses représentent les pourcentages par rapport à la production nationale

#### 1.1.1.4.2 Apports protéiques en PDIN

Les apports en PDIN à l'échelle nationale, sont de 405.935 tonnes de PDIN. Ils sont apportés dans l'ordre, à raison de 58,33 % par la zone subhumide, 29,53 % par la zone semi-aride, 8,86 % par la zone humide et en fin seulement 3,28 % par la zone aride (Tableau 1.1.6).

- Les fourrages cultivés en vert, permettent une production nationale de 18.989,2 tonnes, soit 4,68 % des apports totaux en PDIN.
- L'apport des foin, est de 42.807,45 tonnes de PDIN, soit 10,54 % de l'ensemble des apports.
- Les grains de céréales assurent une production de 105.928 tonnes de PDIN. Ils participent à raison de 26,10 % dans les apports totaux en PDIN.
- La paille permet un apport de 89.200 tonnes de PDIN, soit 22 % des apports nationaux en PDIN.
- Les chaumes de céréales offrent 86.585 tonnes de PDIN. Elles participent à raison de 21,33 % dans les apports totaux en PDIN au niveau national.
- Les pacages et parcours permettent une production de 39.128,62 tonnes, soit 9,64 % des apports totaux en PDIN (Tableau 1.1.6).

**Tableau 1.1.6** : Production fourragère moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) exprimée en tonnes de PDIN

Fourrages Zone	Foin	Fourrages cultivés (vert)	Céréales d'hiver (grains)	Pailles des céréales	Chaume des céréales	Son de blé	Fourrages naturels	Pacages et parcours	Jachères pâturées	Total de la zone
Humide	4642,64 (10,85)	5005,09 (26,37)	2278,98 (2,15)	4682,92 (5,25)	4960,89 (5,73)	648,84 (7,27)	3598,11 (46,86)	6469,00 (16,53)	3705,43 (55,32)	35991,90
Subhumide	23474,41 (54,84)	3613,82 (19,04)	59698,13 (56,36)	54285,57 (60,86)	53000,93 (61,21)	5701,91 (63,86)	2710,99 (35,31)	32500,27 (83,06)	1819,62 (27,16)	236805,65
Semi-aride	13287,20 (31,04)	6127,16 (32,28)	40602,97 (38,33)	28137,18 (31,54)	26609,13 (30,73)	2401,64 (26,90)	1367,80 (17,82)	159,35 (0,41)	1173,61 (17,52)	119866,06
Aride	1403,20 (3,28)	4234,10 (22,31)	3347,95 (3,16)	2094,40 (2,35)	2014,17 (2,33)	176,61 (1,98)	0,80 (0,01)	00	00	13271,23
Total national	42807,45	18989,20	105928,03	89200,07	86585,12	8929,00	7677,70	39128,62	6698,66	405934,84

Les valeurs mises entre parenthèses représentent les pourcentages par rapport à la production nationale

#### 1.1.1.4.3 Apports protéiques en PDIE

La quantité de PDIE produite en Algérie est de l'ordre de 652.118 tonnes (Tableau 1.1.7). La zone subhumide, vient en première position avec 365.174,5 tonnes de PDIE soit 59,06 % du total national ; suivie par la zone semi-aride avec 198.643 tonnes de PDIE, soit 30,46 %, la zone humide avec 49.934,65 tonnes de PDIE soit 7,66 % et en fin, la zone aride qui produit seulement 18.366 tonnes de PDIE soit 2,82 %.

La production totale estimée à 652.118 tonnes de PDIE, est apportée essentiellement par les chaumes de céréales (29,57 %), les pailles (26,89 %), les grains de céréales (20,53 %) et les foins (11 %) (Tableau 1.1.7).

**Tableau 1.1.7** : Production fourragère moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) exprimée en tonnes de PDIE

Fourrages Zone	Foin	Fourrages cultivés (vert)	Céréales d'hiver (grains)	Pailles des céréales	Chaume des céréales	Son de blé	Fourrages naturels	Pacages et parcours	Jachères pâturées	Total de la zone
Humide	7962,30 (11,11)	4407,77 (22,95)	2857,63 (2,13)	9329,32 (5,32)	11049,25 (5,73)	467,83 (4,58)	4136,16 (46,59)	5313,83 (16,53)	4411,23 (55,50)	49934,65
Subhumide	39835,90 (55,58)	5184,26 (26,99)	75760,32 (56,59)	107610,37 (61,37)	118047,51 (61,21)	6708,60 (65,71)	3164,69 (35,64)	26696,65 (83,06)	2166,21 (27,26)	385174,51
Semi-aride	21913,03 (30,57)	6234,36 (32,46)	51037,33 (38,12)	54284,46 (30,96)	59265,79 (30,73)	2829,89 (27,72)	1576,65 (17,76)	131,31 (0,41)	1370,16 (17,24)	198642,98
Aride	1961,63 (2,74)	3382,08 (17,61)	4218,28 (3,15)	4114,00 (2,35)	4486,10 (2,33)	202,88 (1,99)	0,96 (0,011)	00	00	18365,93
Total national	71672,86	19208,47	133873,56	175338,15	192848,65	10209,20	8878,46	32141,79	7947,60	652118,07

Les valeurs mises entre parenthèses représentent les pourcentages par rapport à la production nationale

## **1.1.2 Evolution du cheptel**

### **1.1.2.1 Evolution de l'effectif par espèce et par catégorie.**

L'évaluation des besoins alimentaires rend nécessaire la connaissance de l'effectif par espèce et par catégorie durant la période étudiée, 2006 à 2015.

#### **1.1.2.1.1 Espèce bovine**

L'élevage bovin joue un rôle important dans l'économie agricole algérienne. Il contribue à raison de 30 % dans la couverture des besoins nationaux en protéines animales, mais aussi à la création d'emplois en milieu rural [4].

L'effectif national moyen s'élève à  $1806,07.10^3$  têtes dont  $946,47.10^3$  vaches laitières (Tableau1.1.8). Cette espèce est surtout localisée dans la zone subhumide avec  $787,34.10^3$  têtes soit 43,57 % du total national et plus de 45 % de celui des vaches laitières, suivie par la zone humide, avec  $576.10^3$  têtes soit 31,9 % du total national et 30,53 % des vaches laitières.

L'effectif bovin a connu ces dernières années une augmentation, passant de  $1607,89.10^3$  têtes en 2006 à  $2149,54.10^3$  têtes en 2015, soit une augmentation de 541.650 têtes. Celui des vaches laitières est passé de  $847,64.10^3$  têtes à  $1107,80.10^3$  têtes, ce qui correspond à une augmentation de 260.160 têtes.

Comparé au bilan de la décennie 1984 à 1993 [40], l'effectif bovin national, n'a augmenté que de 429.717 têtes dont 172.850 vaches laitières en pratiquement 25 ans et ce malgré les subventions de l'état et les importations de génisses pleines durant toutes ces années.

**Tableau 1.1.8** : Effectif bovin par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zone										
Humide	523,16 (32,54) Dont 268,24 VL (31,65)	536,70 (32,85) Dont 272,63 VL (31,70)	550,29 (33,54) Dont 277,20 VL (32,48)	552,45 (32,84) Dont 278,46 VL (31,56)	566,94 (31,67) Dont 283,93 VL (30,18)	580,98 (32,45) Dont 291,14 VL (30,95)	591,91 (32,75) Dont 294,33 VL (30,94)	600,72 (31,46) Dont 298,47 VL (29,59)	625,96 (30,54) Dont 312,31 VL (29,11)	631,11 (29,36) Dont 313,47 VL (28,29)
Subhumide	697,78 (43,40) Dont 378,25 VL (44,62)	704,75 (43,14) Dont 378,07 VL (43,96)	710,40 (43,30) Dont 377,03 VL (44,17)	728,93 (43,33) Dont 394,32 VL (44,69)	763,07 (42,62) Dont 413,16 VL (43,92)	786,96 (43,96) Dont 426,24 VL (45,31)	808,09 (44,71) Dont 435,90 VL (45,83)	836,40 (43,80) Dont 454,50 VL (45,06)	885,94 (43,22) Dont 484,72 VL (45,19)	951,10 (44,24) Dont 504,46 VL (45,53)
Semi-aride	293,98 (18,25) Dont 150,26 VL (15,78)	298,42 (18,27) Dont 158,10 VL (18,38)	293,22 (17,87) Dont 151,58 VL (17,76)	313,11 (18,61) Dont 160,51 VL (18,19)	327,15 (18,27) Dont 166,58 VL (17,71)	329,88 (18,43) Dont 170,54 VL (18,13)	348,65 (19,29) Dont 182,59 VL (19,20)	376,78 (19,73) Dont 202,30 VL (20,05)	426,01 (20,78) Dont 223,84 VL (20,87)	453,61 (21,10) Dont 238,88 VL (21,56)
Aride	92,97 (5,78) Dont 50,90 VL (6)	93,94 (5,75) Dont 51,17 VL (5,95)	86,81 (5,29) Dont 47,72 VL (5,59)	87,94 (5,23) Dont 48,98 VL (5,55)	90,30 (5,06) Dont 51,71 VL (5,50)	92,31 (5,16) Dont 52,76 VL (5,60)	95,27 (5,27) Dont 53,27 VL (5,60)	95,54 (5,00) Dont 53,28 VL (5,28)	111,73 (5,46) Dont 51,63 VL (4,81)	113,71 (5,30) Dont 50,97 VL (4,60)
Total	1607,89 Dont 847,64 VL	1633,81 Dont 859,97 VL	1640,73 Dont 853,52 VL	1682,43 Dont 882,28 VL	1790,14 Dont 940,69 VL	1790,14 Dont 940,69 VL	1807,14 Dont 951,05 VL	1909,45 Dont 1008,57 VL	2049,65 Dont 1072,51 VL	2149,54 Dont 1107,80 VL

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national VL : vaches laitières

### 1.1.2.1.2 Espèce ovine

Le cheptel ovin occupe une place importante dans l'économie nationale. Il est réparti sur toute la partie nord du pays avec une forte concentration dans la steppe et les hautes plaines semi-arides céréalières (80 % de l'effectif national). Il existe tout de même des populations au Sahara qui exploitent les ressources des oasis et les parcours sahariens [37] ; [41]. Du point de vue effectif, l'espèce ovine est la plus importante à l'échelle nationale avec 23,57 millions de têtes dont 13,42 millions de têtes de brebis (Tableau 1.1.9).

Cette espèce est répartie sur toutes les zones du pays avec une forte concentration dans la zone semi-aride avec un effectif allant de  $8466,39.10^3$  à  $12.878,88.10^3$  têtes entre 2006 et 2015 et où les brebis représentent respectivement 42,66 et 47,80 % (Tableau 1.1.9).

Les zones subhumide et aride, viennent presque dans la même position avec un effectif moyen de  $6081,14.10^3$  et  $5980,55.10^3$  têtes respectivement. La zone humide ne possède que 4,48 % de têtes de l'effectif national.

Il est très intéressant, de signaler que pendant la décennie 2006 à 2015, le nombre des ovins a connu une augmentation importante. Il est passé de 19,61 millions de têtes (dont 10,7 millions de brebis) en 2006 à 28,11 millions de têtes (dont 16,76 millions de brebis) en 2015 sur le territoire national.

Il est à noter que l'espèce ovine est celle qui se régénère le plus rapidement par rapport aux autres espèces. En effet, malgré les abattages massifs, surtout pendant la période de l'aïd où des millions de têtes sont sacrifiées chaque année, son effectif augmente d'une année à une autre. Cela démontre son adaptation aux conditions locales de pâturage des parcours steppiques et des chaumes de céréales sur les hauts plateaux.

**Tableau 1.1.9** : Effectif ovin par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zone										
Humide	902,78 (4,60) Dont 406,58 B (3,80)	959,85 (4,76) Dont 425,09 B (3,90)	1004,11 (5,03) Dont 449,74 B (4,11)	1058,76 (4,94) Dont 477,97 B (4,03)	1086,56 (4,75) Dont 482,26 B (3,68)	1098,28 (4,58) Dont 493,49 B (3,56)	1119,24 (4,44) Dont 499,26 B (3,41)	1090,83 (4,10) Dont 492,39 B (3,21)	1105,31 (3,94) Dont 486,00 B (3,00)	1039,19 (3,69) Dont 460,57 B (2,74)
Subhumide	5070,66 (25,85) Dont 2537,02 B (23,72)	5214,66 (25,87) Dont 2572,60 B (23,60)	5497,08 (27,56) Dont 2793,91 B (25,57)	5775,72 (26,98) Dont 2939,26 B (24,80)	6002,00 (26,24) Dont 3076,44 B (23,50)	6239,28 (26,00) Dont 3207,29 B (23,16)	6356,81 (25,23) Dont 3272,22 B (23,38)	6708,15 (25,24) Dont 3400,29 B (22,22)	6927,82 (24,91) Dont 3585,44 B (22,14)	7019,21 (24,96) Dont 3769,58 B (22,48)
Semi-aride	8466,39 (43,16) Dont 4563,63 B (42,66)	8845,21 (43,89) Dont 4799,23 B (44,03)	8422,85 (42,23) Dont 4669,40 B (42,74)	9232,97 (43,13) Dont 5035,22 B (42,48)	10069,43 (44,03) Dont 5861,91 B (44,79)	10694,65 (44,58) Dont 6389,51 B (46,14)	11129,27 (44,17) Dont 6711,47 B (45,90)	11969,77 (45,04) Dont 7128,90 B (46,60)	12875,43 (46,30) Dont 7849,45 B (48,48)	12878,88 (45,81) Dont 8013,73 B (47,80)
Aride	5175,90 (26,38) Dont 3189,34 B (29,82)	5135,17 (25,48) Dont 3102,61 B (28,47)	5022,11 (25,18) Dont 3011,58 B (27,57)	5337,13 (24,48) Dont 3399,58 B (28,68)	5710,78 (24,97) Dont 3666,35 B (28,01)	5957,17 (24,83) Dont 3758,51 B (27,14)	6588,77 (26,15) Dont 4137,94 B (28,30)	6804,83 (25,60) Dont 4274,95 B (27,94)	6899,16 (24,81) Dont 4270,12 B (26,37)	7174,46 (25,52) Dont 4521,00 B (26,96)
Total	19615,73 Dont 10696,58 B	20154,89 Dont 10899,54 B	19946,15 Dont 10924,63 B	21404,58 Dont 11852,02 B	22868,77 Dont 13086,96 B	23989,33 Dont 13848,69 B	25194,11 Dont 14620,90 B	26572,98 Dont 15297,18 B	27807,73 Dont 16191,02 B	28111,77 Dont 16764,90 B

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national B : brebis

### 1.1.2.1.3 Espèce caprine

L'élevage caprin est principalement localisé dans les régions difficiles (végétation rare et le plus souvent ligneuse, parcours accidentés...). En effet, en 2015, l'effectif caprin représente 39,23 % dans l'étage semi-aride, 36,05 % dans l'aride, 17,16 % dans le subhumide et seulement 7,54 % dans l'étage humide.

Durant la décennie 2006 à 2015, l'espèce caprine compte 4.365.327 têtes dont 2.535.852 têtes de chèvres (58,10 %) (Tableau 1.1.10), soit une augmentation de 468.930 têtes dont 294.625 têtes de chèvres par rapport à la décennie 2003 à 2012 où l'effectif caprin, était de 3.896.397 têtes dont 2.241.227 têtes de chèvres [42].

L'élevage caprin a connu un accroissement régulier durant ces années dû à un regain d'intérêt, notamment pour les caractéristiques antiallergiques de son lait et son fromage spécifique.

**Tableau 1.1.10** : Effectif caprin par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année Zone	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humide	346,88 (9,24) Dont 193,70 C (9,00)	347,80 (9,06) Dont 193,26 C (8,78)	359,29 (9,58) Dont 197,39 C (9,14)	367,72 (9,28) Dont 203,36 C (8,84)	376,69 (8,79) Dont 202,21 C (8,11)	383,65 (8,70) Dont 207,66 C (8,05)	376,96 (8,20) Dont 202,77 C (7,62)	379,91 (7,73) Dont 201,96 C (6,97)	387,90 (7,56) Dont 205,75 C (6,93)	378,22 (7,54) Dont 205,10 C (6,93)
Subhumide	635,58 (16,93) Dont 346,60 C (16,11)	656,08 (17,10) Dont 355,84 C (16,17)	671,17 (17,89) Dont 371,72 C (17,21)	720,50 (18,18) Dont 399,58 C (17,38)	773,10 (18,03) Dont 422,43 C (16,95)	793,57 (17,99) Dont 438,39 C (16,99)	805,51 (17,53) Dont 435,95 C (16,32)	874,59 (17,80) Dont 484,63 C (16,74)	879,13 (17,13) Dont 490,42 C (16,51)	860,79 (17,16) Dont 472,20 C (15,97)
Semi-aride	1327,75 (35,36) Dont 778,25 C (36,16)	1339,38 (34,90) Dont 787,32 C (35,77)	1297,55 (34,59) Dont 771,31 C (35,71)	1425,00 (35,96) Dont 811,94 C (35,32)	1596,93 (37,24) Dont 914,14 C (36,67)	1632,03 (36,99) Dont 940,30 C (36,46)	1705,24 (37,11) Dont 987,17 C (37,12)	1854,13 (37,75) Dont 1104,32 C (38,15)	2039,27 (39,75) Dont 1196,39 C (40,31)	1967,02 (39,23) Dont 1208,70 C (40,89)
Aride	1444,35 (38,47) Dont 832,78 C (38,71)	1494,62 (38,94) Dont 864,23 C (39,27)	1423,35 (37,94) Dont 819,15 C (37,93)	1448,89 (36,57) Dont 883,73 C (38,44)	1540,56 (35,93) Dont 954,06 C (38,27)	1601,77 (36,31) Dont 922,59 C (38,49)	1706,82 (37,15) Dont 1034,99 C (38,92)	1802,06 (36,69) Dont 1103,55 C (38,12)	1823,52 (35,54) Dont 1075,11 C (36,23)	1807,90 (36,05) Dont 1069,74 C (36,19)
Total	3754,59 Dont 2151,34 C	3837,87 Dont 2200,64 C	3751,36 Dont 2159,58 C	3962,12 Dont 2298,61 C	4287,30 Dont 2492,85 C	4411,02 Dont 2578,95 C	4594,53 Dont 2658,89 C	4910,70 Dont 2894,48 C	5129,83 Dont 2967,41 C	5013,95 Dont 2955,77 C

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national C : chèvres

#### 1.1.2.1.4 Espèce cameline

Cette espèce est répartie sur deux principales zones d'élevage : en abondance dans la zone aride avec un effectif de  $307,11.10^3$  têtes soit 96,23 % du total national, suivie par la zone semi-aride avec  $11,87.10^3$  têtes soit 3,77 % du total national. Pour les zones humide et subhumide, l'effectif camelin est absent (Tableau 1.1.11).

L'évolution de l'effectif camelin est irrégulière. Il est au maximum en 2015 avec  $362,26.10^3$  têtes et au minimum en 2006 avec  $286,66.10^3$  têtes.

D'une manière générale, l'effectif camelin en Algérie reste très marginale, cela est dû aux abattages souvent incontrôlés, des exploitations clandestines et du déclin de la fonction traditionnelle du dromadaire [43].

#### 1.1.2.1.5 Espèce équine

L'espèce équine représente un effectif moyen annuel de  $44,62.10^3$  têtes durant la décennie 2006 – 2015. Elle se localise surtout dans la zone subhumide et semi-aride avec respectivement 42,37 et 28,73 % du total national. L'effectif est faible au niveau de la zone humide et aride avec respectivement  $3,15.10^3$  et  $8,35.10^3$  têtes (Tableau 1.1.12).

**Tableau 1.1.11** : Effectif camelin par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année Zone	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subhumide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semi-aride	11,83 (4,13)	12,28 (4,21)	10,92 (3,70)	10,96 (3,64)	10,96 (3,62)	10,96 (3,96)	11,58 (3,40)	11,77 (3,42)	13,79 (3,89)	13,65 (3,77)
Aride	274,83 (95,87)	279,08 (95,79)	284,16 (96,30)	290,16 (96,36)	303,03 (96,51)	290,16 (96,36)	328,14 (96,60)	332,24 (96,57)	340,67 (96,10)	348,61 (96,23)
Total	286,66	291,36	295,08	301,12	313,99	301,12	340,14	344,01	354,46	362,26

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national

**Tableau 1.1.12** : Effectif équin par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année Zone	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humide	3,62 (8,32)	4,00 (8,51)	4,21 (9,30)	3,08 (6,88)	2,64 (6,05)	2,70 (6,11)	2,52 (5,45)	2,73 (6,07)	2,69 (6,41)	3,36 (7,94)
Subhumide	14,71 (33,78)	17,01 (36,16)	16,25 (35,88)	16,80 (37,50)	16,75 (38,36)	16,89 (38,21)	17,54 (37,94)	18,24 (40,51)	18,78 (44,72)	17,95 (42,37)
Semi-aride	16,99 (39,01)	18,32 (38,96)	16,65 (36,78)	16,62 (37,10)	16,26 (37,26)	16,53 (37,39)	17,32 (37,47)	15,29 (33,92)	12,04 (28,64)	12,17 (28,73)
Aride	8,23 (18,9)	7,70 (16,37)	8,17 (18,04)	8,30 (18,51)	8,00 (18,34)	8,08 (18,27)	8,84 (19,13)	8,77 (19,48)	8,50 (20,22)	8,88 (20,96)
Total	43,55	47,04	45,29	44,80	43,65	44,20	46,23	45,03	42,01	42,36

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national

#### 1.1.2.1.6 Espèce asine

L'effectif asinien annuel moyen de 2006 à 2015 est de  $142,42 \cdot 10^3$  têtes (Tableau 1.1.13). Il est localisé surtout dans la zone subhumide avec 50,20 % de têtes. Les zones aride, semi-aride et humide détiennent respectivement 22,17 ; 11,70 et 15,92 % de têtes du total national.

#### 1.1.2.1.7 Espèce mulassière

A l'échelle nationale, l'effectif mulassier annuel moyen 2006 à 2015 est de 34.325 têtes. Pour la même période, une forte diminution de l'effectif est observée, passant de 40.080 têtes en 2006 à 20.910 têtes en 2015. Cette diminution serait due à la disponibilité des moyens de transports modernes et de traction animale de moins en moins assurés par les mulets.

La zone subhumide est prédominante avec 63,21 % de têtes, suivie respectivement par les zones : semi-aride, aride et humide, avec 14,10 ; 10,99 et 11,70 % de l'effectif mulassier (Tableau 1.1.14).

**Tableau 1.1.13** : Effectif des ânes par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année Zone	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humide	28,20 (18,16)	27,56 (18,27)	26,40 (17,91)	26,02 (17,03)	22,33 (15,81)	20,95 (14,27)	21,00 (15,09)	21,04 (15,73)	19,97 (14,80)	19,45 (15,92)
Subhumide	69,89 (45,00)	67,40 (44,67)	63,67 (43,22)	66,33 (43,41)	65,40 (46,29)	65,21 (44,41)	64,56 (46,39)	60,50 (45,27)	57,99 (42,98)	61,30 (50,20)
Semi-aride	29,36 (18,91)	29,00 (19,22)	29,35 (19,92)	27,24 (17,83)	21,10 (14,94)	23,53 (16,03)	19,89 (14,30)	18,80 (14,06)	24,06 (17,82)	14,28 (11,70)
Aride	27,81 (17,92)	26,91 (17,84)	27,92 (18,95)	33,18 (21,72)	32,44 (22,96)	37,13 (25,29)	33,70 (24,22)	33,30 (24,92)	32,90 (24,38)	27,07 (22,17)
Total	155,22	150,88	147,34	152,79	141,27	146,83	139,17	133,64	134,92	122,10

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national

**Tableau 1.1.14** : Effectif des mulets par zone climatique (période de 2006 à 2015) (milliers de têtes)

Année Zone	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humide	4,38 (10,93)	7,73 (12,07)	3,80 (10,04)	3,51 (9,17)	3,20 (9,10)	2,95 (8,62)	2,99 (9,07)	3,09 (9,80)	2,79 (9,25)	2,45 (11,70)
Subhumide	25,33 (63,19)	24,18 (61,74)	23,39 (61,84)	24,71 (64,53)	23,74 (67,58)	23,14 (67,55)	22,88 (69,33)	20,50 (65,29)	19,77 (65,47)	13,22 (63,21)
Semi-aride	5,92 (14,79)	6,03 (15,41)	6,40 (16,92)	6,00 (15,68)	4,51 (12,84)	4,47 (13,04)	3,63 (11,02)	4,38 (13,94)	4,68 (15,52)	2,95 (14,10)
Aride	4,44 (11,09)	4,22 (10,87)	4,24 (11,20)	4,06 (10,62)	3,68 (10,48)	3,70 (10,79)	3,49 (10,54)	3,44 (10,95)	2,95 (9,74)	2,30 (10,99)
Total	40,08	42,16	37,83	38,30	35,12	34,25	33,00	31,41	30,19	20,91

Les valeurs entre parenthèses, représentent les proportions par rapport au total national

### **1.1.2.2 Présentation de l'effectif en unités gros bétail (UGB)**

Pour déterminer les besoins alimentaires et la charge animale, nous utilisons une unité de conversion (unité gros bétail ou UGB) en raison des différentes espèces et catégories animales.

L'UGB représente les besoins d'une vache de 500 Kg de poids vif produisant 3000 kg de lait à 4% de matières grasses [44]. Les coefficients UGB sont présentés dans l'Appendice A2 et les besoins en UFL, PDIN et PDIE pour une UGB sont rapportés dans l'appendice A3.

La charge animale renseigne sur l'équilibre entre le nombre d'animaux présents et les surfaces fourragères qui servent à les alimenter. Il est important de signaler que les normes sont en moyenne de 1 à 2 UGB par hectare de surface fourragère, ce qui signifie qu'un ha de surface fourragère est suffisant pour l'affouragement d'une à deux vaches laitières. Ce n'est pas le cas en Algérie où cette norme n'est pas respectée en raison de l'insuffisance des terres agricoles et de leur indisponibilité dans certaines régions du pays [45] mais aussi du rendement à l'hectare et de la qualité des fourrages produits.

#### **1.1.2.2.1 Espèce bovine**

L'effectif national est de  $1148,75 \cdot 10^3$  UGB. La zone subhumide détient l'effectif le plus élevé avec  $511,42 \cdot 10^3$  UGB soit 44,52 % du total national. Elle est suivie par la zone humide avec un effectif moyen annuel de  $359,04 \cdot 10^3$  UGB, soit 31,25 % du total national et la zone semi-aride avec  $217,56 \cdot 10^3$  UGB soit 18,95 % du total national. La zone aride possède un faible effectif avec  $60,73 \cdot 10^3$  UGB soit 5,29 % seulement du total national (Tableau 1.1.15).

#### **1.1.2.2.2 Espèce ovine**

L'effectif ovin est le plus élevé par rapport à celui des autres espèces. La part la plus importante de cet effectif est localisée dans la zone semi-aride avec  $1376,48 \cdot 10^3$  UGB, suivie par la zone subhumide avec  $794,32 \cdot 10^3$  UGB, la zone aride avec  $208,92 \cdot 10^3$  UGB et la zone humide avec  $133,11 \cdot 10^3$  UGB (Tableau 1.1.15).

De 2006 à 2015, l'effectif ovin est représenté essentiellement par les brebis avec  $1652,80 \cdot 10^3$  UGB suivies par les antenaises et les antenais avec respectivement  $403,04$  et  $303,2 \cdot 10^3$  UGB. Les béliers représentent seulement  $152,25 \cdot 10^3$  UGB.

#### 1.1.2.2.3 Espèce caprine

Les caprins totalisent 624,73.10<sup>3</sup> UGB. Ils se concentrent surtout dans les zones aride avec 273,59.10<sup>3</sup> UGB et semi-aride avec 275,13.10<sup>3</sup> UGB. Dans les zones humide et subhumide, ils ne représentent respectivement que 63 et 13,04.10<sup>3</sup> UGB (Tableau 1.1.15).

L'effectif caprin, est constitué essentiellement de chèvres avec 366,6.10<sup>3</sup> UGB (58,7 % du total UGB caprins).

#### 1.1.2.2.4 Espèce cameline

Elle représente 42,19.10<sup>3</sup> UGB et se concentre essentiellement dans les zones : aride avec 73,21 % et semi-aride avec 28,20 % des UGB nationales de l'espèce (Tableau 1.1.15).

#### 1.1.2.2.5 Espèce équine

Elle représente 38,09.10<sup>3</sup> UGB et se concentre dans les zones semi-aride (34,58 %) et subhumide (38,75 %). Elle atteint 19,32 % des UGB dans la zone aride et seulement 7,35 % dans la zone humide (Tableau 1.1.15).

#### 1.1.2.2.6 Espèce asine

Cette espèce représente 35,64.10<sup>3</sup> UGB. Elle est localisée dans la zone subhumide avec 45,06 % des UGB totales de l'espèce. Le reste est réparti entre les autres zones détenant chacune 16 à un peu plus de 21% (Tableau 1.1.15).

#### 1.1.2.2.7 Espèce mulassière

Cette espèce représente 13,12.10<sup>3</sup> UGB. Les mulets sont localisés dans la zone subhumide avec 63,57 % des UGB totales de cette espèce.

Le total des UGB toutes espèces confondues, est de 4416.10<sup>3</sup>. Il est réparti entre les bovins avec 26 %, les ovins avec 56,9 %, les caprins avec 14,15 %, les camelins avec 0,97 %, les équins avec 0,86 %, les asins avec 0,81 % et les mulets avec 0,3 %.

La zone semi-aride totalise 1902,11.10<sup>3</sup> UGB soit 43,07 % du total national. Elle est suivie par la zone subhumide avec 1357,94.10<sup>3</sup> UGB ou 30,75 % du total national puis la zone aride avec 590,76.10<sup>3</sup> UGB, soit 13,38 % et la zone humide avec 565,16.10<sup>3</sup> UGB ou 12,80 % du total national (Tableau 1.1.15).

**Tableau 1.1.15** : Effectif par zone et par espèce exprimé en milliers d'UGB. Moyennes calculées sur 10 ans (2006 à 2015)

Zone	Espèce	Bovine	Ovine	Caprine	Chevaline	Cameline	Asine	Mulassière	Total espèces
Humide		359,04 (31,25%)	133,11 (5,30%)	62,98 (9,98%)	2,80 (7,35%)	00	5,86 (16,44%)	1,36 (10,37%)	565,16 (12,80%)
Subhumide		511,42 (44,52%)	794,32 (31,61%)	13,04 (2,09%)	14,76 (38,75%)	00	16,06 (45,06%)	8,34 (63,57%)	1357,94 (30,75%)
Semi-aride		217,56 (18,95%)	1376,48 (54,78%)	275,13 (44,04%)	13,17 (34,58%)	11,90 (28,20%)	5,91 (16,58%)	1,96 (14,94%)	1902,11 (43,07%)
Arde		60,73 (5,29%)	208,92 (8,31%)	273,59 (43,79%)	7,36 (19,32%)	30,89 (73,21%)	7,81 (21,91%)	1,46 (11,13%)	590,76 (13,38%)
Total		1148,75 (26,01%)	2512,83 (56,90%)	624,73 (14,15%)	38,09 (0,86%)	42,19 (0,97%)	35,64 (0,81%)	13,12 (0,30%)	4415,97

Les valeurs entre parenthèses , représentent les proportions par rapport au total national

### **1.1.2.3 Evaluation de la charge animale**

La charge animale a été faite en fonction de la TUA, la SAU et les surfaces des fourrages cultivés. La charge animale est exprimée en UGB par 100 ha de terre.

#### **1.1.2.3.1 Charge animale par 100 ha de TUA**

La charge moyenne à l'échelle nationale est de 10,37 UGB/100 ha de TUA dont plus de la moitié est représentée par l'espèce ovine et le ¼ par l'espèce bovine. Pour les autres espèces, la charge se situe entre 0,03 et 1,47 UGB/100 ha de TUA.

La charge animale diminue de la zone humide à la zone aride ; elle passe respectivement de 55,42 UGB à 2,31 UGB/100 ha de TUA. Cette diminution est liée à l'augmentation de la TUA du Nord au Sud.

#### **1.1.2.3.2 Charge animale par 100 ha de SAU**

La charge animale moyenne est de 52,35 UGB par 100 ha de SAU. Elle est répartie entre les bovins avec 13,62 UGB, les ovins avec 29,80 UGB, les caprins avec 7,40 UGB, les camelins avec 0,50 UGB, les chevaux avec 0,45 UGB, les ânes avec 0,42 UGB et les mulets avec 0,16 UGB.

Cette charge animale est plus importante dans la zone aride avec 152,11 UGB suivie par la zone humide avec 75,79 UGB, la zone semi-aride avec 55,35 UGB et la zone subhumide avec 35,14 UGB par 100 ha de SAU.

#### **1.1.2.3.3 Charge animale par 100 ha de fourrages cultivés**

Cette charge animale est élevée dans toutes les zones notamment les zones aride avec 2326,66 UGB et humide avec 1128,38 UGB/100 ha de surface fourragère cultivée.

Par rapport aux espèces, la charge ovine est la plus élevée. Elle est de l'ordre de 404,69 UGB/100 ha de surface fourragère cultivée.

Ces charges trop élevées par rapport à ceux de la TUA et de la SAU, sont la conséquence de la faiblesse des surfaces fourragères cultivées. On peut donc conclure que l'alimentation des herbivores en Algérie proviendrait surtout de la végétation naturelle, des sous-produits des cultures végétales et des aliments concentrés importés. L'apport des fourrages cultivés est relativement faible voir insignifiant.

#### **1.1.2.4 Estimation des besoins alimentaires**

Pour déterminer les besoins alimentaires en UFL et en PDI, nous nous sommes basés sur les calculs faits en appendice A3, où une UGB équivaut à des besoins alimentaires de 2926 UFL et 270 kg de PDI.

##### **1.1.2.4.1 Besoins alimentaires en UFL**

Les besoins alimentaires représentent 12919,31 millions d'UFL/an (moyenne annuelle de la période 2006 à 2015 pour l'ensemble des herbivores). Ces besoins alimentaires sont répartis annuellement entre 1653,63 millions (12,80 %) pour la zone humide, 3973,32 millions (30,75 %) pour la zone subhumide, 5565,56 millions (43,08 %) pour la zone semi aride et 1728,54 millions d'UFL (13,38%) pour la zone aride (Tableau 1.1.16).

Ces besoins alimentaires annuels (12919,31 millions d'UFL) sont répartis entre les bovins avec 3361,24 millions (26,02%) ; les ovins avec 7352,54 millions (56,91%) ; les caprins avec 1827,96 millions (14,15%), les camelins avec 123,45 millions (0,95%), les chevaux avec 111,45 millions (0,86%), les ânes avec 104,28 millions (0,81%) et les mulets avec 38,39 millions d'UFL (0,30 %).

##### **1.1.2.4.2 Besoins azotés ou protéiques en PDI**

Les besoins en PDI représentent annuellement 1.192.144,5 tonnes (moyenne annuelle pour la période 2006 à 2015) pour l'ensemble des herbivores considérés dans cette étude. Ces besoins en tonnes de PDI sont répartis entre 152.590,5 tonnes (12,80%) pour la zone humide, 366.643,8 tonnes (30,75%) pour la zone subhumide, 513.566,7 tonnes (43,08%) pour la zone semi aride et 159.505,2 tonnes (13,38% pour la zone aride (Tableau 1.1.17).

Par espèce, les besoins annuels en PDI (Tonnes) sont de 678.464,1 (56,91%) pour les ovins, 310.162,5 (26%) pour les bovins, 168.677,1 (14,15%) pour les caprins, 11.391,3 (0,95%) pour les camelins, 10.284,3 (0,86%) pour les chevaux, 9.622,8 (0,81%) pour les ânes et 3.542,4 (0,30%) pour les mulets (Tableau 1.1.17).

**Tableau 1.1.16** : Besoins alimentaires par espèces et par zone exprimés en millions d'UFL, moyennes calculées sur 10 ans (2006 à 2015)

Espèce Zone	Bovine	Ovine	Caprine	Chevaline	Cameline	Asine	Mulassière	Total espèces
Humide	1050,55	389,48	184,28	8,19	00	17,15	3,98	1.653,63 (12,80)
Subhumide	1496,41	2324,18	38,15	43,19	00	46,99	24,40	3.973,32 (30,75)
Semi-aride	636,58	4027,58	805,03	38,53	34,82	17,29	5,73	5.565,56 (43,08)
Arde	177,69	611,30	800,52	21,53	90,38	22,85	4,27	1.728,54 (13,38)
Total national	3361,24	7352,54	1827,96	111,45	123,45	104,28	38,39	12.919,31

**Tableau 1.1.17** : Besoins alimentaires par espèce et par zone exprimés en tonnes de PDI, moyennes calculées sur 10 ans (2006 à 2015)

Espèce Zone	Bovine	Ovine	Caprine	Chevaline	Cameline	Asine	Mulassière	Total espèces
Humide	96940,80	35939,70	17004,60	756,00	00	1582,20	367,20	152.590,50 (12,80)
Subhumide	138083,40	214466,40	3520,80	3985,20	00	4336,20	2251,80	366.643,80 (30,75)
Semi-aride	58741,20	371646,60	74285,10	3555,90	3213,00	1595,70	529,20	513.566,70 (43,08)
Arde	16397,10	56408,40	73869,30	1987,20	8340,30	2108,70	394,20	159.505,20 (13,38)
Total national	310162,50	678464,10	168677,10	10284,30	11391,30	9622,80	3542,40	1.192.144,50

### **1.1.3 Evaluation du bilan alimentaire**

Réaliser un bilan fourrager, permet d'évaluer l'adéquation entre les besoins du cheptel et les fourrages disponibles. En d'autres termes, un bilan fourrager consiste à mesurer l'état des ressources fourragères disponibles pour l'alimentation du cheptel et les comparer à leurs besoins pour une période donnée.

#### **1.1.3.1 Evaluation du bilan énergétique (UFL)**

L'estimation de la production fourragère et des besoins des animaux, nous a permis d'établir le bilan fourrager et de déduire le taux de couverture des besoins alimentaires.

Le bilan fourrager national, calculé durant la décennie 2006 à 2015 enregistre un déficit de 4,5 milliards d'UFL (Tableau 1.1.18) avec un taux de couverture des besoins énergétiques de 64,63 %.

Au niveau des différentes zones climatiques, le déficit fourrager est plus apparent dans les zones aride et humide avec un taux de couverture respectif de 11,57 et 29,85 %. Dans la zone semi-aride, les besoins énergétiques sont de 5565,56 millions d'UFL, avec une offre fourragère de 3727 millions d'UFL, soit un manque de 1838,54 millions d'UFL et un taux de couverture de 66,96 %. Dans la zone subhumide, la disponibilité fourragère est de 3928,82 millions d'UFL, alors que les besoins énergétiques du cheptel herbivore sont de 3973,32 millions d'UFL, soit un taux de couverture de 98,88% (seule région présentant une autosufisance).

La répartition inégale des terres agricoles entre les zones, du cheptel animal (espèces et catégories) et du potentiel productif des animaux élevés ainsi que la qualité des sols et des moyens mécaniques de soutien, peuvent expliquer les différences dans la couverture des besoins énergétiques des herbivores entre les zones.

A titre comparatif, le bilan alimentaire national, établi lors de la décennie 1980 – 1989 [5], se rapproche de celui de 2006 – 2015. En effet, on observe un déficit de 4,71 milliards d'UF et un taux de couverture des besoins nutritifs de 58,45 %. Cependant, les besoins et les apports ont nettement augmenté depuis plus de 25 ans. Ils étaient respectivement de 11,34 et 6,63 milliards d'UF ; ils sont aujourd'hui de 12,92 et 8,35 milliards d'UFL.

L'utilisation des aliments concentrés règle en partie le déficit fourrager. Cependant, l'amélioration de la situation alimentaire du cheptel national nécessite le développement de systèmes fourragers en adéquation avec les potentialités de l'élevage existant dans chaque zone climatique [46].

**Tableau 1.1.18** : Bilan énergétique exprimé en million d'UFL

Zone	Disponibilités fourragères	Besoins alimentaires	Bilan	Taux de couverture (%)
Humide	493,72 (5,91)	1653,91 (12,80)	-1160,19	29,85
Subhumide	3928,82 (47,05)	3973,32 (30,75)	- 44,5	98,88
Semi- aride	3727,02 (44,63)	5565,56 (43,08)	-1838,54	66,96
Aride	200,04 (2,39)	1728,54 (13,38)	-1528,5	11,57
Total national	8349,60	12.919,31	- 4569,71	64,63

#### 1.1.3.2 Evaluation du bilan protéique en PDIN

Les disponibilités fourragères nationales en PDIN représentent 405.934,84 tonnes. Les besoins protéiques en PDI du cheptel sont estimés à 1.192.144,5 tonnes. Il en résulte un déficit de 786.209,66 tonnes de PDIN soit un taux de couverture de seulement 34,05 % (Tableau 1.1.19).

Le bilan azoté de la zone subhumide enregistre un déficit de 129.838,15 tonnes de PDIN avec un taux de couverture de 64,59 %. Le déficit le plus important, est enregistré dans la zone aride où les apports ne couvrent que 8,32 % des besoins.

Soulignons que le déficit en PDIN est le plus important par rapport au déficit en PDIE et en UFL.

L'alimentation du cheptel herbivore national se limite aux chaumes, pailles, jachères et parcours steppique qui offrent des aliments plutôt riches en énergie plus qu'en azote. En effet, les formations végétales steppiques sont des graminées alors que les chaumes et les pailles sont connus pour leur pauvreté en azote. Ceci peut donc expliquer d'une part le déficit chronique en PDIN. A noter aussi, la faible superficie réservée aux légumineuses.

### 1.1.3.3 Evaluation du bilan protéique en PDIE

Les disponibilités fourragères nationales en PDIE, représentent 652.118,07 tonnes alors que les besoins protéiques (PDI) du cheptel, sont estimés à 1.192.144,50 tonnes. Il en résulte donc un déficit de 540.026,43 tonnes de PDIE soit un taux de couverture de 54,70 % (Tableau 1.1.19).

Le bilan azoté en PDIE de la zone subhumide est aussi le meilleur des quatre zones climatiques du pays. En effet, on enregistre un surplus de 18.530,71 tonnes de PDIE, soit un taux de couverture de 105,05 %.

Le déficit le plus important, est enregistré dans la zone aride où les apports ne couvrent que 11,51 % des PDIE. Pour les zones humide et semi-aride, les besoins du cheptel en PDIE, restent toujours supérieurs à l'offre, ce qui donne des bilans azotés négatifs.

La faible superficie réservée aux légumineuses qui sont souvent de qualité moyenne à médiocre, est la principale cause du déficit important en PDI. Ces légumineuses sont représentées par la luzerne et le trèfle en été, le bersim en hiver et au printemps. Ce qui ne permet pas un rationnement adéquat toute l'année [30] ; [47].

Pour combler le déficit, il faut : améliorer la productivité des ressources actuelles, augmenter la surface fourragère au détriment de la jachère, utiliser les sous produits des industries agro-alimentaires, transférer les acquis scientifiques aux agro – éleveurs et introduire de nouvelles espèces fourragères adaptées à certaines zones écologiques [32].

**Tableau 1.1.19** : Bilan azoté exprimé en tonnes de PDIN et PDIE

Zone	Disponibilités fourragères		Besoin du cheptel (PDI)	Bilan		Taux de couverture (%)	
	PDIN	PDIE		PDIN	PDIE	PDIN	PDIE
Humide	35.991,90 (8,87)	49.934,65 (7,66)	152.590,50 (12,80)	-116.598,6	-102.655,85	23,59	32,72
Subhumide	236.805,65 (58,33)	385.174,51 (59,06)	366.643,80 (30,75)	-129.838,15	+18.530,71	64,59	105,05
Semi- aride	119.866,06 (29,53)	198.642,98 (30,46)	513.566,70 (43,08)	-393.700,64	-314.923,72	23,34	38,68
Aride	13.271,23 (3,27)	18.365,93 (2,82)	159.505,20 (13,38)	-146.233,97	-141.139,27	8,32	11,51
Total national	405.934,84	652.118,07	1.192.144,50	-786.209,66	-540.026,43	34,05	54,70

## **II. Caractéristiques botaniques et nutritives des graminées**

### **1.2.1 Généralités sur les graminées.**

Les *Poacées* communément connues sous le nom de *Graminées*, sont des plantes herbacées annuelles ou vivaces. C'est une famille botanique très importante pour le monde agricole car elle représente un grand nombre de genre et d'espèces (plus de 600 genres et 10.000 espèces), mais surtout parce qu'elle compose, dans la très grande majorité des cas l'essentiel de la flore prairial appelées communément herbes [47] ; [48].

Les différents organes des graminées présentent des caractères généraux propres à la famille et des caractères subordonnés motivant la classification en groupements internes allant de la tribu à l'espèce. Une des particularités de cette famille est la multiplication végétative par tallage [49].

Un pied de graminée à développement complet, se compose des organes essentiels suivants [47] ; [50] :

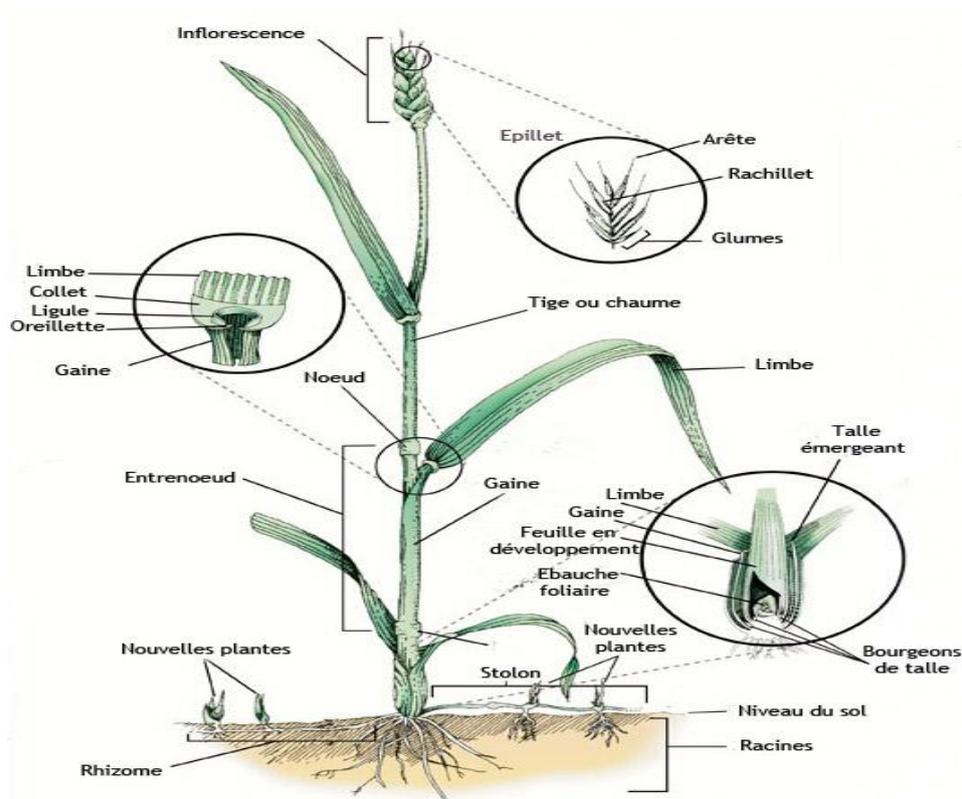
- une tige faite d'une alternance de nœuds et d'entrenœuds ramifiée ou non, de port variable, se développant en chaume florifère.
- des racines embryonnaires et surtout des racines adventives provenant des nœuds les plus inférieurs de la tige.
- des feuilles toujours engainantes par leur base
- des épillets, unités élémentaires de l'inflorescence définis par des glumes et constitués d'une ou plusieurs fleurs.
- des fleurs évoluant en fruit généralement un caryopse.

Les tiges sont nombreuses naissant d'une touffe ou d'un rhizome rampant, présentant un enracinement puissant appelées chaumes, ayant une structure particulière. Ces tiges sont creuses sauf au niveau des nœuds qui sont généralement renflés (Figure 1.2.1). Pour assurer leur rigidité, les tiges disposent à l'intérieur des faisceaux libéroligneux et un cylindre de sclérenchyme [50] ; [51] ; [52] ; [53].

Les feuilles dépourvues de pétiole, embrassent la tige par une gaine, qui entoure la tige sur une certaine longueur, recouvrant plus ou moins longuement l'entrenœud supérieur. La gaine est prolongée par une languette membraneuse, appelée ligule. Celle-ci est d'une grande importance pour la description des espèces : absente parfois, remplacée par des poils (très variables en taille,

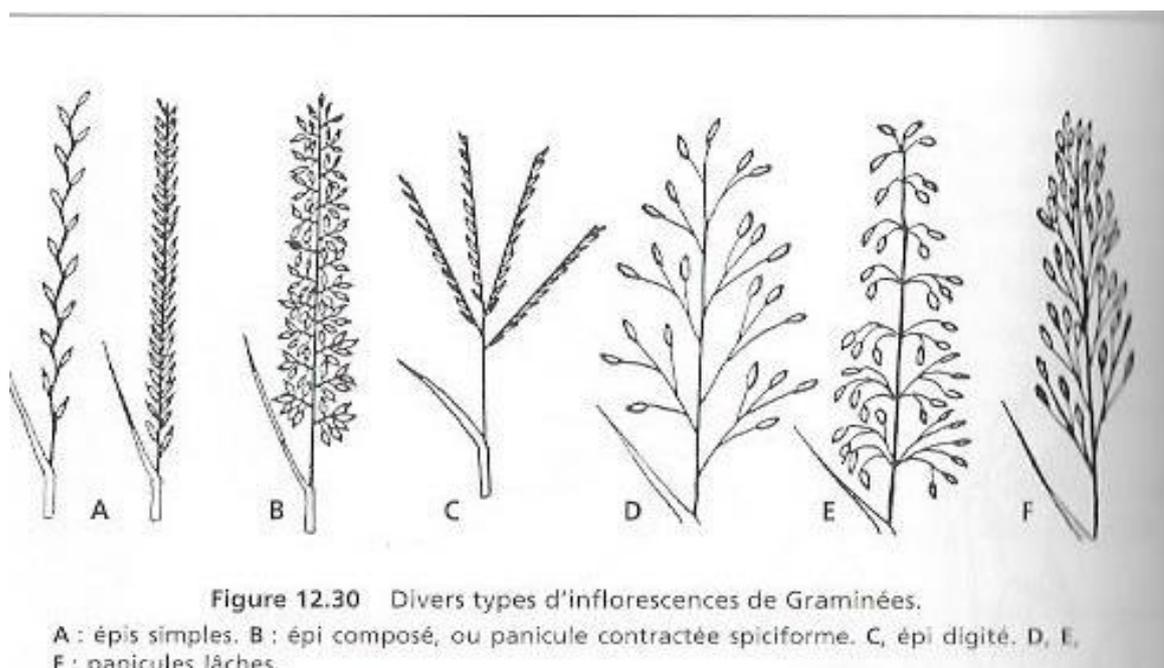


est porter une inflorescence de type grappe sur chacun des axes latéraux [50] ; [51] ; [57].



**Figure 1.2.2** : Feuilles de graminées [54]

Le grain ou caryopse, est un fruit sec, indéhiscent dont la graine appelée amande est intimement soudée au péricarpe par son tégument [50] ; [51] ; [57].



**Figure 12.30** Divers types d'inflorescences de Graminées.

A : épis simples. B : épi composé, ou panicule contractée spiciforme. C, épi digité. D, E, F : panicules lâches.

**Figure 1.2.3** : Inflorescences des graminées [54].

### **1.2.2 Classification botanique des graminées**

La classification botanique des graminées, rapportée par Lapeyronie [58] et Crête [59] est :

Règne : des végétaux

Embranchement : des spermaphytes

Sous embranchement : des angiospermes

Classe : des monocotylédones

Série : des monocotylédones super ovaires

Ordre : des glumales (poales)

Famille : des graminées

Certains critères, peuvent permettre de subdiviser la famille des graminées en deux sous familles :

- Panicacées (saccharifères) : comprenant les genres : *Zea*, *Orysa*, *Sacharum*.
- Poacées (fuctosifère) : comprenant les genres : *Poa*, *Bromus*, *Avena*, *Lolium*, *Triticum*, *Ordeum*...

### **1.2.3 Cycle végétatif.**

La vie d'une graminée fourragère se caractérise par une alternance de deux états : L'état végétatif et l'état reproducteur qui se termine à la maturité des graines [59] ; [60].

#### **1.2.3.1 La période végétative.**

La période végétative comprend trois stades [61].

##### **1.2.3.1.1 Stade germination – levée**

C'est la première étape du cycle ; il y'a apparition dans l'ordre, de la racine principale, du coléoptile et de la première feuille au dessus du sol [60].

##### **1.2.3.1.2 Stade levée – tallage**

Il y a formation du plateau de tallage, puis l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines [61].

##### **1.2.3.1.3 Stade montaison**

Ce stade se traduit par l'arrêt du tallage herbacé et s'étale jusqu'à la formation des ébauches d'épillets dans le tier inférieur du futur épi [62]. A ce stade, tout stress hydrique ou thermique réduit la fertilité de la plante [63].

### **1.2.3.2 Période de reproduction**

Cette période, comporte trois phases principales [55] ; [64] :

#### **1.2.3.2.1 Epiaison – floraison**

L'épiaison se caractérise par l'émergence de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. La floraison qui aura lieu 08 jours après, correspond à la sortie des étamines suivie rapidement de la fécondation [61].

#### **1.2.3.2.2 Période de maturation**

On constate un dessèchement progressif de la tige [60]. Cette période s'étale en moyenne sur 50 jours, elle est marquée par la migration des réserves des feuilles vers les graines [65].

#### **1.2.3.3.3 Formation des grains**

Cette période, se déroule en trois phases : formation des graines, stockage des glucides et protéines et dessiccation des graines [64].

### **1.2.4 Phases du cycle végétatif.**

Il existe plusieurs stades de développement des graminées [66] ; [67] :

1. Stade montaison : absence total d'épi sortis de la gaine.
2. Stade "épi à 10 cm" : la base de l'épi est située dans la gaine à une hauteur comprise entre 7 et 10 cm au dessus du plateau de tallage.
3. Stade début épiaison : apparition des épis hors de la gaine, en pratique 05 à 10 % des plantes examinées ont des épis.
4. Stade épiaison : 50 % des plantes examinées ont des épis.
5. Stade début floraison : 5 à 10 % des plantes examinées ont leurs étamines sorties.
6. Stade floraison : les étamines sont visibles sur 50% des plantes.
7. Stade laiteux : le grain a pris sa forme définitive, s'est rempli d'un liquide laiteux.
8. Stade pâteux : le grain est coloré, il s'écrase facilement sous la pression des doigts et son contenu est pâteux.
9. Stade vitreux : le grain à un aspect corné, il est dur bien qu'on puisse encore le rayer à l'ongle.

## **1.2.5 Caractéristiques botaniques et nutritives des graminées étudiées.**

### **1.2.5.1 *Bromus* sp.**

#### **1.2.5.1.1 Caractéristiques botaniques**

Les bromes, sont des graminées prairiales à floraison précoce, plus ou moins velues aux gaines foliaires non fendues, à épillets pédicellés, à fleurs nombreuses groupées en panicules rameuses ; les glumes inégales sont plus courtes que les épillets [58] ; [59]. La graine est un caryopse adhérent aux glumelles, à arêtes sub-terminales [68].

##### **1.2.5.1.1.1 *Bromus rigidus***

Nom scientifique : *Bromus rigidus* ROTH ou *Bromus maximus* DESF ou *Bromus villosus* FORSK. [69]. Nom commun : Brome rigide (Figure 1.2.4)

Type biologique annuel, hauteur de 10 à 120 cm. Les feuilles sont plates, dépassant 6 mm de large, poilues sur les deux faces et sur la gaine, rugueuses sur les bords. Espèce à tige épaisse et rugueuse, la gaine est cylindrique. La panicule est lâche, verte ou violacée et les épillets (1 à 3) sont de 2 à 5 cm. Brome non cultivé, se trouve dans les prairies, les bords des chemins et les terres cultivées [58] ; [70].



**Figure 1.2.4** : *Bromus rigidus* au stade épiaison

##### **1.2.5.1.1.2 *Bromus mollis***

Nom scientifique : *Bromus mollis* .L ou *Bromus hordeaceus* L. [69]

Nom commun : Brome mou (Figure 1.2.5)

C'est une plante annuelle de 40 à 60 cm de hauteur, très accommodante sur la nature du sol. Il a été parfois recommandé de l'associer aux mélanges des semis pour prairies temporaires. Un pâturage précoce est cependant nécessaire, car elle est elle-même très précoce. Les feuilles sont molles à couleur grisâtre, l'inflorescence est en panicules [58].



**Figure 1.2.5 :** *Bromus mollis* au stade épisaison

#### 1.2.5.1.1.3 *Bromus madritensis*

Nom scientifique : *Bromus madritensis* L. [69]

Nom commun : Brome de Madrid (Figure 1.2.6)

Le brome de Madrid, a une hauteur comprise entre 10 et 50 cm. C'est une plante annuelle à feuilles plates allongées et aiguës, plus ou moins poilues sur les deux faces et sur la gaine. La tige est mince, grêle et peu poilue [51] ; [70].

Cette espèce a une inflorescence dressée et un peu penchée à la fin, composée de rameaux rudes ou étalés par 2 à 5 épillets assez grands de 3 à 5 cm, élargis en éventail avec des arrêtes rouges violacées droites et fines comprenant 7 à 12 fleurs [58] ; [70].



**Figure 1.2.6 :** *Bromus madritensis* au stade épiaison

#### 1.2.5.1.1.4 *Bromus squarossus*

Nom scientifique : *Bromus squarossus* [69]

Nom commun : brome raboteux (Figure 1.2.7)

C'est une plante annuelle, de 20 à 60 cm de hauteur, de coloration verte grisâtre, à tige mince et sans poils, à feuilles molles et poilues, à panicule lâche inclinée composer de branches groupées ne portant généralement qu'un seul épillet verdâtre à fleurs comprimées. Espèce non cultivée se trouvant dans les bords des chemins et les prairies amendées. L'inflorescence est en panicule verte, lâche et inclinée [58] ; [70]. .



**Figure 1.2.7 :** *Bromus squarossus* au stade épiaison

### 1.2.5.1.2 Caractéristiques nutritives

Les bromes sont très appréciés par les animaux ; ils peuvent rester productif plus de 4 ans dans les prairies. Cependant pour mieux les exploiter, l'éleveur a tout intérêt à les faire pâturer avant le stade début épiaison. Dès que ce stade est dépassé il faut envisager une fauche [70] ; [71].

Pour la conservation par voie humide, il est nécessaire que la plante soit encore suffisamment riche en sucres pour permettre une bonne conservation. L'optimum se situant au stade début épiaison. Pour une exploitation en foin, l'éleveur trouvera son optimum entre le stade début épiaison et le stade épiaison, au-delà la qualité du fourrage se dégrade très rapidement (Tableau 1.2.1) [66] ; [67] ; [72].

**Tableau 1.2.1** : Composition chimique (% de la MS) du *Bromus catharticus* [66].

Espèce	MO	MM	MAT	CB
<i>Bromus catharticus</i> : épi à 10 cm	86,3	13,7	18,6	23,9
<i>Bromus catharticus</i> : floraison	91,8	08,2	07,6	33,4

Le principal facteur de variation de la teneur en énergie nette des aliments, est la digestibilité de l'énergie brute qu'ils contiennent. Celle-ci est très étroitement liée à la digestibilité de la matière organique. Celle des bromes, est élevée au début du cycle, puis elle diminue avec l'âge des plantes (Tableau 1.2.2) [73].

**Tableau 1.2.2** : Digestibilité et teneur en protéines du brome à divers stades de maturité [73].

Stade de maturité	Date de coupe	Digestibilité de la MO (%)	Teneur en protéines brutes (%)
Bouton moyen	4 juin	73,8	13,4
Début floraison	20 juin	67,2	10,0
Floraison complète	30 juin	60,6	6,7
Premières graines	6 juillet	59,7	5,8

La valeur PDIN est directement liée à la teneur en matières azotées dégradables dans le rumen et plus simplement à la teneur en MAT ; la valeur PDIE elle, est liée à la dMO [74]. Les valeurs énergétiques et azotées des bromes, figurent dans les tableaux 1.2.3 et 1.2.4.

**Tableau 1.2.3** : Valeurs énergétiques et azotées du genre *Bromus* [75]

Bromes	Valeur énergétique (par kg)		Valeur azotée (g/kg)		
	UFL	UFV	MAD	PDIN	PDIE
1 <sup>er</sup> cycle, épi à 10 cm	0,98	0,95	147	120	116
1 <sup>er</sup> cycle, début épiaison	0,88	0,83	88	82	94
1 <sup>er</sup> cycle, début floraison	0,75	0,65	37	49	72
2 <sup>eme</sup> cycle, 7 semaines	0,83	0,77	74	75	88
3 <sup>eme</sup> cycle, 7 semaines	0,88	0,83	114	102	71

### 1.2.5.2 *Avena sterilis*.

#### 1.2.5.2.1 Caractéristiques botaniques

Nom scientifique : *Avena sterilis* L. Nom commun : folle avoine.

C'est une plante annuelle de 60 à 150 cm de hauteur dont la morphologie est très apparentée à l'Avoine cultivée (*Avena sativa*). Les feuilles sont vertes assez foncées, larges, plates, allongées et aigues. L'inflorescence est en panicules à fleurs étalées, lâches, dressées ou peu penchées. Epillet de 2 à 3 cm, renferme 3 fleurs : 2 fleurs stériles et une fertile [51] ; [58] (Figure 1.2.8).

Le genre *Avena*, renferme plusieurs espèces ayant une importance agricole, on peut citer : *Avena sativa*, *Avena alba* et *Avena sterilis*.



**Figure 1.2.8** : *Avena sterilis* L au stade épiaison

**Tableau 1.2.4** : Valeur nutritive du *Bromus catharticus* [76]

<i>Bromus catharticus</i> 1 <sup>er</sup> cycle	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/Kg			Constituants organiques g/Kg / %					Energie Kcal/Kg / %	
		UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB	NDF	ADF	EB	EM
							dMO	dMAT	dCB	dNDF	dADF	dE	
Epi à 10 cm du sol	16,2	0,98 0,16	0,95 0,15	36 6	119 19	95 15	863 81	186 78	239 82	551 84	262 84	4172 77	2684
1 semaine avant le début de l'épiaison	17,1	0,94 0,16	0,90 0,15	32 5	97 17	91 16	878 79	151 74	257 79	546 81	272 80	4178 76	2615
Début épiaison	17,6	0,89 0,16	0,85 0,15	29 5	82 14	85 15	891 75	127 69	278 76	563 75	292 74	4194 72	2489
Epiaison	18,0	0,85 0,15	0,80 0,14	25 5	67 12	82 15	905 73	105 65	299 73	590 74	315 73	4218 70	2425
Fin épiaison	19,9	0,90 0,16	0,73 0,15	23 5	59 12	77 15	913 69	92 61	317 68	612 69	337 68	4232 66	2380
Début floraison	23,6	0,77 0,18	0,70 0,17	20 5	49 12	73 17	918 57	76 59	334 66	626 67	350 66	4226 64	2208

Par kg de matière sèche / par Kg de produit brut

Par kg de matière sèche / digestibilité en %

La folle avoine ou avoine stérile, est caractérisée par une germination vigoureuse, une émergence non uniforme, une production de l'ordre de 50 à 500 grains par plant et une maturité hétérogène qui permet un égrainage dispersé dans la période de culture [77].

La plantule est presque glabre, les poils peuvent être observés à la bordure du limbe sur plus de la moitié de la longueur des feuilles. La ligule de 2 à 5 mm de long sur la 3<sup>ème</sup> feuille est dentée et possède un sommet anguleux [70].

Les graines sont d'une teinte foncée et couvertes de longs poils. Elles mûrissent assez rapidement et se détachent du plant avant qu'on puisse les cueillir, ce qui est très différent de l'avoine cultivée puisque les graines ne se séparent des épillets que lors du battage [70].

#### 1.2.5.2.2 Caractéristiques nutritives

L'avoine est utilisée en alimentation animale en grains, en fourrage vert et en foin seule ou mélangée le plus souvent à une légumineuse.

Sa valeur nutritive, dépend de la taille du grain. En général, les grains larges et lourds contiennent plus d'énergie que les petits grains légers. En moyenne, l'enveloppe représente 23 à 30 % d'un grain d'avoine [70].

La teneur en lipides de l'avoine est supérieure à celle des autres céréales, ce qui augmente sa teneur énergétique dans l'alimentation des animaux. Elle est riche en vitamines B1, B2 et B6, ainsi qu'en vitamines A, E et K [78].

La valeur nutritive de l'avoine fourragère est élevée (Tableau 1.2.5). Elle est comparable à celle du ray-grass. Les deux sont riches en protéines (environ 20 % de MAT) et en énergie (0,80 UFL) et ont une faible teneur en fibres. Son fourrage vert, est bien apprécié par les vaches laitières avec une excellente ingestion et une haute digestibilité [78].

**Tableau 1.2.5** : Valeur nutritive de *Avena sativa* [76].

Valeur nutritive de <i>Avena sativa</i>	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/Kg		Encombrement UE / Kg			Quantités ingérées MS g / Kg P <sup>0.75</sup>	Constituants organiques g/Kg / %				
		UFL	UFV	PDIN	PDIE	UEM	UEL	UEB		MO	MAT	CB	NDF	ADF
										dMO	dMAT	dCB	dNDF	dADF
Début montaison	14,9	1,00 0,15	0,98 0,15	75 11	87 13	0,94	0,97	0,95	65	879 81	120 72	230 79	513 75	278 75
Début épiaison	20,6	0,84 0,17	0,78 0,16	64 13	78 16	1,25	1,00	1,00	54	905 71	102 69	302 37	601 43	349 34
Floraison	17,7	0,74 0,13	0,67 0,12	63 11	73 13	1,59	1,00	1,00	46	900 66	101 68	333 65	638 64	379 61
Laiteux pâteux	31,8	0,67 0,21	0,58 0,18	42 13	62 20	1,44	1,03	1,05	52	928 59	67 60	270 44	562 48	318 41
Pâteux	38,3	0,65 0,25	0,56 0,21	40 15	59 23	1,35	1,03	1,05	52	930 57	63 51	263 39	554 44	311 36

Par kg de matière sèche / par Kg de produit brut

Par kg de matière sèche / digestibilité en %

### **1.2.5.3 *Dactylis glomerata* L.**

#### **1.2.5.3.1 Caractéristiques botaniques**

Nom scientifique : *Dactylis glomerata* L.

Nom commun : Dactyle aggloméré ou pied de poule

C'est une plante vivace de longue durée, très touffue, à racines profondes, croissant généralement par bouquets importants. Sa hauteur varie de 15 à 140 cm. Les feuilles sont assez souples de couleur verte bleutée, à nervures médianes saillantes et blanchâtres. Elle possède une tige volumineuse, dressée et plate à la base. L'inflorescence est en panicule dans laquelle les épillets sont agglomérés en amas (Figure 1.2.9). Elle pousse dans les forêts et les pâturages [51] ; [58] ; [59] ; [79] ; [80].



**Figure 1.2.9** : *Dactylis glomerata* au stade épiaison

#### **1.2.5.3.2 Caractéristiques nutritives**

Le dactyle est l'une des graminées fourragères les plus tolérantes à la sécheresse. Il produit toutefois les plus hauts rendements dans des conditions fraîches [72].

Extrêmement intéressant pour le pâturage (où son rendement est bien étalé sur toute la saison) et la fenaison dans les pays à climat tempéré humide, le dactyle est adapté à des sols très divers. Malgré sa consistance assez fibreuse, il produit en abondance un fourrage succulent, utilisable pour le pâturage, l'ensilage ou la fenaison à condition qu'on ne le laisse pas exagérément mûrir. La plante est appétissante et la période de végétation est très longue. Il fournit de très bonnes coupes de repousse et possède une bonne teneur en protéines [58] ; [81] ; [82].

La digestibilité des graminées exploitées l'année du semis, est très élevée et diminue peu avec l'âge. Elle est comprise entre 75 et 80 % pour le Dactyle (Tableau 1.2.6) [72] ; [83].

Sa valeur alimentaire est assez bonne (riche en matières azotées totales, moins en glucides solubles), pour peu que les stades optimum de récolte soient respectés (Tableau 1.2.7) [61] ; [76] ; [84].

**Tableau 1.2.6** : Composition chimique du dactyle [83].

<i>Dactylis glomerata</i>	MS%	En % de la MS			UFL/ Kg de MS
		MO	CB	MAT	
Début épiaison	16,3	88,7	25,6	15,9	0,87
Epiaison	16,7	88,8	28,5	14,4	0,83
Floraison	22,7	91,0	33,9	9,8	0,65

### 1.1.2.6 *Hordeum murinum*

#### 1.2.5.4.1 Caractéristiques botaniques

Nom scientifique : *Hordeum murinum*. Nom commun: orge des rats.

Le genre *Hordeum* comprend des espèces à petits grains, toutes sauvages (orge des rats, orge maritime) et des espèces à gros grains comme l'orge cultivée qui dérive de l'espèce *Hordeum spontaneum* [85].

L'*Hordeum murinum* est une plante annuelle de 10 à 50 cm de hauteur, velue, à tige feuillue jusqu'au sommet. Les feuilles sont assez étroites, planes, de couleur verte claire qui ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (Figure 1.2.10). L'inflorescence est en épis de grands taille, constituée d'épillets à une fleure, groupés par 03 dont seul l'épillet centrale est fertile [64] ; [86].



**Figure 1.2.10** : *Hordeum murinum* au stade épiaison

**Tableau 1.2.7** : Valeur nutritive de *Dactylis glomerata* [76]

<i>Dactylis glomerata</i>	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/Kg			Constituants organiques g/Kg / %					Energie Kcal/Kg / %	
		UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB	NDF	ADF	EB	EM
							dMO	dMAT	dCB	dNDF	dADF	dE	
feuillu	16,0	0,98	0,94	42	158	100	891	245	177	490	206	4399	2718
		0,16	0,15	7	25	16	78	78	82	77	71	75	
Début épiaison	16,3	0,87	0,82	32	102	88	878	159	256	560	284	4192	2444
		0,14	0,13	5	17	14	74	72	75	74	71	71	
Epiaison	16,7	0,83	0,77	31	92	65	888	144	285	598	314	4210	2376
		0,14	0,13	5	15	14	72	69	73	73	71	69	
Début floraison	18,7	0,73	0,58	26	71	76	910	110	337	668	370	4249	2114
		0,14	0,18	5	13	14	64	62	67	65	63	61	
Floraison	22,7	0,65	0,56	24	63	70	910	98	339	656	372	4229	1934
		0,15	0,13	5	14	16	59	59	58	58	56	56	

Par kg de matière sèche / par Kg de produit brut

Par kg de matière sèche / digestibilité en %

#### 1.2.5.4.2 Caractéristiques nutritives

L'orge contient une quantité variable de glucides solubles pouvant atteindre 1,5% et une quantité élevée de fibres composées de 60 % de cellulose, et 25 % d'hémicellulose. Ces dernières dégradées par les enzymes du rumen, sont les principales sources d'énergie utilisable par les animaux [87]. L'orge a une valeur nutritive plus faible que celle du blé en raison de sa richesse en fibres ; mais a une teneur plus élevée en protéines que le maïs [76] (Tableau 1.2.8).

#### 1.2.5.5 *Lolium multiflorum*

##### 1.2.5.5.1 Caractéristiques botaniques

Nom scientifique : *Lolium multiflorum*. Nom commun: ray grass d'Italie.

C'est une graminée fourragère prairiale, à épillets latéraux, à une seule glume appliquée contre le rachis par un de leurs bords et à épillets terminaux à deux glumes subégales [51] ; [58], (Figure 1.2.11).



**Figure 1.2.11** : *Lolium multiflorum* au stade épiaison

On distingue deux types de ray-grass : le ray-grass anglais (*Lolium pérenne*) et le ray-grass italien (*Lolium multiflorum*). Ces deux espèces s'hybrident facilement [72] ; [88] ; [89].

**Tableau 1.2.8** : Valeur nutritive de l'*Hordeum vulgare* [76]

<i>Hordeum vulgare</i>	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/Kg			Constituants organiques g/Kg / %					Energie Kcal/Kg / %	
		UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB	NDF	ADF	EB	EM
							dMO	dMAT	dCB	dNDF	dADF	dE	
Floraison	15,5	0,71	0,63	27	75	75	875	120	329	634	376	4163	2072
		0,11	0,10	4	12	12	65	70	59	59	55	62	
Laiteux	23,2	0,72	0,63	22	62	71	912	99	300	598	347	4294	2099
		0,17	0,15	5	14	16	63	66	53	55	49	60	
Laiteux-pâteux	25,1	0,70	0,71	22	62	69	916	99	278	572	325	4310	2050
		0,18	0,18	6	16	17	61	63	42	46	39	59	
pâteux	30,8	0,72	0,64	19	54	68	922	86	271	563	319	4317	2113
		0,22	0,20	6	17	21	63	60	46	49	43	60	

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut

Par kg de matière sèche / digestibilité en %

Le ray-grass d'Italie, est une culture annuelle ou bisannuelle, de taille moyenne (50 - 100 cm), avec une tige dressée ou ascendante. Les feuilles sont nombreuses, d'abords pliées en longueur, puis planes, assez larges. L'inflorescence est en épis, les fleurs sont aristées, les épillets sont sessiles et solitaires ; ils se placent alternativement dans les excavations du rachis [58] ; [90].

#### 1.2.5.5.2 Caractéristiques nutritives

Le ray-grass d'Italie, consommé en vert permet une excellente production laitière pour autant qu'on ne dépasse pas le stade début montaison. Passé ce stade, les teneurs en matières azotées totales chutent très rapidement (Tableau 1.2.9). En début montaison, le pâturage du ray grass couvre une production de 25 à 28 litres de lait, alors qu'en début épiaison, cette couverture tombe à 12 - 14 litres [91]. Il est également recommandé pour la production de viande. Son foin fibreux est très apprécié par l'ensemble des animaux. Un ensilage de ray grass de bonne qualité, réalisé au stade début épiaison permettra au bovin de prendre environ 750 g/j, à condition d'être complété en matières azotées [92].

**Tableau 1.2.9** : Composition moyenne du ray-grass d'Italie selon le rythme de coupe [91].

Rythme de coupe	Date de coupe	MS %	MM %	MAT %	ADF %	ADL %
Rapide	28-12	12,1	13,7	19,6	20,5	1,06
	25-01	11,3	13,9	21,4	20,8	0,93
	22-02	13,0	12,4	21,3	18,4	0,90
	18-04	13,4	12,4	18,1	26,4	1,31
	15-05	17,0	12,4	13,8	25,4	1,26
Moyenne	11-01	12,9	13,1	17,6	20,8	11,23
	22-02	13,3	12,7	17,9	20,9	1,11
	05-04	13,4	12,1	17,4	24,9	1,47
	15-05	17,0	11,2	12,8	31,3	2,37
Lent	25-01	12,9	12,6	15,6	22,0	1,39
	21-03	12,2	10,2	16,2	32,1	1,38
	15-05	17,4	10,5	10,3	34,9	3,00

Au pâturage, c'est une plante bien consommée par les animaux tant qu'il est en majorité feuillu. Sa qualité reste longtemps à un bon niveau (teneur élevée en glucides solubles, plus faibles en matières azotées totales), mais diminue

brutalement dès le début épiaison (170 g/kg de MS au stade début montaison à 51 g/kg de MS au stade début épiaison) (Tableau 1.2.10) [61] ; [93].

Compte-tenu de sa richesse en sucre, la conservation en ensilage ressuyé ne pose pas de problème. Les foin, à partir de la deuxième coupe, bien pourvus en fibres efficaces limiteront les risques d'acidose [92].

**Tableau 1.2.10** : Composition et valeur nutritive du ray-grass d'Italie à différents stades de développement [92].

Stade	MS %	MAT (% MS)	CB (% MS)	d MO en %	UF/kg MS
Feuillu	16	18	18	81	0,9
Epi à 10 cm	16	17	18	79	0,88
1 semaine avant début épiaison	17	11	23	74	0,79
Début épiaison	19	10	25	72	0,75
Epiaison	20	8	26	70	0,7
Floraison	26	7	30	64	0,6

Valorisés à un stade jeune (inférieur à 20 cm de hauteur), les ray-grass sont très riches en énergie et en azote. Ils sont l'équivalent d'un concentré de production. A partir du stade début épiaison, la valeur alimentaire diminue fortement [65] ; [76] (Tableaux 1.2.11 ; 1.2.12)

**Tableau 1.2.11** : Valeurs énergétiques et azotées du ray-grass [65]

	Début montaison	Début épiaison
UFL	0,99	0,87
UFV	0,96	0,82
PDI	125	65

**Tableau 1.2.12** : Valeur nutritive du *Lolium multiflorum* [76]

<i>Lolium multiflorum</i>	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/Kg			Constituants organiques g/Kg / %					Energie Kcal/Kg / %	
		UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB	NDF	ADF	EB	EM
							dMO	dMAT	dCB	dNDF	dADF	dE	
Epi à 10 cm du sol	12,3	0,98 0,12	0,95 0,12	40 5	147 18	98 12	839 83	228 82	207 87	498 86	249 87	4138 79	2682
Début épiaison	12,1	0,87 0,11	0,82 0,10	38 5	132 16	91 11	844 76	206 77	244 78	536 76	283 75	4122 73	2422
Epiaison	17,8	0,81 0,14	0,75 0,13	22 4	57 10	75 13	903 69	88 56	265 65	541 65	292 63	4180 66	2300
Début floraison	24,0	0,73 0,18	0,66 0,16	18 4	45 11	69 17	914 64	70 50	293 59	583 60	328 58	4198 61	2125
Floraison	27,5	0,66 0,18	0,58 0,16	16 4	38 11	64 18	916 60	60 42	307 55	599 55	344 54	4189 57	1981

Par kg de matière sèche / par Kg de produit brut

Par kg de matière sèche / digestibilité en %

### 1.2.5.6 L'Oryzopsis miliacea.

#### 1.2.5.6.1 Caractéristiques botaniques

Nom scientifique : *Oryzopsis miliacea* L. Nom commun : faux millet

*L'Oryzopsis miliacea* ou faux millet est une plante vivace de 40 à 185 cm de hauteur, spontanée sur le pourtour du bassin méditerranéen notamment en Afrique du nord [50]. Il est caractérisé par des feuilles longues, linéaires, planes, pointues et enroulées sur les bords. L'inflorescence est une panicule lâche, pouvant atteindre 40 cm, à rameaux fins et très nombreux, la coloration des feuilles est verte foncée [51], (Figure 1.2.12).

C'est une plante très résistante, elle se développe sur les sols sableux, argileux, compacts et sur les sols superficiels. Elle est utilisée comme fourrage en Afrique [58].



**Figure 1.2.12** : *Oryzopsis miliacea* L au stade épiaison

#### 1.2.5.6.2 Caractéristiques nutritives

L'*Oryzopsis miliacea* présente une valeur nutritive intéressante tant qu'il est feuillu. A partir du stade épiaison, ces tiges deviennent dures et lignifiées et sa valeur nutritive diminue brutalement [94] (Tableau 1.2.13).

**Tableau 1.2.13** : Valeur nutritive de l'*Oryzopsis miliacea* [94]

<i>Oryzopsis Miliacea</i>	MS %	Par Kg de MS						
		Valeurs énergétiques unités / Kg		Valeurs azotées g / Kg		Constituants organiques g / Kg		
		UFL	UFV	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB
début montaison	22,9	0,79	0,73	125	113	863	194	279

### 1.2.5.7 *Phalaris brachystachis*

#### 1.2.5.7.1 Caractéristiques botaniques

Nom scientifique : *Phalaris brachystachis*. Nom commun : alpiste à épis courts

C'est une plante annuelle de grande taille (20 à 120 cm), formant souvent de grosses touffes à gaines aplaties au stade végétatif. La préfoliation est pliée et les feuilles sont longues, larges, carénées et glauques (vert bleu) à grande ligule translucide et de forme irrégulière [58].

L'inflorescence est en panicule, ramifiée, de couleur verte à violette (Figure 1.2.13). Le Fruit (les glumelles sont collées à la graine) est de taille moyenne (6-7 mm avec arête), légèrement denté, assez allongé, conservant une courte arête courbée ce qui donne à la graine un aspect de "virgule" [51]



**Figure 1.2.13** : *Phalaris brachystachis* au stade épisaison

#### 1.2.5.7.2 Caractéristiques nutritives

Le *Phalaris brachystachis* est une plante qu'il faut exploiter au début de son cycle végétatif. En effet, au stade montaison, il est très riche en matières azotées

totales (plus de 19 %) et ses apports énergétiques (0,94 UFL et 0,90 UFV par kg de MS) et azotées (plus de 120 g de PDI par kg de MS), lui confère une valeur nutritive proche de celle d'un aliment concentré (Tableau 1.2.14). A partir de l'épiaison, ses apports énergétiques et azotés, chutent considérablement [94].

**Tableau 1.2.14** : Valeur nutritive du *Phalaris brachystachis* [94]

<i>Phalaris</i>	MS %	Par Kg de MS						
		Valeurs énergétiques Unités / Kg		Valeurs azotées g / Kg		Constituants Organiques g / Kg		
		UFL	UFV	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB
Montaison	16,3	0,94	0,90	124	119	881	192	227
Epiaison	51,4	0,52	0,42	36	55	926	56	400

#### 1.2.5.8 *Vulpia sicula*.

Nom scientifique : *Vulpia sicula*. Nom commun : queue de chacal

Plante annuelle, de 30 à 80 cm de hauteur, pousse dans les pâturages et les forêts. A la maturité, la couleur de la plante change du vert clair au violet. Les panicules, sont dressées plus ou moins contractées, sub unilatérales de 5 à 20 cm (Figure 1.2.14). Les épillets sont indépendants, comportant soit deux fleurs fertiles, soit deux fleurs fertiles suivies de rudiments ou soit multiflores [51] ; [58].



**Figure 1.2.14** : *Vulpia sicula* au stade épiaison

### **III. Valeur alimentaire des fourrages et ses facteurs de variation**

### **1.3.1 Notion de valeur alimentaire.**

La valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux termes complémentaires et interdépendants [66] ; [95] ; [96] :

- La valeur nutritive de ce fourrage qui représente sa concentration en éléments nutritifs (valeurs énergétique, azotée, minérale et vitaminique) digestibles par l'animal.
- Son ingestibilité, c'est-à-dire la quantité volontairement ingérée par le ruminant recevant ce fourrage à volonté comme seul aliment.

Ces deux paramètres dépendent en premier lieu de la composition morphologique et chimique de la plante, elles même étroitement liées.

Cependant la valeur alimentaire est susceptible de variations importantes qui sont liées aux conditions agro-écologiques, aux conditions d'exploitation, aux procédés de conservation et aux stades de développement [97].

### **1.3.2 Facteurs de variation de la valeur alimentaire**

La valeur alimentaire d'un fourrage sur pied est une donnée dynamique susceptible de variations importantes. Pour une espèce donnée, la composition morphologique et la composition chimique varient en fonction d'un certain nombre de facteurs : la famille botanique et l'espèce, le stade de végétation, les conditions pédoclimatiques, les techniques culturales et les conditions d'exploitation [98] ; [99].

#### **1.3.2.1 Famille botanique et espèce :**

La valeur alimentaire des plantes fourragères diffère d'une famille à une autre, et entre les espèces appartenant à la même famille.

Ces différences, sont d'ordre morphologiques (biomasse, rapport feuilles/tiges) et chimiques (teneur en énergie, azote, minéraux et vitamines). [100], note qu'à stade de végétation comparable, le rapport feuilles/tiges des légumineuses est différent de celui des graminées (Tableau 1.3.1). Les légumineuses contiennent toujours des feuilles et des tiges, alors que les graminées sont exclusivement feuillues au début du cycle de végétation.

D'un point de vue composition chimique, les graminées sont moins riches en azote, en acides organiques et en vitamines, mais riches en glucides solubles et constituants pariétaux par rapport aux légumineuses [101] (Tableau 1.3.2).

**Tableau 1.3.1 :** Pourcentage des feuilles (légumineuses) et des limbes (graminées) à différents stades de croissance [95].

Espèces	Premier cycle		Deuxième cycle		Troisième cycle	
	Début de cycle	floraison	1 <sup>er</sup> mois	2 <sup>eme</sup> mois	1 <sup>er</sup> mois	2 <sup>eme</sup> mois
- Luzerne	65	20	50	35	55	45
- Trèfle violet	20	35	70	40	85	65
- Dactyle, Fétuque, ray-grass Anglais	80	25 - 30	70 - 80	70 - 80	80 - 85	80 - 85
- Ray-grass d'Italie	75	20	40	20	65	55

La teneur en MS des graminées est toujours plus élevée que celle des légumineuses. Les graminées sont plus riches en énergie et possèdent des tiges moins lignifiées. Toutefois, les modifications de la composition chimique sont variables au cours du premier cycle selon l'organe de la plante, ainsi, la composition des feuilles chez les graminées, évolue moins rapidement que celle des tiges au fur et à mesure que la plante vieillit [102] ; [103].

**Tableau 1.3.2 :** Variation de la composition chimique des limbes et des tiges + gaines des graminées, et des feuilles et des tiges de la luzerne [104].

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

#### 1.3.2.2. Age et stade de végétation :

Le stade de végétation du fourrage au moment de sa coupe est l'une des principales causes de variation de la qualité du fourrage.

Au cours du premier cycle de développement, chez toutes les graminées, la proportion de limbes diminue rapidement au bénéfice de la proportion de tiges + gaines lors du passage de l'état végétatif à l'état reproducteur. Par ailleurs, la proportion de débris augmente progressivement [105].

Jarrige [97] ; Demarquilly et Andrieu [106], rapportent que chez le ray-grass d'Italie, la proportion de limbe exprimée en % de la MS, passe de 70% un peu avant le stade épiaison à 20% à la floraison.

Demarquilly [100], note qu'au cours du premier cycle, les graminées ont tendance à épier, puis monter et fleurir, alors qu'au cours des autres cycles, elles sont davantage feuillues.

La composition chimique d'une plante ne fait que traduire sa composition morphologique. De ce fait, au fur et à mesure que l'herbe est âgée, sa teneur en matières azotées, en minéraux et en vitamines diminue, alors que la teneur en parois augmente, ce qui entraîne une baisse de la digestibilité de même que l'ingestibilité [104] (Tableaux 1.3.3 et 1.3.4).

Ces modifications chimiques, affectent chacune des parties de la plante, les limbes sont riches en eau et en constituants protoplasmiques, beaucoup plus que les tiges dans lesquelles s'amasse la cellulose [107]. La digestibilité de la plante sera aussi étroitement liée à la proportion des limbes [104].

**Tableau 1.3.3** : Variation des teneurs en MAT, en CB et en NDF des graminées et des légumineuses (en % MS) [101].

Espèces	MAT		CB		NDF	
	Feuilles	Tiges	Feuilles	tiges	Feuilles	Tiges
Luzerne	25 à 30	10 à 25	12 à 14	25 à 45	18 à 24	35 à 58
Trèfle violet	20 à 25	10 à 20	10 à 12	20 à 38	19 à 22	31 à 48
Trèfle Blanc	20 à 30	-	13 à 24	-	22 à 39	-
Ray-grass anglais Dactyle Fétuque	10 à 15	5 à 15	15 à 27	25 à 35	28 à 50	35 à 62

Selon Demarquilly [100], au cours du premier cycle de végétation, la teneur en matières azotées des graminées passe de 23–25% au début du cycle à 6–8% à la fin du cycle et, de 26–28% à 15–18% chez les légumineuses. Selon Aerts et al [108], les modifications journalières moyennes intervenues dans la composition de la matière organique atteignent - 0,25% pour les protéines brutes et + 0,19% pour la cellulose brute (Tableau 1.3.5).

**Tableau 1.3.4** : Variation de la composition chimique en fonction des stades phénologiques [76].

Espèces	MS%	En% de la MS		
		MO	CB	MAT
<b><i>Bromus catharticus</i></b>				
Début épiaison	18,0	98,5	27,8	12,7
Epiaison	19,9	91,3	29,9	10,5
Début floraison	23,6	91,8	33,4	7,6
<b><i>Dactylis glomerata</i></b>				
Début épiaison	16,3	88,7	25,6	15,9
Epiaison	16,7	88,8	28,5	14,4
Floraison	22,7	91,0	33,9	9,8
<b><i>Festuca pratensis</i></b>				
Début épiaison	18,6	91,2	27,6	13,5
Epiaison	19,1	91,5	30,5	11,8
Début floraison	20,2	92,0	34,2	11,3
<b><i>Festuca arundinacea</i></b>				
Début épiaison	19,5	87,4	26,9	12,9
Epiaison	20,9	88,3	29,5	11,1
Floraison	23,0	88,7	33,0	9,7
<b><i>Phleum pratense</i></b>				
Début épiaison	18,8	92,2	34,6	9,2
Epiaison	20,1	92,2	36,1	8,8
Floraison	27,2	94,2	36,1	7,2
<b><i>Lolium perenne</i></b>				
Début épiaison	16,4	90,6	23,9	14,2
Epiaison	16,5	90,6	26,4	12,0
Floraison	19,7	90,8	31,5	9,6

La valeur PDIN est directement liée à la teneur en matières azotées dégradables dans le rumen et même plus simplement à la teneur en MAT ; la valeur PDIE est liée à la digestibilité de la MO. Les fourrages dont la teneur en MAT dégradables est inférieure à 100 g/kg, ce qui correspond à une teneur en MAT de l'ordre de 130 g/kg, sont généralement déficitaires en PDIN par rapport à leur valeur PDIE. C'est le cas des graminées récoltées à un stade tardif ou peu fertilisées. En revanche, les graminées exploitées à un stade précoce et plus encore les légumineuses sont excédentaires en PDIN par rapport à leur valeur PDIE [109].

**Tableau 1.3.5 :** Variations journalières moyennes sur le plan de la composition chimique et de la digestibilité des fourrages en fonction de la prolongation du stade de croissance [108].

Composants chimiques	Composition de la MO	Digestibilité
Matière organique	-	- 0,51
Protéines brutes	- 0,25	- 0,44
Cellulose brute	+ 0,19	- 0,72
Extractif non azoté	+ 0,11	- 0,56
Parois cellulaire	+ 0,33	- 0,60
Protéines brutes digestibles	- 0,20	-

### 1.3.2.3 Conditions pédoclimatiques :

#### 1.3.2.3.1 Climat :

Le climat joue un rôle très important dans la composition chimique des plantes par le biais de la température, l'intensité de la lumière et la durée d'ensoleillement. La productivité d'une culture à élaborer se trouve déterminée par l'espèce exploitée et par l'incidence du climat sur le complexe : plante - techniques culturales et sol [110] ; [111].

La digestibilité des fourrages diminue sous l'influence des conditions climatiques défavorables, cause d'une lignification accrue et d'une faiblesse des teneurs en protéines [84].

- **Lumière :** 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 la teneur en cendres et en nitrates [112]. Aussi, la durée du jour modifie la composition morphologique des plantes, le rapport feuilles/tiges en est modifié [68].

La lumière, stimule la croissance des fourrages comme la température, mais leurs actions sur la composition chimique sont opposées. La lumière, en activant la photosynthèse, engendre une accumulation de glucides non structuraux, d'acides aminés, d'acides organiques et par voie de dilution réduit la part des parois, plus particulièrement celle de la lignine dans la plante [113].

- **Température** : la température est le facteur climatique dont l'influence sur la croissance, le développement et la composition chimique de la plante est la plus nette. Cette action a un effet positif sur les constituants pariétaux des fourrages des pays tropicaux et tempérés [114] ; [115].

Chez les graminées, les feuilles et les tiges sont toutes les deux sensibles à cette action de la température. Celle-ci favorise la formation de feuilles plus longues et rapprochées dont le poids par talle augmente, mais diminue leur longévité [116] ; [117].

- **Humidité du sol et de l'air** : la sécheresse quand elle est suffisamment prolongée, peut diminuer de façon importante la valeur nutritive ; un déficit hydrique léger affecte l'allongement des tiges [118].

Le végétal, a des besoins continus en eau, qui conditionnent la nutrition minérale. Ainsi pour que la luzerne élabore 1kg de MS, il lui faut plus de 600 kg d'eau, alors que l'avoine a besoin de plus de 400 kg d'eau pour produire la même quantité [119].

#### 1.3.2.3.2 Sol :

La nature du sol, a une influence directe sur le développement des végétaux. Ce sont l'acidité et le comportement du sol face à l'humidité qui peuvent intervenir comme facteurs limitant. Généralement, les graminées s'adaptent à des sols très variés [61].

Le sol, doit permettre l'implantation, le développement racinaire et l'alimentation des plantes en éléments minéraux en fonction de leur réserve naturelle assimilable et les fertilisations assurées par l'apport d'engrais organiques et minéraux [120].

#### 1.3.2.4 Techniques culturales :

Parmi ces techniques, il semblerait que la fertilisation a le plus d'effets sur la production et la qualité du fourrage. En effet selon Gillet [111] ; Demontard et al [121] et Duru [122], l'apport d'engrais azotés augmente la surface foliaire, le nombre de talles ainsi que le poids des feuilles et des tiges et la teneur en matières azotées et en minéraux.

#### 1.3.2.5 Conditions d'exploitation :

Le régime de fauche de la prairie favorise les espèces précoces et de courte durée (brome stérile, brome mou...), alors que les espèces vivaces ne supportent pas le pâturage excessif. Le surpâturage favorise au contraire les espèces étalées à réserves souterraines importantes ainsi que les plantes dites à rosettes (fétuque rouge, fétuque ovine...) ainsi que les espèces dures et sous consommées (*Brachypodium sylvaticum* ...). Un pâturage bien conduit provoque la formation d'un gazon sevré où dominent les espèces pérennes qui n'ont pas le temps de former des graines, mais se reproduisent végétativement (Ray Grass anglais, dactyle, fétuque des prés, fétuque élevée, trèfle blanc...) [107].

### 1.3.3 Digestibilité des fourrages

L'existence d'une microflore caractérisant la digestion chez les ruminants, les rend capables de dégrader les fourrages celluloses. Les agents responsables de la dégradation des parois, sont principalement les bactéries qui forment une population extrêmement importante ; elles dégradent la cellulose, l'hémicellulose et les pectines à l'aide des enzymes extracellulaires qui ne diffusent pas dans le jus de rumen. Cette dégradation, est subordonnée à la fixation des bactéries cellulolytiques sur les particules végétales. Ces dernières, se fixent peu ou pas sur les parois fortement lignifiées. Ceci explique que la digestibilité des fourrages diminue quand leur teneur en lignine augmente [123] ; [124]. La digestion dans le rumen dépend donc essentiellement du degré de lignification des parois et de l'activité des microorganismes [125].

#### 1.3.3.1 Facteurs influençant la digestibilité :

La valeur nutritive d'un fourrage dépend de sa digestibilité qui est elle-même sous la dépendance de l'animal et l'aliment utilisé qui offre plus ou moins de résistance à la digestion [119].

La digestibilité d'un aliment, est la proportion de sa matière organique (MO) qui disparaît dans le tube digestif [83]. Elle varie selon plusieurs facteurs :

##### 1) Facteurs liés à la plante :

###### a. Taux de cellulose brute et stade végétatif

La digestibilité diminue au fur et à mesure qu'augmente la teneur en cellulose brute dans la plante. Plus la plante est âgée, plus le rapport feuilles /

tiges, diminue, plus la teneur en cellulose augmente et moins cette plante est digestible, car la lignine remplace la cellulose des membranes cellulaires et des fibres et rend la plante inattaquable par les sucs digestifs. La digestibilité des graminées passe alors de 85% au stade végétatif à 55% au stade pleine floraison [119]. En effet, la digestibilité des constituants intracellulaires est totale (sucres, fructosanes) ou très élevée (lipides, matières azotées), alors que celle des parois cellulaires varie entre 40 et 90% selon qu'elles sont plus ou moins incrustées de lignine [126].

Des liaisons très étroites ont pu être établies pour les graminées et les légumineuses fourragères entre la quantité de parois indigestibles présentes dans un fourrage et sa digestibilité et, par conséquent, sa valeur énergétique [127]. Ainsi une augmentation de la teneur en parois indigestibles de 10 g/kg de MS, entraîne une diminution de la digestibilité de 1 point et de la valeur UFL de 0,02 unité. La teneur en parois végétales augmente avec la croissance de la plante, et la digestibilité des parois diminue avec le vieillissement des tissus [128].

#### b. Famille, espèce et variété

Les graminées sont plus riches en énergie que les légumineuses ; elles contiennent plus de glucides solubles entièrement digestibles et possèdent des tiges moins lignifiées ; elles sont par contre, plus pauvres en matières azotées et en calcium [109].

Il existe des différences entre les espèces d'une même famille, ainsi à stade ou âge équivalent, le ray-grass est plus digestible que la fléole, le trèfle que la luzerne [129]. Il ne semble pas cependant y avoir de différence appréciable de digestibilité entre les variétés d'une même espèce [126].

#### c. Stade de végétation

Les digestibilités différentes que présentent les fourrages verts résultent des différences systématiques de leur composition morphologique et chimique.

Ainsi, chez les graminées comme chez les légumineuses, pour une espèce donnée, au cours du premier cycle, la digestibilité dépend essentiellement de son stade de développement. De l'ordre de 80% de digestibilité au début du cycle, les fourrages verts atteignent des taux plus faibles (55 – 65%) à la fin du cycle [130] ; [131].

Chez les graminées fourragères classiques (ray-grass anglais, dactyle...), la digestibilité diminue lentement au début du cycle, mais à partir du stade début épiaison, la diminution est de 0,4 à 0,5 point par jour, ce qui correspond à une diminution de 0,008 à 0,01 UFL/kg de MS. Cette baisse de digestibilité résulte de l'augmentation des tiges et de leurs teneurs en constituants pariétaux et de la diminution des feuilles avec l'âge [100] ; [132].

La dMO des repousses, est toujours inférieure de 3 à 5 points environ à celle des mêmes fourrages au stade feuillu du 1<sup>er</sup> cycle. Elle diminue cependant moins vite avec l'âge qu'au 1<sup>er</sup> cycle, de 0,1 à 0,2 point de dMO par jour pour les repousses feuillues et de 0,2 à 0,3 point de dMO pour les repousses à tiges. Ainsi, les stades qui maximisent au premier cycle de végétation les quantités d'UFL et de MAT récoltées à l'hectare sont le début de l'épiaison pour les graminées et le stade boutons floraux pour les légumineuses [104] ; [133]

#### d. Processus de conservation des fourrages :

Le fanage dépend : des conditions climatiques, la nature du fourrage, son rapport feuilles/tiges et la production à l'hectare [134].

Durant le fanage au sol, le fourrage va subir des pertes liées à la respiration, aux pertes de feuilles et éventuellement au lessivage par la pluie qui entraîne une partie des sucres, des matières azotées et des minéraux solubles dans l'eau. L'échauffement, dû à la respiration de certaines cellules végétales encore vivantes et à l'activité des bactéries et des moisissures, entraîne des réactions de MAILLARD entre les protéines et les sucres, qui rendent indigestibles les complexes formés [109] ; [132].

Selon Demarquilly et al [132], les pertes lors du fanage, entraînent une diminution des constituants intracellulaires et une augmentation corrélative des parois cellulaires. Il en résulte :

- une diminution très variable de la dMO : de 0 à 16 points. Elle est minimale (en moyenne 4 points, soit environ 6%) pour les foin de graminées ventilés en grange ou séchés rapidement sur le champ par beau temps, mais augmente avec la durée de séjour sur le champ et la quantité de pluie reçue.
- une diminution de la teneur en matières azotées, faible chez les graminées, mais plus ou moins importante chez les légumineuses suivant l'importance des pertes

de feuilles. En dépit d'une augmentation de la solubilité de l'azote liée à l'action des protéases végétales après la fauche, la dégradabilité de l'azote est diminuée de 10 à 15 points.

La diminution de la valeur énergétique de l'herbe conservée dépend principalement de son degré de fanage et des pertes subies par le fourrage. Ainsi, par rapport au fourrage vert, la valeur énergétique diminue environ de 10% pour un foin fané dans de bonnes conditions et jusqu'à 15% pour un foin ayant reçu de la pluie [132] (Tableau 1.3.6).

**Tableau 1.3.6** : Pourcentage de pertes de la valeur alimentaire (en %) [132].

Méthode utilisée	Conditions de conservation			
	Très bonnes	Bonnes	Moyennes	Mauvaises
Séchage	5	10-15	20-25	Supérieure à 40

#### e. Autres facteurs

La fertilisation azotée, exerce une légère influence sur la digestibilité de la matière organique. Elle augmente la teneur en eau et en azote de la plante, diminue sa teneur en glucides et modifie peu la digestibilité de la matière organique [122].

Le climat peut aussi être un facteur de variation de la digestibilité du fait que la sécheresse accentue le phénomène de lignification de la plante et diminue par conséquent sa digestibilité [100].

#### 2) Facteurs liés à la ration :

##### a. Encombrement de la ration

Selon Dulphy et al [135], pour que la rumination puisse se déclencher, il faut que le niveau de remplissage du rumen soit suffisant « la ration doit être encombrante » :

- Si le volume de la ration est trop grand, l'estomac est distendu, le brassage des aliments est difficile et la digestibilité diminue, c'est le cas des rations composées uniquement de fourrages secs.

- Si le volume est trop réduit, la digestibilité diminue également dans le cas des rations trop riches en concentrés. Il faut toujours apporter un minimum de fourrages grossiers (lest digestif).

### b. Structure de l'aliment

Le mode de présentation du fourrage influe sur la digestibilité. Plus le fourrage est finement haché et plus la digestibilité diminue à cause de la rapidité du transit [136].

### c. Composition de la ration

Au fur et à mesure que l'on ajoute du concentré dans la ration (+30%) à base de fourrages grossiers, la digestibilité de ces derniers diminue (interactions digestives négatives) [136].

### 3) Facteurs liés à l'animal :

La digestibilité varie selon le niveau de production, l'espèce et l'âge de l'animal. Il existe aussi des variations de la digestibilité entre individus d'une même espèce [97].

Il est bien évident que l'état de santé a une influence directe, en particulier la présence des parasites intestinaux ou de maladies infectieuses de l'appareil digestif perturbant gravement l'utilisation digestive [97].

L'activité microbienne a un rôle direct sur la digestibilité par le biais de la dégradation microbienne des éléments nutritifs, ce qui facilite par la suite le transit intestinal. Cette activité peut avoir des modifications dans le rumen suivant la teneur du fourrage en glucides pariétaux et le niveau azoté [135] ; [137].

#### **1.3.4 Ingestibilité chez les ruminants**

L'ingestibilité, est la quantité volontairement ingérée par les ruminants recevant ce fourrage à volonté [95]. Pour un animal donné, la quantité volontairement ingérée dépend des caractéristiques du fourrage qui détermine son ingestibilité [138].

Les quantités de matière sèche (MS) ingérées peuvent être exprimées en kg par animal ; mais la comparaison entre espèces, impose une correction tenant compte du poids. Deux modes d'expression sont utilisés, soit une correction par le poids vif (PV), qui permet de comparer les espèces en tenant compte le plus simplement possible de leur format ; soit une correction par le poids métabolique ( $PV^{0.75}$ ) qui permet d'estimer le degré de satisfaction des besoins [139].

L'ingestibilité des plantes fourragères classiques, varie dans le même sens que leur digestibilité mais à même digestibilité, il existe des différences importantes d'ingestibilité selon : la nature botanique du fourrage, le rapport feuille/tige, la proportion des constituants intracellulaires (leur digestibilité réelle est pratiquement de 100% ; ils sont très rapidement digérés et n'encombrant pas ou peu le rumen) et la proportion des parois (la vitesse de dégradation et de réduction des parois cellulaires en fines particules, ce qui leur permet de quitter le rumen, diminue au fur et à mesure que la proportion de parois augmente et qu'elles deviennent de plus en plus lignifiées) [132] ; [138] ; [140].

#### 1.3.4.1 Quantités de MS ingérées

Chez un mouton « standard », les quantités de MS de fourrages volontairement ingérées, varient de 11 g / kg de PV en moyenne (31 g / kg P<sup>0.75</sup>) pour des pailles complémentées en azote et en minéraux, à 32 g / kg de PV (90 g / kg P<sup>0.75</sup>) pour des fourrages verts très jeunes. Les quantités ingérées, diminuent lorsque la plante vieillit et que sa digestibilité diminue. Elles varient globalement en sens inverse de la teneur en parois totales (NDF) [140].

#### 1.3.4.2 Facteurs influençant l'ingestibilité

L'ingestion ou la quantité de MS de fourrage volontairement ingéré par le ruminant, dépend :

1. Des caractéristiques physiques et biochimiques de l'aliment [140]. La famille, l'espèce et le numéro de cycle ont une influence sur l'ingestibilité : les graminées sont moins bien ingérées que les légumineuses, le ray-grass est mieux ingéré que la féтуque élevée et les repousses aussi sont mieux ingérées que le premier cycle [135].

Au cours du 1<sup>er</sup> cycle de végétation, l'ingestibilité diminue rapidement en même temps que la digestibilité. Cette diminution est comprise entre 9 et 14 g MS/jour chez le mouton et de 60 g MS/j chez la vache laitière de 600 kg, pour la majorité des espèces de graminées et les prairies naturelles, mais elle est plus importante avec le dactyle et le brome (17 g chez le mouton, 80 g chez la vache) [132].

2. Lorsque le fourrage vieillit, la proportion de feuilles ou de limbes diminue au bénéfice de la proportion des tiges et gaines. Cette diminution est associée à une baisse de la teneur en eau de la plante. Il s'ensuit, une diminution de la valeur alimentaire du fourrage qui influe directement sur la quantité ingérée par les ruminants [141]. Beaucoup d'expériences, ont montrés que plus la date de récolte des fourrages est retardée, plus la quantité ingérée diminue [140].

3. Plus un fourrage est encombrant, moins il est ingestible. L'encombrement d'un fourrage est proportionnel à son temps de séjour dans le rumen qui dépend du temps nécessaire à sa digestion par les micro-organismes et à sa réduction en petites particules pouvant être évacuées dans la suite du tube digestif. Ce temps de séjour est lié à la teneur en parois végétales du fourrage [142].

La valeur d'encombrement d'un fourrage dépend aussi de sa teneur en matière sèche, l'ingestibilité augmentant avec celle-ci [143].

4. Le mode de présentation des fourrages influe beaucoup sur les quantités ingérées. Ainsi, par rapport aux ensilages, le niveau d'ingestion des foin est plus élevé [109].

Le conditionnement des aliments (compactage, broyage, agglomération) s'est avérée comme une technique permettant d'augmenter les quantités ingérées ; sous formes condensés (broyés et agglomérés), les fourrages transitent plus vite dans le rumen que sous forme normale, ils ont par conséquent une grande ingestibilité [136].

5. De la capacité d'ingestion de l'animal qui est liée à la vitesse de digestion dans le rumen : plus le fourrage est rapidement digéré et mieux il est consommé. Elle varie aussi avec l'âge, le sexe, le poids, l'état physiologique de celui-ci et l'adaptation à l'ingestion des fourrages grossiers dès le jeune âge [137].

6. Des facteurs climatiques, essentiellement la température (s'il fait froid, l'animal ingère plus d'aliment) [144].

7. D'autres facteurs secondaires comme les qualités gustatives du végétal : certains phénomènes d'inappétences peuvent provoquer une baisse d'acceptabilité [106].

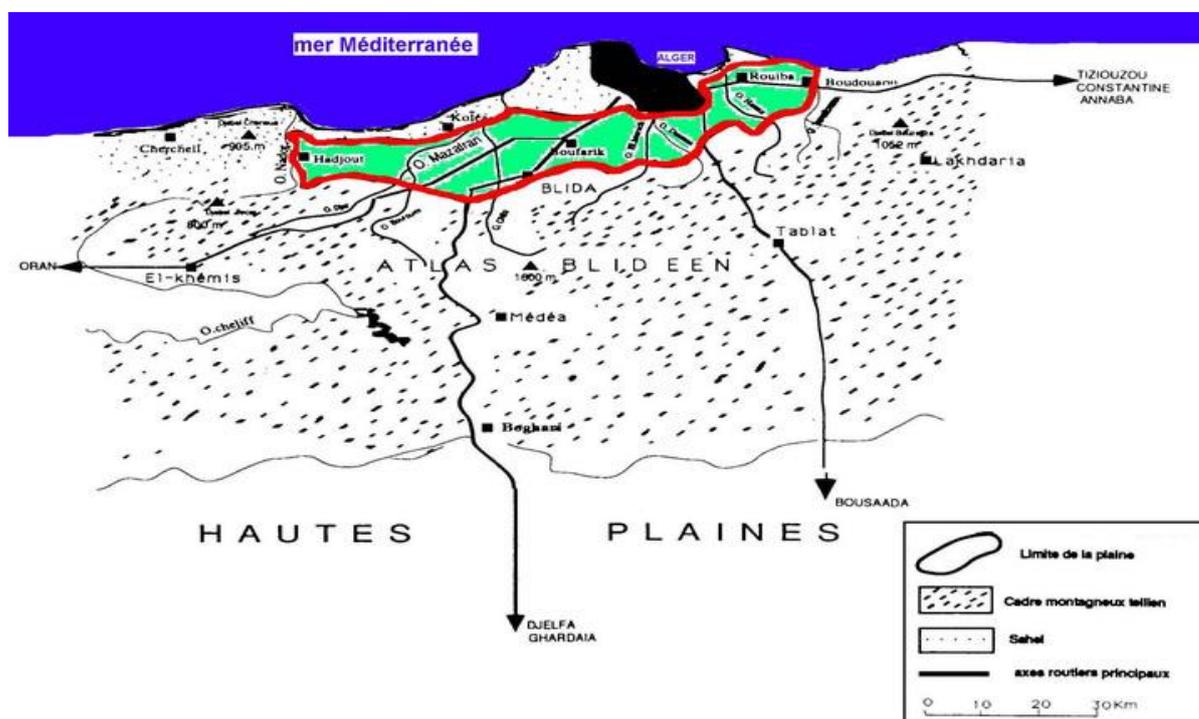
## **DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE**

## **2.1. Matériels et méthodes expérimentales**

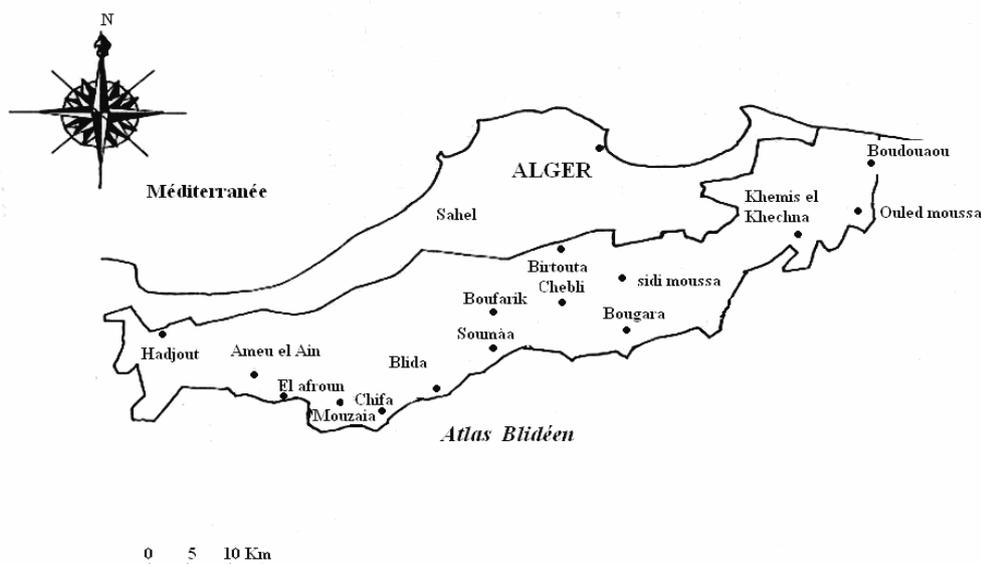
### 2.1.1 Description de la région d'étude

La région choisie est celle de la plaine de la Mitidja. C'est une plaine du sublittoral de la région centre de l'Algérie (Latitude : 36° 36' 00" Nord ; Longitude : 30° 00' 00" Est). La plaine de la Mitidja est orientée parallèlement au relief côtier dans une direction Est-Nord-est vers Ouest-Sud-ouest. Sa superficie totale est de 1400 km<sup>2</sup>. Sa superficie agricole est de 140.000 ha. Elle est limitée à l'Est par l'oued Boudouaou, à l'Ouest par l'oued Nador tandis que ses deux principaux flancs sont bordés par deux reliefs élevés : les collines du Sahel Algérois au Nord et l'Atlas Blidéen au Sud [145] (Figure 2.1.1).

La plaine de la Mitidja, s'allonge d'Est en Ouest sur une centaine de kilomètres et s'étire sur une profondeur variant de 5 à 20 km. D'altitude moyenne de 50 m, elle présente une faible pente orientée vers la mer. Elle est divisée en deux unités physiques : la basse Mitidja ou Mitidja Est et la haute Mitidja ou Mitidja Ouest [145]. D'ouest en Est, la plaine traverse successivement les wilayas de Tipaza, de Blida, d'Alger et de Boumerdès (Figure 2.1.2).



**Figure 2.1.1** : Situation et caractéristiques physiques de la plaine de la Mitidja [146]



**Figure 2.1.2 :** Limite géographique de la Mitidja [145]

Le sol fertile de la Mitidja est caractérisé en majorité par un type peu évolué, avec des dépôts alluviaux récents et profonds. Ce sont des couches horizontales de marnes argileuses et grisâtres et de débris pierreux de différentes natures ; sa texture est hétérogène, de grossière à fine [147].

### **2.1.2 Caractéristiques climatiques**

Dans cette synthèse climatique, nous utilisons les valeurs mensuelles de précipitations et de température, en dressant le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson [148], sur deux périodes d'étude : la première de 2003 à 2009 et la deuxième de 2010 à 2014.

Le climat est de type méditerranéen, avec une influence continentale, surtout en été. C'est un climat de latitude moyenne tempérée humide, avec des hivers pluvieux et moyennement doux, s'étalant de Novembre à Avril et des étés chauds, s'étalant de Mai à Octobre. Les précipitations, d'environ 80 jours dans l'année, apportent en moyenne 50 mm par mois avec d'importantes variations entre les mois. Elles atteignent leur apogée en Novembre, Décembre, Janvier et Février, mois qui donnent environ 50 % des précipitations annuelles. L'hygrométrie de l'air oscille entre 60 et 78 % [149] ; [150].

### 2.1.2.1 Température.

Les mois les plus chauds, sont Juillet et Août avec 26 °C durant les années de 2003 à 2009 [149] et un peu plus de 28 °C pour les années de 2010 à 2014 [150]. Ils sont suivis par les mois de Juin et Septembre avec 23 °C lors de la 1<sup>ère</sup> période et plus de 25 °C lors de la 2<sup>ème</sup>. Les mois les plus doux sont Décembre et Janvier avec respectivement 12,3 et 10,8 °C (2003 à 2009) et 12,9 et 11,3 °C (2010 à 2014). On remarque qu'il y'a une augmentation des températures mensuelles et annuelles entre les deux périodes. Les températures moyennes mensuelles, figurent dans les tableaux 2.1.1 et 2.1.2

**Tableau 2.1.1:**Températures moyennes mensuelles (°C) des années 2003 à 2009 [149]

Mois	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Janvier	11,4	11,0	11,6	8,3	10,1	11,9	11,8
Février	11,4	10,6	12,8	8,9	10,6	13,7	12,7
Mars	14,0	13,7	13,1	13,1	14,0	13,0	13,6
Avril	14,9	15,6	14,9	15,7	17,5	16,0	16,1
Mai	18,9	18,4	15,9	19,4	21,2	19,3	18,9
Juin	22,7	25,2	22,1	23,5	22,9	22,5	22,2
Juillet	24,6	27,9	24,7	25,8	26,0	24,9	26,3
Août	25,2	28,6	27,2	25,3	25,1	26,6	26,1
Septembre	23,2	24,2	24,7	22,7	23,3	23,1	24,3
Octobre	20,2	21,9	22,4	20,7	22,0	19,5	20,5
Novembre	16,4	16,3	13,9	14,5	17,8	14,0	14,4
Décembre	14,2	12,0	12,9	11,4	12,9	11,9	11,2
Moyennes annuelles	18,2	18,8	18,0	17,4	18,6	18,0	18,2

**Tableau 2.1.2** : Températures moyennes mensuelle (°C) des années 2010 à 2014 [150].

Mois	2010		2011		2012		2013		2014	
	Moy max	Moy min								
Janvier	16,45	2,72	16,90	2,36	17,36	6,85	18,73	9,41	16,68	5,93
Février	16,72	4,13	13,52	1,60	15,70	/	20,15	10,35	15,38	7,93
Mars	21,08	6,93	18,52	5,95	21,20	/	19,94	11,20	20,38	11,30
Avril	24,15	9,63	21,45	8,61	21,87	14,28	26,19	16,95	24,60	15,43
Mai	25,29	11,18	26,09	12,07	23,37	18,27	26,13	19,55	28,80	21,29
Juin	29,34	16,41	33,10	17,57	28,21	22,38	29,37	22,27	30,25	24,18
Juillet	33,95	19,78	32,68	18,76	32,00	26,07	32,85	25,79	36,50	27,62
Août	34,95	21,31	35,86	20,50	34,60	26,30	34,56	25,57	34,67	26,91
Septembre	30,40	17,05	30,55	16,69	30,35	22,89	32,72	24,07	31,37	24,48
Octobre	28,00	12,07	28,00	12,50	29,98	20,48	29,14	18,50	26,00	19,42
Novembre	21,84	9,63	21,65	12,83	20,08	10,49	22,56	13,87	21,58	12,93
Décembre	17,77	4,72	18,73	10,92	17,33	7,43	16,44	7,80	20,17	7,6

#### 2.1.2.2 Pluviométrie.

Les mois les plus pluvieux sont Novembre avec 122 mm et Décembre avec 105 mm pour la période de 2003 à 2009 et les mois de Février avec 123 mm et Novembre avec 102 mm pour la période de 2010 à 2014. Les mois les plus secs, sont Juin et Juillet avec seulement 2,2 mm lors de la 1<sup>ère</sup> période [149] et Juillet (0,2 mm) et Septembre (17,8 mm) lors de la 2<sup>ème</sup> période [150]. Il ressort des tableaux 2.1.3 et 2.1.4, que les principales périodes de précipitation sont concentrées durant la saison automnale (46%) et la saison hivernale (32,7%) entre les années 2003 et 2009 et la saison hivernale (40,8%) et la saison automnale (34,3%) entre les années 2010 et 2014. Les précipitations moyennes mensuelles sont données dans les tableaux 2.1.3 et 2.1.4.

**Tableau 2.1.3** : Répartition mensuelle moyenne des précipitations en mm des années 2003 à 2009 [149].

Mois	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Janvier	38,0	197,3	71,8	82,2	126,4	9,8	17,9
Février	13,0	109,0	45,9	109,7	88,1	57,4	14,9
Mars	34,9	21,5	79,2	50,8	26,6	158,0	47,2
Avril	34,6	84,5	57,3	24,0	2,9	60,8	18,6
Mai	14,2	19,0	131,7	1,0	81,9	16,3	74,1
Juin	0,1	0,2	1,1	0,0	1,3	10,2	2,5
Juillet	0,0	0,2	2,0	1,2	0,6	2,5	9,0
Août	34,2	28,0	1,0	0,0	10,0	11,2	0,0
Septembre	11,5	39,5	11,9	14,5	38,4	36,8	25,8
Octobre	43,5	37,0	44,0	54,4	17,3	114,8	72,0
Novembre	146,9	57,7	116,2	129,3	20,5	239,0	147,6
Décembre	101,9	94,2	102,6	71,5	190,5	74,2	98,1
Moyennes annuelles	<b>472,8</b>	688,1	664,7	538,5	604,5	<b>791,0</b>	527,7

**Tableau 2.1.4** : Répartition mensuelle moyenne des précipitations en mm des années 2010 à 2014 [150].

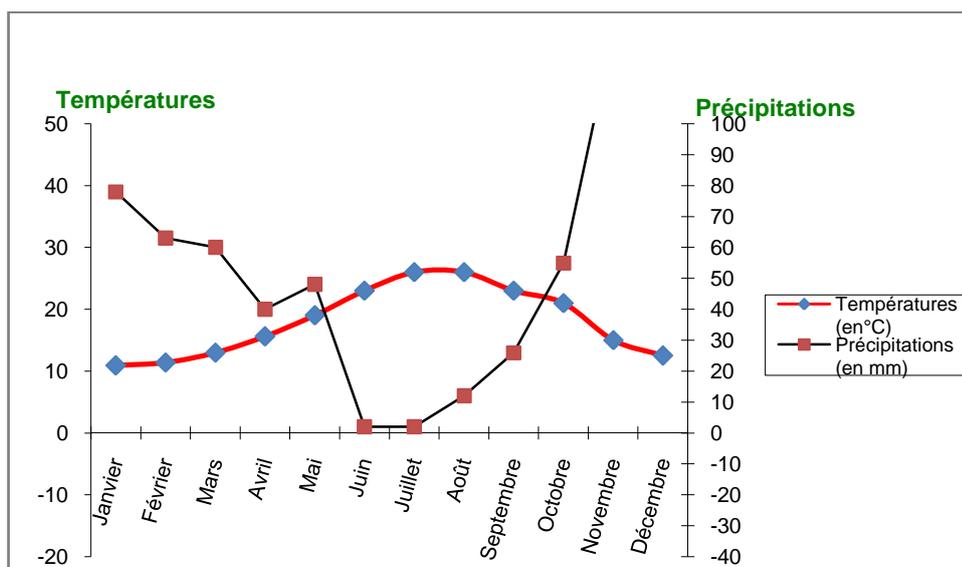
Mois	2010		2011		2012		2013		2014		moyenne
	Total du mois	Nombre de jours									
Janvier	60,7	09	58,20	06	106,50	16	51,60	10	112,9	10	77,98
Février	158,6	15	221,10	18	98,10	15	48,60	11	87,90	17	<b>122,86</b>
Mars	67,6	09	110,10	09	57,50	12	85,00	10	63,80	07	76,8
Avril	90,5	08	135	14	77,60	11	1,50	02	00	00	60,92
Mai	88,6	10	23,10	05	145,60	10	13,10	05	9,5	03	55,98
Juin	17,4	05	0,2	02	1,10	02	46,00	02	18,10	03	16,56
Juillet	0,1	01	00	00	00	00	00	00	1,2	02	<b>0,26</b>
Août	3,9	02	60,10	01	23,50	04	1,80	02	2,5	02	18,36
Septembre	13,3	03	7,80	05	26,80	03	31,20	05	10,00	08	17,82
Octobre	50,1	07	53,20	06	14,30	04	64,90	06	141,20	09	64,74
Novembre	92,9	13	80,70	09	164,70	14	100,30	10	73,20	09	102,36
Décembre	68,9	09	38,00	07	96,55	09	127,90	13	00	00	66,27
Total	712,60	91	787,50	82	<b>812,25</b>	100	571,90	76	<b>520,30</b>	70	<b>680,91</b>

### 2.1.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

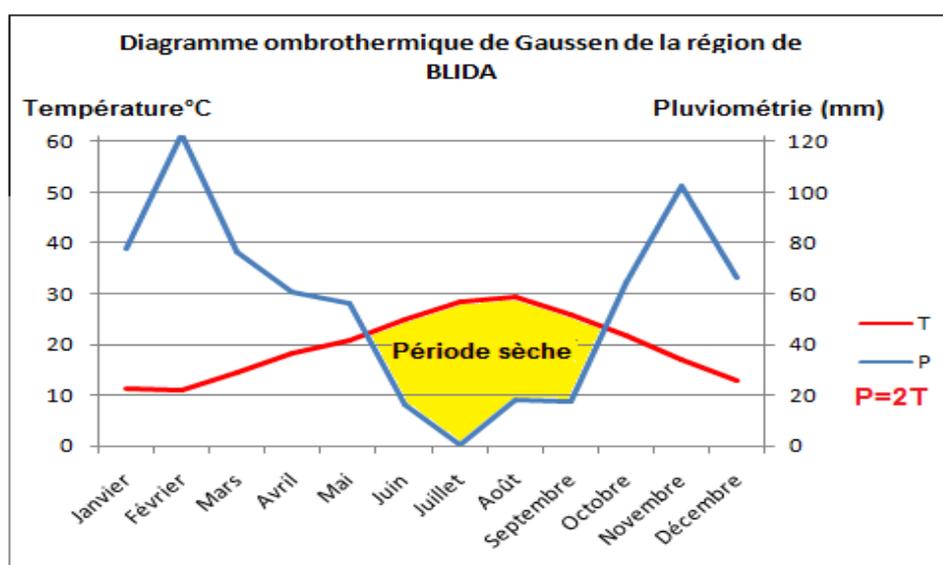
Bagnouls et Gausсен [148] appliquent le diagramme ombrothermique aux climats où il existe une saison sèche. Un mois est considéré sec si la moyenne de

la pluviométrie en mm est inférieure à deux fois la température en °C. Les données climatiques de 2003 à 2009 et de 2010 à 2014, laissent apparaître une saison sèche importante (Figures 2.1.3 et 2.1.4) :

- La période humide s'étale du mois d'Octobre jusqu'au début du mois de Mai. Cette période dure sept mois.
- La période sèche s'étale de la fin du mois de Mai à la fin du mois de Septembre. Cette période dure cinq mois.



**Figure 2.1.3** : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la période 2003 à 2009



**Figure 2.1.4** : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la période 2010 à 2014

### **2.1.3 Techniques de mesures et d'évaluations**

#### **2.1.3.1 Technique de récolte des espèces végétales**

La technique de prélèvement adoptée est celle dite en « zigzag » en parcourant des parcelles d'environ 5 ha suivant 05 arrêtes éloignées de 20 à 25 mètres. On prélève une douzaine de poignées par arrête que l'on coupe soigneusement à la faucille en évitant d'entraîner des racines ou de la terre [151].

Les échantillons prélevés sont alors soigneusement mélangés pour n'en faire qu'un seul échantillon d'environ 5 kg par espèce. Chaque échantillon est scindé en trois parties :

- Une petite partie d'environ 100 g est hachée pour la détermination de la matière sèche,
- Une partie d'environ 1000 g est utilisée pour déterminer la hauteur des plantes et le rapport feuilles / tiges.
- Le reste est placé dans une étuve préalablement réglée à 65°C pendant 36 heures afin de fixer rapidement le taux de MS d'environ 80 à 85 % pour une bonne conservation. Après séchage, l'échantillon est broyé finement (1mm) puis conservé hermétiquement en vue de la détermination de la composition chimique et de la digestibilité In-vitro.

La même technique de prélèvement est répétée à chaque stade phénologique étudié. Il s'agit des stades montaison, début épiaison, épiaison, floraison et grain laiteux. La période de récolte des échantillons s'étale du mois de Mars au mois de Juin de chaque année.

#### **2.1.3.2 Recouvrement végétal et mesures biométriques**

##### **2.1.3.2.1 Méthode d'évaluation de la flore et de la végétation**

La méthodologie d'interprétation floristique est basée sur le relevé botanique, c'est-à-dire l'inventaire des espèces végétales identifiées à vue. Elle permet d'évaluer quantitativement le recouvrement du sol par les espèces. La nomenclature repose sur la flore de Quezel et Santa [51].

Cette méthode s'appuie sur celle du relevé phytosociologique (échelle d'abondance-dominance) de Braun-Blanquet [152], qui consiste à dresser la liste des plantes présentes dans un échantillon représentatif et homogène du tapis

végétal. Les espèces définies sont affectées d'un coefficient d'abondance-dominance (de 1 à 5) (Tableau 2.1.5).

**Tableau 2.1.5** : Recouvrement des espèces végétales [152].

Recouvrement de l'espèce	Coefficient d'abondance
Supérieur à 75%	5
Compris entre 50% et 75%	4
Compris entre 25% et 50%	3
Compris entre 5% et 25%	2
Inférieur à 5%	1
Très peu abondant	+
Espèce très rare	r
Espèce représentée par un individu unique	i

L'objectif de notre travail, est l'inventaire des graminées spontanées à caractère fourrager, se développant dans les prairies naturelles et les jachères dans la plaine de la Mitidja.

La méthode de Braun Blanquet [152], qui consiste à effectuer des relevés sur des surfaces floristiquement homogènes, a été utilisée.

La collecte des données a été réalisée durant les années 2001 et 2002, durant lesquelles, 72 relevés phytosociologiques ont été prélevés dans les stations choisies, Sidi Moussa, Soumâa et El Affroun. Trois relevés par stade phénologique (4 stades), par station (3 stations) et par année (2 années), ont été réalisés ( $3 \times 4 \times 3 \times 2 = 72$ ). Le choix de l'emplacement des relevés s'est effectué sur terrain de manière aléatoire.

Une fois la campagne de relevés terminée, les relevés ont été traités afin de classer les espèces à caractère fourrager selon leur recouvrement.

#### 2.1.3.2.2 Mesures biométriques

Ces mesures ont été faites à chaque stade phénologique pour chacune des espèces de graminées étudiées.

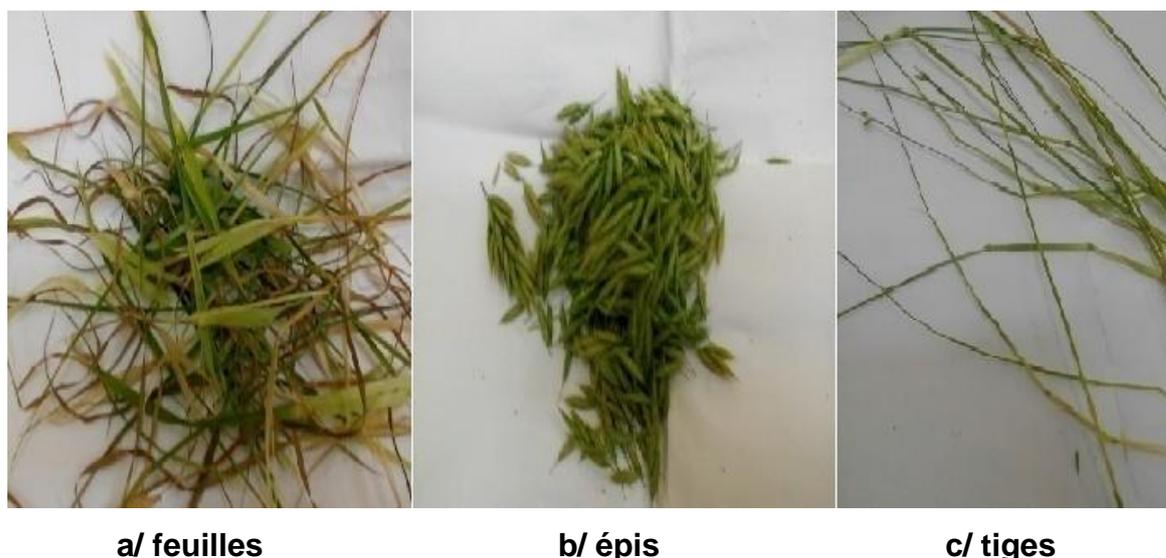
##### 2.1.3.2.2.1 Hauteur

La hauteur de la plante est la distance qui sépare le sol de l'extrémité des feuilles les plus longues. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un mètre ruban sur trois à quatre plantes prises au hasard. La hauteur de végétation serait un bon

indicateur de rendement et utilisée comme indice de déclenchement de la fauche ou du pâturage [153] ; [154].

#### 2.1.3.2.2 Rapport feuilles / tiges

Pour déterminer le rapport feuilles / tiges, les feuilles sont séparées des tiges et pesées. Les tiges sont également pesées séparément. Ces opérations sont répétées à chaque stade phénologique (Figure 2.1.5).



**Figure 2.1.5** : détermination du rapport feuilles / tiges

#### 2.1.3.3 Analyses chimiques

La détermination de la teneur en matière sèche (MS), en matière minérale (MM), en matières azotées totales (MAT) et en cellulose brute (CB), a été réalisée selon les méthodes décrites par l'association officielle Américaine des analyses chimiques [155]. La détermination des parois totales (NDF) et de la lignocellulose (ADF), a été réalisée respectivement selon la méthode de Van soest [156] et celle de Van soest et Wine [157].

Toutes les mesures sont effectuées en triples. Les résultats sont rapportés à la matière sèche (en %).

##### 2.1.3.3.1 Teneur en matière sèche (MS)

Introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C ( $\pm$  2°C), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur puis peser.

La teneur en MS en % = (Poids de l'échantillon après dessiccation / Poids de l'échantillon humide) x 100

#### 2.1.3.3.2 Teneur en matière minérale (MM)

Introduire 1 à 2 g de l'échantillon à incinérer dans un four à moufles à 200 °C pendant 1 heure 30 mn, puis à 500 °C pendant 2 heures 30 mn. L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair.

La teneur en MM % = (poids des cendres/poids de l'échantillon x MS) x 100

#### 2.1.3.3.3 Teneur en matière organique (MO)

La teneur en matière organique, est estimée par différence entre la MS et les MM. La teneur en MO en % = 100 – MM

#### 2.1.3.3.4 Teneur en cellulose brute (CB)

Elle a été déterminée par la méthode Weende. Après hydrolyse des constituants non cellulosiques respectivement par une solution acide (6,8 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / l) et une solution basique (12,5 g de NaOH / l) et après filtration sur creuset (de porosité 1 ou 2), le résidu, est séché à l'étuve à 105°C. Après pesée, le résidu est incinéré à 500°C durant 5 heures. Repesé le résidu à la fin de l'incinération.

Teneur en CB en % MS = [(poids du creuset + résidu après dessiccation - poids du creuset + résidu après incinération) / (poids de l'échantillon de départ x MS)] x 100

#### 2.1.3.3.5 Teneur en matières azotées totales (MAT)

L'azote total est dosé par la méthode Kjeldahl. La méthode, consiste à minéraliser l'échantillon à analyser par de l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur. Cette étape, est suivie par la distillation du minéralisât par la soude, la récupération de l'ammoniac par l'acide borique puis le titrage de l'ammoniac libéré par l'acide sulfurique à N / 20.

Azote (N) en g = (descente de burette x 0,0007) x (100 / poids de l'échantillon) x (200 / volume de la prise d'essai).

Teneur en MAT (% MS) = N g x 6,25

#### 2.1.3.3.6 Teneurs en parois totales (NDF) et en lignocellulose (ADF)

Le NDF représente par convention, l'ensemble de la cellulose, des hémicelluloses, de la lignine, une partie des pectines et les cendres insolubles.

La fraction ADF, représente la cellulose, la lignine et les cendres insolubles.

L'échantillon, est attaqué par une solution au détergent neutre. Le résidu insoluble obtenu après filtration et lavage, est séché puis pesé (on obtient ainsi le NDF). Il est ensuite hydrolysé par la solution au détergent acide, puis filtré, lavé et séché puis pesé (on obtient l'ADF).

#### 2.1.3.4 Digestibilité In Vitro

La digestibilité in-vitro consiste à reproduire le plus fidèlement possible le milieu biologique que constitue le rumen. On utilise la technique de Tilley et Terry [158]. Elle comporte une fermentation de 48 heures par le jus de rumen et une digestion de 48 heures par la pepsine qui simule dans une certaine mesure la digestion dans la caillette selon le mode opératoire suivant :

1. Incubation par le jus de rumen : 0,5 g de substrat est mis dans un tube à centrifuger de 50 ou 100 ml ; chaque tube reçoit 20 ml de salive artificielle Mc Dougall [159] (Tableau 2.1.6) et 20 ml d'inoculum filtré sur six couches de gaz. Les tubes sont alors saturés par du CO<sub>2</sub> et hermétiquement fermés par des bouchons.

Après un temps d'incubation de 48 heures à 39°C dans un bain Marie thermostatique avec un système d'agitation, la fermentation est arrêtée par addition d'un ml d'une solution de chlorure de mercure (à 5 %). Ainsi, les tubes sont centrifugés pendant 15 mn à 2500 tours / mn. Le surnageant est jeté, puis procéder à des rinçages à l'eau distillée jusqu'à éclaircissement du surnageant.

**Tableau 2.1.6** : Composition chimique de la salive Mc Dougall [159]

Composition chimique	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 12H <sub>2</sub> O	NaHCO <sub>3</sub>	Na Cl	KCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>
Quantité en g	46,5	49	2,35	2,85	0,3	0,2

2. Incubation par la pepsine : la solution pepsique (2 g de pepsine dans 1 litre d'HCl à 0,1 N) est utilisée à raison de 40 ml / tube. Après saturation avec du CO<sub>2</sub>, les tubes sont placés dans le bain Marie pour une incubation de 48 heures à 39°C. Après centrifugation, les tubes contenant le résidu indigestible sont mis dans une étuve réglée à 105 °C pendant 24 heures. On détermine ainsi la MS résiduelle.

NB : chaque série, doit comporter en plus des tubes contenant les échantillons à tester, 03 tubes à blanc renfermant uniquement 20 ml de jus de rumen et 20 ml de salive (afin de déterminer la MS de l'inoculum) et 03 tubes témoin contenant un aliment dont la digestibilité est connu.

$$\text{Digestibilité de la MS} = ((\text{MS incubée} - \text{MS du résidu}) / \text{MS incubée}) \times 100$$

Le calcul de la digestibilité est effectué après analyses pour la MO et la CB.

#### 2.1.3.5 Ingestibilité, valeur d'encombrement et variation du poids vif

Mesurer l'ingestibilité d'un aliment consiste à le distribuer à volonté à des animaux et de récupérer les refus le lendemain ; ce qui permet de calculer la quantité ingérée à volonté (10 % de refus autorisés) [95] ; [151] ; [160] soit :

$$\text{Quantité ingérée} = \text{quantité distribuée} - \text{quantité refusée}$$

Pour mieux comparer les résultats, l'ingestibilité est exprimée en g de MS / kg P<sup>0.75</sup> (poids métabolique) [139].

La mesure de l'ingestibilité se fait en deux périodes :

- une période d'adaptation de 15 jours au régime alimentaire ou au fourrage testé
- une période de mesure durant laquelle le régime alimentaire ou le fourrage testé est distribué à volonté en plusieurs repas par jour, généralement 2 à 3 repas. De l'eau potable est mise à la disposition des animaux de façon permanente. Chaque jour, les refus sont récoltés et pesés avant toute nouvelle distribution de repas afin d'ajuster la quantité à distribuer.

La valeur d'encombrement est calculée en UEM selon l'équation de l'INRA [76] :  $\text{UEM} = 75 / \text{Qi}$ .

La variation du poids vif ou gain moyen quotidien est calculée selon l'équation :  $\text{GMQ (g/j)} = (\text{PV finale} - \text{PV initiale}) / \text{Nombre de jour}$

#### 2.1.3.6 Calculs des valeurs énergétiques et azotées

Les valeurs énergétiques et azotées des graminées, aussi bien en vert qu'en foin, ont été calculées à partir de leur composition chimique et la digestibilité de la MO (dMO), en utilisant le système d'évaluation de l'INRA [76].

### 2.1.3.6.1 Valeurs énergétiques en unité fourragère lait (UFL) et unité fourragère viande (UFV)

Pour estimer les valeurs énergétiques, nous procédons comme suit :

- Calcul de l'énergie brute :  $EB = 4531 + 1,735 \text{ MAT} + \Delta$   
avec

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.  
MAT = matières azotées totales en g/Kg de MO.  
 $\Delta = + 82$  pour les fourrages verts et les foins

- Calcul de l'énergie métabolisable :  $EM = EB \times dE \times (EM / ED)$   
avec

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.  
EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS.  
dE = digestibilité de l'énergie en %.

- Calcul du rapport EM/ED :  $EM / ED = (84,17 - 0,0099 \text{ CBo} - 0,0196 \text{ MATo} + 2,21 \text{ NA}) / 100$   
avec

EM/ED rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines.  
CBo = teneur en CB en g/Kg de MO.  
MATo = teneur en MAT en g/Kg de MO.  
NA = niveau alimentaire = 1,7 pour les fourrages verts et 1,35 pour les foins

- Calcul de la digestibilité de l'énergie brute (dE) :

$dE = 0,957 \text{ dMO} - 0,068$  pour les graminées en vert.

$dE = 0,985 \text{ dMO} - 2,556$  pour les foins de graminées,  
avec

dE = digestibilité de l'énergie en %  
dMO = digestibilité de la matière organique de l'aliment en %.

- Calculs des valeurs énergétiques :

**UFL / kg de MS = ENL / 1700**

avec

ENL = énergie nette pour la lactation

1700 Kcal = quantité d'énergie nette fournie par 1 kg d'orge de référence distribuée au dessus de l'entretien à une vache en lactation, cette énergie est exportée dans le lait ou fixée sous forme de réserves corporelles.

$ENL = EM \times KI$  en kcal / kg de MS

avec

EM = énergie métabolisable en kcal / kg de MS

KI = rendement de l'EM en EN pour la production de lait.

$KI = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$

avec

$q = EM/EB$  = concentration en EM de l'aliment.

**UFV / kg de MS = ENEV / 1820**

avec

ENEV = énergie nette pour l'entretien et la production de viande

1820 Kcal : quantité d'énergie nette fournie par 1 Kg d'orge de référence pour l'entretien et l'engraissement d'un ruminant.

$$\text{ENEV} = \text{EM} \times \text{Kmf} \text{ en kcal / kg de MS}$$

avec

$$\text{Kmf} = (\text{Km} \times \text{Kf} \times 1,5) / (\text{Kf} + 0,5 \text{ Km})$$

avec

$\text{Km} = 0,287 \text{ q} + 0,554$  = rendement de EM en EN pour l'entretien.

$\text{Kf} = 0,78 \text{ q} + 0,006$  = rendement de EM en EN pour la production de viande.

$\text{q} = \text{EM} / \text{EB}$  = concentration en EM de l'aliment.

2.1.3.6.2 Valeurs azotés en protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA), en protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN) et en protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (PDIE)

Pour estimer les valeurs azotées, nous procédons comme suit :

- Calcul de la dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT)

Pour les fourrages verts :  $\text{DT} = 51,2 + 0,14 \text{ MAT} - 0,00017 \text{ MAT}^2 + \Delta$

Pour les foin :  $\text{DT} = 50,8 + 0,12 \text{ MAT} - 0,00018 \text{ MAT}^2 + \Delta$

avec

DT en %, MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

$\Delta = 8,8$  pour les fourrages verts ;  $\Delta = 6,2$  pour les foin

- Calcul de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).

$$\text{dr} = 100 \times [1,11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT} - \text{PANDI}] / [1,11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT}]$$

avec

dr et DT en % ; MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

PANDI = protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

$$\text{PANDI} = 7,9 + 0,08 \text{ MAT} - 0,00033 \text{ MAT}^2 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \text{ avec}$$

MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

$\Delta_1 = - 1,9$  au 1<sup>er</sup> cycle et 0 pour les autres cycles.

$\Delta_2 = - 2,3$  pour les graminées et prairies permanentes

$\Delta_3 = - 2,0$  pour les fourrages verts et 0 pour les fourrages conservés

- Calculs des valeurs azotées :

$$\text{PDIA} = \text{MAT} \times [1,11 (1 - \text{DT})] \times \text{dr}$$

avec

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire en g/kg de MS

MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

DT = Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen en %

dr = digestibilité réelle des acides aminés alimentaire dans l'intestin grêle en %.

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

avec

PDIN = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible en g/kg de MS.

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire en g/kg de MS, équation donnée ci-dessus.

$$\text{PDIMN} = \text{MAT} \times [1 - 1,11 (1 - \text{DT})] \times 0,9 \times 0,8 \times 0,8$$

avec

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable en g/kg de MS ; MAT = matières azotées totales en g/kg de MS ; DT : dégradabilité théorique en %

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

avec

PDIE = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible en g/kg de MS

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire en g/kg de MS

$$\text{PDIME} = \text{MOF} \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8$$

avec

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

MOF = matière organique fermentescible = MOD - [MAT x (1 - DT)]

où

MOD = matière organique digestible = MO x dMO où MO = matière organique en g/kg de MS ;

dMO = digestibilité de la matière organique en %. MAT = matières azotées totales en g/kg de MS,

DT = dégradabilité théorique en %

#### 2.1.3.7 Analyses statistiques des données

Le traitement statistique des données (comparaison des moyennes par le test de Student et le test de l'anova) a été fait à l'aide du logiciel Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.1.18

## **2.2 Présentation des expérimentations**

## **2.2.1 Espèces inventoriées et espèces retenues pour l'étude**

### **2.2.2.1 Objectif**

Dans cet essai, un inventaire floristique des graminées spontanées à caractère fourrager est réalisé en vue de répertorier les espèces spontanées potentielles d'intérêt fourrager dans la zone délimitée pour l'étude. A cet effet, l'abondance-dominance, la hauteur et la composition chimique des espèces inventoriées ont été déterminées.

### **2.2.2.2 Présentation de l'expérimentation**

Une prospection des plantes spontanées utilisées dans l'alimentation des herbivores a été effectuée dans la plaine de la Mitidja, de Sidi Moussa à El Afroun entre 2001 et 2002. Elle a concerné les prairies naturelles et les jachères. Ainsi, 20 espèces de graminées ont été inventoriées sur la base d'informations relatives au rendement et à la palatabilité prises auprès des éleveurs et des agro-éleveurs (Tableau 2.2.1). Les 20 espèces ont été analysées pour en connaître la composition chimique et mesurées pour en déterminer le recouvrement végétal et la hauteur. Sur la base du recouvrement végétal et des mensurations, les 20 espèces inventoriées ont été scindées en deux groupes. Le premier groupe, composé de 11 espèces, est dénommé « espèces principales » (figures en appendice B1) et le second groupe composé de 9 espèces est dénommé « espèces secondaires » (figures en appendice B2). Le premier groupe ou « espèces principales », le plus intéressant (recouvrement végétal, hauteur et composition chimique), a été retenu pour faire l'objet de notre étude.

Pour un souci d'efficacité dans les prélèvements des échantillons, 03 stations ont été choisies : à l'Est Sidi Moussa, au Centre Soumâa et à l'Ouest El Affroun. Les terrains servant aux prélèvements des échantillons, ne sont ni fertilisés ni irrigués.

**Tableau 2.2.1** : Graminées fourragères spontanées inventoriées

Espèces principales		Espèces secondaires	
1	<i>Avena stérilis</i>	1	<i>Aegilops triuncialis</i>
2	<i>Bromus madritensis</i>	2	<i>Avena alba</i>
3	<i>Bromus mollis</i>	3	<i>Brachypodium silvaticum</i>
4	<i>Bromus rigidus</i>	4	<i>Brisa maxima</i>
5	<i>Bromus squarossus</i>	5	<i>Brisa minor</i>
6	<i>Dactylis glomerata</i>	6	<i>Cynodon dactylon</i>
7	<i>Hordeum murinum</i>	7	<i>Festuca caerulea</i>
8	<i>Lolium multiflorum</i>	8	<i>Lagurus ovatus</i>
9	<i>Oryzopsis miliacea</i>	9	<i>Lamarckia aurea</i>
10	<i>Phalaris brachystachis</i>		
11	<i>Vulpia sicula</i>		

## 2.2.2 Valeur alimentaire des espèces principales en vert

### 2.2.2.1 Objectif

Dans cet essai, la valeur nutritive des espèces principales retenues dans l'essai précédant est déterminée à cinq stades phénologiques. La composition chimique, la digestibilité in-vitro et les valeurs énergétiques et azotées ainsi que les quantités ingérées et les valeurs d'encombrement de cinq espèces parmi les onze, ont été déterminées.

Les valeurs énergétiques et azotées, ont été calculées dans cette expérience, en utilisant les équations de prévision de la valeur nutritive de l'INRA [76]. Les résultats de la composition chimique et de la digestibilité de la MO, ont été utilisés dans ces calculs.

### 2.2.2.2 Présentation de l'expérimentation

Elle porte sur 11 espèces aux stades phénologiques de montaison, début épiaison, épiaison, floraison et grain laiteux. Les mesures ont été répétées sur huit années consécutives allant de 2003 à 2010.

*Bromus madritensis*, *Bromus mollis* et *Bromus squarossus* ainsi que *Vulpia sicula*, n'ont pas pu être identifiées au stade montaison. Elles n'ont été prélevées qu'à partir du stade début épiaison.

Les mensurations de hauteur, le rapport feuilles / tiges, la composition chimique et la digestibilité in-vitro de ces espèces ont été déterminés au niveau du laboratoire d'analyses fourragères du département de Biotechnologie.

L'ingestibilité a été mesurée au niveau de la bergerie de la station expérimentale de l'université de Blida 1. Les valeurs énergétiques et azotées de ces espèces ont été déterminées.

### 1. Digestibilité in-vitro

La méthode de mesure utilisée est celle de Tilley et Terry [158] exposée en page 114. Deux lots successifs de quatre béliers de races Ouled Djellal âgés de 02 à 03 ans, identifiés à l'aide de boucles d'oreille, fistulés du rumen ont servi d'animaux donneurs de jus de rumen (Figure 2.2.1). Ils ont été alimentés pendant toute la durée expérimentale avec une ration à base de foin de vesce avoine ad libitum et de 200 g de concentré composé (maïs, gros son, tourteaux de soja et CMV). Ces béliers ont été déparasités avant le début de l'expérimentation.



**Figure 2.2.1** : Bélier porteur de canule ruminale

### 2. Ingestibilité

Elle a été mesurée sur cinq espèces sur deux années successives (2011 et 2012). Il s'agit de *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus rigidus*, *Lolium multiflorum* et *Oryzopsis miliacea*, plus un témoin *Avena sativa* (avoine cultivée). Ces espèces végétales ont été retenues en raison des quantités importantes de fourrage à récolter chaque jour pour nourrir à volonté plusieurs béliers à la fois sur plus d'un mois (Figure 2.2.2).

L'essai d'ingestibilité, a porté sur le stade épiaison vu que beaucoup d'expériences ont démontrés, que plus la date de récolte des fourrages est retardée, plus la quantité ingérée diminue. C'est à l'épiaison, que la plante contient le maximum de sucres solubles, alors que sa teneur en azote n'a pas encore eu le

temps de trop chuter [96]. A ce stade, l'herbe apparaît suffisamment à la fois équilibrée et riche pour satisfaire les besoins de l'animal [140].



**Figure 2.2.2** : Fourrage vert d'*Avena sterilis*

Les animaux utilisés sont des béliers de race locale « Ouled Djellal », âgés de 3 à 5 ans, pesant entre 41 et 62 kg de poids vif. Au nombre de 24, les béliers sont identifiés à l'aide de boucle d'oreilles et répartis en 6 lots de 4 animaux chacun (Figure 2.2.3). Les poids vifs moyens par lot d'animaux varient entre 45 et 62 kg. Les béliers ont été placés dans des box individuels au sol d'une superficie de près de 2 m<sup>2</sup> avec accès libre à la mangeoire et à l'abreuvoir. Avant le début des mesures, tous les béliers ont subi un déparasitage interne et externe.



**Figure 2.2.3** : Box individuels pour béliers

### **2.2.3 Valeur nutritive du foin des espèces principales**

#### **2.2.3.1 Objectif**

La recherche d'un procédé de fenaison qui convient le mieux aux conditions climatiques locales et le choix du stade optimum de coupe, permet de bien valoriser la valeur nutritive des foins. A ce titre, les graminées spontanées principales ont été fauchées au stade épiaison et fanées au sol par beau temps.

Deux types de foins ont été produits. Pour le premier, les tas ont été retournés tous les trois jours, soit cinq fois pendant la période de fanage. Pour le second, les tas n'ont pas subi de retournement. Le but étant d'évaluer l'effet du retournement sur la composition chimique, la digestibilité in-vitro et les valeurs énergétiques et azotées de ces foins.

#### **2.2.3.2 Présentation de l'expérimentation**

Les 11 espèces principales sont concernées. Le fanage de ces graminées a été réalisé pendant 3 années successives 2008, 2009 et 2010.

##### **1. Conditions de fanage**

- **Stade et période de coupe** : les graminées au stade épiaison, ont été fauchées au ras du sol à l'aide de faucilles manuelles. Le stade épiaison a coïncidé avec le mois d'Avril.

- **Conditions de fanage** : le fanage a lieu au champ à même le sol. Il a nécessité 12 jours répartis en 8 jours de soleil et 4 jours de faibles pluies. La température moyenne ambiante a été de 16°C.

- **Action mécanique durant le fanage** : pour chaque espèce de graminée, des tas ont été constitués : un premier lot de tas retourné tous les 3 jours soit 4 retournements pendant les 12 jours de fanage et un deuxième lot de tas non retournés du tout. Les retournements ont été effectués à l'aide de fourches manuelles, le matin après disparition de la rosée.

##### **2. Mesures effectuées**

La composition chimique et la digestibilité in-vitro ont été mesurées. Les valeurs énergétiques et azotées ont été estimées à l'aide des équations de l'INRA [76].

## **2.2.4 Valorisation d'un fourrage naturel de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants**

### **2.2.4.1 Objectif**

L'une des particularités des systèmes fourragers en Algérie est l'absence totale de la prairie artificielle à base de graminées ou graminées et légumineuses [161]. Il est important de mentionner que les prairies naturelles et les jachères restent les éléments clés pour l'amélioration de la production fourragère et/ou pastorale [162].

Dans le but d'améliorer les ressources phytogénétiques en Algérie, la connaissance des espèces à intérêt fourrager et pastoral doit être une préoccupation essentielle. C'est dans ce contexte, que nous nous sommes proposé de valoriser, un fourrage naturel composé de graminées poussant à l'état spontané dans la région de la Mitidja. Ainsi, la composition floristique et chimique, la digestibilité in-vitro, les valeurs énergétiques et azotées, l'ingestibilité et la valeur d'encombrement de ce fourrage naturel aux stades phénologiques : début épiaison, épiaison, floraison et laiteux, ont été déterminées.

### **2.2.4.2 Présentation de l'expérimentation**

Un fourrage naturel de graminées spontanées est étudié aux stades phénologiques de début épiaison, épiaison, floraison et grain laiteux.

Ce fourrage a été fauché quotidiennement aux mois d'avril et mai des années 2013 et 2014 pour déterminer son ingestibilité et sa valeur d'encombrement (Figure 2.2.4). Chaque jour, un échantillon représentatif de ce fourrage (1000 g) est prélevé afin de déterminer sa matière sèche, sa composition floristique (Tableau 2.2.2) et le rapport feuilles / tiges par stade phénologique. Une autre quantité (2000 g) est conservée par séchage à 60°C pendant 36 heures, en vue de déterminer ultérieurement la composition chimique et la digestibilité in-vitro.



**Figure 2.2.4** : Fourrage naturel de graminées spontanées

**Tableau 2.2.2** : Composition floristique du fourrage naturel (%).

Espèces	D. épiaison	Epiaison	floraison	Laiteux
<i>Avena sterilis L</i>	18	13,6	27,1	23,3
<i>Bromusm madretensis L</i>	29	20,3	*	*
<i>Bromusm mollis L</i>	*	8,3	9,9	*
<i>Bromus rigidus ROTH</i>	*	12,7	12,5	14,3
<i>Hordeum murinum L</i>	12	9,0	17	17,2
<i>Lolium multiflorum L</i>	38	28,2	22,4	18,3
<i>Orysopsis miliacea L</i>	3	6,7	5,3	19,3
<i>Vulpia sicula L</i>	*	1,2	5,8	7,6

\* les quantités de fourrages de cette espèce et à ce stade dans l'échantillon global, sont négligeables

Le test d'ingestibilité a été mené sur des béliers de race locale « Ouled Djellal », âgés de 2 à 3 ans, pesant entre 38 et 44 kg de poids vif. Au nombre de 4, les béliers sont identifiés à l'aide de boucle d'oreilles et placés dans des box individuels au sol d'une superficie de près de 2 m<sup>2</sup> avec accès libre à la mangeoire et à l'abreuvoir. Avant le début des mesures, tous les béliers ont subi un déparasitage interne et externe.

Au début et à la fin de chaque période d'essai correspondant au stade phénologique, les béliers ont été pesés à jeun à l'aide d'un pèse ovin. Le gain moyen quotidien (GMQ) a été calculé comme suit :  $GMQ (g/j) = (PV \text{ final} - PV \text{ initial}) / \text{Nombre de jour}$

## **2.3 Résultats et discussion**

### **2.3.1 Espèces inventoriées et espèces retenues pour l'étude**

### **2.3.1.1 Recouvrement des espèces inventoriées**

Les résultats d'abondance-dominance des espèces inventoriées sont donnés dans le tableau 2.3.1.1

Les coefficients d'abondance rapportés dans le tableau 2.3.1.1, sont la synthèse des relevés floristiques réalisés aux stades début épiaison, épiaison, floraison et laiteux, au niveau des trois stations (Sidi Moussa, Soumâa et El Affroun).

Les relevés floristiques ont été confrontés les uns avec les autres de façon à regrouper les relevés similaires et dégager les principaux groupements végétaux [163]. Ceci a permis d'identifier six groupements :

**Groupe 1 :** recouvrement compris entre 50 et 75 % : cinq espèces fourragères sont très fréquentes dans les stations choisies. Il s'agit de : *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus rigidus*, *Hordeum murinum* et *Lolium multiflorum*.

**Groupe 2 :** recouvrement compris entre 25 et 50 % : six espèces fourragères sont fréquentes. Il s'agit de : *Bromus mollis*, *Bromus squarrossus*, *Dactylis glomerata*, *Oryzopsis miliacea*, *Phalaris brachystachis* et *Vulpia sicula*.

**Groupe 3 :** recouvrement compris entre 5 et 25 % : trois espèces fourragères sont moins fréquentes : *Brisa maxima*, *Festuca caerulea* et *Lagurus ovatus*.

**Groupe 4 :** recouvrement inférieur à 5 % : deux espèces fourragères sont peu abondantes : *Avena alba* et *Cynodon dactylon*.

**Groupe 5 :** très peu abondantes : une seule espèce fourragère représente ce groupement : *Brisa minor*.

**Groupe 6 :** très rares : trois espèces fourragères sont très rares. Il s'agit de *Aegilops triuncialis*, *Brachypodium silvaticum* et *Lamarckia aurea*.

**Tableau 2.3.1.1** : Abondance-dominance des espèces inventoriées.

Espèces étudiées	Coefficient d'abondance
<i>Aegilops triuncialis</i>	r
<i>Avena alba</i>	1
<i>Avena sterilis</i>	4
<i>Brachypodium silvaticum</i>	r
<i>Brisa maxima</i>	2
<i>Brisa minor</i>	+
<i>Bromus madritensis</i>	4
<i>Bromus mollis</i>	3
<i>Bromus rigidus</i>	4
<i>Bromus squarrossus</i>	3
<i>Cynodon dactylon</i>	1
<i>Dactylis glomerata</i>	3
<i>Festuca caerulescens</i>	2
<i>Hordeum murinum</i>	4
<i>Lagurus ovatus</i>	2
<i>Lamarckia aurea</i>	r
<i>Lolium multiflorum</i>	4
<i>Orysopsis miliacea</i>	3
<i>Phalaris brachystachis</i>	3
<i>Vulpia sicula</i>	3

### 3.1.2 Hauteur des espèces inventoriées

La hauteur des espèces inventoriées, figure dans le tableau 2.3.1.2

**Au stade début épiaison**, les hauteurs varient entre 11,8 et 66,5 cm. L'on peut ainsi répartir les espèces par groupe selon les hauteurs :

- de 60,5 à 66,5 cm, *Orysopsis miliacea*, *Avena sterilis* et *Avena alba*.
- de 40,3 à 46,7 cm, *Festuca caerulescens*, *Brachypodium silvaticum* et *Lolium multiflorum*.
- de 32,4 à 36 cm, *Phalaris brachystachis*, *Bromus madritensis*, *Dactylis glomerata* et *Bromus rigidus*.
- de 24,2 à 29,0 cm, *Aegilops triuncialis*, *Hordeum murinum*, *Vulpia sicula*, *Bromus squarrossus* et *Bromus mollis*,
- de 11,8 à 18,6 cm, *Lamarckia aurea*, *Lagurus ovatus*, *Cynodon dactylon*, *Brisa minor* et *Brisa maxima* (Tableau 2.3.1.2).

**Au stade épiaison**, *Avena alba*, *Avena sterilis* et *Oryzopsis miliacea* forment le groupe des espèces les plus hautes avec 79,2 à 91,3 cm. Elles sont suivies par les espèces à hauteur intermédiaire avec 38,5 à 69,2 cm : *Aegilops triuncialis*, *Vulpia sicula*, *Hordeum murinum*, *Bromus mollis*, *Bromus squarrossus*, *Festuca caerulea*, *Phalaris brachystachis*, *Dactylis glomerata*, *Brachypodium silvaticum*, *Bromus madritensis*, *Bromus rigidus* et *Lolium multiflorum*. Le dernier groupe est composé par les espèces naines à savoir : *Lamarckia aurea*, *Lagurus ovatus*, *Cynodon dactylon*, *Brisa minor* et *Brisa maxima* avec des hauteurs de 15,7 à 29,4 cm (Tableau 2.3.1.2).

**Au stade floraison**, un premier groupe composé de *Bromus rigidus*, *Festuca caerulea*, *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Avena alba*, *Avena sterilis* et *Oryzopsis miliacea*, a des hauteurs de 72,0 à 112,2 cm. Un second groupe avec des hauteurs de 54,4 à 69,0 cm est constitué par *Bromus mollis*, *Hordeum murinum*, *Bromus squarrossus*, *Bromus madritensis*, *Phalaris brachystachis* et *Brachypodium silvaticum*. Un troisième groupe avec des hauteurs de 31,0 à 47,5 cm est composé de *Brisa minor*, *Lagurus ovatus*, *Brisa maxima*, *Aegilops triuncialis* et *Vulpia sicula*. *Lamarckia aurea* et *Cynodon dactylon* ont les hauteurs les moins élevées avec 21,8 et 29,0 cm (Tableau 2.3.1.2).

**Au stade laiteux**, *Avena alba*, *Avena sterilis* et *Oryzopsis miliacea* ont des hauteurs respectives de 97,8 ; 102,3 et 114,0 cm. *Bromus madritensis*, *Phalaris brachystachis*, *Brachypodium silvaticum*, *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Bromus rigidus* et *Festuca caerulea* sont moins hautes avec 69,5 à 88,4 cm. *Brisa maxima*, *Aegilops triuncialis*, *Bromus mollis*, *Vulpia sicula*, *Hordeum murinum* et *Bromus squarrossus* ont 49,8 à 65,3 cm de haut. Les espèces les plus basses sont *Lamarckia aurea*, *Cynodon dactylon*, *Lagurus ovatus* et *Brisa minor* avec 25,4 à 42,7 cm (Tableau 2.3.1.2).

Tout au long du cycle, *Avena alba*, *Avena sterilis*, et *Oryzopsis miliacea* possèdent les hauteurs les plus élevées. D'autres espèces, se distinguent par des hauteurs appréciables permettant leur exploitation à partir du stade épiaison. Néanmoins, certaines espèces comme *Lamarckia aurea*, *Lagurus ovatus*, *Cynodon dactylon*, *Brisa minor* et *Brisa maxima*, présentent de faibles hauteurs limitant ainsi leur exploitation par fauchage.

Tableau 2.3.1.2 : Hauteurs des espèces inventoriées (cm)

Espèces	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Aegilops triuncialis</i>	24,2 ± 1,6 <b>x</b>	38,5 ± 2,0 <b>rs</b>	45,7 ± 2,3 <b>pq</b>	52,3 ± 1,8 <b>op</b>
<i>Avena alba</i>	63,8 ± 1,4 <b>k</b>	79,2 ± 1,7 <b>gh</b>	89,0 ± 2,5 <b>de</b>	97,8 ± 1,0 <b>bc</b>
<i>Avena sterilis</i>	66,5 ± 2,4 <b>jk</b>	83,3 ± 3,2 <b>efg</b>	93,4 ± 4,1 <b>cd</b>	102,3 ± 3,7 <b>b</b>
<i>Brachypodium silvaticum</i>	42,6 ± 0,9 <b>qr</b>	57,8 ± 1,8 <b>mn</b>	69,0 ± 0,6 <b>j</b>	81,3 ± 1,5 <b>g</b>
<i>Brisa maxima</i>	18,6 ± 1,8 <b>yz</b>	29,4 ± 1,2 <b>uv</b>	37,7 ± 1,0 <b>s</b>	49,8 ± 2,1 <b>p</b>
<i>Brisa minor</i>	15,8 ± 1,5 <b>z</b>	25,5 ± 2,2 <b>wx</b>	31,0 ± 2,7 <b>uv</b>	42,7 ± 1,9 <b>qr</b>
<i>Bromus madritensis</i>	34,2 ± 1,7 <b>st</b>	59,0 ± 2,0 <b>lm</b>	64,5 ± 0,5 <b>k</b>	69,5 ± 2,5 <b>j</b>
<i>Bromus mollis</i>	29,0 ± 3,6 <b>uvw</b>	50,1 ± 1,0 <b>p</b>	54,4 ± 2,5 <b>no</b>	56,8 ± 4,5 <b>mno</b>
<i>Bromus rigidus</i>	36,0 ± 2,2 <b>st</b>	67,3 ± 3,1 <b>jk</b>	72,0 ± 2,0 <b>i</b>	86,5 ± 3,1 <b>e</b>
<i>Bromus squarossus</i>	28,4 ± 2,2 <b>uvw</b>	51,1 ± 1,5 <b>op</b>	63,6 ± 2,1 <b>kl</b>	65,3 ± 4,2 <b>jkl</b>
<i>Cynodon dactylon</i>	13,7 ± 1,0 <b>z</b>	21,8 ± 1,6 <b>x</b>	29,0 ± 1,7 <b>u</b>	38,2 ± 2,5 <b>rs</b>
<i>Dactylis glomerata</i>	35,3 ± 2,3 <b>st</b>	56,6 ± 1,0 <b>mn</b>	75,8 ± 3,0 <b>hi</b>	84,7 ± 2,4 <b>efg</b>
<i>Festuca caerulescens</i>	40,3 ± 1,4 <b>r</b>	54,8 ± 1,9 <b>no</b>	72,6 ± 2,3 <b>i</b>	88,4 ± 1,6 <b>e</b>
<i>Hordeum murinum</i>	28,0 ± 1,7 <b>vw</b>	49,6 ± 3,3 <b>op</b>	58,6 ± 2,2 <b>m</b>	60,8 ± 1,1 <b>lm</b>
<i>Lagurus ovatus</i>	12,7 ± 0,7 <b>y</b>	19,4 ± 1,0 <b>y</b>	31,6 ± 0,5 <b>u</b>	42,0 ± 1,1 <b>qr</b>
<i>Lamarckia aurea</i>	11,8 ± 2,0 <b>y</b>	15,7 ± 1,6 <b>z</b>	21,8 ± 1,9 <b>xy</b>	25,4 ± 1,4 <b>wx</b>
<i>Lolium multiflorum</i>	46,7 ± 2,8 <b>p</b>	69,2 ± 1,7 <b>j</b>	75,8 ± 2,8 <b>hi</b>	83,0 ± 1,5 <b>fg</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>	60,5 ± 3,5 <b>klm</b>	91,3 ± 1,1 <b>d</b>	112,2 ± 2,7 <b>a</b>	114,0 ± 2,0 <b>a</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>	32,4 ± 2,0 <b>tu</b>	55,5 ± 0,5 <b>n</b>	68,1 ± 0,4 <b>j</b>	75,3 ± 1,4 <b>i</b>
<i>Vulpia sicula</i>	28,0 ± 1,0 <b>vw</b>	41,3 ± 1,2 <b>qr</b>	47,5 ± 3,0 <b>p</b>	57,8 ± 2,4 <b>mn</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement et verticalement).

### **3.1.3 Composition chimique des espèces inventoriées**

#### **3.1.3.1 Evolution des teneurs en matière sèche (MS%)**

Les teneurs en MS des graminées inventoriées, sont données dans le tableau 2.3.1.3.

Au stade début épiaison, *Brachypodium silvaticum* avec 30,57% et *Oryzopsis miliacea* avec 29,90% ont des teneurs en MS comparables et les plus élevées. Elles sont suivies par *Bromus madritensis*, *Bromus mollis*, *Bromus squarrossus*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Lamarckia aurea* et *vulpia sicula* qui ont des teneurs en MS comparables entre-elles de 26,32 à 27,68%. *Aegilops triuncialis* et *Brisa maxima* avec 19,65 et 20,41% ont la teneur la plus faible. Avec les autres espèces, les teneurs en MS augmentent de façon significative avec l'âge pour atteindre leur maximum au stade laiteux. Les augmentations varient de 08 à 21 points selon l'espèce du stade début épiaison au stade grain laiteux. Au stade laiteux, les teneurs en MS les plus élevées sont observées avec *Oryzopsis miliacea* (44,12%), *Dactylis glomerata* (42,73%), *Lamarckia aurea* (42,70%), *Festuca caerulea* (42,19%), *Hordeum murinum* (41,99%), *Aegilops triuncialis* (41,13%) et *Bromus mollis* (40,50%).

**Tableau 2.3.1.3** : Evolution des teneurs en MS (MS%)

Espèces	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Aegilops triuncialis</i>	19,65 ± 0,81v	29,16 ± 0,69 lm	37,88 ± 0,83 ef	41,13 ± 1,46 bcd
<i>Avena alba</i>	24,48 ± 0,61r	29,91 ± 1,55 klm	33,79 ± 0,87 hi	33,83 ± 1,20 hij
<i>Avena sterilis</i>	24,96 ± 0,57 qr	26,50 ± 1,44 nop	33,35 ± 1,61 hij	35,15 ± 0,80 gh
<i>Brachypodium silvaticum</i>	30,57 ± 0,83 kl	35,42 ± 1,66 gh	36,07 ± 1,02 g	38,76 ± 0,55 de
<i>Brisa maxima</i>	20,41 ± 0,23 uv	24,96 ± 0,45 qr	26,91 ± 1,63 mno	32,98 ± 1,17 ij
<i>Brisa minor</i>	21,08 ± 0,65 u	22,45 ± 0,31s	25,95 ± 0,37 op	33,07 ± 1,19 hij
<i>Bromus madritensis</i>	26,70 ± 0,42 no	30,73 ± 0,93 kl	35,34 ± 0,95 gh	39,21 ± 0,85 cd
<i>Bromus mollis</i>	26,32 ± 1,61nop	29,13 ± 1,03 lm	36,33 ± 2,51 fg	40,50 ± 2,50 bcd
<i>Bromus rigidus</i>	26,81 ± 0,44 n	30,92 ± 0,60 kl	33,70 ± 0,90 hi	38,85 ± 1,47 cde
<i>Bromus squarrossus</i>	25,94 ± 0,60 opq	29,84 ± 0,47 l	35,31 ± 0,52 g	39,42 ± 2,15 def
<i>Cynodon dactylon</i>	27,23 ± 0,67 n	29,62 ± 0,45 l	32,69 ± 0,84 ij	36,49 ± 1,15 fg
<i>Dactylis glomerata</i>	27,68 ± 0,55 n	29,54 ± 1,33 klm	34,82 ± 0,86 gh	42,73 ± 1,06 b
<i>Festuca caerulescens</i>	25,89 ± 0,17 pq	32,17 ± 0,48 ij	35,75 ± 0,91 g	42,19 ± 0,86 b
<i>Hordeum murinum</i>	26,64 ± 0,20 o	30,37 ± 0,25 kl	33,45 ± 1,20 hij	41,99 ± 1,23 bc
<i>Lagurus ovatus</i>	21,27 ± 0,64 tu	27,17 ± 0,58 n	35,80 ± 1,22 gh	40,41 ± 1,04 cd
<i>Lamarckia aurea</i>	26,56 ± 0,83 nop	31,52 ± 0,82 jk	33,05 ± 0,68 ij	42,70 ± 0,98 b
<i>Lolium multiflorum</i>	25,29 ± 1,13 opq	31,71 ± 0,51 jk	34,32 ± 0,32 h	39,07 ± 1,66 cde
<i>Oryzopsis miliacea</i>	29,90 ± 0,40 l	35,53 ± 0,36 g	40,79 ± 0,04 cd	44,12 ± 0,28 a
<i>Phalaris brachystachis</i>	22,12 ± 0,36 st	28,31 ± 2,02 lm	34,30 ± 2,38 ghi	37,70 ± 0,35 ef
<i>Vulpia sicula</i>	26,80 ± 0,95 nop	30,53 ± 0,90 kl	35,40 ± 2,65 fgh	38,32 ± 0,23 de

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement et verticalement).

### 3.1.3.2 Evolution des teneurs en matière organique (MO%)

Les teneurs en MO des graminées sont données dans le tableau 2.3.1.4.

Il y'a peu de différence dans la teneur en MO entre les espèces pour un même stade et, entre les stades phénologiques. Ceci montre que la teneur en MO évolue faiblement avec l'âge au cours du cycle. Elle augmente de 2 à 5 points

entre les stades début épiaison et laiteux pour l'ensemble des espèces. Les teneurs en MO ne présentent pas de différences significatives aux stades épiaison et floraison et, entre ces deux stades pour les espèces *Avena alba*, *Avena sterilis*, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Bromus rigidus*, *Hordeum murinum*, *Lolium multiflorum* et *Vulpia sicula* (Tableau 2.3.1.4).

**Tableau 2.3.1.4** : Evolution des teneurs en matière organique (MO%)

Espèces	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Aegilops triuncialis</i>	90,70 ± 0,49 <b>hi</b>	90,92 ± 0,24 <b>h</b>	91,87 ± 0,14 <b>ef</b>	93,11 ± 0,19 <b>d</b>
<i>Avena alba</i>	91,66 ± 0,66 <b>efg</b>	92,13 ± 0,38 <b>d</b>	92,78 ± 0,96 <b>d</b>	93,33 ± 1,09 <b>abc</b>
<i>Avena sterilis</i>	91,94 ± 0,14 <b>e</b>	92,61 ± 0,07 <b>d</b>	93,48 ± 0,11 <b>d</b>	93,63 ± 0,04 <b>c</b>
<i>Brachypodium silvaticum</i>	92,12 ± 0,43 <b>d</b>	93,25 ± 0,33 <b>d</b>	93,48 ± 0,81 <b>cd</b>	94,05 ± 0,35 <b>abc</b>
<i>Brisa maxima</i>	91,05 ± 0,54 <b>fgh</b>	92,28 ± 0,16 <b>d</b>	93,20 ± 0,27 <b>d</b>	93,92 ± 0,23 <b>c</b>
<i>Brisa minor</i>	90,15 ± 0,47 <b>i</b>	92,30 ± 0,10 <b>d</b>	93,56 ± 0,80 <b>cd</b>	93,81 ± 0,62 <b>cd</b>
<i>Bromus madritensis</i>	91,46 ± 0,06 <b>g</b>	92,90 ± 0,04 <b>d</b>	93,84 ± 0,17 <b>c</b>	94,26 ± 0,09 <b>a</b>
<i>Bromus mollis</i>	89,59 ± 0,15 <b>j</b>	91,22 ± 1,33 <b>efg</b>	93,34 ± 0,70 <b>cd</b>	94,18 ± 0,30 <b>abc</b>
<i>Bromus rigidus</i>	91,50 ± 0,18 <b>fg</b>	92,83 ± 0,13 <b>d</b>	93,25 ± 0,04 <b>d</b>	94,14 ± 0,19 <b>ab</b>
<i>Bromus squarrossus</i>	90,35 ± 0,17 <b>i</b>	91,40 ± 0,07 <b>g</b>	92,48 ± 0,07 <b>d</b>	93,26 ± 0,09 <b>d</b>
<i>Cynodon dactylon</i>	90,51 ± 0,78 <b>hi</b>	91,84 ± 0,94 <b>efg</b>	92,65 ± 0,53 <b>d</b>	92,83 ± 0,68 <b>d</b>
<i>Dactylis glomerata</i>	90,44 ± 0,13 <b>i</b>	90,50 ± 0,07 <b>i</b>	92,69 ± 0,25 <b>d</b>	93,46 ± 0,23 <b>cd</b>
<i>Festuca caeruleascens</i>	90,98 ± 0,32 <b>h</b>	91,23 ± 0,42 <b>fgh</b>	92,04 ± 0,50 <b>d</b>	92,58 ± 0,51 <b>d</b>
<i>Hordeum murinum</i>	90,39 ± 0,15 <b>i</b>	92,85 ± 0,41 <b>d</b>	93,22 ± 0,09 <b>d</b>	94,36 ± 0,06 <b>a</b>
<i>Lagurus ovatus</i>	90,94 ± 0,15 <b>h</b>	91,28 ± 0,63 <b>ef</b>	91,77 ± 0,42 <b>ef</b>	92,89 ± 0,48 <b>d</b>
<i>Lamarckia aurea</i>	91,20 ± 0,09 <b>gh</b>	92,27 ± 0,06 <b>d</b>	94,06 ± 0,11 <b>ab</b>	94,42 ± 0,37 <b>ab</b>
<i>Lolium multiflorum</i>	90,53 ± 0,16 <b>i</b>	92,96 ± 0,49 <b>d</b>	93,63 ± 0,18 <b>cd</b>	93,90 ± 0,19 <b>bc</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>	90,87 ± 0,22 <b>i</b>	92,18 ± 0,09 <b>e</b>	93,35 ± 0,16 <b>d</b>	94,08 ± 0,27 <b>ab</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>	88,24 ± 0,05 <b>k</b>	88,85 ± 0,08 <b>j</b>	91,64 ± 0,05 <b>f</b>	92,10 ± 1,03 <b>de</b>
<i>Vulpia sicula</i>	91,72 ± 0,23 <b>ef</b>	92,85 ± 0,11 <b>d</b>	93,31 ± 0,05 <b>d</b>	93,82 ± 0,09 <b>c</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement et verticalement).

### 3.1.3.3 Evolution des teneurs en matières azotées totales (MAT%)

Les teneurs en MAT des graminées sont rapportées dans le tableau 2.3.1.5.

**Au stade début épiaison**, *Dactylis glomerata* avec 11,36 %, présente la teneur en MAT la plus élevée ; il est suivi par *Lolium multiflorum* et *Phalaris brachystachis* avec des teneurs comparables entre-elles (10,15 et 10,61%). Quatorze graminées (*Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Lamarckia aurea*, *Aegilops triuncialis*, *Hordeum murinum*, *Bromus mollis*, *Bromus squarossus*, *Cynodon dactylon*, *Bromus madritensis*, *Brachypodium silvaticum*, *Festuca caerulescens*, *Oryzopsis miliacea*, *Lagurus ovatus* et *Bromus rigidus*) ont des teneurs en MAT de 9,05 à 9,75%. Les espèces les moins pourvues en MAT avec 8,39 à 8,94%, sont *Avena alba*, *Vulpia sicula* et *Avena sterilis*.

**Au stade épiaison**, *Dactylis glomerata* avec 9,33 %, présente la teneur en MAT la plus élevée ; il est suivi par dix espèces avec des teneurs en MAT comparables entre-elles, de 8,16 à 8,94% (*Brisa minor*, *Bromus mollis*, *Bromus rigidus*, *Lamarckia aurea*, *Aegilops triuncialis*, *Bromus squarossus*, *Cynodon dactylon*, *Lolium multiflorum*, *Phalaris brachystachis* et *Bromus madritensis*) ; Viennent ensuite sept espèces avec des teneurs en MAT comparables entre-elles, de 7,82 à 8,34% (*Brisa maxima*, *Lagurus ovatus*, *Avena alba*, *Vulpia sicula*, *Avena sterilis*, *Festuca caerulescens* et *Oryzopsis miliacea*). *Hordeum murinum* et *Brachypodium silvaticum* ont les plus faibles teneurs en MAT avec 7,54 et 7,72%.

**Au stade floraison**, les teneurs en MAT varient de 7,25 à 8,05% pour treize espèces avec des teneurs comparables entre-elles. Quatre espèces ont des teneurs comparables entre-elles, de 7,20 à 7,40%. Trois espèces ont des teneurs en MAT comparables entre-elles, de 6,70 à 6,92%.

**Au stade laiteux**, *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* et *Bromus mollis* ont des teneurs en MAT comparables et les plus élevées (7,26 ; 7,25 et 7,08%). Les autres espèces ont des teneurs en MAT variant entre 6,08 et 6,91% dont 14 espèces ont des teneurs comparables entre elles (*Aegilops triuncialis*, *Avena alba*, *Avena sterilis*, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Bromus madritensis*, *Bromus rigidus*, *Bromus squarossus*, *Cynodon dactylon*, *Festuca caerulescens*, *Hordeum murinum*, *Lagurus ovatus* et *Lamarckia aurea*).

Tableau 2.3.1.5 : Evolution des teneurs en matières azotées totales (MAT%)

Espèces	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Aegilops triuncialis</i>	09,18 ± 0,27 <b>de</b>	08,62 ± 0,34 <b>fgh</b>	07,41 ± 0,61 <b>jkl</b>	06,81 ± 0,19 <b>opq</b>
<i>Avena alba</i>	08,39 ± 0,56 <b>fgh</b>	07,95 ± 0,44 <b>hij</b>	07,25 ± 0,78 <b>jkl</b>	06,66 ± 0,72 <b>mno</b>
<i>Avena sterilis</i>	08,94 ± 0,08 <b>ef</b>	08,26 ± 0,04 <b>hi</b>	07,71 ± 0,09 <b>jk</b>	06,78 ± 0,08 <b>op</b>
<i>Brachypodium silvaticum</i>	09,43 ± 0,60 <b>cde</b>	07,72 ± 0,21 <b>jk</b>	06,91 ± 0,29 <b>no</b>	06,24 ± 0,52 <b>pqr</b>
<i>Brisa maxima</i>	09,05 ± 0,56 <b>cde</b>	07,82 ± 0,46 <b>hij</b>	07,58 ± 0,73 <b>hij</b>	06,70 ± 0,14 <b>opq</b>
<i>Brisa minor</i>	09,12 ± 0,80 <b>cde</b>	08,16 ± 0,47 <b>ghi</b>	07,50 ± 0,35 <b>jkl</b>	06,40 ± 0,63 <b>o</b>
<i>Bromus madritensis</i>	09,41 ± 0,05 <b>d</b>	08,94 ± 0,20 <b>ef</b>	07,35 ± 0,11 <b>lm</b>	06,48 ± 1,51 <b>mno</b>
<i>Bromus mollis</i>	09,23 ± 0,26 <b>de</b>	08,31 ± 0,59 <b>fgh</b>	07,40 ± 0,14 <b>lm</b>	07,08 ± 0,78 <b>lmn</b>
<i>Bromus rigidus</i>	09,75 ± 0,09 <b>c</b>	08,37 ± 0,25 <b>g</b>	07,75 ± 0,05 <b>k</b>	06,89 ± 0,11 <b>o</b>
<i>Bromus squarrossus</i>	09,32 ± 0,09 <b>d</b>	08,68 ± 0,50 <b>efg</b>	07,86 ± 0,10 <b>jk</b>	06,91 ± 0,05 <b>o</b>
<i>Cynodon dactylon</i>	09,37 ± 0,73 <b>cde</b>	08,69 ± 0,49 <b>efg</b>	07,91 ± 0,33 <b>ijk</b>	06,50 ± 0,35 <b>opq</b>
<i>Dactylis glomerata</i>	11,36 ± 0,16 <b>a</b>	09,33 ± 0,20 <b>c</b>	08,05 ± 0,29 <b>hij</b>	07,26 ± 0,23 <b>lmn</b>
<i>Festuca caerulescens</i>	09,47 ± 0,45 <b>cd</b>	08,32 ± 0,05 <b>h</b>	06,70 ± 0,44 <b>nop</b>	06,33 ± 0,41 <b>pqr</b>
<i>Hordeum murinum</i>	09,17 ± 0,22 <b>de</b>	07,54 ± 0,14 <b>kl</b>	06,92 ± 0,14 <b>no</b>	06,63 ± 0,24 <b>opq</b>
<i>Lagurus ovatus</i>	09,73 ± 0,50 <b>cd</b>	07,87 ± 0,69 <b>hij</b>	07,50 ± 0,49 <b>jkl</b>	06,33 ± 0,85 <b>nop</b>
<i>Lamarckia aurea</i>	09,12 ± 0,21 <b>def</b>	08,47 ± 0,26 <b>gh</b>	07,27 ± 0,53 <b>jkl</b>	06,18 ± 0,94 <b>nop</b>
<i>Lolium multiflorum</i>	10,15 ± 0,67 <b>bc</b>	08,69 ± 0,07 <b>g</b>	07,92 ± 0,05 <b>j</b>	07,25 ± 0,35 <b>lmn</b>
<i>Orysopsis miliacea</i>	09,64 ± 0,13 <b>c</b>	08,34 ± 0,04 <b>h</b>	07,88 ± 0,69 <b>hij</b>	06,24 ± 0,23 <b>qr</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>	10,61 ± 0,33 <b>b</b>	08,79 ± 0,16 <b>fg</b>	07,20 ± 0,10 <b>mn</b>	06,08 ± 0,38 <b>r</b>
<i>Vulpia sicula</i>	08,86 ± 0,12 <b>f</b>	08,15 ± 0,16 <b>h</b>	07,30 ± 0,01 <b>m</b>	06,38 ± 0,14 <b>r</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement et verticalement).

Du stade début épiaison au stade laiteux, les teneurs en MAT diminuent avec *Phalaris brachystachis* (- 4,53 points), *Dactylis glomerata* (- 4,1 points), *Lagurus ovatus* (- 3,4 points), *Orysopsis miliacea* (- 3,4 points), *Brachypodium silvaticum* (- 3,19 points), *Festuca caerulescens* (- 3,14 points), *Lamarckia aurea* (- 2,94 points), *Bromus madritensis* (- 2,93 points), *Lolium multiflorum* (- 2,9 points),

*Cynodon dactylon* (- 2,87 points), *Bromus rigidus* (- 2,86 points), *Brisa minor* (- 2,72 points), *Hordeum murinum* (- 2,54 points), *Vulpia sicula* (- 2,48 points), *Bromus squarrossus* (- 2,41 points), *Aegilops triuncialis* (- 2,37 points), *Brisa maxima* (- 2,35 points), *Avena sterilis* (- 2,16 points), *Bromus mollis* (- 2,15 points) et *Avena alba* (- 1,73 points).

#### 3.1.3.4 Evolution des teneurs en cellulose brute (CB%)

Les teneurs en CB sont rapportés dans le tableau 2.3.1.6.

**Au stade début épiaison**, *Bromus squarrossus*, *Oryzopsis miliacea*, *Bromus madritensis* et *Dactylis glomerata* ont des teneurs en CB comparables entre-elles et, les plus élevées, avec 29,71 à 30,67%. *Lamarckia aurea*, *Cynodon dactylon*, *Avena sterilis* et *Avena alba* ont des teneurs en CB comparables entre-elles et, les plus faibles avec 26,15 à 27,13 %. Les autres espèces (*Aegilops triuncialis*, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Bromus mollis*, *Bromus rigidus*, *Festuca caerulescens*, *Hordeum murinum*, *Lagurus ovatus*, *Lolium multiflorum*, *Phalaris brachystachis* et *Vulpia sicula*) ont des teneurs en CB également comparables entre-elles, avec 27,28 à 29,63%.

**Au stade épiaison**, des teneurs en CB comparables et les plus élevées, 31,42 à 32,74% sont notées avec *Brachypodium silvaticum*, *Dactylis glomerata*, *Brisa minor*, *Hordeum murinum*, *Aegilops triuncialis*, *Phalaris brachystachis* et *Oryzopsis miliacea*. Les teneurs les plus faibles, sont observées avec *Cynodon dactylon* (29,32%) et *Lamarckia aurea* (30,32%).

**Au stade floraison**, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa minor*, *Oryzopsis miliacea* et *Hordeum murinum*, ont les teneurs en CB les plus élevées (33,82 à 35,45%). *Cynodon dactylon*, *Bromus mollis*, *Lolium multiflorum*, *Avena alba* et *Avena sterilis*, ont les teneurs en CB les plus faibles (30,69 à 32,89%). Les autres espèces (*Aegilops triuncialis*, *Brisa maxima*, *Bromus madritensis*, *Bromus rigidus*, *Bromus squarrossus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca caerulescens*, *Lagurus ovatus*, *Lamarckia aurea*, *Phalaris brachystachis* et *Vulpia sicula*), ont des teneurs comparables entre-elles, (32,66 à 34,11%).

**Au stade laiteux**, les teneurs en CB varient entre 32,60% avec *Cynodon dactylon* et 36,79% avec *Phalaris brachystachis* ; Elles sont comparable entre *Avena alba*, *Brachypodium silvaticum*, *Brisa maxima*, *Brisa minor*, *Bromus mollis*, *Bromus rigidus*, *Festuca caerulescens*, *Hordeum murinum*, *Oryzopsis miliacea* et

*Phalaris brachystachis* (35,41 à 36,64%). Elles sont également comparables entre *Aegilops triuncialis*, *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Bromus squarossus*, *Dactylis glomerata*, *Lagurus ovatus* et *Lamarckia aurea* (34,30 à 35,47%).

**Tableau 2.3.1.6** : Evolution des teneurs en cellulose brute (CB%)

Espèces	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Aegilops triuncialis</i>	28,58 ± 1,05 <b>mno</b>	31,93 ± 1,16 <b>efg</b>	32,66 ± 1,10 <b>def</b>	34,30 ± 0,82 <b>bcd</b>
<i>Avena alba</i>	27,13 ± 0,21 <b>p</b>	30,93 ± 0,66 <b>ijk</b>	31,53 ± 1,18 <b>fg</b>	35,74 ± 1,06 <b>ab</b>
<i>Avena sterilis</i>	26,64 ± 0,29 <b>pq</b>	30,58 ± 0,31 <b>k</b>	32,89 ± 0,70 <b>efg</b>	35,42 ± 0,15 <b>b</b>
<i>Brachypodium silvaticum</i>	28,60 ± 1,14 <b>mno</b>	31,42 ± 0,79 <b>ghi</b>	33,82 ± 1,31 <b>bcd</b>	35,41 ± 0,78 <b>ab</b>
<i>Brisa maxima</i>	28,15 ± 0,83 <b>no</b>	31,25 ± 0,15 <b>ij</b>	32,87 ± 1,38 <b>def</b>	36,13 ± 1,30 <b>ab</b>
<i>Brisa minor</i>	28,20 ± 0,92 <b>mno</b>	31,91 ± 0,65 <b>ghi</b>	34,60 ± 0,49 <b>bcd</b>	36,21 ± 0,24 <b>a</b>
<i>Bromus madritensis</i>	30,39 ± 0,36 <b>kl</b>	31,63 ± 0,24 <b>hi</b>	33,05 ± 0,47 <b>ef</b>	35,17 ± 0,71 <b>bc</b>
<i>Bromus mollis</i>	27,83 ± 0,36 <b>o</b>	31,61 ± 0,37 <b>hij</b>	32,81 ± 0,51 <b>efg</b>	36,24 ± 3,78 <b>ab</b>
<i>Bromus rigidus</i>	29,44 ± 0,26 <b>m</b>	31,63 ± 0,17 <b>hi</b>	34,08 ± 0,07 <b>d</b>	36,42 ± 0,08 <b>a</b>
<i>Bromus squarossus</i>	29,71 ± 0,66 <b>klm</b>	31,87 ± 0,06 <b>h</b>	33,05 ± 0,01 <b>e</b>	35,17 ± 0,05 <b>b</b>
<i>Cynodon dactylon</i>	26,78 ± 0,23 <b>pq</b>	29,32 ± 0,89 <b>lm</b>	30,69 ± 0,59 <b>jkl</b>	32,60 ± 1,56 <b>def</b>
<i>Dactylis glomerata</i>	30,67 ± 0,57 <b>jkl</b>	31,82 ± 0,43 <b>ghi</b>	34,05 ± 0,43 <b>d</b>	35,47 ± 0,19 <b>b</b>
<i>Festuca caerulea</i>	29,10 ± 0,29 <b>mn</b>	31,18 ± 0,28 <b>ij</b>	33,26 ± 0,95 <b>def</b>	35,76 ± 1,19 <b>abc</b>
<i>Hordeum murinum</i>	27,28 ± 0,73 <b>op</b>	31,92 ± 0,31 <b>gh</b>	35,45 ± 0,37 <b>b</b>	36,01 ± 0,25 <b>a</b>
<i>Lagurus ovatus</i>	27,72 ± 1,26 <b>nop</b>	30,11 ± 1,62 <b>ijk</b>	33,50 ± 0,68 <b>def</b>	34,67 ± 1,09 <b>bcd</b>
<i>Lamarckia aurea</i>	26,15 ± 0,65 <b>q</b>	30,32 ± 0,21 <b>kl</b>	33,51 ± 0,05 <b>e</b>	35,36 ± 0,39 <b>b</b>
<i>Lolium multiflorum</i>	29,60 ± 0,06 <b>m</b>	31,35 ± 0,19 <b>ij</b>	32,87 ± 0,76 <b>efg</b>	34,27 ± 0,56 <b>cd</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>	30,06 ± 0,23 <b>kl</b>	32,74 ± 0,52 <b>fg</b>	34,94 ± 0,22 <b>bc</b>	36,64 ± 0,58 <b>a</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>	29,63 ± 0,50 <b>lm</b>	32,27 ± 0,47 <b>g</b>	34,11 ± 0,52 <b>d</b>	36,79 ± 1,38 <b>ab</b>
<i>Vulpia sicula</i>	29,57 ± 0,23 <b>m</b>	31,45 ± 0,18 <b>h</b>	33,33 ± 0,09 <b>e</b>	34,02 ± 0,33 <b>d</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement et verticalement).

En fonction du recouvrement au sol, de la hauteur et de la composition chimique, les vingt espèces de graminées fourragères spontanées inventoriées ont été divisées en deux groupes :

- Le groupe des espèces dominantes composé de onze graminées qu'on a appelée espèces principales et qui ont été retenues pour la suite du travail.
- Le groupe des espèces à faible recouvrement composé de neuf graminées qu'on a dénommé espèces secondaires et qui n'ont pas été retenues du fait que les quantités prélevées n'auraient pas suffi pour pouvoir réaliser les essais (Tableau 2.3.1.7).

**Tableau 2.3.1.7** : Graminées fourragères principales et secondaires.

Espèces principales		Espèces secondaires	
1	<i>Avena sterilis</i>	1	<i>Aegilops triuncialis</i>
2	<i>Bromus madritensis</i>	2	<i>Avena alba</i>
3	<i>Bromus mollis</i>	3	<i>Brachypodium silvaticum</i>
4	<i>Bromus rigidus</i>	4	<i>Brisa maxima</i>
5	<i>Bromus squarossus</i>	5	<i>Brisa minor</i>
6	<i>Dactylis glomerata</i>	6	<i>Cynodon dactylon</i>
7	<i>Hordeum murinum</i>	7	<i>Festuca caerulescens</i>
8	<i>Lolium multiflorum</i>	8	<i>Lagurus ovatus</i>
9	<i>Orysopsis miliacea</i>	9	<i>Lamarckia aurea</i>
10	<i>Phalaris brachystachis</i>		
11	<i>Vulpia sicula</i>		

## Conclusion

La région de la Mitidja, présente une grande richesse en graminées fourragères spontanées utilisées dans l'alimentation des herbivores mais dont la valeur fourragère ou nutritive est mal connue. L'inventaire floristique a montré l'existence de vingt espèces à caractère fourrager. Les résultats du recouvrement et de la hauteur, nous ont permis, de les scinder en :

- Onze espèces principales caractérisées par un taux de recouvrement de 25 à 75 % et une hauteur de 56,8 à 114 cm en fin de cycle. Ces espèces ont mérités l'approfondissement de leurs connaissances.
- Neuf espèces secondaires caractérisées par un taux de recouvrement inférieur à 25 % et une hauteur comprise entre 25,4 et 97,8 cm en fin de cycle. Ces espèces présentent un faible rendement et les quantités prélevées, n'auraient pas suffi pour les autres expérimentations.

### **2.3.2 Valeur alimentaire des espèces principales en vert**

### **2.3.2.1 Mensurations des espèces principales**

#### **2.3.2.1.1 Hauteur**

La hauteur des espèces principales, figure dans le tableau 2.3.2.1

**Au stade montaison**, *O. miliacea* et *A. sterilis* forment un premier groupe avec des hauteurs de 45,4 à 57,7 cm. *B. rigidus*, *D. glomerata*, *H. murinum*, *P. brachystachis* forment un deuxième groupe de hauteurs comparables, 18,5 à 21,7 cm. *L. multiflorum* avec une hauteur de 32,1 cm s'intercale entre les deux groupes.

**Au stade début épiaison**, *L. multiflorum*, *O. miliacea* et *A. sterilis* forment un premier groupe avec des hauteurs de 45,8 à 69,2 cm. Un deuxième groupe avec des hauteurs de 28,3 à 38,2 cm, est constitué de *P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. madritensis*, *B. rigidus* et *D. glomerata*. Un troisième groupe avec des hauteurs de 20,0 à 26,9 cm est composé de *B. squarossus*, *B. mollis* et *V. sicula*.

**Au stade épiaison**, *B. rigidus*, *L. multiflorum*, *A. sterilis* et *O. miliacea* forment un premier groupe avec des hauteurs de 70,4 à 97,5 cm. Un deuxième groupe est composé de *B. mollis*, *P. brachystachis*, *D. glomerata*, *B. madritensis* avec des hauteurs de 51,1 à 62,7 cm. Un troisième groupe est composé de *V. sicula*, *H. murinum* et *B. squarossus* avec des hauteurs de 40,6 à 50,3 cm.

**Au stade floraison**, un premier groupe composé de *L. multiflorum*, *D. glomerata*, *B. rigidus* et *A. sterilis* a des hauteurs de 75,9 à 96,7 cm. Un second groupe avec des hauteurs de 56,3 à 69,5 cm est constitué par *B. mollis*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *B. madritensis* et *P. brachystachis*. *V. sicula* a la hauteur la moins élevée avec 49,8 cm.

**Au stade laiteux**, il se dégage un premier groupe formé par *A. sterilis* et *O. miliacea* avec des hauteurs respectives de 101,4 et 115,5 cm. Le second groupe avec des hauteurs de 71,2 à 87,0 cm est constitué de *B. madritensis*, *P. brachystachis*, *D. glomerata*, *L. multiflorum* et *B. rigidus*. Un troisième groupe avec des hauteurs de 56,4 à 65,9 cm est formé de *V. sicula*, *B. mollis*, *H. murinum* et *B. squarossus*.

Tout au long du cycle, *A. sterilis*, *L. multiflorum* et *O. miliacea* possèdent les hauteurs les plus élevées. Néanmoins, toutes les espèces étudiées se distinguent

par des hauteurs appréciables permettant leur exploitation par broutage et surtout par fauchage à partir du stade épiaison.

**Tableau 2.3.2.1** : Hauteur des espèces principales (cm).

Espèces		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Avena sterilis</i>		57,7 ± 2,5 mn	69,2 ± 2,5 jk	85,9 ± 5,0 fj	96,7 ± 6,3 cde	101,4 ± 5,4 cd
<i>Bromus madritensis</i>		-	33,1 ± 1,7 s	62,7 ± 2,5 klm	66,7 ± 3,8 jkl	71,2 ± 3,5 hij
<i>Bromus mollis</i>		-	26,9 ± 1,4 t	51,1 ± 3,1 op	56,3 ± 4,2 mno	57,5 ± 4,5 mno
<i>Bromus rigidus</i>		21,3 ± 3,8 tu	34,1 ± 3,2 rs	70,4 ± 3,1 ij	79,9 ± 5,2 gh	87,0 ± 3,1 fg
<i>Bromus squarrossus</i>		-	20,0 ± 2,2 u	50,3 ± 5,5 opq	63,7 ± 4,0 klm	65,9 ± 4,2 jkl
<i>Dactylis glomerata</i>		21,7 ± 3,7 tu	38,2 ± 2,3 r	62,6 ± 4,2 klm	75,9 ± 3,0 hi	82,4 ± 2,4 g
<i>Hordeum murinum</i>		18,5 ± 1,7 u	29,4 ± 4,8 st	48,0 ± 3,4 pq	59,7 ± 4,0 mn	60,2 ± 5,1 lmn
<i>Lolium multiflorum</i>		32,1 ± 3,1 s	45,8 ± 2,8 pq	71,2 ± 2,7 ij	79,2 ± 4,8 gh	85,0 ± 4,5 fg
<i>Oryopsis miliacea</i>		45,4 ± 2,9 pq	61,8 ± 4,5 lm	97,5 ± 7,1 cde	113,4 ± 5,8 ab	115,5 ± 8,5 ab
<i>Phalaris brachystachis</i>		19,1 ± 1,4 u	28,3 ± 3,8 st	55,4 ± 6,7 nop	69,5 ± 3,6 ijk	74,9 ± 4,9 hij
<i>Vulpia sicula</i>		-	25,3 ± 2,2 t	40,6 ± 4,3 qr	49,8 ± 3,7 op	56,4 ± 3,0 no
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	72,3 ± 5,5 hij	91,6 ± 3,6 ef	109,0 ± 3,1 b	113,8 ± 4,0 ab	116,3 ± 3,5 a
	<i>Hordeum vulgare</i>	64,0 ± 5,1 kl	73,1 ± 5,1 hij	86,1 ± 2,2 fg	101,2 ± 4,6 cd	105,9 ± 4,8 bc
	<i>Lolium multiflorum</i>	59,6 ± 5,2 lmn	76,3 ± 2,7 h	82,9 ± 6,1 fgh	90,8 ± 5,1 def	95,9 ± 4,2 de

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. D. épiaison = début épiaison

### 2.3.2.1.2 Rapport feuilles / tiges

Le rapport feuilles / tiges des espèces principales, est présenté dans le tableau 2.3.2.2.

Le rapport feuilles / tiges, diminue au fur et à mesure que la plante vieillit. Il est plus élevé au premier stade phénologique de la plante lorsque celle-ci est plus feuillue ; puis diminue progressivement au cours du cycle pour atteindre son minimum à la maturation des grains et donc la mort physiologique de la plante.

Cette réduction des limbes au profit des tiges + gaines, est due au dessèchement des feuilles basales avec l'âge [66] ; [100] ; [135].

Au stade montaison, le rapport feuilles / tiges, est plus élevé chez le *B. rigidus* (1,83) et le *L. multiflorum* spontané (1,85) (valeurs comparables) ; alors qu'il est le plus faible chez l'orge cultivé (0,97).

Ce rapport, régresse différemment chez les espèces étudiées au cours du cycle. En effet, il cède : 1,44 et 1,43 points chez les deux espèces les plus feuillues citées ci-dessus ; 1,17 et 1,15 points chez l'*O. miliacea* et le *B. squarrossus* ; 1,10 – 1,07 – 1,05 et 1,04 points respectivement chez le *B. mollis*, le *P. brachystachis*, le *B. madritensis* et le ray grass cultivé. *L'H. murinum*, le *D. glomerata* et l'*A. sterilis*, ont perdus dans l'ordre : 0,99 – 0,97 et 0,85 points ; alors que les espèces dont le rapport feuilles / tiges, à le moins régressé entre le début et la fin du cycle, sont : l'avoine (0,77 pts) et l'orge (0,55 pts) cultivées et *V. sicula* (0,17 pts).

Parmi les facteurs qui influencent ce rapport, la température est celle qui agit le plus sur la croissance et le développement de la plante [60] ; [61] ; [68] ; [116]. Dans les pays tropicaux et tempérés, la chaleur accélère l'apparition des feuilles, diminue leur longévité et augmente la teneur en constituants pariétaux des fourrages [112] ; [114] ; [164].

Ces modifications d'ordre morphologiques (rapport F / T), se répercutent sur la composition chimique (teneur en énergie, azote, minéraux et vitamines) et sur la digestibilité de la plante, qui sont étroitement liée à la proportion des feuilles.

Les feuilles, siège de la photosynthèse, sont les organes les plus riches en protéines (deux fois celle des tiges), et autres substances nutritives et les plus pauvres en parois et constituants pariétaux, [68] ; [102] ; [104] ; [118] ; [165] ; [166].

Les tiges, correspondent à des tissus de soutien et de conduction à parois épaisses et lignifiées, elles assurent la rigidité et le port de la plante, mais constituent une résistance à la préhension et à la mastication par les herbivores. Elles sont par ailleurs, moins digestibles que les feuilles [165] ; [166].

**Tableau 2.3.2.2** : Rapport feuilles / tiges des espèces principales.

Espèces		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Avena sterilis</i>		1,53 ± 0,03 <b>c</b>	1,34 ± 0,09 <b>d</b>	1,09 ± 0,06 <b>ef</b>	0,87 ± 0,07 <b>gh</b>	0,68 ± 0,09 <b>ijk</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	1,35 ± 0,07 <b>d</b>	0,60 ± 0,08 <b>jk</b>	0,32 ± 0,04 <b>op</b>	0,20 ± 0,05 <b>q</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	1,35 ± 0,08 <b>d</b>	0,55 ± 0,07 <b>klm</b>	0,30 ± 0,02 <b>p</b>	0,25 ± 0,09 <b>pq</b>
<i>Bromus rigidus</i>		1,83 ± 0,04 <b>a</b>	1,65 ± 0,02 <b>b</b>	1,05 ± 0,03 <b>f</b>	0,70 ± 0,08 <b>ij</b>	0,39 ± 0,03 <b>no</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	1,42 ± 0,04 <b>d</b>	1,06 ± 0,04 <b>f</b>	0,39 ± 0,02 <b>no</b>	0,27 ± 0,08 <b>pq</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		1,67 ± 0,07 <b>b</b>	1,59 ± 0,03 <b>c</b>	1,21 ± 0,07 <b>e</b>	0,97 ± 0,07 <b>fg</b>	0,70 ± 0,08 <b>ij</b>
<i>Hordeum murinum</i>		1,38 ± 0,05 <b>d</b>	0,87 ± 0,06 <b>gh</b>	0,63 ± 0,08 <b>jk</b>	0,51 ± 0,08 <b>lm</b>	0,39 ± 0,05 <b>no</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		1,85 ± 0,05 <b>a</b>	1,67 ± 0,04 <b>b</b>	0,95 ± 0,10 <b>f</b>	0,73 ± 0,07 <b>ij</b>	0,42 ± 0,09 <b>mno</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>		1,52 ± 0,06 <b>c</b>	1,16 ± 0,05 <b>e</b>	0,92 ± 0,12 <b>fgh</b>	0,40 ± 0,04 <b>no</b>	0,35 ± 0,03 <b>op</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		1,72 ± 0,06 <b>b</b>	1,45 ± 0,03 <b>d</b>	1,20 ± 0,08 <b>e</b>	0,85 ± 0,09 <b>gh</b>	0,65 ± 0,05 <b>jk</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	0,45 ± 0,07 <b>mn</b>	0,39 ± 0,05 <b>no</b>	0,31 ± 0,03 <b>p</b>	0,28 ± 0,06 <b>pq</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	1,35 ± 0,09 <b>d</b>	0,95 ± 0,08 <b>fg</b>	0,84 ± 0,11 <b>gh</b>	0,67 ± 0,04 <b>j</b>	0,58 ± 0,03 <b>kl</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	0,97 ± 0,08 <b>f</b>	0,79 ± 0,03 <b>hi</b>	0,72 ± 0,05 <b>ij</b>	0,55 ± 0,09 <b>klm</b>	0,42 ± 0,08 <b>mn</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	1,41 ± 0,03 <b>d</b>	1,10 ± 0,04 <b>e</b>	0,83 ± 0,09 <b>gh</b>	0,70 ± 0,09 <b>ijk</b>	0,35 ± 0,05 <b>op</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

### **2.3.2.2 Composition chimique des espèces principales**

#### **2.3.2.2.1 Teneur en matière sèche (MS)**

La teneur en matière sèche (MS), des graminées fourragères, est rapportée dans le tableau 2.3.2.3.

La teneur en MS, varie en fonction du stade de développement, de la composition morphologique, de la vitesse de croissance de l'herbe, de la saison et de la nature du sol [60] ; [128] ; [167] ; [168].

Une comparaison inter espèces, révèle une différence non significative entre le *D. glomerata*, le *L. multiflorum* et l'*O. miliacea* au stade montaison où ils détiennent la teneur en MS la plus élevée (23,54 – 23,95 et 25,41 %). A ce stade, l'*A.stérilis* ainsi que l'orge et le ray grass cultivés (valeurs comparables) sont les plus riches en eau (85,08 – 86,06 et 85,5 %). Par la suite, cette teneur en MS, augmente de façon significative avec l'âge chez toutes les espèces étudiées pour atteindre les valeurs maximales en fin de cycle. En effet cette teneur, augmente entre 11 à 26 points du début à la fin du cycle de ces plantes. Au stade grain laiteux, le *B. madritensis* (40,45%), le *B. squarossus* (39,36%), le *D. glomerata* (41,49%), l'*H. murinum* (41,41%), l'*O. miliacea* (44,04%) et le ray grass cultivé (40,5%), détiennent les teneurs en MS les plus élevées.

Ces teneurs en MS, sont légèrement à franchement supérieures à celles données pour les graminées par [76]. Les teneurs en MS élevées, à partir de la floraison, sont vraisemblablement dues à des précipitations peu généreuses et au début de l'élévation des températures. Le mois de juin coïncidant avec le stade laiteux, connaît en moyenne 3 jours de pluie avec 9 mm inégalement répartis et une température moyenne de 26,3°C [149] ; [150].

#### 2.3.2.2.2 Evolution des teneurs en matière organique (MO%)

Les teneurs en MO sont données dans le tableau 2.3.2.4.

Ces teneurs sont élevées et par conséquent, les teneurs en matières minérales (MM) sont faibles ; Ceci est du au fait qu'elles poussent sur des sols pauvres, non irrigués et non amendés. En effet, les teneurs en éléments minéraux de la plante dépendent à la fois des réserves du sol, de la disponibilité de chaque élément vis-à-vis de la plante et de l'efficacité de la captation racinaire vers les organes aériens de la plante [128] ; [165].

Il y'a peu de différence dans la teneur en MO entre les espèces pour un même stade et entre les stades phénologiques. Ceci montre que la teneur en MO évolue faiblement avec l'âge au cours du cycle. En effet, elle n'augmente que de 3 à 7 points entre les stades montaison et grain laiteux pour l'ensemble des espèces. Les teneurs en MO ne présentent pas de différences significatives entre les stades épiaison, floraison et grain laiteux pour la plupart des espèces.

L'absorption des éléments minéraux par la plante cesserait à partir de l'épiaison d'où il s'ensuit une stagnation de la teneur en MO [122] ; [169].

**Tableau 2.3.2.3** : Evolution des teneurs en matière sèche (MS%)

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		14,92 ± 1,59 <b>vw</b>	25,45 ± 1,05 <b>op</b>	25,55 ± 1,28 <b>op</b>	30,76 ± 0,93 <b>jkl</b>	36,30 ± 2,08 <b>efg</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	27,52 ± 1,28 <b>mn</b>	29,45 ± 1,09 <b>klm</b>	36,32 ± 1,61 <b>efg</b>	40,45 ± 1,31 <b>bcd</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	25,78 ± 0,60 <b>op</b>	30,12 ± 1,13 <b>jkl</b>	33,78 ± 1,41 <b>ghi</b>	37,33 ± 0,71 <b>ef</b>
<i>Bromus rigidus</i>		18,17 ± 1,73 <b>tuv</b>	25,60 ± 0,91 <b>op</b>	29,83 ± 1,12 <b>kl</b>	32,22 ± 0,78 <b>ij</b>	38,55 ± 0,87 <b>de</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	25,36 ± 1,12 <b>opq</b>	29,13 ± 1,44 <b>klm</b>	34,69 ± 1,20 <b>gh</b>	39,36 ± 1,12 <b>bcd</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		23,54 ± 1,23 <b>pqr</b>	26,46 ± 1,53 <b>mn</b>	31,24 ± 1,14 <b>ijk</b>	35,01 ± 1,90 <b>fgh</b>	41,49 ± 1,33 <b>ab</b>
<i>Hordeum murinum</i>		18,71 ± 1,47 <b>tu</b>	21,71 ± 1,03 <b>rs</b>	28,65 ± 1,70 <b>lmn</b>	31,17 ± 1,94 <b>ij</b>	41,41 ± 1,44 <b>abc</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		23,95 ± 1,47 <b>pqr</b>	27,90 ± 1,35 <b>mn</b>	30,28 ± 1,65 <b>jkl</b>	32,48 ± 1,33 <b>hij</b>	35,49 ± 1,84 <b>fgh</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>		25,41 ± 1,07 <b>op</b>	30,90 ± 1,57 <b>jkl</b>	35,69 ± 2,04 <b>fg</b>	41,30 ± 1,31 <b>bc</b>	44,04 ± 1,25 <b>a</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		20,27 ± 1,23 <b>st</b>	20,52 ± 1,51 <b>st</b>	27,40 ± 1,07 <b>mno</b>	32,01 ± 0,88 <b>ij</b>	38,81 ± 1,18 <b>cde</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	24,76 ± 0,51 <b>pq</b>	29,63 ± 1,69 <b>jkl</b>	34,83 ± 1,12 <b>gh</b>	36,13 ± 1,08 <b>fg</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	16,55 ± 0,84 <b>uv</b>	19,99 ± 0,23 <b>t</b>	20,36 ± 1,54 <b>st</b>	29,92 ± 1,08 <b>kl</b>	38,16 ± 1,59 <b>def</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	13,94 ± 0,48 <b>w</b>	22,68 ± 1,14 <b>rs</b>	27,91 ± 0,63 <b>m</b>	31,33 ± 0,92 <b>ijk</b>	34,76 ± 1,39 <b>gh</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	14,50 ± 0,53 <b>w</b>	19,49 ± 0,27 <b>t</b>	24,09 ± 0,25 <b>q</b>	27,80 ± 1,72 <b>l</b>	40,50 ± 0,72 <b>bc</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

La même observation peut être faite pour les teneurs en MO rapportées dans les tables de la valeur alimentaire pour des graminées [76]. En effet, les teneurs en MO obtenues dans notre essai, sont de même ordre de grandeur que celles rapportées par [76] avec les prairies permanentes de plaine.

Les différences (peu nombreuses) observées entre les espèces pour un même stade et entre stades phénologiques, seraient vraisemblablement dues à

l'évolution de la composition morphologique (rapport feuilles/tiges) puisque les limbes foliaires sont plus riches en minéraux que les tiges et les gaines [64].

**Tableau 2.3.2.4** : Evolution des teneurs en matière organique (MO%)

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		88,62 ± 0,70 <b>i</b>	91,40 ± 0,46 <b>de</b>	91,94 ± 1,11 <b>cde</b>	92,91 ± 0,67 <b>bc</b>	93,52 ± 0,56 <b>b</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	91,07 ± 0,66 <b>def</b>	92,74 ± 0,60 <b>bc</b>	93,27 ± 0,49 <b>bc</b>	94,30 ± 0,54 <b>ab</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	91,75 ± 0,79 <b>de</b>	92,23 ± 0,71 <b>cde</b>	93,08 ± 0,52 <b>bc</b>	93,47 ± 0,43 <b>b</b>
<i>Bromus rigidus</i>		88,72 ± 0,71 <b>i</b>	91,09 ± 0,77 <b>def</b>	92,69 ± 0,54 <b>bc</b>	93,23 ± 0,74 <b>bc</b>	93,63 ± 0,50 <b>b</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	90,68 ± 0,70 <b>fg</b>	91,94 ± 0,64 <b>cd</b>	92,81 ± 0,75 <b>bc</b>	93,74 ± 0,67 <b>ab</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		86,72 ± 0,82 <b>j</b>	89,61 ± 1,04 <b>gh</b>	90,28 ± 0,40 <b>fgh</b>	92,56 ± 0,85 <b>bcd</b>	93,08 ± 0,70 <b>bc</b>
<i>Hordeum murinum</i>		89,35 ± 0,82 <b>hi</b>	91,50 ± 1,08 <b>def</b>	92,91 ± 0,59 <b>bc</b>	93,37 ± 0,49 <b>bc</b>	93,61 ± 0,58 <b>b</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		88,46 ± 0,63 <b>i</b>	90,86 ± 0,82 <b>efg</b>	92,38 ± 0,93 <b>cd</b>	93,01 ± 0,48 <b>bc</b>	93,61 ± 1,13 <b>abc</b>
<i>Oryopsis miliacea</i>		88,43 ± 1,66 <b>hij</b>	91,18 ± 0,74 <b>def</b>	92,89 ± 0,94 <b>bc</b>	93,31 ± 0,90 <b>bc</b>	94,28 ± 0,53 <b>ab</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		88,46 ± 0,71 <b>i</b>	89,72 ± 0,61 <b>ghi</b>	89,68 ± 1,05 <b>fgh</b>	91,43 ± 0,58 <b>de</b>	92,23 ± 0,68 <b>cde</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	91,43 ± 1,31 <b>c</b>	92,71 ± 0,42 <b>bc</b>	93,28 ± 0,57 <b>bc</b>	93,47 ± 1,15 <b>abc</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	92,71 ± 0,46 <b>d</b>	92,36 ± 0,16 <b>d</b>	92,01 ± 0,14 <b>d</b>	91,88 ± 0,17 <b>d</b>	92,73 ± 0,18 <b>c</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	88,17 ± 1,07 <b>ij</b>	93,11 ± 0,10 <b>b</b>	95,20 ± 0,20 <b>a</b>	94,88 ± 0,19 <b>a</b>	94,56 ± 0,19 <b>a</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	87,03 ± 0,66 <b>j</b>	91,21 ± 0,34 <b>e</b>	91,30 ± 0,47 <b>de</b>	89,48 ± 0,11 <b>h</b>	90,45 ± 0,21 <b>fg</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

#### 2.3.2.2.3 Evolution des teneurs en matières azotées totales (MAT%)

Les teneurs en MAT sont rapportées dans le tableau 2.3.2.5.

**Au stade montaison**, les espèces se répartissent en deux groupes en fonction des teneurs en MAT ; Le premier composé de *D. glomerata*, *L. multiflorum* et *O. miliacea* a des teneurs en MAT de 11,60 à 12,41% ; Le deuxième groupe avec des teneurs en MAT de 10,06 à 11,23%, est formé de *A.*

*sterilis*, *B. rigidus*, *H. murinum* et *P. brachystachis*. Le premier groupe a des teneurs en MAT comparables à celle de *H. vulgare* (espèce cultivée) avec 12,34% mais aussi à celle de *L. multiflorum* (espèce cultivée) avec 11,56% de MAT.

**Au stade début épiaison**, huit espèces (*V. sicula*, *B. mollis*, *O. miliacea*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *B. madritensis*, *A. sterilis* et *B. rigidus*) ont des teneurs en MAT comparables, de 9,23 à 9,84%. Ces huit graminées ont des teneurs comparables à celle de *H. vulgare* (espèce cultivée) avec 9,17% et inférieure à celle d'*A. sativa* (espèce cultivée) avec 8,02%.

**Au stade épiaison**, huit espèces avec des teneurs en MAT comparables, de 8,62 à 9,61% forment un premier groupe avec *A. sterilis*, *O. miliacea*, *V. sicula*, *L. multiflorum*, *B. squarossus*, *B. madritensis*, *B. mollis* et *D. glomerata*. Un deuxième groupe avec des teneurs en MAT de 8,22 à 8,53% est composé de *P. brachystachis*, *H. murinum* et *B. rigidus*.

*A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *B. squarossus*, *H. murinum*, *L. multiflorum*, *O. miliacea*, et *V. sicula* ont des teneurs en MAT comparables à celle de *H. vulgare* (espèce cultivée) avec une teneur en MAT de 8,32% au stade épiaison.

**Au stade floraison**, les teneurs en MAT varient de 7,36 à 8,75% pour l'ensemble des espèces sans que les différences soient significatives à l'exception de celle observée entre *B. rigidus* et *D. glomerata* (7,36 et 8,75% soit une différence de 1,39 points). Les teneurs en MAT obtenues avec l'ensemble des espèces sont comparables à celle de *H. vulgare* avec 7,87% de MAT.

**Au stade laiteux**, huit espèces (*B. squarossus*, *P. brachystachis*, *V. sicula*, *O. miliacea*, *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. rigidus* et *H. murinum*) ont des teneurs en MAT variant entre 6,14 et 6,86%. Trois graminées (*B. mollis*, *D. glomerata*, et *L. multiflorum*) ont des teneurs en MAT comparables, 6,98 à 7,72%. Les teneurs en MAT de *B. mollis*, *D. glomerata*, *B. rigidus*, et *L. multiflorum* sont comparables à celles des espèces cultivées *A. sativa* avec 7,14% et *H. vulgare* avec 7,42%.

Du stade montaison au stade laiteux, les teneurs en MAT diminuent avec *A. sterilis* (- 3,39 points), *B. rigidus* (-4,65 points), *D. glomerata* (- 5,11 points), *H. murinum* (- 4,07 points), *L. multiflorum* (- 3,97 points), *O. miliacea* (- 5,21 points) et *P. brachystachis* (- 5,05 points).

Du stade début épiaison au stade laiteux, les diminutions sont notées avec *B. madritensis* (- 2,65 points), *B. mollis* (- 2,28 points), *B. squarossus* (- 3,32 points) et *V. sicula* (- 3,01 points).

Les diminutions dans les teneurs en MAT d'un stade à l'autre ne sont pas toujours significatives ; elles sont non significatives entre les stades début épiaison et épiaison avec *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. squarossus*, *O. miliacea* et *V. sicula*. Elles sont également non significatives entre les stades floraison et laiteux avec *A. sterilis*, *B. madritensis* et *B. rigidus* (Tableau 2.3.2.5).

Les différences dans les teneurs en MAT observées entre les stades phénologiques seraient dues au fait que les plantes s'appauvrissent en azote au cours de leur croissance avec la sénescence de leurs organes aériens [165] ; [170] ; [171]. Les différences dans les teneurs en MAT entre les graminées pour un même stade phénologique seraient dues aux modifications du rapport F/T avec l'âge et à la richesse en azote des feuilles comparées aux tiges. Outre l'âge et le stade de maturité, la fraction des feuilles vertes dans la biomasse produite a toujours été associée à la qualité des fourrages [154] ; [172] ; [173].

Du point de vue pratique, les stades début épiaison et épiaison sont plus intéressants que les autres stades phénologiques si l'on tient compte des rapports F/T, des teneurs en matières sèches et des teneurs en matières azotées totales. L'azote est un facteur de l'appétabilité d'un fourrage. Il est abondant dans les plantes jeunes et dans les feuilles [174].

**Tableau 2.3.2.5** : Evolution des teneurs en matières azotées totales (MAT%).

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		10,06 ± 0,24 <b>cd</b>	09,66 ± 0,51 <b>ef</b>	08,62 ± 0,41 <b>ghi</b>	07,48 ± 0,49 <b>jkl</b>	06,67 ± 0,44 <b>lmn</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	09,49 ± 0,56 <b>efg</b>	09,14 ± 0,88 <b>fgh</b>	07,44 ± 0,33 <b>jkl</b>	06,84 ± 0,32 <b>lm</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	09,26 ± 0,43 <b>fg</b>	09,19 ± 0,53 <b>efg</b>	07,64 ± 0,29 <b>j</b>	06,98 ± 0,27 <b>kl</b>
<i>Bromus rigidus</i>		10,50 ± 0,75 <b>cd</b>	09,84 ± 0,42 <b>ef</b>	08,53 ± 0,38 <b>hi</b>	07,36 ± 0,39 <b>jkl</b>	06,85 ± 0,43 <b>klm</b>
<i>Bromus squarossus</i>		-	09,46 ± 0,59 <b>efg</b>	09,04 ± 0,53 <b>fgh</b>	07,77 ± 0,62 <b>ijk</b>	06,14 ± 0,44 <b>mn</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		12,41 ± 0,52 <b>a</b>	11,49 ± 0,77 <b>ab</b>	09,61 ± 0,66 <b>efg</b>	08,75 ± 0,48 <b>ghi</b>	07,30 ± 0,56 <b>jkl</b>
<i>Hordeum murinum</i>		10,93 ± 0,79 <b>bcd</b>	09,40 ± 0,46 <b>efg</b>	08,24 ± 0,56 <b>hi</b>	07,62 ± 0,85 <b>ijk</b>	06,86 ± 0,26 <b>lm</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		11,69 ± 0,47 <b>ab</b>	10,70 ± 0,43 <b>cd</b>	08,86 ± 0,44 <b>gh</b>	08,08 ± 0,50 <b>ij</b>	07,72 ± 0,36 <b>jk</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>		11,60 ± 0,63 <b>abc</b>	09,32 ± 0,72 <b>efg</b>	08,80 ± 0,92 <b>fgh</b>	07,85 ± 0,54 <b>ij</b>	06,39 ± 0,27 <b>mn</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		11,23 ± 0,65 <b>bc</b>	10,88 ± 0,54 <b>bcd</b>	08,22 ± 0,39 <b>i</b>	07,86 ± 0,56 <b>ij</b>	06,18 ± 0,18 <b>n</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	09,23 ± 0,44 <b>fg</b>	08,85 ± 0,72 <b>fgh</b>	07,64 ± 0,60 <b>jk</b>	06,22 ± 0,47 <b>mn</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	09,07 ± 0,30 <b>fgh</b>	08,02 ± 0,29 <b>ij</b>	07,63 ± 0,18 <b>j</b>	07,24 ± 0,35 <b>j</b>	07,14 ± 0,10 <b>kl</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	12,34 ± 0,30 <b>a</b>	09,17 ± 0,35 <b>fg</b>	08,32 ± 0,53 <b>hi</b>	07,87 ± 0,50 <b>ij</b>	07,42 ± 0,46 <b>jkl</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	11,56 ± 0,30 <b>b</b>	12,74 ± 0,10 <b>a</b>	10,35 ± 0,58 <b>cde</b>	09,10 ± 0,38 <b>fgh</b>	08,95 ± 0,10 <b>hi</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%

#### 2.3.2.2.4 Evolution des teneurs en cellulose brute (CB)

Les teneurs en CB sont rapportés dans le tableau 2.3.2.6.

**Au stade montaison**, *A. sterilis*, *B. rigidus*, *H. murinum* et *O. miliacea* ont des teneurs en CB comparables, 27,19 à 28,07%. *L. multiflorum* et *P. brachystachis* ont également des teneurs en CB comparables entre elles, 26,00 et 26,93%. *D. glomerata* a la plus faible teneur en CB avec 25,57%.

**Au stade début épiaison**, les teneurs en CB les plus élevées, 30,63 à 31,24%, sont notées avec *P. brachystachis*, *O. miliacea* et *D. glomerata*. Les teneurs les plus faibles, 27,12 à 27,93%, sont observées avec *A. sterilis* et *H. murinum*. *B. mollis*, *B. squarossus*, *L. multiflorum*, *V. sicula*, *B. rigidus* et *B. madritensis* ont des teneurs en CB intermédiaires, 28,67 à 29,62%.

**Au stade épiaison**, les teneurs les plus élevées en CB, 32,75 à 33,09%, sont enregistrées avec *D. glomerata*, *O. miliacea*, *B. madritensis*, *B. mollis* et *P. brachystachis*. Elles sont suivies par *B. squarossus*, *V. sicula*, *A. sterilis*, *L. multiflorum*, *H. murinum* et *B. rigidus* avec des teneurs en CB de 30,64 à 31,92%.

**Au stade floraison**, les teneurs en CB les plus élevées, 33,58 à 35,34%, sont notées avec *B. rigidus*, *B. mollis*, *B. squarossus*, *B. madritensis*, *D. glomerata*, *P. brachystachis*, *O. miliacea*, et *H. murinum*. Des teneurs en CB de 32,63 à 32,71% sont enregistrées avec *L. multiflorum*, *V. sicula* et *A. sterilis*.

**Au stade laiteux**, les teneurs en CB varient entre 33,79% avec *L. multiflorum* et 37,85% avec *P. brachystachis*. Ces teneurs sont comparables entre *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, *B. squarossus*, *D. glomerata*, *H. murinum*, *O. miliacea* et *V. sicula*. Elles sont également comparables entre *P. brachystachis*, *H. murinum* et *B. rigidus*.

Les teneurs en CB augmentent d'un stade phénologique à un autre, de façon significative ou encore non significative, influencées par les facteurs climatiques, en particulier les températures élevées [103] ; [106] ; [165] ; [170] ; [175] ; [176] ; [177].

**Entre les stades montaison et début épiaison**, l'évolution de la teneur en CB n'est pas significative avec *A. sterilis* (-0,07 point) et avec *H. murinum* (+0,35 point). Elle est significative avec *B. rigidus* (+1,84 points), *D. glomerata* (+5,67 points), *L. multiflorum* (+3,11 points), *O. miliacea* (+2,82 points) et *P. brachystachis* (+3,70 points). Avec les espèces cultivées, les teneurs en CB augmentent de façon significative avec *A. sativa* (+3,55 points) et *H. vulgare* (+3,43 points) et de façon non significative avec *L. multiflorum* (+0,72 point) (Tableau 2.3.2.6).

**Entre les stades début épiaison et épiaison**, l'évolution des teneurs en CB est significative avec l'ensemble des graminées, à l'exception de *B. squarossus* (+1,96 points) et *D. glomerata* (+1,51 points) pour lesquels les teneurs en CB ne sont pas significativement différentes (Tableau 2.3.2.6).

**Entre les stades épiaison et floraison**, les différences dans les teneurs en CB ne sont pas significatives avec *A. sterilis* (+1,48 points), *B. mollis* (+0,55 point), *B. rigidus* (+1,66 points), *L. multiflorum* (+1,27 points) et *V. sicula* (+1,51 points). Avec les espèces cultivées, elles ne sont pas significatives avec *A. sativa* (+1,46 points) et *H. vulgare* (+0,35 point) (Tableau 2.3.2.6).

**Entre les stades floraison et laiteux**, les teneurs en CB ne sont pas significativement différentes avec *B. madritensis* (+0,89 point), *B. mollis* (+1,38 points), *B. squarossus* (+1,23 points), *D. glomerata* (+1,28 points), *H. murinum* (+0,82 point), *L. multiflorum* (+1,16 points) et *O. miliacea* (+0,52 point) Avec les espèces cultivées, les teneurs ne sont pas significativement différentes avec *A. sativa* (+0,78 point) et *L. multiflorum* (+00 point) (Tableau 2.3.2.6).

#### 2.3.2.2.5 Evolution des teneurs en parois totales (NDF%)

Les teneurs en NDF figurent dans le tableau 2.3.2.7.

Les teneurs en NDF augmentent significativement du stade montaison au stade laiteux des graminées étudiées. Les augmentations des teneurs en NDF varient entre 9 et 13 points avec les graminées spontanées et de 3 à 8 points avec les graminées cultivées.

Une comparaison intra espèces des teneurs en NDF, révèle peu de valeurs comparables entre les stades phénologiques comparativement aux teneurs en CB de ces mêmes espèces. Ainsi les *B. madritensis*, *mollis*, *rigidus* et l'*O. miliacea*, ne présentent aucune teneur comparable. Alors que l'*A. sterilis* et le *L. multiflorum*, ne sont comparable qu'entre les stades montaison et début épiaison ; le *D. glomerata* entre les stades floraison et laiteux ; le *P. brachystachis* entre l'épiaison et la floraison et *V. sicula* entre le début épiaison et l'épiaison. Seuls *B. squarossus* et *H. murinum*, sont comparables entre les stades début épiaison et épiaison et entre les stades floraison et laiteux.

**Tableau 2.3.2.6** : Evolution des teneurs en cellulose brute (CB%).

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		27,19 ± 1,09 <b>lmn</b>	27,12 ± 1,19 <b>lmn</b>	31,23 ± 1,07 <b>ghi</b>	32,71 ± 1,02 <b>efg</b>	35,60 ± 1,10 <b>bcd</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	29,62 ± 0,78 <b>ijk</b>	33,15 ± 0,77 <b>ef</b>	34,51 ± 1,04 <b>bcd</b>	35,40 ± 0,64 <b>cd</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	28,67 ± 0,42 <b>klm</b>	33,28 ± 1,03 <b>def</b>	33,83 ± 0,86 <b>de</b>	35,21 ± 0,53 <b>cd</b>
<i>Bromus rigidus</i>		27,57 ± 0,69 <b>mno</b>	29,41 ± 0,98 <b>jk</b>	31,92 ± 0,97 <b>fgh</b>	33,58 ± 0,78 <b>def</b>	36,45 ± 1,00 <b>abc</b>
<i>Bromus squarossus</i>		-	28,69 ± 1,05 <b>jkl</b>	30,64 ± 1,14 <b>hij</b>	33,83 ± 0,92 <b>def</b>	35,06 ± 1,19 <b>cd</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		25,57 ± 1,54 <b>o</b>	31,24 ± 1,01 <b>ghi</b>	32,75 ± 0,86 <b>fg</b>	34,63 ± 0,77 <b>cde</b>	35,91 ± 0,74 <b>bc</b>
<i>Hordeum murinum</i>		27,58 ± 0,89 <b>lm</b>	27,93 ± 0,46 <b>lmn</b>	31,62 ± 1,09 <b>fgh</b>	35,34 ± 1,17 <b>bcd</b>	36,16 ± 1,02 <b>abc</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		26,00 ± 1,56 <b>n</b>	29,11 ± 0,88 <b>jk</b>	31,36 ± 0,77 <b>fgh</b>	32,63 ± 1,11 <b>efg</b>	33,79 ± 1,08 <b>def</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>		28,07 ± 1,14 <b>klm</b>	30,89 ± 0,87 <b>hi</b>	32,98 ± 0,68 <b>efg</b>	35,20 ± 1,07 <b>bcd</b>	35,72 ± 0,82 <b>bc</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		26,93 ± 0,79 <b>no</b>	30,63 ± 0,92 <b>ij</b>	33,09 ± 0,74 <b>ef</b>	34,73 ± 0,69 <b>cd</b>	37,85 ± 0,75 <b>a</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	29,41 ± 0,68 <b>jk</b>	31,17 ± 1,23 <b>g</b>	32,68 ± 1,25 <b>efg</b>	34,38 ± 1,16 <b>cde</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	29,38 ± 0,87 <b>ijk</b>	32,93 ± 0,61 <b>f</b>	34,76 ± 0,45 <b>cd</b>	36,22 ± 0,99 <b>abc</b>	37,00 ± 0,49 <b>ab</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	27,47 ± 0,66 <b>mno</b>	30,90 ± 0,08 <b>i</b>	34,33 ± 0,69 <b>de</b>	34,68 ± 0,30 <b>d</b>	36,19 ± 1,25 <b>abc</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	28,58 ± 0,64 <b>klm</b>	29,30 ± 0,35 <b>k</b>	29,16 ± 0,10 <b>k</b>	32,48 ± 0,46 <b>fg</b>	32,48 ± 0,42 <b>fg</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

Le ray-grass cultivé, présente la même évolution des parois que la CB, puisqu'il présente des teneurs comparables entre les 3 premiers stades et entre les 2 derniers stades.

Comparativement aux résultats annoncés par l'INRA [76], nos résultats sont :

Pour l'*A. sterilis*, plus faibles aux stades début épiaison (60,1%) et floraison (63,8%) et plus élevé au stade laiteux (56,2%) que l'*A. sativa*.

Pour les *B. mollis*, *madritensis* et *squarossus*, ont des teneurs en NDF, plus faibles que celles du *B.catharticus* aux stades début épiaison (56,3%), épiaison

(59%) et floraison (62,6%). Le *B. rigidus*, a des teneurs très proches de celles du *B. catharticus*.

Le *D. glomerata*, a des teneurs plus élevées que celles du dactyle cultivé aux stades début épiaison (56%) et épiaison (60%) et comparable au stade floraison (65,6%).

Le *L. multiflorum*, a des teneurs en NDF, comparables avec celle de l'espèce cultivée aux stades début épiaison, épiaison et floraison avec respectivement : 53,6 – 54,1 et 60 %.

**Tableau 2.3.2.7** : Evolution des teneurs en parois totales (NDF%)

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		52,98 ± 1,12 <b>nop</b>	54,17 ± 0,42 <b>n</b>	56,62 ± 1,02 <b>jkl</b>	59,48 ± 0,83 <b>gh</b>	62,65 ± 0,93 <b>def</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	52,79 ± 0,83 <b>op</b>	54,69 ± 1,02 <b>lmn</b>	59,89 ± 0,54 <b>g</b>	62,67 ± 0,89 <b>def</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	51,34 ± 0,68 <b>p</b>	54,53 ± 0,67 <b>mn</b>	59,51 ± 1,11 <b>ghi</b>	62,61 ± 1,18 <b>def</b>
<i>Bromus rigidus</i>		52,88 ± 0,52 <b>o</b>	56,65 ± 1,05 <b>jkl</b>	60,11 ± 0,57 <b>g</b>	61,74 ± 0,70 <b>ef</b>	63,55 ± 1,22 <b>bcd</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	52,70 ± 0,86 <b>op</b>	53,58 ± 1,04 <b>no</b>	59,27 ± 0,70 <b>ghi</b>	61,06 ± 1,10 <b>fg</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		56,41 ± 1,35 <b>jkl</b>	60,81 ± 1,13 <b>g</b>	62,25 ± 0,97 <b>ef</b>	64,61 ± 0,82 <b>bc</b>	65,47 ± 1,16 <b>b</b>
<i>Hordeum murinum</i>		52,43 ± 1,07 <b>op</b>	57,27 ± 1,39 <b>ijk</b>	58,52 ± 0,75 <b>hi</b>	62,83 ± 0,79 <b>def</b>	64,22 ± 0,88 <b>bcd</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		49,15 ± 1,29 <b>q</b>	51,32 ± 1,30 <b>opq</b>	54,23 ± 1,42 <b>lmn</b>	60,28 ± 0,33 <b>g</b>	62,65 ± 0,74 <b>ef</b>
<i>Oryopsis miliacea</i>		56,20 ± 0,43 <b>kl</b>	58,37 ± 1,08 <b>hij</b>	61,66 ± 0,86 <b>ef</b>	65,47 ± 1,40 <b>bc</b>	68,29 ± 0,81 <b>a</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		52,69 ± 1,11 <b>op</b>	57,80 ± 0,81 <b>ij</b>	59,72 ± 0,95 <b>gh</b>	60,07 ± 0,35 <b>g</b>	63,08 ± 0,95 <b>cde</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	51,71 ± 1,08 <b>op</b>	53,37 ± 1,27 <b>no</b>	56,77 ± 0,82 <b>jk</b>	61,69 ± 0,80 <b>ef</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	57,09 ± 0,79 <b>jk</b>	60,24 ± 0,55 <b>g</b>	61,88 ± 0,41 <b>ef</b>	63,20 ± 0,89 <b>cde</b>	63,89 ± 0,44 <b>cd</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	55,32 ± 0,59 <b>lm</b>	58,41 ± 0,27 <b>i</b>	61,50 ± 0,62 <b>fg</b>	61,81 ± 0,56 <b>ef</b>	63,17 ± 0,83 <b>cde</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	56,14 ± 0,57 <b>kl</b>	56,94 ± 0,32 <b>jk</b>	56,85 ± 0,09 <b>k</b>	59,83 ± 0,41 <b>g</b>	59,63 ± 0,38 <b>g</b>

NDF, neutral detergent fiber. Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

### 2.3.2.2.6 Evolution des teneurs en lignocellulose (ADF%)

La teneur en lignocellulose (ADF), des espèces étudiées, est présentée dans le tableau 2.3.2.8.

**Au stade montaison**, *B. rigidus* a la teneur en ADF la plus élevée avec 35,80% alors que la teneur la plus faible est obtenue avec *L. multiflorum* avec 24,74%. Les teneurs en ADF sont comparables entre *A. sterilis* et *D. glomerata* (28,62 et 29,18%), entre *O. miliacea* et *H. murinum* (30,96 et 30,54%) et, entre *D. glomerata* et *P. brachystachis* (29,18 et 30,18%). *A. sativa* et *L. multiflorum* (espèces cultivées) ont des teneurs comparables (31,98 et 31,16%) elles-mêmes comparables à celles d'*O. miliacea* et *H. murinum*. *H. vulgare* et *H. murinum* ont également des teneurs en ADF comparables (30,40 et 30,54%) elles-mêmes comparables à celle de *P. brachystachis* (30,18%). *L. multiflorum* cultivé à une teneur en ADF supérieure à celle de *L. multiflorum* spontané (31,16 contre 24,74%).

**Au stade début épiaison**, *B. rigidus* a la teneur en ADF la plus élevée avec 36,02% ; la teneur la plus faible est observée avec *L. multiflorum* avec 28,54%. Quatre espèces spontanées ont des teneurs en ADF comparables entre elles (32,75 à 34,15%) ; Il s'agit de *H. murinum*, *B. squarrossus*, *B. madritensis* et *B. mollis* dont les teneurs en ADF sont inférieures à celle de *B. rigidus*. Cinq espèces spontanées ont des teneurs comparables entre elles (31,50 à 31,89%) ; Il s'agit d'*A. sterilis*, *D. glomerata*, *O. miliacea*, *V. sicula* et *P. brachystachis* dont les teneurs sont inférieures à celles des quatre espèces précédentes. La teneur en ADF d'*A. sativa* est comparable à celle de *B. rigidus* (34,94 et 36,02%). La teneur en ADF de *L. multiflorum* cultivé (31,89%) est inférieure à celles de *H. vulgare* et d'*A. sativa* (33,25% et 34,94%) (Tableau 2.3.2.8).

**Au stade floraison**, *B. mollis*, *H. murinum*, *B. madritensis*, *B. squarrossus* et *B. rigidus* ont des teneurs en ADF comparables entre-elles (38,76 à 39,80%) ; Elles sont supérieures à celles de *A. sterilis*, *V. sicula*, *O. miliacea*, *D. glomerata* et *P. brachystachis* (35,94 à 37,43%) elles-mêmes comparables entre-elles, inférieures aux précédentes et supérieures à celle de *L. multiflorum* (33,94%). *A. sativa* a une teneur en ADF (37,66%) supérieure à celle de *H. vulgare* (36,38%) elles-mêmes supérieures à celle de *L. multiflorum* cultivé (34,55%).

**Au stade laiteux**, *O. miliacea* a la teneur en ADF la plus élevée avec 42,28% ; La plus faible avec 34,20% est celle de *L. multiflorum*. Six espèces ont des teneurs comparables entres-elles (39,40 à 41,86%) ; Ce sont *H. murinum*, *P. brachystachis*, *B. mollis*, *B. madritensis*, *B. squarossus* et *B. rigidus*. *A. sterilis*, *V. sicula* et *D. glomerata* ont des teneurs comparables entre-elles (37,41 à 37,72%) et inférieures à celles du groupe de six espèces précédentes. Avec 37,64 et 38,30%, *H. vulgare* et *A. sativa* ont des teneurs comparables à celles de *V. sicula*, *D. glomerata* et *A. sterilis* et, supérieures à celle du *L. multiflorum* cultivé (34,56%).

Selon l'espèce considérée, les teneurs en ADF augmentent différemment d'un stade phénologique à l'autre. Les augmentations varient entre 3,4 points (31,16 à 34,56%) avec *L. multiflorum* cultivé et 11,3 points (30,96 à 42,28%) avec *O. miliacea*. Les teneurs en ADF augmentent significativement :

- entre l'ensemble des stades avec *D. glomerata*, *P. brachystachis*, *V. sicula* et *B. mollis*,
- jusqu'au stade floraison avec *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. squarossus*, *H. murinum* et *L. multiflorum*,
- à partir du stade début épiaison avec *O. miliacea*
- entre les stades début épiaison et épiaison avec *B. rigidus* (Tableau 2.3.2.8).

La différence entre NDF et ADF, est l'hémicellulose qui est plus digestible que la cellulose. Ces deux dernières, sont la source principale d'énergie pour la population microbienne du rumen, pour autant que l'action cellulolytique de celle-ci ne soit pas entravée par la présence de la lignine [178] ; [179] ; [180].

**Tableau 2.3.2.8** : Evolution des teneurs en ADF (en % de la MS).

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		28,62 ± 0,71 <b>p</b>	31,50 ± 1,12 <b>lmn</b>	32,95 ± 1,27 <b>jkl</b>	35,94 ± 0,84 <b>gh</b>	37,41 ± 0,78 <b>efg</b>
<i>Bromus madretinsis</i>		-	33,75 ± 0,76 <b>ijk</b>	36,84 ± 0,70 <b>fg</b>	39,24 ± 0,71 <b>bcd</b>	40,12 ± 0,34 <b>bc</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	34,15 ± 0,54 <b>ij</b>	37,54 ± 0,67 <b>ef</b>	38,76 ± 0,29 <b>d</b>	40,03 ± 0,66 <b>bc</b>
<i>Bromus rigidus</i>		35,80 ± 1,64 <b>ghi</b>	36,02 ± 1,15 <b>fgh</b>	38,79 ± 1,05 <b>bcd</b>	39,80 ± 1,52 <b>bcd</b>	41,86 ± 1,53 <b>ab</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	33,38 ± 0,57 <b>jk</b>	36,27 ± 1,31 <b>fgh</b>	39,36 ± 1,11 <b>bcd</b>	40,19 ± 0,54 <b>bc</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		29,18 ± 0,93 <b>op</b>	31,75 ± 0,88 <b>l</b>	34,06 ± 0,42 <b>ij</b>	36,73 ± 1,10 <b>fg</b>	37,72 ± 0,45 <b>e</b>
<i>Hordeum murinum</i>		30,54 ± 1,23 <b>mno</b>	32,75 ± 0,40 <b>kl</b>	34,41 ± 0,90 <b>hij</b>	39,31 ± 0,61 <b>cd</b>	39,40 ± 1,10 <b>bcd</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		24,73 ± 0,94 <b>q</b>	28,54 ± 0,72 <b>p</b>	29,97 ± 0,47 <b>o</b>	33,94 ± 0,87 <b>ijk</b>	34,20 ± 1,03 <b>hij</b>
<i>Oryopsis miliacea</i>		30,96 ± 0,67 <b>mn</b>	31,78 ± 0,79 <b>lm</b>	34,05 ± 0,49 <b>i</b>	37,43 ± 0,80 <b>efg</b>	42,28 ± 1,01 <b>a</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		30,18 ± 0,40 <b>no</b>	31,89 ± 0,84 <b>lm</b>	33,06 ± 0,90 <b>jkl</b>	36,87 ± 0,75 <b>fg</b>	39,47 ± 0,85 <b>bcd</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	31,82 ± 0,59 <b>lm</b>	34,17 ± 0,74 <b>hij</b>	36,19 ± 0,72 <b>g</b>	37,57 ± 0,62 <b>ef</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	31,98 ± 0,73 <b>lm</b>	34,94 ± 0,51 <b>hi</b>	36,45 ± 0,38 <b>g</b>	37,66 ± 0,82 <b>e</b>	38,30 ± 0,41 <b>de</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	30,40 ± 0,55 <b>no</b>	33,25 ± 0,46 <b>jk</b>	36,09 ± 0,57 <b>g</b>	36,38 ± 0,50 <b>g</b>	37,64 ± 0,84 <b>def</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	31,16 ± 0,53 <b>m</b>	31,89 ± 0,29 <b>m</b>	31,80 ± 0,68 <b>lm</b>	34,55 ± 0,38 <b>hi</b>	34,56 ± 0,35 <b>hi</b>

ADF, acid detergent fiber. Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

### 2.3.2.3 Digestibilité in-vitro des espèces principales

#### 2.3.2.3.1 Evolution de la digestibilité in vitro de la matière organique (DivMO)

La DivMO des espèces étudiées, est présentée dans le tableau 2.3.2.9.

**Au stade montaison**, Cinq espèces, *A. sterilis*, *P. brachystachis*, *B. rigidus*, *L. multiflorum* et *D. glomerata*, possèdent des DivMO comparables entre-elles (71,39 à 73,39%). *O. miliacea* a la DivMO, la plus faible, avec 64,36%. *H. murinum* a une DivMO de 70,90%, comparable à celle d'*A. sterilis* avec 71,39%. Les espèces cultivées, *A. sativa*, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des DivMO

comparables entre-elles (77,51 à 78,98%) et, supérieures à celles des espèces spontanées.

**Au stade début épiaison**, *L. multiflorum* et *D. glomerata* ont des DivMO comparables entre-elles et les plus élevées avec respectivement 72,11 et 71,91 %. La DivMO, la plus faible, est celle de l'*O. miliacea* avec 62,10%. Des DivMO comparables (69,65 à 70,28%) sont observées entre *P. brachystachis*, *B. madritensis*, *A. sterilis* et *B. rigidus*. Des DivMO comparables (67,95 à 69,03%) sont également observées entre *V. sicula*, *H. murinum*, *B. squarossus* et *B. mollis*. Les espèces cultivées, *A. sativa*, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des DivMO comparables entre-elles (72,16 à 74,44%). *A. sativa* et *H. vulgare* ont des DivMO comparables à celles de *D. glomerata* et *L. multiflorum* spontané. La DivMO de *L. multiflorum* cultivé avec 74,44%, est supérieure à celles de l'ensemble des espèces spontanées (Tableau 2.3.2.9).

**Au stade épiaison**, *D. glomerata* et *L. multiflorum* ont les DivMO les plus élevées avec 68,85 et 70,00% respectivement. La plus faible DivMO est celle de l'*O. miliacea* avec 60,89%. Les DivMO de *V. sicula*, *B. madritensis* et *B. rigidus* sont comparables entre-elles (66,64 à 67,49%) et supérieures à celles de *P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *A. sterilis* et *B. mollis* également comparables entre-elles (64,65 à 66,18%). Les DivMO d'*A. sativa* et *H. vulgare* sont comparables entre elles et, inférieures à celle de *L. multiflorum* cultivé (72,59%).

**Au stade floraison**, huit espèces, *B. mollis*, *B. squarossus*, *H. murinum*, *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *V. sicula* et *P. brachystachis*, ont des DivMO comparables entre-elles (61,59 à 62,87%). Les plus élevées DivMO sont celles de *D. glomerata* et *L. multiflorum* (63,54 à 64,34%). La plus faible DivMO est de 57,77% observée avec *O. miliacea*. *A. sativa* a une DivMO de 66,86%, comparable à celle de *H. vulgare* de 67,96%, elle-même comparable à celle de *L. multiflorum* de 69,43% (Tableau 2.3.2.9).

**Au stade laiteux**, huit espèces, *A. sterilis*, *V. sicula*, *P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *B. mollis*, *B. rigidus* et *B. madritensis*, ont des DivMO comparables entre-elles (60,24 à 61,04%). La plus élevée DivMO est celle de *L.*

*multiflorum* avec 61,69% et, la plus faible est celle d'*O. miliacea* avec 54,50%. *A. sativa* a une DivMO inférieure à celle de *H. vulgare* (64,37 contre 66,28%) laquelle est comparable à celle du *L. multiflorum* cultivé (67,74%).

Les DivMO diminuent significativement :

- du stade montaison au stade laiteux avec *B. madritensis*, *B. rigidus*, *D. glomerata*, *H. murinum*, *O. miliacea*, *P. brachystachis* et *V. sicula* mais aussi avec *A. sativa*,
- à partir du stade début épiaison avec *A. sterilis* et *L. multiflorum*,
- entre les stades début épiaison et floraison avec *B. mollis*,
- entre les stades épiaison et floraison avec *B. squarossus*,
- entre les stades montaison et épiaison avec *H. vulgare*,
- entre les stades montaison et floraison avec *L. multiflorum* cultivé.

*O. miliacea* a la plus faible DivMO à tous les stades alors que *L. multiflorum* a la DivMO, la plus élevée, à tous les stades.

D'un stade à l'autre, la DivMO diminue différemment avec toutes les espèces. Pour une même espèce, les différences entre DivMO entre les stades peuvent être significatives ou encore non significatives.

Du stade montaison au stade laiteux, les diminutions sont de 11,1 points (71,4 à 60,24%) avec *A. sterilis* ; de 11,7 points (72,6 à 60,9%) avec *B. rigidus* ; de 11,8 points (73,4 à 61,5%) avec *D. glomerata* ; de 10,3 points (70,9 à 60,6%) avec *H. murinum* ; de 11,6 points (73,3 à 61,7%) avec *L. multiflorum* ; de 9,8 points (64,3 à 54,5%) avec *O. miliacea* ; de 11,4 points (72,1 à 60,7%) avec *P. brachystachis*.

Du stade Début épiaison au stade laiteux, les diminutions sont de 9 points (70,1 à 61,0%) avec *B. madritensis* ; de 8 points (69 à 60,7%) avec *B. mollis* ; de 8 points (68,7 à 60,6%) avec *B. squarossus* et de 8 points (68 à 60%) avec *V. sicula*.

Pour les espèces cultivées, les diminutions sont franchement significatives du début à la fin du cycle. Elles sont de 13,1 points (77,5 à 64,4%) avec *A. sativa* ; de 13,3 points (79,6 à 66,3%) avec *H. vulgare* et de 11,2 points (79 à 67,7%) avec *L. multiflorum*.

Les diminutions de la DivMO les plus importantes ont eu lieu, entre les stades début épiaison et floraison ; qui correspondent aux mois d'Avril et Mai.

Pendant ces mois, les conditions climatiques défavorables, provoquent des changements morphologiques chez les plantes (baisse du rapport feuilles / tiges) entraînant une diminution de la teneur en MAT et une augmentation de la teneur en parois [181]; [182]. De même, au printemps, la digestibilité diminue essentiellement en relation avec la proportion de feuilles vertes, de feuilles sénescentes et des tiges dans la biomasse récoltable [154]; ces dernières étant moins digestibles [166]; [183]; [184]; [185]. En réalité, les feuilles sont riches en composantes de mésophylle ayant une digestibilité élevée tandis que les tiges possèdent une concentration élevée de sclérenchyme et xylème [179]; [186].

**Tableau 2.3.2.9** : Digestibilité in vitro de la MO (DivMO).

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		71,39 ± 1,33 <b>cde</b>	70,18 ± 0,42 <b>e</b>	66,04 ± 0,78 <b>j</b>	62,28 ± 0,73 <b>lm</b>	60,24 ± 0,64 <b>o</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	70,12 ± 0,30 <b>e</b>	67,44 ± 1,09 <b>hi</b>	62,54 ± 0,83 <b>lm</b>	61,04 ± 0,37 <b>no</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	69,03 ± 0,49 <b>fg</b>	66,18 ± 0,44 <b>j</b>	61,59 ± 0,80 <b>mno</b>	60,77 ± 0,63 <b>no</b>
<i>Bromus rigidus</i>		72,61 ± 0,38 <b>bcd</b>	70,28 ± 0,75 <b>e</b>	67,49 ± 0,69 <b>hi</b>	62,87 ± 0,75 <b>lm</b>	60,89 ± 0,68 <b>no</b>
<i>Bromus squarrosus</i>		-	68,67 ± 0,52 <b>gh</b>	65,32 ± 0,75 <b>j</b>	61,85 ± 0,67 <b>mn</b>	60,58 ± 0,81 <b>no</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		73,39 ± 0,75 <b>bc</b>	71,91 ± 0,38 <b>d</b>	68,85 ± 0,68 <b>fg</b>	63,54 ± 0,91 <b>kl</b>	61,54 ± 0,17 <b>n</b>
<i>Hordeum murinum</i>		70,90 ± 0,64 <b>e</b>	68,20 ± 0,99 <b>ghi</b>	65,26 ± 0,78 <b>jk</b>	61,63 ± 0,88 <b>mn</b>	60,58 ± 0,34 <b>o</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		73,31 ± 1,05 <b>bcd</b>	72,11 ± 0,55 <b>cd</b>	70,00 ± 0,62 <b>ef</b>	64,34 ± 0,51 <b>k</b>	61,69 ± 0,52 <b>m</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>		64,36 ± 0,81 <b>jk</b>	62,10 ± 0,59 <b>lm</b>	60,89 ± 0,36 <b>no</b>	57,77 ± 0,64 <b>p</b>	54,50 ± 0,43 <b>q</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		72,11 ± 0,78 <b>cd</b>	69,65 ± 0,33 <b>ef</b>	64,65 ± 0,76 <b>jk</b>	62,09 ± 0,15 <b>m</b>	60,71 ± 0,29 <b>o</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	67,95 ± 0,53 <b>h</b>	66,64 ± 0,66 <b>i</b>	62,43 ± 1,02 <b>lm</b>	60,25 ± 0,62 <b>o</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	77,51 ± 1,21 <b>a</b>	73,69 ± 1,41 <b>bcd</b>	70,07 ± 0,91 <b>efg</b>	66,86 ± 0,98 <b>hi</b>	64,37 ± 0,78 <b>jk</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	79,59 ± 1,68 <b>a</b>	72,16 ± 1,25 <b>bcd</b>	69,65 ± 1,46 <b>efg</b>	67,96 ± 1,27 <b>ghi</b>	66,28 ± 1,08 <b>ij</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	78,98 ± 1,00 <b>a</b>	74,44 ± 1,12 <b>b</b>	72,59 ± 0,36 <b>cd</b>	69,43 ± 0,47 <b>efg</b>	67,74 ± 1,38 <b>ghi</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

Comparées à celles rapportées dans les tables de l'INRA [76], les DivMO obtenues :

Avec *A. sterilis* sont proches de celles de *A. sativa* aux stades début épiaison avec 71%, floraison avec 66% et laiteux pâteux avec 59%.

Avec *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus* et *B. squarossus* sont inférieures à celles de *B. catharticus* avec 75% en début épiaison et 67% en début floraison.

Avec *D. glomerata* sont plus faibles que celles du dactyle cultivé aux stades début épiaison et épiaison avec respectivement 74 et 72%. Au stade floraison, *D. glomerata* est plus digestible que le dactyle cultivé (63,54 contre 59%).

Avec *H. murinum* sont plus faible que *H. vulgare* avec 65% au stade floraison et 61% au stade laiteux pâteux.

Avec *L. multiflorum* sont proches de celles du ray-grass d'Italie cultivé avec 73% en début épiaison, 69% à l'épiaison et 60% à la floraison.

#### 2.3.2.3.2 Evolution de la digestibilité In Vitro de la CB (DivCB)

Les DivCB des espèces étudiées sont présentées dans le tableau 2.3.2.10.

**Au stade montaison**, *D. glomerata* a la plus élevée DivCB (72,37%) ; la plus faible (63,93%) est celle de l'*O. miliacea*. Les autres espèces *A. sterilis*, *H. murinum*, *B. rigidus*, *P. brachystachis* et *L. multiflorum* possèdent des DivCB comparables à légèrement différentes de 69,49 à 71,06%. Les espèces cultivées, *A. sativa*, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des DivCB différentes entre-elles (respectivement 75,49 ; 77,88 et 76,68 %) et, plus élevées que celles des espèces spontanées (Tableau 2.3.2.10).

**Au stade début épiaison**, *D. glomerata* a la DivCB la plus élevée (70,54%) ; la plus faible (60,50%) est celle de l'*O. miliacea*. Les autres DivCB sont comparables entre *H. murinum*, *A. sterilis*, *B. squarossus*, *P. brachystachis* et *B. madritensis* (66,91 à 68,72%) ; Elles sont aussi comparables entre *P. brachystachis*, *B. madritensis*, *B. rigidus* et *L. multiflorum* (68,33 à 69,35%), également comparables entre *V. sicala*, *H. murinum*, *A. sterilis* et *B. squarossus* (66,64 à 67,40%). Les DivCB des espèces cultivées (*A. sativa*, *H. vulgare* et *L. multiflorum*) sont comparables entre-elles (70,78 à 71,86%), comparables à celle du *D. glomerata* (70,54%) et, supérieures à celles des autres espèces spontanées (60,50 à 69,35%) (Tableau 2.3.2.10).

**Au stade épiaison**, *D. glomerata* a la plus élevée DivCB (68,16%) ; la plus faible (58,19%) est celle d'*O. miliacea*. Les DivCB de *P. brachystachis*, *V. sicula*, *B. squarossus*, *A. sterilis* et *B. mollis* sont comparables entre-elles (63,77 à 64,70%) ; Elles sont aussi comparables entre *B. madritensis*, *B. rigidus* et *L. multiflorum* (65,40 à 66,32%). La DivCB de *H. murinum* est supérieure à celle de l'*O. miliacea* (58,19%) et inférieure à celles des autres espèces spontanées. Avec les espèces cultivées, les DivCB d'*A. sativa* et de *L. multiflorum* (68,43 et 68,39 %) sont comparables entre-elles et, supérieures à celle de *H. vulgare* (65,46%). *A. sativa* a une DivCB comparable à celle du *D. glomerata* alors que *H. vulgare* a une DivCB comparable à celles du *L. multiflorum* spontané, *B. madritensis* et *B. rigidus*.

**Au stade floraison**, *D. glomerata* et *L. multiflorum* ont des DivCB comparables entre elles et, les plus élevées (64,15 et 63,33%). *O. miliacea* a la plus faible DivCB (55,29%). Les DivCB de *P. brachystachis*, *B. squarossus*, *A. sterilis* et *B. rigidus* sont comparables entre-elles (61,79 et 62,21%). *H. vulgare* et *V. sicula* ont des DivCB comparables entre-elles, supérieures à celle de l'*O. miliacea* et, inférieures à celles des autres espèces spontanées. Avec les espèces cultivées, *A. sativa* et *L. multiflorum* ont des DivCB comparables entre-elles (66,38 et 67,42%) et, supérieures à celle de *H. vulgare* (64,45%). Cette dernière est comparable à celles de *L. multiflorum* spontané et *D. glomerata* dont les DivCB sont les plus élevées avec les espèces spontanées (Tableau 2.3.2.10).

**Au stade laiteux**, 7 espèces ont des DivCB comparables entre-elles, 58,34 à 59,79% ; Il s'agit de *B. squarossus*, *V. sicula*, *P. brachystachis*, *B. mollis*, *B. madritensis*, *A. sterilis* et *B. rigidus*. Les DivCB, les plus élevées (61,37 et 61,73%), sont notées avec *L. multiflorum* et *D. glomerata*. La DivCB, la plus faible, est celle de l'*O. miliacea* (51,23%). La DivCB de *H. murinum* (57,43%) est comparable à celle de *P. brachystachis* (58,77%). Avec les espèces cultivées, *A. sativa* et *H. vulgare* ont des DivCB comparables entre-elles (63,74 et 63,33%) et, inférieures à celle du *L. multiflorum* (65,72%). Les différences entre les DivCB des espèces spontanées et les espèces cultivées sont de 3,99 et 12,10 points respectivement entre les DivCB les plus élevées (61,73 et 65,72%) et les plus faibles (51,23 et 63,33%) (Tableau 2.3.2.10).

Avec l'ensemble des espèces spontanées, les DivCB diminuent de façon significative d'un stade phénologique à l'autre avec des variations entre espèces. Du stade montaison ou début épiaison (selon le cas) au stade laiteux, les diminutions de la DivCB varient de 8,11 points avec *V. sicula* à 12,70 points avec *O. miliacea*. Avec les espèces cultivées, les diminutions de la DivCB sont plus importantes, de 10,95 points avec *L. multiflorum* à 14,55 points avec *H. vulgare*.

**Tableau 2.3.2.10** : Evolution de la digestibilité *In Vitro* de la cellulose brute (DivCB)

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Especies						
<i>Avena sterilis</i>		69,49 ± 0,70 <b>gh</b>	67,39 ± 0,85 <b>ij</b>	64,66 ± 0,75 <b>lm</b>	62,05 ± 0,41 <b>n</b>	59,49 ± 1,03 <b>pq</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	68,72 ± 0,76 <b>hi</b>	65,40 ± 0,39 <b>kl</b>	61,12 ± 0,36 <b>o</b>	59,08 ± 0,65 <b>pq</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	67,75 ± 0,22 <b>i</b>	64,70 ± 0,73 <b>lm</b>	61,04 ± 0,35 <b>o</b>	58,92 ± 0,49 <b>q</b>
<i>Bromus rigidus</i>		70,29 ± 0,94 <b>efg</b>	68,85 ± 0,40 <b>h</b>	65,75 ± 0,75 <b>kl</b>	62,21 ± 0,25 <b>n</b>	59,79 ± 0,85 <b>p</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	67,40 ± 0,56 <b>ij</b>	64,36 ± 0,55 <b>m</b>	61,87 ± 0,67 <b>no</b>	58,34 ± 0,32 <b>q</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		72,37 ± 0,85 <b>d</b>	70,54 ± 0,32 <b>f</b>	68,16 ± 0,92 <b>hi</b>	64,15 ± 0,81 <b>m</b>	61,73 ± 0,66 <b>no</b>
<i>Hordeum murinum</i>		69,81 ± 0,37 <b>gh</b>	66,91 ± 1,33 <b>ijk</b>	61,37 ± 0,44 <b>n</b>	60,40 ± 0,56 <b>p</b>	57,43 ± 0,65 <b>r</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		71,06 ± 0,78 <b>def</b>	69,35 ± 0,80 <b>gh</b>	66,32 ± 0,60 <b>jk</b>	63,33 ± 0,73 <b>m</b>	61,37 ± 0,69 <b>no</b>
<i>Oryopsis miliacea</i>		63,93 ± 0,93 <b>m</b>	60,50 ± 0,84 <b>op</b>	58,19 ± 0,63 <b>q</b>	55,29 ± 0,39 <b>s</b>	51,23 ± 0,78 <b>t</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		70,51 ± 0,55 <b>fg</b>	68,33 ± 0,47 <b>hi</b>	63,77 ± 0,46 <b>m</b>	61,79 ± 0,52 <b>no</b>	58,77 ± 0,95 <b>pqr</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	66,64 ± 0,45 <b>j</b>	63,88 ± 0,28 <b>m</b>	60,11 ± 0,70 <b>p</b>	58,53 ± 0,20 <b>q</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	75,49 ± 0,47 <b>c</b>	70,78 ± 0,60 <b>def</b>	68,43 ± 0,58 <b>hi</b>	66,38 ± 0,63 <b>jk</b>	63,74 ± 0,89 <b>m</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	77,88 ± 0,54 <b>a</b>	71,28 ± 0,62 <b>de</b>	65,46 ± 0,92 <b>kl</b>	64,45 ± 0,88 <b>lm</b>	63,33 ± 0,96 <b>m</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	76,68 ± 0,55 <b>b</b>	71,86 ± 0,72 <b>de</b>	68,39 ± 0,56 <b>hi</b>	67,42 ± 0,58 <b>ij</b>	65,72 ± 0,67 <b>kl</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

Comparées à celles rapportées dans les tables de l'INRA [76], les DivCB obtenues :

Avec *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. squarossus*, *B. rigidus* sont inférieures à celles du *B. catharticus* en début épiaison (78%), épiaison (73%) et début floraison (66%),

Avec *D. glomerata* spontané sont inférieures à celles du *D. glomerata* cultivé aux stades début épiaison (75%), épiaison (73) et floraison (67%),

Avec *L. multiflorum* spontané sont inférieures à celles du *L. multiflorum* cultivé au stade début épiaison (78%).

Les fourrages poussant sous climat d'Afrique du Nord, ont tendance à se lignifier davantage que les mêmes fourrages poussant sous climat tempéré. La lignine, n'étant pas dosée, aurait vraisemblablement expliqué la diminution de la digestibilité de la cellulose brute [187] ; [188]. Néanmoins, la diminution de la teneur en MAT observée dans cet essai, explique en partie, cette diminution de la digestibilité de la cellulose brute [189].

#### **2.3.2.4 Valeurs énergétiques et azotées des espèces principales**

##### **2.3.2.4.1 Valeurs énergétiques.**

##### **2.3.2.4.1.1 Valeurs énergétiques en unités fourragères lait (UFL)**

Les UFL des espèces étudiées, sont données dans le tableau 2.3.2.11.

**Au stade montaison**, *O. miliacea* à la plus faible valeur énergétique avec 0,72 UFL/kg de MS. Les autres espèces, *A. sterilis*, *H. murinum*, *P. brachystachis*, *D. glomerata*, *B. rigidus* et *L. multiflorum* ont des valeurs comparables (0,82 à 0,85 UFL/kg de MS). Les espèces cultivées ont des valeurs énergétiques plus élevées que celles des espèces spontanées. *A. sativa* et *H. vulgare* ont des valeurs comparables entre-elles (0,95 et 0,94 UFL/kg de MS). La valeur énergétique du *L. multiflorum* cultivé est comparable à celle de l'*H. vulgare* (0,92 et 0,94 UFL/kg de MS) et, inférieure à celle d'*A. sativa* (Tableau 2.3.2.11).

**Au stade début épiaison**, 9 espèces spontanées ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles, 0,79 à 0,83 UFL/kg de MS ; Il s'agit de *V. sicala*, *P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *A. sterilis*, *B. mollis* et *D. glomerata*. Les valeurs énergétiques de ces 9 espèces sont supérieures à celle de l'*O. miliacea* avec 0,71 UFL/kg de MS et, inférieures à celle du *L. multiflorum* avec 0,85 UFL/kg de MS. Les espèces cultivées, *A. sativa*, *H.*

*vulgare* et *L. multiflorum* ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles (0,88 à 0,89 UFL/ kg de MS) et, supérieures à celles des espèces spontanées (0,71 à 0,85 UFL/kg de MS) (Tableau 2.3.2.11).

**Au stade épiaison**, 7 espèces spontanées ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles, 0,76 à 0,79 UFL/kg de MS; Il s'agit de *B. squarossus*, *B. mollis*, *A. sterilis*, *V. sicula*, *B. madritensis*, *B. rigidus* et *D. glomerata*. Les valeurs énergétiques de ces 7 espèces sont supérieures à celle de l'*O. miliacea* (0,70 UFL/kg de MS) et, inférieures à celle de *L. multiflorum* spontané (0,83 UFL/kg de MS). *H. murinum* a une valeur énergétique de 0,76 UFL/kg de MS, comparable à celles de *B. squarossus* et d'*A. sterilis* avec respectivement 0,76 et 0,77 UFL/kg de MS. La valeur énergétique la plus élevée avec les espèces spontanées (0,83 UFL/kg de MS), obtenue avec *L. multiflorum*, est comparable à celle d'*A. sativa* (0,82 UFL/kg de MS). Les espèces cultivées, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles et, supérieures à celles de l'ensemble des espèces spontanées (Tableau 2.3.2.11).

**Au stade floraison**, 5 espèces ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles, avec 0,70 à 0,72 UFL/kg de MS ; Il s'agit de *P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *B. mollis* et *A. sterilis*. 5 autres espèces ont également des valeurs énergétiques comparables entre-elles, avec 0,73 à 0,74 UFL/kg de MS ; Ces espèces sont *V. sicula*, *D. glomerata*, *B. rigidus*, *B. madritensis* et *L. multiflorum* dont les valeurs énergétiques sont supérieures à celles des 7 espèces précédentes. *O. miliacea* a la valeur énergétique la plus faible avec 0,66 UFL/kg de MS. Les espèces cultivées, *A. sativa*, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des valeurs énergétiques différentes entre-elles et, supérieures à celles des espèces spontanées (0,77 à 0,82 UFL contre 0,66 à 0,74 UFL par kg de MS).

**Au stade laiteux**, 9 espèces (*V. sicula*, *P. brachystachis*, *A. sterilis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, *B. squarossus*, *H. murinum*, *B. madritensis* et *D. glomerata*) ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles, avec 0,69 à 0,71 UFL/kg de MS. La valeur énergétique, la plus faible, est celle de l'*O. miliacea* avec 0,62 UFL/kg de MS. La plus élevée est celle de *L. multiflorum*, avec 0,72 UFL/kg de MS. Cette dernière est comparable à celles de *H. murinum*, *D. glomerata*, *B. squarossus*, *B. rigidus*, *B. mollis* et *B. madritensis* avec 0,70 à 0,71 UFL/kg de MS.

Les espèces cultivées ont des valeurs énergétiques comparables à plus élevées que les espèces spontanées. *A. sativa* et *L. multiflorum* spontané ont des valeurs comparables entre-elles, avec 0,74 et 0,72 UFL/kg de MS. Par contre, *L. multiflorum* et *H. vulgare* cultivés ont des valeurs énergétiques plus élevées que celles des espèces spontanées (0,78 à 0,79 UFL contre 0,62 à 0,72 UFL par kg de MS (Tableau 2.3.2.11).

Les valeurs énergétiques diminuent du stade montaison ou début épiaison (selon le cas) au stade laiteux ; Ces diminutions sont significatives :

- entre tous les stades, du début épiaison au laiteux avec *A. sterilis*, *B. rigidus* et *D. glomerata*,
- entre tous les stades, du début épiaison à floraison avec *B. mollis*, *B. squarossus*, *H. murinum*, *L. multiflorum* et *P. brachystachis*,
- entre tous les stades, de montaison à épiaison et, de épiaison à laiteux avec *O. miliacea*,
- entre tous les stades, de épiaison à laiteux avec *V. sicula*.

Avec les espèces cultivées, les diminutions sont significatives

- entre tous les stades, de montaison à laiteux avec *A. sativa* et, avec *H. vulgare*,
- entre les stades, de montaison à floraison avec *L. multiflorum*.

La qualité du fourrage diminue au cours du temps à cause de la diminution des feuilles vertes. La réduction du rapport F / T et l'augmentation de feuilles sénescents et de la masse des tiges se traduit par une moindre digestibilité des tissus [154] ; [190] ; [191] et une diminution de la valeur énergétique.

Les valeurs énergétiques de *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus* et *B. squarossus* sont plus faibles que celles rapportées par [76] pour *B. catharticus* aux stades début épiaison, épiaison et floraison avec respectivement 0,89 ; 0,85 et 0,77 UFL/kg de MS.

*A. sterilis* possède des valeurs énergétiques proches de celles d'*A. sativa* au stade début épiaison (0,83 contre 0,84 UFL/kg de MS) et, plus élevées au stade floraison (0,77 contre 0,74 UFL/kg de MS) [76].

*L. multiflorum* spontané a des valeurs énergétiques légèrement à franchement plus élevées que celles du ray-grass rapportées par [76] aux stades début épiaison (0,85 contre 0,87 UFL), épiaison (0,83 contre 0,81 UFL et floraison (0,74 contre 0,66 UFL/kg de MS).

Avec 0,83 UFL/kg de MS, *D. glomerata* a des valeurs proches de celle du dactyle cultivé avec 0,80 UFL au début du cycle [76].

**Tableau 2.3.2.11** : Valeurs énergétiques en unité fourragère lait (UFL) des espèces principales

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		0,82 ± 0,02 <b>def</b>	0,83 ± 0,02 <b>def</b>	0,77 ± 0,02 <b>hi</b>	0,72 ± 0,01 <b>klm</b>	0,69 ± 0,01 <b>n</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	0,82 ± 0,01 <b>ef</b>	0,79 ± 0,02 <b>fgh</b>	0,73 ± 0,01 <b>jkl</b>	0,71 ± 0,01 <b>lmn</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	0,83 ± 0,02 <b>def</b>	0,77 ± 0,01 <b>h</b>	0,71 ± 0,01 <b>lmn</b>	0,70 ± 0,01 <b>mn</b>
<i>Bromus rigidus</i>		0,84 ± 0,01 <b>de</b>	0,82 ± 0,02 <b>def</b>	0,79 ± 0,01 <b>gh</b>	0,73 ± 0,01 <b>jk</b>	0,70 ± 0,01 <b>mn</b>
<i>Bromus squarossus</i>		-	0,80 ± 0,01 <b>fg</b>	0,76 ± 0,02 <b>hij</b>	0,71 ± 0,01 <b>lmn</b>	0,70 ± 0,01 <b>mn</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		0,83 ± 0,01 <b>de</b>	0,83 ± 0,02 <b>def</b>	0,79 ± 0,01 <b>gh</b>	0,73 ± 0,01 <b>jk</b>	0,71 ± 0,01 <b>lmn</b>
<i>Hordeum murinum</i>		0,82 ± 0,01 <b>ef</b>	0,80 ± 0,02 <b>fgh</b>	0,76 ± 0,01 <b>i</b>	0,71 ± 0,01 <b>lmn</b>	0,70 ± 0,01 <b>mn</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		0,85 ± 0,02 <b>de</b>	0,85 ± 0,02 <b>de</b>	0,83 ± 0,02 <b>ef</b>	0,74 ± 0,01 <b>ijk</b>	0,72 ± 0,01 <b>klm</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>		0,72 ± 0,01 <b>kl</b>	0,71 ± 0,01 <b>lmn</b>	0,70 ± 0,01 <b>mn</b>	0,66 ± 0,01 <b>o</b>	0,62 ± 0,01 <b>p</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		0,83 ± 0,02 <b>def</b>	0,80 ± 0,01 <b>fg</b>	0,73 ± 0,01 <b>jk</b>	0,70 ± 0,01 <b>mn</b>	0,69 ± 0,01 <b>n</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	0,79 ± 0,02 <b>fgh</b>	0,78 ± 0,01 <b>gh</b>	0,73 ± 0,01 <b>jk</b>	0,69 ± 0,01 <b>n</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	0,95 ± 0,00 <b>a</b>	0,89 ± 0,03 <b>c</b>	0,82 ± 0,01 <b>ef</b>	0,77 ± 0,01 <b>h</b>	0,74 ± 0,01 <b>ijk</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	0,94 ± 0,03 <b>ab</b>	0,88 ± 0,02 <b>c</b>	0,85 ± 0,02 <b>d</b>	0,82 ± 0,01 <b>ef</b>	0,79 ± 0,01 <b>g</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	0,92 ± 0,00 <b>b</b>	0,89 ± 0,01 <b>c</b>	0,86 ± 0,02 <b>d</b>	0,79 ± 0,00 <b>g</b>	0,78 ± 0,01 <b>gh</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

#### 2.3.2.4.1.2 Valeurs énergétiques en unités fourragères viande (UFV)

Les valeurs UFV des espèces étudiées, sont présentées dans le tableau 2.3.2.12.

**Au stade montaison**, 6 espèces spontanées ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles, de 0,76 à 0,79 UFV/kg de MS ; Il s'agit de *A. sterilis*, *H. murinum*, *P. brachystachis*, *D. glomerata*, *B. rigidus* et *L. multiflorum*. *O. miliacea* a la valeur énergétique la plus faible, avec 0,64 UFV/kg de MS. Avec les espèces

cultivées, *A. sativa* et *H. vulgare* ont des valeurs comparables entre-elles (0,92 et 0,91 UFV/kg de MS) ; *L. multiflorum* avec 0,88 UFV/kg de MS, a une valeur comparable à celle de *H. vulgare* et inférieure à celle d'*A. sativa*. Les espèces cultivées sont plus énergétiques que les espèces spontanées (Tableau 2.3.2.12).

**Au stade début épiaison**, 7 espèces (*V. sicula*, *H. murinum*, *P. brachystachis*, *B. rigidus*, *B. mollis*, *B. madritensis* et *A. sterilis*) ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles (0,73 à 0,77 UFV/kg de MS) ; *L. multiflorum* a une valeur de 0,79 UFV/kg de MS sans que celle-ci soit différente de façon significative de celles de *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus* et *D. glomerata*. Avec 0,63 UFV/kg de MS, *O. miliacea* a la valeur énergétique la plus faible. Les espèces cultivées, *A. sativa*, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles (0,84 ; 0,83 et 0,84 UFV/kg de MS) et, supérieures à celles des espèces spontanées, à l'exception du *L. multiflorum* pour lequel la valeur énergétique est comparable à celles d'*A. sativa* et *H. vulgare*.

**Au stade épiaison**, les espèces spontanées peuvent être groupées par valeurs énergétiques comparables entre-elles :

- 0,68 à 0,70 UFV/kg de MS, *B. squarossus*, *H. murinum*, *B. mollis* et *V. sicula*,
- 0,70 à 0,72 UFV/kg de MS, *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, et *V. sicula* (*B. mollis* et *V. sicula* se retrouvent dans 2 groupes),
- 0,72 à 0,73 UFV/kg de MS, *B. madritensis*, *B. rigidus* et *D. glomerata* (*B. madritensis* et *B. rigidus* se retrouvent aussi dans 2 groupes),
- 0,62 à 0,65 UFV/kg de MS, *O. miliacea* et *P. brachystachis*.

*L. multiflorum*, avec 0,77 UFV/kg de MS, possède une valeur énergétique plus élevée que celles des autres espèces spontanées et, comparable à celles des espèces cultivées, *H. vulgare* et *L. multiflorum* avec 0,78 et 0,80 UFV/kg de MS. *A. sativa* possède une valeur énergétique plus élevée que celles des autres espèces cultivées et des espèces spontanées (Tableau 2.3.2.12).

**Au stade floraison**, 9 espèces spontanées ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles (0,62 à 0,65 UFV/kg de MS) ; Il s'agit de *P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. squarossus*, *B. mollis*, *A. sterilis*, *B. madritensis*, *V. sicula*, *B. rigidus* et *D. glomerata*. *L. multiflorum* a la valeur énergétique la plus élevée avec 0,66 UFV/kg de MS ; Cette valeur est cependant, comparable à celles

du *D. glomerata*, *B. rigidus*, *B. madritensis*, *V. sicula* et *A. sterilis* (0,64 à 0,65 UFV/kg de MS). Avec 0,57 UFV/kg de MS, *O. miliacea* a la valeur énergétique la plus faible. Les espèces cultivées possèdent des valeurs énergétiques différentes entre *A. sativa* et *H. vulgare* (0,70 contre 0,75 UFV/kg de MS) et, comparables entre *H. vulgare* et *L. multiflorum* (0,75 et 0,73 UFV/kg de MS). Les valeurs énergétiques des espèces spontanées sont inférieures à celles des espèces cultivées (0,57 à 0,66 contre 0,70 à 0,75 UFV/kg de MS).

**Au stade laiteux**, 8 espèces spontanées possèdent des valeurs énergétiques comparables entre-elles (0,60 à 0,62 UFV/kg de MS) ; Ce sont *A. sterilis*, *P. brachystachis*, *V. sicula*, *H. murinum*, *B. squarrossus*, *B. mollis*, *B. rigidus* et *D. glomerata*. Avec 0,63 UFV/kg de MS, *B. madritensis* et *L. multiflorum* sont plus énergétiques qu'*A. sterilis*, *P. brachystachis* et *O. miliacea*. Cette dernière espèce a la plus faible valeur énergétique avec 0,52 UFV/kg de MS. *A. sativa* (0,66 UFV/kg de MS) est moins énergétique que *H. vulgare* (0,71 UFV/kg de MS) et *L. multiflorum* cultivé (0,71 UFV/kg de MS).

Les valeurs énergétiques diminuent du stade montaison ou début épiaison (selon le cas) au stade laiteux (Tableau 2.3.2.12) ; Ces diminutions sont significatives

- entre tous les stades, du début épiaison à laiteux avec *A. sterilis* et *V. sicula*,
- entre tous les stades, du début épiaison à floraison avec *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, *B. squarrossus*, *D. glomerata* et *H. murinum*,
- entre tous les stades, de l'épiaison à laiteux avec *L. multiflorum* et *P. brachystachis*,
- entre les stades début épiaison et épiaison avec *P. brachystachis*.

Avec les espèces cultivées, les diminutions des valeurs énergétiques sont significatives

- entre les stades montaison et début épiaison et, entre tous les stades, de l'épiaison à laiteux avec *A. sativa*,
- entre montaison et début épiaison et, entre floraison et laiteux avec *H. vulgare*,
- entre tous les stades, de montaison à floraison avec *L. multiflorum* cultivé.

**Tableau 2.3.2.12** : Valeurs énergétiques en unité fourragère viande (UFV) des espèces principales

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		0,76 ± 0,03 <b>efg</b>	0,77 ± 0,02 <b>efg</b>	0,70 ± 0,02 <b>jk</b>	0,64 ± 0,01 <b>mn</b>	0,60 ± 0,01 <b>p</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	0,76 ± 0,01 <b>fg</b>	0,72 ± 0,02 <b>hij</b>	0,64 ± 0,01 <b>mn</b>	0,63 ± 0,01 <b>no</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	0,76 ± 0,02 <b>fgh</b>	0,70 ± 0,01 <b>jk</b>	0,63 ± 0,01 <b>no</b>	0,62 ± 0,01 <b>nop</b>
<i>Bromus rigidus</i>		0,78 ± 0,01 <b>ef</b>	0,76 ± 0,02 <b>fgh</b>	0,72 ± 0,01 <b>ij</b>	0,65 ± 0,02 <b>lmn</b>	0,62 ± 0,01 <b>nop</b>
<i>Bromus squarrossus</i>		-	0,73 ± 0,01 <b>hi</b>	0,68 ± 0,02 <b>kl</b>	0,63 ± 0,01 <b>no</b>	0,61 ± 0,01 <b>op</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		0,78 ± 0,01 <b>ef</b>	0,77 ± 0,02 <b>efg</b>	0,73 ± 0,01 <b>hi</b>	0,65 ± 0,02 <b>lmn</b>	0,62 ± 0,01 <b>nop</b>
<i>Hordeum murinum</i>		0,76 ± 0,01 <b>fg</b>	0,73 ± 0,02 <b>ghi</b>	0,69 ± 0,01 <b>k</b>	0,63 ± 0,01 <b>no</b>	0,61 ± 0,01 <b>op</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		0,79 ± 0,02 <b>def</b>	0,79 ± 0,02 <b>def</b>	0,77 ± 0,02 <b>efg</b>	0,66 ± 0,01 <b>lm</b>	0,63 ± 0,01 <b>no</b>
<i>Oryopsis miliacea</i>		0,64 ± 0,02 <b>lmn</b>	0,63 ± 0,01 <b>no</b>	0,62 ± 0,01 <b>nop</b>	0,57 ± 0,01 <b>q</b>	0,52 ± 0,01 <b>r</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		0,77 ± 0,02 <b>efg</b>	0,74 ± 0,01 <b>ghi</b>	0,65 ± 0,02 <b>lmn</b>	0,62 ± 0,01 <b>nop</b>	0,60 ± 0,01 <b>p</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	0,73 ± 0,02 <b>ghi</b>	0,70 ± 0,01 <b>jk</b>	0,64 ± 0,02 <b>lmn</b>	0,61 ± 0,01 <b>op</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	0,92 ± 0,00 <b>a</b>	0,84 ± 0,03 <b>cd</b>	0,83 ± 0,01 <b>c</b>	0,70 ± 0,01 <b>jk</b>	0,66 ± 0,01 <b>lm</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	0,91 ± 0,04 <b>ab</b>	0,83 ± 0,03 <b>cd</b>	0,78 ± 0,03 <b>def</b>	0,75 ± 0,02 <b>fgh</b>	0,71 ± 0,02 <b>ijk</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	0,88 ± 0,00 <b>b</b>	0,84 ± 0,02 <b>c</b>	0,80 ± 0,01 <b>de</b>	0,73 ± 0,01 <b>hi</b>	0,71 ± 0,02 <b>ijk</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

#### 2.3.2.4.2 Valeurs azotées des espèces principales.

##### 2.3.2.4.2.1 Valeurs azotées en PDIN (g/kg de MS).

Les PDIN des espèces étudiées, sont rapportées dans le tableau 2.3.2.13.

**Au stade montaison**, on y distingue *A. sativa*, *A. sterilis*, et *B. rigidus* avec des valeurs azotées comprises entre 58,25 et 67,40 g PDIN / kg de MS et, *H. vulgare*, *H. murinum*, *P. brachystachis*, *L. multiflorum* cultivé, *L. multiflorum* spontané, *O. miliacea* et *D. glomerata* avec des valeurs azotées comprises entre 70,19 et 79,70 g PDIN / kg de MS (Tableau 2.3.2.13).

**Au stade début épiaison**, 8 espèces (*V. sicula*, *B. mollis*, *O. miliacea*, *H. murinum*, *B. squarrossus*, *B. madritensis*, *A. sterilis* et *B. rigidus*) ont des valeurs azotées comparables entre-elles, (59,30 à 63,20 g PDIN / kg de MS). *L. multiflorum*, *P. brachystachis*, et *D. glomerata* ont des valeurs azotées comparables entre-elles et, plus élevées que celles des autres espèces spontanées (68,70 à 73,8 g PDIN / kg de MS). Avec les espèces cultivées, *A. sativa* a la valeur azotée la plus faible alors que *L. multiflorum* a la valeur la plus élevée (51,47 contre 81,79 g PDIN / kg de MS). *H. vulgare* et *H. murinum* ont des valeurs comparables entre-elles (58,89 et 60,40 g PDIN / kg de MS).

**Au stade épiaison**, 9 espèces spontanées (*P. brachystachis*, *H. murinum*, *B. rigidus*, *A. sterilis*, *O. miliacea*, *V. sicula*, *L. multiflorum*, *B. squarrossus* et *B. madritensis*) possèdent des valeurs azotées comparables entre-elles et comprises entre (52,80 et 58,70 g PDIN / kg de MS). *D. glomerata* a une valeur azotée de 61,7 g PDIN / kg de MS ; Elle est supérieure à celles de *H. murinum*, *P. brachystachis*, *B. rigidus*, et *A. sterilis* et, comparable à celles de *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. squarrossus*, *V. sicula*, *L. multiflorum* et *O. miliacea*. Les espèces cultivées, ont des valeurs azotées différentes entre-elles, soit par kg de MS 48,97 g PDIN avec *A. sativa*, 53,32 g PDIN avec *H. vulgare* et 66,48 g PDIN avec *L. multiflorum*. Elles sont de même ordre de grandeur, à l'exception de celle d'*A. sativa*, que celles des espèces spontanées (Tableau 2.3.2.13).

**Au stade floraison**, à l'exception du *D. glomerata*, dont la valeur azotée est de 56,20 g PDIN / kg de MS, toutes les autres espèces spontanées ont des valeurs azotées comparables entre-elles et, comprises entre 47,10 et 51,90 g PDIN /kg de MS. *L. multiflorum* cultivé a une valeur azotée comparable à celle du *D. glomerata* (58,47 et 56,20 g PDIN / kg de MS) et, plus élevée que celles de *A. sativa* et *H. vulgare*. Les valeurs azotées de ces 2 dernières espèces sont comparables à celles des autres espèces spontanées (Tableau 2.3.2.13).

**Au stade laiteux**, *P. brachystachis*, *V. sicula*, *A. sterilis*, *B. squarrossus* et *O. miliacea* ont des valeurs azotées comparables avec celles de *B. madritensis* et *B. rigidus*. Les valeurs azotées les plus élevées sont observées avec *D. glomerata* et *L. multiflorum* avec 46,80 et 49,50 g PDIN / kg de MS respectivement. Les espèces cultivées, *A. sativa* et *H. vulgare*, ont des valeurs

azotées de 45,77 et 47,58 g PDIN / kg de MS, comparables à celles des espèces spontanées *H. murinum* et *B. mollis* (Tableau 2.3.2.13).

**Tableau 2.3.2.13** : Valeurs azotées en PDIN (g/kg de MS) des espèces principales.

Stades		Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Espèces						
<i>Avena sterilis</i>		64,6 ± 2,8 <b>de</b>	62,0 ± 3,3 <b>ef</b>	55,3 ± 2,6 <b>ghi</b>	48,0 ± 3,2 <b>jkl</b>	42,7 ± 2,8 <b>lmn</b>
<i>Bromus madritensis</i>		-	61,0 ± 3,5 <b>ef</b>	58,7 ± 4,0 <b>fgh</b>	47,7 ± 2,2 <b>jkl</b>	43,8 ± 2,1 <b>lm</b>
<i>Bromus mollis</i>		-	59,5 ± 4,0 <b>efg</b>	59,0 ± 4,0 <b>efg</b>	47,1 ± 1,9 <b>kl</b>	44,7 ± 1,7 <b>l</b>
<i>Bromus rigidus</i>		67,4 ± 3,1 <b>cd</b>	63,2 ± 2,7 <b>e</b>	54,8 ± 2,6 <b>ghi</b>	47,2 ± 2,7 <b>jkl</b>	43,9 ± 2,8 <b>lm</b>
<i>Bromus squarossus</i>		-	60,8 ± 3,7 <b>ef</b>	58,1 ± 3,4 <b>fgh</b>	49,9 ± 4,0 <b>ijk</b>	39,3 ± 2,9 <b>mn</b>
<i>Dactylis glomerata</i>		79,7 ± 3,3 <b>a</b>	73,8 ± 4,9 <b>abc</b>	61,7 ± 4,3 <b>def</b>	56,2 ± 3,1 <b>fgh</b>	46,8 ± 3,6 <b>jkl</b>
<i>Hordeum murinum</i>		70,2 ± 5,0 <b>bcd</b>	60,4 ± 2,9 <b>ef</b>	52,9 ± 2,3 <b>hi</b>	48,9 ± 3,8 <b>ijk</b>	44,0 ± 1,7 <b>l</b>
<i>Lolium multiflorum</i>		75,1 ± 3,0 <b>ab</b>	68,7 ± 2,7 <b>cd</b>	56,9 ± 2,8 <b>fgh</b>	51,9 ± 3,2 <b>ijk</b>	49,5 ± 4,3 <b>ijk</b>
<i>Oryopsis miliacea</i>		75,5 ± 4,0 <b>ab</b>	59,9 ± 3,7 <b>efg</b>	56,5 ± 4,3 <b>fgh</b>	50,4 ± 3,5 <b>ijk</b>	40,9 ± 1,7 <b>mn</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>		72,1 ± 4,1 <b>bc</b>	69,9 ± 5,4 <b>bcd</b>	52,8 ± 2,5 <b>hij</b>	50,4 ± 3,6 <b>ijk</b>	39,5 ± 1,2 <b>n</b>
<i>Vulpia sicula</i>		-	59,3 ± 4,1 <b>efg</b>	56,8 ± 3,0 <b>fgh</b>	49,0 ± 5,2 <b>ijk</b>	39,8 ± 3,0 <b>mn</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>	58,25 ± 1,9 <b>fg</b>	51,47 ± 1,9 <b>ij</b>	48,97 ± 1,2 <b>jk</b>	46,44 ± 2,3 <b>kl</b>	45,77 ± 0,2 <b>l</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>	70,19 ± 1,9 <b>c</b>	58,89 ± 4,2 <b>efg</b>	53,32 ± 3,4 <b>hij</b>	50,50 ± 3,2 <b>ijk</b>	47,58 ± 3,0 <b>jkl</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>	74,26 ± 1,9 <b>b</b>	81,79 ± 0,6 <b>bc</b>	66,48 ± 3,7 <b>de</b>	58,47 ± 2,4 <b>fg</b>	57,48 ± 1,6 <b>fg</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

Les valeurs azotées diminuent différemment d'un stade phénologique à l'autre avec toutes les espèces spontanées ou cultivées. Elles diminuent de façon significative,

- entre tous les stades, du stade début épiaison au stade laiteux avec *A. sterilis*, *B. madritensis*,

- entre tous les stades, de l'épiaison au stade laiteux avec *B. mollis*, *B. squarossus*, *V. sicula*,

- entre tous les stades, de montaison au stade laiteux avec *B. rigidus*,
- entre les stades début épiaison et épiaison et, entre les stades floraison et laiteux avec *D. glomerata*, *P. brachystachis*,
- entre tous les stades, sauf entre les stades épiaison et floraison avec *H. murinum*,
- entre tous les stades sauf entre les stades floraison et laiteux avec *L. multiflorum* spontané,
- entre tous les stades, sauf entre les stades début épiaison et épiaison avec *O. miliacea*,
- entre tous les stades, sauf entre les stades épiaison et floraison et, entre floraison et laiteux avec *A. sativa* et *H. vulgare*,
- entre les stades début épiaison et épiaison et, entre les stades épiaison et floraison avec *L. multiflorum* cultivé.

Les différences observées dans les valeurs azotées en PDIN entre les espèces dépendraient de leurs teneurs en matières azotées totales, de la solubilité des matières azotées et de leur digestibilité réelle dans l'intestin grêle [191] ; [192]. En effet, les valeurs PDIN obtenues, suivent les mêmes tendances que les teneurs en MAT [193], (cf. tableau 2.3.2.5).

#### 2.3.2.4.2.2 Valeurs azotées en PDIE (g/kg de MS) des espèces principales

Les valeurs PDIE des espèces étudiées, sont présentées dans le tableau 2.3.2.14.

**Au stade montaison**, *A. sterilis*, *H. murinum*, *B. rigidus*, *P. brachystachis*, *D. glomerata* et *L. multiflorum* possèdent des valeurs azotées comparables entre-elles, (80,60 à 84,50 g PDIE/kg de MS) supérieures à celles de *O. miliacea* (76,80 g PDIE/kg de MS) et, inférieures à celles des espèces cultivées, *A. sativa* avec 87,47g, *H. vulgare* avec 90,75g et *L. multiflorum* avec 88,27g PDIE/kg de MS.

**Au stade début épiaison**, 8 espèces (*V. sicula*, *H. murinum*, *B. squarrossus*, *B. mollis*, *B. madritensis*, *A. sterilis*, *B. rigidus* et *P. brachystachis*) ont des valeurs azotées comparables entre-elles (78,20 à 81,10 g PDIE/ kg de MS) et supérieures à celle d'*O. miliacea* (73,20 g PDIE/ kg de MS). *D. glomerata* et *L. multiflorum* ont des valeurs azotées comparables entre-elles (83,80 et 83,70 g

PDIE / kg de MS) ; Ces valeurs azotées sont comparables à celles de *A. sativa* et *H. vulgare* et, inférieures à celle du *L. multiflorum* avec 89,15 g PDIE / kg de MS.

**Au stade épiaison**, *H. murinum*, *A. sterilis*, *B. squarossus*, *V. sicula* et *B. mollis* ont des valeurs azotées comparables entre-elle (75,00 à 77,10 g PDIE/ kg de MS). Egalement, *B. rigidus*, *B. madritensis*, *D. glomerata* et *L. multiflorum* ont des valeurs azotées comparables comprises entre 77,30 et 79,90 g PDIE / kg de MS. Les valeurs azotées de *O. miliacea* et *P. brachystachis* sont comparables entre-elles (72,30 et 72,50 g PDIE / kg de MS) et, inférieures à celles des autres espèces spontanées. La valeur azotée d'*A. sativa* avec 77,48 g PDIE, est inférieure à celle de *H. vulgare* avec 80,56 g PDIE elle-même, inférieure à celle du *L. multiflorum* cultivé avec 83,82 g PDIE par kg de MS. La valeur azotée d'*A. sativa* est comparable à celles de *V. sicula*, *L. multiflorum* (spontané), *D. glomerata*, *B. rigidus*, *B. mollis* et *B. madritensis*.

**Au stade floraison**, 9 espèces ont des valeurs azotées comparables entre-elles, 69,30 à 71,70 g PDIE / kg de MS. Il s'agit de *B. mollis*, *A. sterilis*, *O. miliacea*, *H. murinum*, *P. brachystachis*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *B. squarossus* et *V. sicula*. Les valeurs azotées les plus élevées (73,1 et 74,3 g PDIE/kg de MS) son obtenues avec *L. multiflorum* et *D. glomerata* ; elles sont comparables à celle de *A. sativa* (74,12 g PDIE / kg de MS) mais inférieures à celles des espèces cultivées, *H. vulgare* et *L. multiflorum* avec 77,92 et 77,94 g PDIE / kg de MS.

**Au stade laiteux**, *H. murinum* et *O. miliacea* ont des valeurs azotées différentes entre-elles (58,80 contre 62,90 g PDIE / kg de MS). Ces valeurs sont inférieures à celles de *B. rigidus*, *B. madritensis*, *D. glomerata*, et *L. multiflorum* (spontané) avec 69,10 à 71,40 g PDIE/ kg de MS. Egalement, *P. brachystachis*, *V. sicula*, *B. squarossus*, et *A. sterilis* possèdent des valeurs azotées comparables entre-elles, comprises entre 66,70 et 67,80 g PDIE/ kg de MS. Les espèces cultivées, *H. vulgare* et *L. multiflorum* ont des valeurs azotées comparables entre-elles (75,40 et 77,20 g PDIE/ kg de MS) et, supérieures à celles des espèces spontanées. La valeur azotée de *A. sativa* (72,08 g PDIE/ kg de MS) est comparable à celles de *L. multiflorum* (spontané), *D. glomerata*, *B. rigidus* et *B. madritensis* (Tableau 2.3.2.14).

Les valeurs azotées diminuent différemment d'un stade phénologique à l'autre avec toutes les espèces spontanées ou cultivées. Elles diminuent de façon significative,

- entre les stades début épiaison et épiaison et, entre épiaison et floraison avec *A. sterilis* et *B. rigidus*,
- entre les stades épiaison et floraison avec *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. squarrossus*, *L. multiflorum* (spontané) et *L. multiflorum* (cultivé)
- entre tous les stades, du début épiaison au stade laiteux, avec *D. glomerata*,
- entre tous les stades, du stade montaison au stade laiteux, sauf entre les stades début épiaison et épiaison avec *H. murinum* et *O. miliacea*,
- entre les stades début épiaison et épiaison et, entre floraison et laiteux avec *P. brachystachis*,
- entre les stades épiaison et floraison et, entre floraison et laiteux avec *V. sicula*,
- entre tous les stades, du stade montaison au stade floraison avec *A. sativa*,
- entre les stades montaison et début épiaison et, entre épiaison et floraison avec *H. vulgare*.

Les valeurs azotées PDIE des espèces étudiées, sont à stades respectifs, plus élevées que celles des PDIN en raison de la richesse des graminées en énergie beaucoup plus qu'en azote dont elles sont souvent déficientes. Ceci met en évidence l'existence d'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) [192] ; [194] ; [195].

Les valeurs azotées en PDIE sont nettement plus élevées au début du cycle (stades montaison, début épiaison et épiaison) qu'en fin de cycle (stades floraison et laiteux) à cause de l'augmentation de la teneur en parois cellulaires et la régression de la digestibilité, notamment de la digestibilité de la MO et surtout de la MO fermentescible utilisée par les microorganismes pour la synthèse des protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'énergie (PDIME) [192] ; [194] ; [196].

Cette régression des valeurs en PDIE avec l'âge, est relativement importante. Elle est supérieure à 10 points pour l'ensemble des espèces, dont notamment 23 points pour *H. murinum*, plus de 15 points pour *P. brachystachis*, *H. vulgare* et *A. sativa* et 14 points pour *D. glomerata*.

**Tableau 2.3.2.14** : Valeurs azotées en PDIE (g/kg de MS).des espèces principales

Espèces		Stades	Montaison	D. épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Avena sterilis</i>			80,6 ± 2,2 <b>cd</b>	80,7 ± 1,0 <b>de</b>	75,8 ± 0,9 <b>gh</b>	71,0 ± 2,0 <b>jkl</b>	67,8 ± 1,8 <b>lm</b>
<i>Bromus madritensis</i>			-	80,2 ± 2,1 <b>def</b>	78,4 ± 3,6 <b>def</b>	71,4 ± 1,6 <b>jk</b>	69,5 ± 1,5 <b>kl</b>
<i>Bromus mollis</i>			-	79,3 ± 2,6 <b>def</b>	77,1 ± 1,9 <b>fgh</b>	69,3 ± 1,7 <b>kl</b>	69,1 ± 1,3 <b>l</b>
<i>Bromus rigidus</i>			82,3 ± 2,4 <b>cde</b>	80,9 ± 1,2 <b>de</b>	77,3 ± 1,6 <b>fg</b>	71,5 ± 1,8 <b>jk</b>	69,1 ± 1,9 <b>klm</b>
<i>Bromus squarrossus</i>			-	78,7 ± 2,6 <b>efg</b>	75,9 ± 1,1 <b>gh</b>	71,2 ± 2,2 <b>jkl</b>	67,3 ± 2,0 <b>lm</b>
<i>Dactylis glomerata</i>			84,4 ± 1,6 <b>c</b>	83,8 ± 2,3 <b>cd</b>	78,8 ± 1,7 <b>ef</b>	74,3 ± 1,3 <b>hi</b>	70,2 ± 1,6 <b>kl</b>
<i>Hordeum murinum</i>			82,0 ± 2,2 <b>cd</b>	78,6 ± 2,3 <b>efg</b>	75,0 ± 2,2 <b>ghi</b>	71,0 ± 1,8 <b>jk</b>	58,8 ± 1,1 <b>o</b>
<i>Lolium multiflorum</i>			84,5 ± 2,0 <b>c</b>	83,7 ± 1,9 <b>cd</b>	79,9 ± 2,1 <b>def</b>	73,1 ± 1,6 <b>ij</b>	71,4 ± 0,9 <b>jk</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>			76,8 ± 2,5 <b>fgh</b>	73,2 ± 1,6 <b>ij</b>	72,3 ± 1,7 <b>ij</b>	68,1 ± 2,0 <b>lm</b>	62,9 ± 1,2 <b>n</b>
<i>Phalaris brachystachis</i>			82,9 ± 2,0 <b>cd</b>	81,1 ± 1,9 <b>cde</b>	72,5 ± 2,2 <b>ijk</b>	70,7 ± 1,7 <b>kl</b>	66,7 ± 1,0 <b>m</b>
<i>Vulpia sicula</i>			-	78,2 ± 2,3 <b>efg</b>	76,8 ± 2,2 <b>fgh</b>	71,7 ± 1,8 <b>jk</b>	67,1 ± 1,9 <b>lm</b>
T é m o i n s	<i>Avena sativa</i>		87,47 ± 0,6 <b>b</b>	82,29 ± 2,1 <b>cde</b>	77,48 ± 0,8 <b>fg</b>	74,12 ± 1,1 <b>hij</b>	72,08 ± 0,6 <b>jk</b>
	<i>Hordeum vulgare</i>		90,75 ± 2,0 <b>a</b>	83,56 ± 2,2 <b>cd</b>	80,56 ± 1,4 <b>de</b>	77,92 ± 1,1 <b>fg</b>	75,40 ± 1,5 <b>ghi</b>
	<i>Lolium multiflorum</i>		88,27 ± 0,4 <b>ab</b>	89,15 ± 0,9 <b>a</b>	83,82 ± 1,3 <b>c</b>	77,94 ± 1,1 <b>fg</b>	77,20 ± 0,8 <b>fg</b>

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%.

Comparées aux valeurs rapportées dans les tables de l'Inra [76],

*A. sterilis* a des valeurs azotées légèrement plus élevées que celles de *A. sativa* au stade début épiaison avec 80,7 contre 78 g PDIE / kg de MS et, au stade floraison avec 75,8 contre 73 g PDIE / kg de MS,

*L. multiflorum* spontané a des valeurs azotées plus élevées que celles du ray-grass cultivé, au stade début épiaison avec 83,7 contre 75 g PDIE / kg de MS et, au stade floraison avec 79,9 contre 64 g PDIE / kg de MS,

*D. glomerata* a des valeurs azotées plus élevées que celles du dactyle cultivé avec 83,8 contre 65 g PDIE / kg de MS au stade début épiaison et 78,8 contre 70 g PDIE / kg de MS au stade floraison,

*B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus* et *B. squarrossus* ont des valeurs azotées proches à légèrement inférieures à celle du *B.catharticus*, avec 78,7 à 80,9 contre 82 g PDIE / kg de MS au stade début épiaison et, inférieures au stade floraison avec 69,3 à 71,4 contre 73 g PDIE / kg de MS.

### **2.3.2.5 Ingestibilité des espèces principales**

#### **2.3.2.5.1 Ingestibilité et valeur d'encombrement des espèces principales**

L'ingestibilité exprimée en vert, en matière sèche et par rapport au poids métabolique ainsi que les valeurs d'encombrement des graminées spontanées récoltées au stade épiaison, sont rapportées dans le tableau 2.3.2.15.

Cinq espèces spontanées, au stade épiaison, sont concernées par le test d'ingestibilité ; il s'agit d'*A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *L. multiflorum* et *O. miliacea*. *A. sativa*, espèce cultivée, est prise comme témoin.

##### **2.3.2.5.1.1 Ingestibilité**

###### **a. Quantités de matière fraîche ingérées (kg/tête/jour)**

Elles varient d'une espèce à une autre ; *A. sterilis* avec 6,03 kg est l'espèce la plus ingérée, suivie par *A. sativa* avec 5,43 kg. *L. multiflorum* et *B. rigidus*, avec 4,92 et 4,04 kg (valeurs significativement différentes) sont ingérés à des niveaux inférieurs à ceux d'*A. sterilis* et *A. sativa* et, supérieurs à ceux de *B. madritensis* (2,76 kg) et *O. miliacea* (2,71 kg).

L'ingestibilité, exprimée en quantité de matière fraîche par animal, n'est pas une référence ; elle ne tient pas compte de la différence de poids entre les animaux, du volume disponible dans leur rumen respectif et de la teneur en matière sèche, variable d'une espèce végétale à une autre, ce qui se répercute sur le volume de la ration [139].

###### **b. Quantités de matière sèche ingérées (kg MS/tête/jour)**

Elles sont comparables entre *A. sterilis*, *A. sativa*, *L. multiflorum* et *B. rigidus* avec des ingestions comprises entre 1,20 et 1,68 kg MS/tête/jour. Ces espèces sont les plus ingérées. *B. madritensis* et *O. miliacea* sont les moins ingérées, avec respectivement 0,94 et 1,0 kg MS/tête/jour. Cependant, *B. madritensis* et *O. miliacea* ont des niveaux d'ingestion comparable à celui de *B. rigidus* avec 1,20 kg MS/tête/jour (Tableau 2.3.2.15).

Selon [172] ; [176] ; [180], la différence d'ingestibilité qui peut être observée, est liée au fait que celle-ci, varie dans le même sens que la digestibilité. En effet, *A. sativa* et *L. multiflorum* avec une ingestibilité de 1,68 kg de MS/tête/jour, ont les DivMO et DivCB les plus élevées (cf. tableaux 3.2.9 et 3.2.10). Cependant à même digestibilité, il existe des différences importantes d'ingestibilité selon : la nature botanique du fourrage, le rapport feuilles/tiges, la proportion des constituants intracellulaires et la proportion des parois. Ainsi, le *B. madritensis* et le *B. rigidus*, ayant une DivMO de 67,40 et 67,49 % et une DivCB de 65,40 et 65,75% (cf. tableaux 3.2.9 et 3.2.10), ont une ingestibilité de 0,94 et 1,20 kg de MS/tête/jour. Cette différence d'ingestibilité est liée au fait que le *B. rigidus*, est plus feuillu que le *B. madritensis* (le rapport F/T, est de 1,05 chez le premier et de 0,60 chez le second), les feuilles étant plus appétantes que les tiges. De même, *B. rigidus* est moins riche en CB que *B. madritensis* (cf. tableau 3.2.6).

c. Quantités ingérées en matière sèche exprimées en g MS/kg P<sup>0,75</sup>

L'ingestibilité exprimée par rapport au poids métabolique (PV<sup>0,75</sup>), est la meilleure car elle permet d'estimer le degré de satisfaction des besoins [139].

Dans cet essai, elle varie entre les espèces, de 48,29 à 85,60 g MS/kg P<sup>0,75</sup>, s'incérant ainsi dans l'intervalle des normes proposées pour les fourrages verts (40 à 100 g/kg P<sup>0,75</sup> [95]).

*L. multiflorum*, avec 85,6 g MS / kg P<sup>0,75</sup>, est le mieux ingéré comparé aux autres espèces. Cette ingestibilité est supérieure à celle du ray-grass cultivé au stade montaison et floraison avec respectivement 75 et 55 g MS / kg P<sup>0,75</sup> [169] et au stade début épiaison avec 71 g MS / kg P<sup>0,75</sup> [76]

*A. sativa* est ingérée à 75,91 g MS / kg P<sup>0,75</sup>, elle est, en raison de l'écart type élevé, comparable au ray grass d'Italie. Cette valeur est nettement plus élevée que celle rapportée dans les tables de l'INRA [76] pour cette même espèce au stade début épiaison avec 54 g MS / kg P<sup>0,75</sup>.

*A. sterilis* est ingérée à 67,02 g MS / kg P<sup>0,75</sup>; Elle est ingérée à un niveau plus élevé que la vesce-avoine en vert au stade épiaison avec 63,6 g / kg P<sup>0,75</sup> [197], ou le foin de vesce-avoine avec 52,7 g MS / kg P<sup>0,75</sup> [198].

*B. rigidus* a une ingestibilité de 69,43 g MS/ kg P<sup>0,75</sup> ; Elle est comparable à celles de *A. sterilis* avec 67,02 g MS/kg P<sup>0,75</sup> et de *B.catharticus* au stade début épiaison avec 69 g MS / kg P<sup>0,75</sup> [76].

*L'O. miliacea* avec 57,65 g MS/kg P<sup>0,75</sup> présente une ingestibilité légèrement plus élevée que celle la même espèce au stade montaison avec 54 g/kg P<sup>0,75</sup> [151].

*B. madritensis* est le moins ingéré des espèces spontanées. Son niveau d'ingestion est de 48,29 g MS/kg P<sup>0,75</sup>.

*L. multiflorum* et *A. sativa* sont les mieux ingérés. *A. sterilis* et *B. rigidus* ont des ingestibilités proches de celles des graminées vertes des prairies temporaires avec 68 g MS/ kg P<sup>0,75</sup>) [171].

*B. madritensis* et *O. miliacea* sont les moins ingérés avec respectivement 48,29 et 57,65 g MS/kg P<sup>0,75</sup>. Leur ingestibilité est proche de celle des foins de graminées (53,9 g MS / kg P<sup>0,75</sup>) [199], mais plus élevée que celle de la paille d'avoine (40 g / kg P<sup>0,75</sup>) [198].

#### 2.3.2.5.1.2 Encombrement des espèces au stade épiaison

*L. multiflorum* présente la meilleure valeur d'encombrement avec 0,87 UEM. Elle est inférieure à celle du ray-grass d'Italie cultivé avec 1,11 UEM [76].

*A. sativa* et *A. sterilis* viennent en 2<sup>ème</sup> position avec 0,99 et 1,12 UEM (valeurs comparables). La valeur d'encombrement d'*A. sativa* est inférieure à celle de la même espèce au stade début épiaison avec 1,25 UEM [76]. Elle est proche de celle de *B. rigidus* avec 1,08 UEM. Cette dernière valeur est moins élevée que celle du *B.catharticus* cultivé avec 1,27 UEM [76].

*L'O. miliacea* a une valeur d'encombrement relativement élevée avec 1,30 UEM. L'Orysoptis est une plante vivace poussant en touffes, à nombreuses tiges assez dures (le rapport feuilles / tige est de 0,92 au stade épiaison) ce qui expliquerait sa valeur d'encombrement.

*B. madritensis* est caractérisé par la valeur d'encombrement la plus élevée avec 1,55 UEM.

**Tableau 2.3.2.15 :** Ingestibilité et valeur d'encombrement des espèces étudiées au stade épiaison.

Espèces	Quantité ingérée en vert kg / tête / jour	MS ingérée kg / tête / jour	MS ingérée en g / Kg P <sup>0,75</sup>	UEM
<i>Bromus madritensis</i>	2,76 ± 0,35 <b>d</b>	0,94 ± 0,21 <b>b</b>	48,29 ± 5,17 <b>c</b>	1.55 ± 0,08 <b>a</b>
<i>Bromus rigidus</i>	4,04 ± 0,26 <b>c</b>	1,20 ± 0,24 <b>ab</b>	69,43 ± 6,02 <b>b</b>	1.08 ± 0,03 <b>c</b>
<i>Avena sterilis</i>	6,03 ± 0,29 <b>a</b>	1,46 ± 0,11 <b>a</b>	67,02 ± 5,11 <b>b</b>	1.12 ± 0,06 <b>cd</b>
<i>Lolium multiflorum</i>	4,92 ± 0,32 <b>b</b>	1,68 ± 0,32 <b>a</b>	85,60 ± 4,01 <b>a</b>	0.87 ± 0,04 <b>e</b>
<i>Oryzopsis miliacea</i>	2,71 ± 0,31 <b>d</b>	1,00 ± 0,10 <b>b</b>	57,65 ± 2,81 <b>c</b>	1.30 ± 0,09 <b>b</b>
<i>Avena sativa</i> (témoin)	5,43 ± 0,22 <b>b</b>	1,68 ± 0,33 <b>a</b>	75,91 ± 6,64 <b>ab</b>	0.99 ± 0,07 <b>d</b>

MS, matière sèche ; g/kg P<sup>0,75</sup>, gramme par kg de poids métabolique ; UEM, unité d'encombrement mouton. Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres, dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5 % (lire verticalement).

#### 2.3.2.5.2 Evolution des gains moyens quotidiens des béliers

L'évolution moyenne des gains moyens quotidiens des béliers au cours de la période expérimentale, figure dans le tableau 2.3.2.16.

*A. sterilis*, *A. sativa* et *L. multiflorum* distribués à volonté à des béliers de 58,75 ; 62,00 et 53 kg respectivement, ont permis des gains de poids vif respectifs de 50g , 114 g et 148 g par jour.

*B. rigidus* distribué à volonté a permis de nourrir à l'entretien des béliers de 44,75 kg.

*O. miliacea* et *B. madritensis* offerts également à volonté à des béliers respectivement de 45 et 52,75 kg de poids vif, ont entraîné des pertes de poids vif respectives de 75 et 90 g/j.

L'on peut donc déduire que *A. sterilis* et *L. multiflorum* sont intéressants comparés à *A. sativa*, espèce cultivée ayant bénéficié des bienfaits des labours, de la sélection des grains et de la fertilisation. Ils peuvent être utilisés dans les périodes de disettes alimentaires avec les animaux de faibles performances. *B. rigidus*, *O. miliacea* et *B. madritensis* méritent d'être testés avec des traitements ou des compléments azotés pour améliorer la digestibilité de leurs parois cellulaires et donc leurs performances alimentaires.

**Tableau 2.3.2.16** : Evolution du poids vif des béliers.

Espèces	PV début période (Kg)	PV fin période (Kg)	Variation du PV (Kg)	GMQ g
<i>Bromus madritensis</i> (lot 1)	52,75	50,95	- 1,80	- 90
<i>Bromus rigidus</i> (lot 2)	44,75	44,75	00	00
<i>Avena sterilis</i> (lot3)	58,75	59,75	+ 1,00	+ 50
<i>Lolium multiflorum</i> (lot 4)	53,75	56,71	+ 2,96	+ 148
<i>Oryzopsis miliacea</i> (lot 5)	45,00	43,50	- 1,50	- 75
<i>Avena sativa</i> (lot 6) (témoin)	62,00	64,28	+ 2,28	+ 114

PV, poids vif ; GMQ, gain moyen quotidien

### **Conclusion**

Les espèces étudiées, se caractérisent par des hauteurs appréciables permettant leur exploitation par broutage et surtout par fauchage à partir du stade épiaison. Tout au long du cycle, *A. sterilis*, *L. multiflorum* et *O. miliacea* possèdent les hauteurs les plus élevées.

Le rapport feuilles / tiges, diminue au fur et à mesure que la plante vieillit. Il est plus élevé au premier stade phénologique de la plante lorsque celle-ci est plus feuillue ; puis diminue progressivement au cours du cycle pour atteindre son minimum à la maturation des grains et donc la mort physiologique de la plante.

Ces espèces, se caractérisent par des teneurs en CB et en parois, comparables entre les onze espèces au stade début épiaison et significativement différentes aux stades floraison et laiteux. Les teneurs en MAT sont significativement différentes aux stades début épiaison et épiaison en faveur du *D. glomerata*, du *L. multiflorum*, de l'*H. murinum* et de l'*O. miliacea*.

La digestibilité *in vitro*, présente une variabilité inter et intra espèces et est influencée directement par leur composition chimique, notamment en parois cellulaires.

Le *L. multiflorum*, présente l'ingestibilité la plus élevée (85,6 g/Kg P<sup>0.75</sup>) et la valeur d'encombrement la plus faible (0,87 UEM), ce qui a engendré un GMQ de

148 g/jour. L'*O. miliacea* et le *B. madritensis*, présentent les ingestibilités les plus faibles (57,6 et 48,3 g/Kg P<sup>0.75</sup>) et les valeurs d'encombrement les plus élevées (1,30 et 1,55 UEM) ce qui provoque chez les béliers des pertes de poids vif de 75 et 90 g/jour.

Les espèces étudiées présentent une valeur nutritive intéressante notamment en début du cycle lors des stades montaison, début épiaison et épiaison. Comme toutes graminées, ces espèces sont plus riches en UFL et UFV qu'en PDI. Ces dernières sont notamment limitées par leur valeur PDIN plus faibles que les PDIE.

Vu leur bonne adaptation à la sécheresse et à leur faible exigence en sol, ces graminées spontanées peuvent notamment par le biais de la collecte, de la multiplication et de l'amélioration génétique, servir comme écotypes locaux d'intérêt fourrager.

### **2.3.3. Valeur nutritive du foin des espèces principales.**

### **2.3.3.1 Composition chimique des foins des espèces principales récoltées au stade épiaison.**

#### **2.3.3.1.1 Teneurs en matière sèche des foins (MS%)**

La teneur en MS des foins, figure dans le tableau 2.3.3.1.

- **Avec les foins retournés**

Les foins retournés de *A. sterilis* et *V. sicula* ont des teneurs en MS comparables entre-elles avec 89,05 et 90,13% et, plus élevées que celles des autres foins retournés. A l'opposé, *L. multiflorum* possède la teneur la moins élevée avec 79,52%. *B. madritensis* a une teneur en MS (83,55%) supérieure à celle de *L. multiflorum*, comparable à celles de *B. rigidus* (85,35%), et *B. squarossus* (85,52%) et, inférieure à celles des autres foins retournés.

- **Avec les foins non retournés**

Les foins d'*A. sterilis*, *H. murinum* et *P. brachystachis* ont des teneurs en MS comparables entre-elles avec 85,85 ; 87,41 et 88,06% et, plus élevées que celles des autres foins. Les teneurs les moins élevées, sont celles des foins non retournés de *B. madritensis* (75,68%), *O. miliacea* (77,96%), *B. squarossus* (78,11%) lesquelles sont comparables entre-elles.

Le retournement est sans effet significatif sur la teneur en MS des foins de *H. murinum*, *L. multiflorum* et *P. brachystachis*. L'effet est plus marqué sur la teneur en MS, avec des augmentations de 3,20 à 8,73 points, des foins de *A. sterilis*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, *B. squarossus*, *D. glomerata*, *O. miliacea* et *V. sicula* (Tableau 2.3.3.1).

La teneur en MS des espèces spontanées en vert au stade épiaison, varie entre 27,40 et 35,69 % (cf. tableau 2.3.2.3). Fauchés et fanés au sol par beau temps, les fourrages mis en tas et retournés tous les 3 jours, sèchent plus rapidement que les fourrages mis en tas sans retournement. En effet, la teneur en MS des premiers varie entre 83,55 et 90,13 % ; alors que celle des seconds varie entre 75,68 et 88,06 % (Tableau 2.3.3.1).

Sur le plan pratique, la mise en tas du fourrage avec retournement est intéressante dans le cas où le fourrage fauché contient plus d'eau ou récolté à un stade précoce et où il peut pleuvoir durant la période de fenaison. La conservation

des fourrages par fenaison, est tributaire des aléas climatiques, ce qui peut provoquer des modifications de composition chimique des fourrages pendant le séchage au sol [170] ; [200] ; [201].

Dans cet essai les fourrages ont été fauchés au mois d'Avril (2008 à 2010) où la température et la pluviométrie ont été respectivement en moyenne de 16,3 °C et 56,3 mm. Le retournement, a permis un meilleur séchage des foins ce qui limite, les processus enzymatiques qui se déroulent dans la plante après la fauche (respiration, protéolyse) [132] ; [134] ; [202].

La teneur en MS des foins retournés est proche de celle du foin de vesce avoine récolté tardivement en Algérie, soit 88,7% pour [203] et 91,1% pour [189].

**Tableau 2.3.3.1** : Teneur en matière sèche des foins (MS%).

Espèces	Foins Retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différence (A-B=points)	Désignation
<i>Avena sterilis</i>	89,05 ± 0,81 <b>ab</b>	85,85 ± 0,97 <b>c</b>	3,20	S
<i>Bromus madritensis</i>	83,55 ± 1,92 <b>d</b>	75,68 ± 1,61 <b>f</b>	7,87	S
<i>Bromus mollis</i>	87,68 ± 0,35 <b>c</b>	83,20 ± 1,04 <b>d</b>	4,48	S
<i>Bromus rigidus</i>	85,35 ± 1,82 <b>cd</b>	78,45 ± 0,29 <b>e</b>	6,90	S
<i>Bromus squarossus</i>	85,52 ± 1,36 <b>cd</b>	78,11 ± 1,31 <b>ef</b>	7,41	S
<i>Dactylis glomerata</i>	87,90 ± 0,83 <b>bc</b>	84,26 ± 0,29 <b>d</b>	3,64	S
<i>Hordeum murinum</i>	87,98 ± 1,09 <b>bc</b>	87,41 ± 1,03 <b>c</b>	0,57	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	79,52 ± 1,25 <b>e</b>	78,69 ± 0,06 <b>e</b>	0,83	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	86,69 ± 0,65 <b>c</b>	77,96 ± 0,67 <b>ef</b>	8,73	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	89,23 ± 0,69 <b>ab</b>	88,06 ± 1,53 <b>abc</b>	1,17	NS
<i>Vulpia sicula</i>	90,13 ± 0,57 <b>a</b>	83,39 ± 0,95 <b>d</b>	6,74	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur une même ligne, S=significatif et NS=Non significatif.

#### 2.3.3.1.2 Teneurs en matière organique des foins (MO en % de MS)

La teneur en MO des foins, est rapportée dans le tableau 2.3.3.2.

- **Avec les foins retournés**

Les foins retournés de *V. sicula* (94,31%), *B. squarossus* (94,27%) et *B. madritensis* (94,46%) ont des teneurs en MO comparables entre-elles, inférieures à celle de *B. mollis* (94,99%) et, supérieures à celles des foins des autres

espèces. Les foins retournés de *L. multiflorum*, *A. sterilis* et *P. brachystachis* ont des teneurs en MO comparables entre-elles, de 92,00 à 92,46%, inférieures à celles de *B. rigidus* (93,36%) et *O. miliacea* (93,72%) et, supérieures à celles de *H. murinum* (90,79%) et *D. glomerata* (90,88%) (Tableau 2.3.3.2).

- **Avec les foins non retournés**

La teneur en MO du foin de *V. sicula* (93,80%) est comparable à celles de *B. rigidus* (94,26%) et *B. squarossus* (94,37%), inférieure à celles de *B. mollis* (94,18%), *O. miliacea* (94,42%) et *B. madritensis* (94,69%) et, supérieure à celles d'*A. sterilis* (92,15%) et *L. multiflorum* (92,18%). *H. murinum* et *P. brachystachis* ont des teneurs comparables entre-elles avec 91,41 et 91,42%, supérieures à celle de *D. glomerata* avec 90,92% et, inférieures à celles des autres espèces.

Le retournement est sans effet significatif sur la teneur en MO des foins d'*A. sterilis*, *B. rigidus*, *B. squarossus*, *D. glomerata* et *L. multiflorum*. Un léger effet significatif, moins d'un point d'augmentation, est enregistré avec la teneur en MO des foins de *B. mollis*, *H. murinum*, *O. miliacea*, *P. brachystachis* et *V. sicula*.

**Tableau 2.3.3.2** : Teneur en matière organique des foins (MO en % de MS).

Espèces	Foins Retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B=points)	Désignation
<i>Avena sterilis</i>	92,11 ± 0,28 <b>d</b>	92,15 ± 0,38 <b>d</b>	- 0,04	NS
<i>Bromus madritensis</i>	94,46 ± 0,15 <b>b</b>	94,69 ± 0,95 <b>ab</b>	- 0,23	NS
<i>Bromus mollis</i>	94,99 ± 0,08 <b>a</b>	94,18 ± 0,22 <b>b</b>	0,81	S
<i>Bromus rigidus</i>	93,36 ± 0,07 <b>c</b>	94,26 ± 0,92 <b>abc</b>	- 0,90	NS
<i>Bromus squarossus</i>	94,27 ± 0,10 <b>b</b>	94,37 ± 0,69 <b>abc</b>	- 0,10	NS
<i>Dactylis glomerata</i>	90,88 ± 0,57 <b>ef</b>	90,92 ± 0,17 <b>f</b>	- 0,04	NS
<i>Hordeum murinum</i>	90,79 ± 0,10 <b>f</b>	91,41 ± 0,16 <b>e</b>	0,62	S
<i>Lolium multiflorum</i>	92,00 ± 0,02 <b>d</b>	92,18 ± 0,45 <b>d</b>	- 0,18	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	93,72 ± 0,03 <b>c</b>	94,42 ± 0,77 <b>ab</b>	0,70	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	92,46 ± 0,25 <b>d</b>	91,52 ± 0,14 <b>e</b>	0,94	S
<i>Vulpia sicula</i>	94,31 ± 0,05 <b>b</b>	93,80 ± 0,32 <b>c</b>	0,51	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, S, significatif, NS, Non significatif.

Les différences dans les teneurs en MO semblent beaucoup plus liées à l'espèce elle-même [204]. En effet, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. rigidus*, *B. squarossus*, *O. miliacea* et *V. sicula* ont les teneurs en MO les plus élevées en vert et en foin (cf. tableau 2.3.2.4).

Les teneurs en MO obtenues dans cet essai sont proches de celles du foin de vesce avoine cultivée en Algérie et en Tunisie, avec respectivement 90,54 et 92,6% [205] ; [206]. Ils sont également proches de celle du foin d'avoine avec 91,09 % [207].

### 2.3.3.1.3 Teneurs en matières azotées totales des foins (MAT en % de MS)

La teneur en MAT des foins, figure dans le tableau 2.3.3.3.

- **Avec les foins retournés,**

La teneur en MAT du foin retourné de *V. sicula* (7,34%) est comparable à celle du foin de *A. sterilis* (7,69%) et, inférieure à celles des foins de *L. multiflorum* (7,94%), *P. brachystachis* (7,98%), *H. murinum* (8,02%) et *B. mollis* (8,15%). Ces derniers ont des teneurs en MAT comparables entre-elles et, inférieures à celles des foins de *B. squarossus* (8,45%), *B. rigidus* (8,52%), *B. madritensis* (8,68%) et *O. miliacea* (8,69%). Le foin de *D. glomerata* a la teneur en MAT, la plus élevée avec 9,60% (Tableau 2.3.3.3).

- **Avec les foins non retournés,**

Les teneurs en MAT des foins non retournés de *B. squarossus* (7,34%), *B. madritensis* (7,50%), *B. rigidus* (7,60%), *L. multiflorum* (7,63%), *H. murinum* (7,72%) et *D. glomerata* (7,88%) sont comparables entre-elles et, supérieures à celles des foins de *O. miliacea* (7,16%), *A. sterilis* (6,74%) et *B. mollis* (6,93%). Les teneurs en MAT de ces derniers sont comparables entre-elles et, à celle du foin de *P. brachystachis* (6,79%). Le foin de *V. sicula* a la plus faible teneur (6,38%) ; elle est comparable à celle du foin de *P. brachystachis* (Tableau 2.3.3.3).

Le retournement n'a pas d'effet significatif sur les teneurs en MAT des foins de *H. murinum* et de *L. multiflorum* ; Les différences respectives entre les teneurs en MAT des foins retourné et non retourné sont de 0,30 et 0,31 point, ce qui représente 3 et 3,1 g MAT/kg de MS de foin retourné. Par contre avec les foins

des autres espèces, le retournement a des effets significatifs ; Les teneurs en MAT des foins retournés ont 0,92 à 1,72 points en plus comparés aux mêmes foins non retournés ; ce qui représente 9,2 à 17,2 g de MAT/kg de MS de foin retourné.

Pour le même séjour au sol, la teneur en MAT n'a que faiblement diminué pour les fourrages mis en tas et retournés que pour les fourrages mis en tas et non retournés. Les pertes en MAT varient de 0,01 à 1,51 points avec les foins retournés et de 0,52 à 2,47 points avec les foins non retournés.

La mise en tas des fourrages fanés au sol avec retournements limiterait la perte d'azote, comparés aux fourrages non retournés. Les fourrages mis en tas non retournés absorbent plus facilement l'humidité provenant du sol, de la rosée et de la pluie [134]. Cette humidité entraîne une diminution de la teneur en MAT sous forme d'azote soluble par lessivage et protéolyse et, favorise le développement des bactéries et des moisissures qui vont métaboliser une partie de la matière organique du fourrage [202].

**Tableau 2.3.3.3** : Teneurs en matières azotées totales (MAT en % de MS).

Espèces	Foins Retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B =points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	07,69 ± 0,43 <b>de</b>	06,74 ± 0,21 <b>g</b>	0,95	S
<i>Bromus madritensis</i>	08,68 ± 0,45 <b>bc</b>	07,50 ± 0,18 <b>e</b>	1,18	S
<i>Bromus mollis</i>	08,15 ± 0,40 <b>bcd</b>	06,93 ± 0,31 <b>fg</b>	1,22	S
<i>Bromus rigidus</i>	08,52 ± 0,26 <b>b</b>	07,60 ± 0,22 <b>de</b>	0,92	S
<i>Bromus squarrossus</i>	08,45 ± 0,24 <b>bc</b>	07,34 ± 0,32 <b>ef</b>	1,11	S
<i>Dactylis glomerata</i>	09,60 ± 0,06 <b>a</b>	07,88 ± 0,41 <b>cde</b>	1,72	S
<i>Hordeum murinum</i>	08,02 ± 0,26 <b>cd</b>	07,72 ± 0,08 <b>de</b>	0,30	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	07,94 ± 0,36 <b>cd</b>	07,63 ± 0,33 <b>de</b>	0,31	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	08,69 ± 0,19 <b>b</b>	07,16 ± 0,47 <b>efg</b>	1,53	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	07,98 ± 0,12 <b>d</b>	06,79 ± 0,44 <b>fgh</b>	1,19	S
<i>Vulpia sicula</i>	07,34 ± 0,23 <b>ef</b>	06,38 ± 0,11 <b>h</b>	0,96	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS=non significatif, S= significatif.

Les foins retournés et non retournés, ont en moyenne une teneur en MAT respectivement proche de celles du foin d'orge (8,68%) et du foin d'avoine (7,77%) [208] et, plus élevée que celles du foin de vesce avoine tardif (5,7%) [189] et du foin d'avoine fané en tas sans retournement (6,16%) [209]. Les foins retournés, ont une teneur proche de celle du foin de vesce avoine précoce récolté au stade épiaison avec 8,9% [210]. Cette teneur, est plus faible que celle du foin de prairie naturelle composé de ray-grass, de dactyle et de pâturin avec 14,6% de MAT [211].

#### 2.3.3.1.4 Teneurs en cellulose brute des foins (CB en % de MS)

La teneur en CB des foins, est rapportée dans le tableau 2.3.3.4.

- **Avec les foins retournés**

Le foin retourné de *L. multiflorum* a une teneur en CB de 33,72% ; Elle est comparable à celles des foins de *P. brachystachis* avec 34,63% et *D. glomerata* avec 35,10%. Les foins de *V. sicula* et *H. murinum* ont des teneurs identiques avec 35,81%, comparables à celle du foin de *D. glomerata* et, supérieures à celles des foins de *L. multiflorum* et *P. brachystachis*. Le foin de *B. mollis* a une teneur en CB de 37,25% ; Elle est comparable à celles des foins de *B. rigidus* (37,21%), *B. squarossus* (37,38%) et *A. sterilis* (37,75%) et, inférieure à celle de *B. madritensis* (37,70%). Le foin d'*O. miliacea* est le plus riche en CB avec 38,59%, comparable au foin d'*A. sterilis* (Tableau 2.3.3.4)

- **Avec les foins non retournés**

Le foin non retourné de *O. miliacea* a la teneur en CB, la plus élevée avec 40,23% ; Elle est comparable à celles des foins de *B. rigidus* (38,87%), *A. sterilis* (39,17%), *B. mollis* (39,30%) et *B. squarossus* (39,27%). La teneur en CB du foin de *B. madritensis* avec 37,66%, est comparable à celles des foins de *D. glomerata* (37,70%) et *H. murinum* (37,79%). Le foin de *L. multiflorum* est le moins riche en CB avec 34,65%, suivi par les foins de *V. sicula* avec 36,13% et *P. brachystachis* avec 36,77% (Tableau 2.3.3.4).

Le retournement n'a pas d'effet significatif sur la teneur en CB des foins de *A. sterilis* (-1,42 points), *B. madritensis* (+0,04 point), *L. multiflorum* (-0,93 point), *O. miliacea* (-1,73 points) et *V. sicula* (-0,32 point). Par contre avec les foins des autres espèces, le retournement a des effets significatifs ; Les teneurs en CB des

foins retournés ont 1,66 à 2,60 points en moins comparés aux mêmes foins non retournés ; ce qui représente 16,6 à 26,0 g de CB en moins par kg de MS de foin retourné (Tableau 2.3.3.4).

Ces pertes en CB correspondent à la perte des parties fragiles de la plante comme les feuilles, moins pourvues en CB que les tiges. Sous l'effet de la pluie, les feuilles s'imbibent d'eau, pourrissent au contact du sol humide et tombent. Le retournement évite justement le contact permanent des plantes avec le sol humide, aère la masse du fourrage et l'expose mieux au soleil. Il s'ensuit un fourrage mieux conservé. Les teneurs en MAT, plus élevées avec les foins retournés, confirment que le fourrage se conserve mieux grâce aux retournements.

**Tableau 2.3.3.4** : Teneurs en cellulose brute (CB en % de MS).

Espèces	Foins Retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B=points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	37,75 ± 0,75 <b>bcd</b>	39,17 ± 0,42 <b>ab</b>	-1,42	NS
<i>Bromus madritensis</i>	37,70 ± 0,17 <b>c</b>	37,66 ± 0,37 <b>cd</b>	+0,04	NS
<i>Bromus mollis</i>	37,25 ± 0,24 <b>d</b>	39,30 ± 0,65 <b>ab</b>	- 2,05	S
<i>Bromus rigidus</i>	37,21 ± 0,43 <b>cde</b>	38,87 ± 0,81 <b>ab</b>	- 1,66	S
<i>Bromus squarrossus</i>	37,38 ± 0,62 <b>cde</b>	39,27 ± 0,61 <b>ab</b>	- 1,89	S
<i>Dactylis glomerata</i>	35,10 ± 0,77 <b>fg</b>	37,70 ± 0,88 <b>bcd</b>	- 2,60	S
<i>Hordeum murinum</i>	35,81 ± 0,20 <b>f</b>	37,79 ± 0,96 <b>bcd</b>	-1,98	S
<i>Lolium multiflorum</i>	33,72 ± 1,23 <b>g</b>	34,65 ± 0,87 <b>g</b>	- 0,93	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	38,59 ± 0,29 <b>ab</b>	40,23 ± 1,35 <b>a</b>	- 1,73	NS
<i>Phalaris brachystachis</i>	34,63 ± 0,99 <b>g</b>	36,77 ± 0,22 <b>e</b>	- 2,14	S
<i>Vulpia sicula</i>	35,81 ± 0,11 <b>f</b>	36,13 ± 0,37 <b>f</b>	- 0,32	NS

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

Le fanage, a modifié la teneur en CB avec l'ensemble des espèces mais les modifications sont plus importantes avec les espèces les moins « feuillues ». Ainsi, la teneur en CB du foin de *V. sicula*, avec un rapport F/T de 0,39, a augmenté de 4,64 et 4,96 points respectivement avec retournement et sans retournement. De même, la teneur en CB du foin de *B. mollis*, avec un rapport F/T

de 0,56, a augmenté de 3,97 et 6,02 points respectivement avec retournement et sans retournement. Avec un rapport F/T de 1,20, la teneur en CB du foin de *P. brachystachis* a augmenté de 1,54 points lorsqu'il a été retourné et de 3,68 points lorsqu'il n'a pas été retourné.

Les foins étudiés, présentent des teneurs en CB proches de celles du foin d'avoine avec 38,02 % [205], du foin d'orge avec 38,60% [208], et du foin de vesce avoine avec 38,50% [206]. Elles sont par contre, plus élevées que celle du foin de prairie naturelle composé de ray-grass, dactyle et pâturin avec 30,1% [211].

#### 2.3.3.1.5 Teneurs en parois totales des foins (NDF en % de MS)

La teneur en NDF des foins, figure dans le tableau 2.3.3.5.

- **Avec les foins retournés**

Le foin d'*O. miliacea* possède la teneur en NDF, la plus élevée avec 65,33% ; Elle est comparable à celle d'*A. sterilis* avec 64,57%. Les foins de *B. rigidus* (64,09%), *B. mollis* (64,12%), *B. squarossus* (64,24%) et *B. madritensis* (64,53%) ont des teneurs en NDF comparables entre-elles et à celle d'*A. sterilis*. *V. sicula* et *H. murinum* ont des teneurs en NDF inférieures aux précédentes, comparables entre-elles (62,94% et 62,83%) et à celle de *D. glomerata* (62,19%). Les foins de *L. multiflorum* et *P. brachystachis* ont des teneurs en NDF comparables entre-elles (60,95 et 61,76%), comparables à celles de *D. glomerata* et inférieures à celles des foins des autres espèces (Tableau 2.3.3.5).

- **Avec les foins non retournés**

Les foins non retournés d'*O. miliacea*, *B. mollis*, *B. squarossus* et *A. sterilis* ont des teneurs en NDF comparables entre-elles (65,85 à 66,80%), comparables à celles de *D. glomerata*, *H. murinum* et *B. rigidus* (64,53 à 65,58%) et, supérieures à celles des foins des autres espèces. *L. multiflorum* (61,78%), *V. sicula* (63,11%) et *P. brachystachis* (63,69%) ont des teneurs en NDF différentes entre-elles et, sont les moins pourvues en NDF comparées aux autres foins non retournés.

Le retournement est sans effet significatif sur les teneurs en NDF des foins de *A. sterilis* (1,28 points), *B. madritensis* (0,04 point), *L. multiflorum* (-0,83 point),

*O. miliacea* (-1,47 points) et *V. sicula* (-0,17 point). Par contre avec les foins des autres espèces, le retournement a des effets significatifs ; Les teneurs en NDF des foins retournés ont 1,49 à 2,34 points en moins comparés aux mêmes foins non retournés ; ce qui représente 14,9 à 23,4 g de NDF en moins par kg de MS de foin retourné (Tableau 2.3.3.5).

La fenaison provoque une augmentation des teneurs en NDF. Cet accroissement des parois totales influencerait la digestibilité des foins et, par conséquent leurs valeurs énergétiques et azotées [212] ; [213].

**Tableau 2.3.3.5** : Teneurs en parois totales des foins (NDF en % de MS).

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B=points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	64,57 ± 0,91 <b>abc</b>	65,85 ± 0,38 <b>a</b>	-1,28	NS
<i>Bromus madritensis</i>	64,53 ± 0,65 <b>bc</b>	64,49 ± 0,38 <b>bc</b>	0,04	NS
<i>Bromus mollis</i>	64,12 ± 0,23 <b>c</b>	65,97 ± 0,58 <b>a</b>	-1,85	S
<i>Bromus rigidus</i>	64,09 ± 0,38 <b>c</b>	65,58 ± 0,73 <b>ab</b>	-1,49	S
<i>Bromus squarrossus</i>	64,24 ± 0,28 <b>c</b>	65,94 ± 0,55 <b>a</b>	-1,70	S
<i>Dactylis glomerata</i>	62,19 ± 0,69 <b>de</b>	64,53 ± 0,97 <b>abc</b>	-2,34	S
<i>Hordeum murinum</i>	62,83 ± 0,18 <b>d</b>	64,56 ± 0,91 <b>abc</b>	-1,73	S
<i>Lolium multiflorum</i>	60,95 ± 1,10 <b>e</b>	61,78 ± 0,78 <b>e</b>	-0,83	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	65,33 ± 0,18 <b>a</b>	66,80 ± 1,21 <b>a</b>	-1,47	NS
<i>Phalaris brachystachis</i>	61,76 ± 0,51 <b>e</b>	63,69 ± 0,20 <b>c</b>	-1,93	S
<i>Vulpia sicula</i>	62,94 ± 0,10 <b>d</b>	63,11 ± 0,33 <b>d</b>	-0,17	NS

NDF, neutral detergent fiber. Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

Les teneurs en NDF des foins retourné avec 60,95% et non retourné avec 61,78% du *L. multiflorum* spontané, sont supérieures à celle du foin séché au sol par beau temps du *L. multiflorum* cultivé fauché au stade début épiaison avec 57,9%, et, proches de celle du *L. multiflorum* cultivé fauché au stade début floraison avec 61,8% [76].

La teneur en NDF du foin retourné de *D. glomerata* spontané avec une 62,19%, est plus faible que celle du foin du dactyle cultivé fauché au stade

épiaison avec 64,7% [76] laquelle est comparable à celle du foin non retourné de *D. glomerata* spontané avec 64,53%.

Les teneurs en NDF des foins retournés de *B. madritensis*; *B. mollis*; *B. rigidus* et *B. squarossus*, variant entre 64,09 et 64,53%, sont comparables à celle du foin de *B. catharticus* cultivé, fauché au stade épiaison et fané au sol par beau temps avec 64% [76].

#### 2.3.3.1.6 Teneurs en lignocellulose des foins (ADF en % de MS)

La teneur en ADF des foins, figure dans le tableau 2.3.3.6.

- **Avec les foins retournés**

Le foin retourné d'*O. miliacea* a la teneur en ADF, la plus élevée avec 39,63% ; Elle est comparable à celles de *B. madritensis* et *A. sterilis* avec 38,89 et 38,93%. *B. rigidus*, *B. mollis* et *B. squarossus* ont des teneurs en ADF comparables entre-elles avec 38,48 à 38,62% et, comparables à celles de *B. madritensis* et *A. sterilis*. Les foins de *D. glomerata* (36,73%), *H. murinum* (37,32%) et *V. sicula* (37,43%) ont des teneurs comparables entre-elles, supérieures à celles des foins de *P. brachystachis* (36,34%) et *L. multiflorum* (35,58%) et, inférieures à celles des foins des autres espèces (Tableau 2.3.3.6).

- **Avec les foins non retournés**

Le foin non retourné d'*O. miliacea* a la teneur en ADF, la plus élevée ; Elle est comparable à celles des foins de *B. rigidus* (39,86%), *A. sterilis* (40,11%), *B. squarossus* (40,19%) et *B. mollis* (40,22%). Les foins de *D. glomerata* (38,89%), *H. murinum* (38,92%) et *B. madritensis* (38,85%) possèdent des teneurs en ADF comparables entre-elles, comparables à celle de *B. rigidus* et, inférieures à celle de *O. miliacea*. Les foins de *L. multiflorum* (36,36%), *V. sicula* (37,58%) et *P. brachystachis* (38,12%) ont des teneurs en ADF différentes entre-elles et, inférieures à celles des foins des autres espèces (Tableau 2.3.3.6)

Le retournement n'a pas d'effet significatif sur les teneurs en ADF des foins de *B. madritensis* (0,04 point), *V. sicula* (-0,15 point), *L. multiflorum* (-0,78 point), *A. sterilis* (-1,18 points), *O. miliacea* (-1,36 points) ; ce qui représente des pertes en ADF de 1,50 à 13,6 g par kg de MS. Par contre avec les foins des autres espèces, le retournement a des effets significatifs. Les teneurs en ADF des foins

retournés ont 1,38 à 2,16 points en moins comparés aux mêmes foins non retournés ; ce qui représente 13,8 à 21,6 g de ADF en moins par kg de MS de foin retourné.

Il semble donc que se soient les composants de la lignocellulose (ADF) à savoir la cellulose, la lignine et, à un degré moindre les matières minérales, qui varient entre les espèces et, qui augmentent avec la fenaison indépendamment du stade de coupe et de la technique de fenaison.

**Tableau 2.3.3.6** : Teneurs en lignocellulose des foins (ADF en % de MS).

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différence (A-B=points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	38,93 ± 0,84 <b>bcd</b>	40,11 ± 0,45 <b>ab</b>	-1,18	NS
<i>Bromus madritensis</i>	38,89 ± 0,60 <b>cd</b>	38,85 ± 0,31 <b>cd</b>	0,04	NS
<i>Bromus mollis</i>	38,52 ± 0,21 <b>d</b>	40,22 ± 0,54 <b>ab</b>	-1,70	S
<i>Bromus rigidus</i>	38,48 ± 0,35 <b>d</b>	39,86 ± 0,67 <b>abc</b>	-1,38	S
<i>Bromus squarossus</i>	38,62 ± 0,26 <b>d</b>	40,19 ± 0,50 <b>ab</b>	-1,57	S
<i>Dactylis glomerata</i>	36,73 ± 0,64 <b>e</b>	38,89 ± 0,89 <b>bcd</b>	-2,16	S
<i>Hordeum murinum</i>	37,32 ± 0,16 <b>e</b>	38,92 ± 0,79 <b>bcd</b>	-1,60	S
<i>Lolium multiflorum</i>	35,58 ± 1,02 <b>f</b>	36,36 ± 0,72 <b>f</b>	-0,78	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	39,63 ± 0,27 <b>abc</b>	40,99 ± 1,12 <b>a</b>	-1,36	NS
<i>Phalaris brachystachis</i>	36,34 ± 0,47 <b>f</b>	38,12 ± 0,18 <b>d</b>	-1,78	S
<i>Vulpia sicula</i>	37,43 ± 0,09 <b>e</b>	37,58 ± 0,31 <b>e</b>	-0,15	NS

ADF, acid detergent fiber. Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

### **2.3.3.2 Digestibilité in vitro des foins des espèces principales**

#### **2.3.3.2.1 Digestibilité in vitro de la matière sèche des foins (DivMS en %)**

La digestibilité in vitro de la MS des foins, figure dans le tableau 2.3.3.7.

- **Avec les foins retournés**

Le foin de *L. multiflorum* a une DivMS de 66,22% ; Elle est comparable à celle de *D. glomerata* (65,68%). Ce sont les DivMS les plus élevées avec les foins retournés. Elles sont suivies par celles des foins de *P. brachystachis* (64,12%) et

*B. rigidus* (64,66%). Les foins de *B. madritensis* (63,29%), *B. squarossus* (63,41%) et *A. sterilis* (63,47%) ont des DivMS comparables entre-elles, comparables à celle du foin de *P. brachystachis* et, inférieures à celles citées ci-dessus. Les foins de *H. murinum* (61,98%), *B. mollis* (62,27%) et *V. sicula* (62,29M) ont des DivMS comparables entre-elles, supérieures à celle du foin de *O. miliacea* (58,07%) et, inférieures à celles des autres foins (Tableau 2.3.3.7)

- **Avec les foins non retournés**

Le foin de *L. multiflorum* possède la DivMS la plus élevée avec 65,05% ; Elle est comparable à celles des foins de *D. glomerata* (64,32%) et *B. rigidus* (63,76%). Elles sont suivies par celles des foins de *V. sicula* (61,06%), *A. sterilis* (62,01%), *B. madritensis* (62,13%) et *B. squarossus* (62,33%) lesquelles sont comparables entre-elles et, supérieures à celles des foins de *H. murinum* (60,77%) et *B. mollis* (61,11%). La DivMS du foin de *P. brachystachis* (63,04%) est comparable à celle du foin de *B. squarossus* et, supérieure à celle du foin de *O. miliacea* (56,99%) (Tableau 2.3.3.7).

**Tableau 2.3.3.7** : Digestibilité In Vitro de la MS des foins (DivMS en %).

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B=points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	63,47 ± 0,26 <b>de</b>	62,01 ± 0,49 <b>fg</b>	1,46	S
<i>Bromus madritensis</i>	63,29 ± 0,52 <b>de</b>	62,13 ± 0,31 <b>f</b>	1,16	S
<i>Bromus mollis</i>	62,27 ± 0,42 <b>f</b>	61,11 ± 0,34 <b>gh</b>	1,16	S
<i>Bromus rigidus</i>	64,66 ± 0,38 <b>c</b>	63,76 ± 0,88 <b>cde</b>	0,90	NS
<i>Bromus squarossus</i>	63,41 ± 0,80 <b>de</b>	62,33 ± 0,73 <b>ef</b>	1,08	NS
<i>Dactylis glomerata</i>	65,68 ± 0,56 <b>ab</b>	64,32 ± 0,82 <b>bcd</b>	1,36	NS
<i>Hordeum murinum</i>	61,98 ± 0,76 <b>fg</b>	60,77 ± 0,43 <b>h</b>	1,21	S
<i>Lolium multiflorum</i>	66,22 ± 0,45 <b>a</b>	65,05 ± 0,80 <b>abc</b>	1,17	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	58,07 ± 0,18 <b>i</b>	56,99 ± 0,82 <b>j</b>	1,08	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	64,12 ± 0,79 <b>cd</b>	63,04 ± 0,32 <b>e</b>	1,08	S
<i>Vulpia sicula</i>	62,29 ± 0,16 <b>f</b>	61,06 ± 0,85 <b>fgh</b>	1,23	NS

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

Le retournement est sans effet significatif sur les DivMS des foins de *B. rigidus*, *B. squarossus*, *L. multiflorum*, *V. sicula* et *D. glomerata*. L'effet est par contre significatif sur la DivMS des foins de *P. brachystachis*, *O. miliacea*, *B. mollis*, *B. madritensis*, *H. murinum*, *D. glomerata* et *A. sterilis*. L'effet significatif du retournement se solde par des augmentations de la DivMS de 1,08 à 1,46 points.

#### 2.3.3.2.2 Digestibilité In Vitro de la matière organique des foins (DivMO en %)

La digestibilité in vitro de la MO des foins, est rapportée dans le tableau 2.3.3.8.

- **Avec les foins retournés**

La DivMO, la plus élevée, est observée avec le foin de *L. multiflorum* avec 65,69% ; Elle est comparable à celle du foin de *D. glomerata* avec 64,71%. Cette dernière est comparable à celles des foins de *P. brachystachis* (63,28%) et *B. rigidus* (63,72%), elles-mêmes comparables entre-elles. Les DivMO des foins de *B. squarossus* (63,06%), *P. brachystachis* (63,28%), *B. madritensis* (62,98%), *A. sterilis* (62,23%) et *B. mollis* (62,48%) sont comparables entre-elles et, supérieures à celles des foins de *H. murinum* (61,41%), *V. sicula* (61,77%) et *O. miliacea* (57,73%). La DivMO, la plus faible, est obtenue avec le foin d'*O. miliacea*.

- **Avec les foins non retournés**

La DivMO la plus élevée, est observée avec le foin de *L. multiflorum* avec 65,55%. Les DivMO des foins de *B. rigidus* (63,14%) et *D. glomerata* (63,54%) sont comparables entre-elles et, inférieures à celles du foin de *L. multiflorum*. La DivMO du foin de *V. sicula* est comparable à celles des foins de *A. sterilis* (61,53%), *B. madritensis* (61,72%), *B. squarossus* (61,85%) et *P. brachystachis* (62,32%). Les DivMO des foins de *H. murinum* (60,24%) et *B. mollis* (60,56%) sont comparables à celle du foin de *V. sicula* (60,63%) et, inférieures à celles des foins citées ci-dessus. Le foin d'*O. miliacea* a la DivMO, la plus faible avec 55,80%.

Le retournement est sans effet significatif sur les DivMO des foins de *A. sterilis*, *B. rigidus*, *D. glomerata*, *H. murinum*, *P. brachystachis* et *V. sicula* avec lesquels le retournement engendre des différences dans les DivMO allant de 0,14 à 1,17 points. Par contre, l'effet sur les DivMO est significatif avec les foins de *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. squarossus* et *O. miliacea* ; Avec ces derniers, le

retournement entraîne des augmentations plus marquées dans les DivMO variant entre 1,21 et 1,93 points (Tableau 2.3.3.8).

La fenaison entraîne une diminution significative de la digestibilité de la matière organique (DivMO) des onze espèces. Le retournement des tas n'a eu des effets significatifs sur la DivMO qu'avec 04 espèces sur 11 alors que 07 espèces présentent des DivMO comparables entre les foins retournés et non retournés.

[132], note que la diminution de la digestibilité de la matière organique suite à la fenaison, est très variable et qu'elle est minimale (en moyenne 4 points, soit environ 6%) pour les foins de graminées ventilés en grange ou séchés rapidement sur le champ par beau temps, mais augmente avec la durée de séjour sur le champ et la quantité de pluie reçue. Il donne une dMO de 59,6 % pour un foin normal, 56,8 % pour un foin légèrement chauffé et 53,5 % pour un foin chauffé, soit des différences respectives de 2,8 et 6,1 points.

**Tableau 2.3.3.8:** Digestibilité In Vitro de la MO des foins (DivMO en %)

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B=points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	62,23 ± 0,29 <b>de</b>	61,53 ± 0,46 <b>ef</b>	0,70	NS
<i>Bromus madritensis</i>	62,98 ± 0,47 <b>cd</b>	61,72 ± 0,33 <b>ef</b>	1,26	S
<i>Bromus mollis</i>	62,48 ± 0,53 <b>de</b>	60,56 ± 0,48 <b>g</b>	1,92	S
<i>Bromus rigidus</i>	63,72 ± 0,47 <b>bc</b>	63,14 ± 1,04 <b>bcd</b>	0,58	NS
<i>Bromus squarrossus</i>	63,06 ± 0,62 <b>cd</b>	61,85 ± 0,62 <b>ef</b>	1,21	S
<i>Dactylis glomerata</i>	64,71 ± 0,57 <b>ab</b>	63,54 ± 0,80 <b>bc</b>	1,17	NS
<i>Hordeum murinum</i>	61,41 ± 0,88 <b>efg</b>	60,24 ± 0,93 <b>fg</b>	1,17	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	65,69 ± 0,46 <b>a</b>	65,55 ± 0,67 <b>a</b>	0,14	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	57,73 ± 0,23 <b>h</b>	55,80 ± 0,89 <b>i</b>	1,93	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	63,28 ± 1,21 <b>bcd</b>	62,32 ± 0,38 <b>de</b>	0,96	NS
<i>Vulpia sicula</i>	61,77 ± 0,27 <b>e</b>	60,63 ± 1,35 <b>efg</b>	1,14	NS

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

Les DivMO obtenues dans cet essai, sont supérieures à celles du foin de vesce-avoine précoce (57,1%) et tardif (52,9%) [210] ; proches de celle du foin de prairie (62%) [214] et, plus faibles que celles du foin de graminées de prairie naturelle (65,4%) [211] ; du foin de ray-grass (71%), du foin de dactyle (67%) et du foin de brome (68%) fauchés au stade épiaison [76].

#### 2.3.3.2.3 Digestibilité de la CB des foins (DivCB en %)

La digestibilité in vitro de la CB des foins, figure dans le tableau 2.3.3.9.

- **Avec les foins retournés**

Les DivCB des foins de *D. glomerata* et *L. multiflorum* sont les plus élevées avec 64,33 et 64,39% ; Elles sont supérieures à celles des foins de *B. mollis*, *B. madritensis*, *B. squarossus*, *B. rigidus* et *P. brachystachis*, variant entre 61,87 et 62,92%. Le foin d'*A. sterilis* a une DivCB de 61,61% ; Elle est comparable à celles des foins de *B. madritensis* (62,21%), *B. mollis* (61,87%) et *B. squarossus* (62,30%). *H. murinum* (60,25%) et *V. sicula* (60,44%) ont des DivCB comparable entre-elles, inférieures à celles des autres foins et supérieures à celle du foin d'*O. miliacea* (56,38%) (Tableau 2.3.3.9).

- **Avec les foins non retournés**

Les DivCB des foins non retournés de *L. multiflorum* et *D. glomerata* sont les plus élevées avec 63,90 et 62,83% ; Elles sont comparables entre-elles. Les DivCB des foins de *B. mollis*, *A. sterilis*, *B. squarossus*, *P. brachystachis*, *B. madritensis* et *B. rigidus* varient entre 60,39 et 61,37% ; Elles sont comparables entre-elles, inférieures à celles des foins de *D. glomerata* et *L. multiflorum* et, supérieures à celles des foins de *V. sicula* (59,59%), *H. murinum* (59,62%) et *O. miliacea* (55,59%). Les DivCB de *H. murinum* et de *V. sicula* sont comparables entre-elles et, supérieures à celle de *O. miliacea* qui a la plus faible DivCB.

Le retournement est sans effet significatif sur la DivCB de l'ensemble des foins à l'exception, des foins de *B. rigidus*, *D. glomerata* et *P. brachystachis* pour lesquels l'effet du retournement est significatif (Tableau 2.3.3.9).

Les foins étudiés présentent des digestibilités in vitro de la CB, supérieures à celles du foin de vesce avoine fauché au stade épiaison (57,9%) [210] et du foin

de prairie tardif (57%) [214] ; mais inférieures à celle du foin de prairie au premier cycle avec 69 % [215], et au foin de prairie précoce (69%) [214].

**Tableau 2.3.3.9** : Digestibilité In Vitro de la CB des foins (DivCB en %).

Espèces	Foins Retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B=points)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	61,61 ± 0,36 <b>de</b>	60,57 ± 0,97 <b>ef</b>	1,07	NS
<i>Bromus madritensis</i>	62,21 ± 0,84 <b>bcd</b>	61,12 ± 0,43 <b>de</b>	1,09	NS
<i>Bromus mollis</i>	61,87 ± 0,98 <b>cde</b>	60,39 ± 0,92 <b>efg</b>	1,48	NS
<i>Bromus rigidus</i>	62,82 ± 0,43 <b>bc</b>	61,37 ± 0,46 <b>de</b>	1,45	S
<i>Bromus squarossus</i>	62,30 ± 0,48 <b>cd</b>	60,96 ± 0,71 <b>def</b>	1,34	NS
<i>Dactylis glomerata</i>	64,33 ± 0,30 <b>a</b>	62,83 ± 0,68 <b>bc</b>	1,50	S
<i>Hordeum murinum</i>	60,25 ± 0,52 <b>fg</b>	59,62 ± 0,75 <b>g</b>	0,62	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	64,39 ± 0,60 <b>a</b>	63,90 ± 0,98 <b>ab</b>	0,49	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	56,38 ± 0,52 <b>h</b>	55,59 ± 0,69 <b>h</b>	0,79	NS
<i>Phalaris brachystachis</i>	62,92 ± 0,40 <b>bc</b>	61,09 ± 0,65 <b>def</b>	1,83	S
<i>Vulpia sicula</i>	60,44 ± 0,87 <b>efg</b>	59,59 ± 0,42 <b>g</b>	0,85	NS

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

### **2.3.3.3 Valeurs énergétiques et azotées des foins des espèces principales.**

#### 2.3.3.3.1 Valeurs énergétiques des foins

##### 1. Valeurs énergétiques exprimées en UFL par kg de MS

Les valeurs UFL des foins, sont représentées dans le tableau 2.3.3.10.

- **Avec les foins retournés**

Le foin de *L. multiflorum* est le plus énergétique avec 0,76 UFL/kg de MS. Il est suivi par les foins de *B. madritensis*, *B. rigidus*, *B. squarossus* et *D. glomerata* avec la même valeur (0,74 UFL/kg de MS). Les foins de *V. sicula* (0,72 UFL/kg de MS), de *B. mollis* (0,73 UFL/kg de MS) et *P. brachystachis* (0,73 UFL/kg de MS) ont des valeurs comparables entre-elles et, comparables à celles des foins de *B. Madritensis*, *B. rigidus*, *B. squarossus* et *D glomerata*. Les foins de *O. miliacea* (0,66 UFL/kg de MS), *H. murinum* (0,69 UFL/kg de MS) et *A. sterilis* (0,71 UFL/kg de MS) ont des valeurs différentes entre-elles et, inférieures aux valeurs

énergétiques des autres foins. Le foin d'*O. miliacea* est le moins énergétique (Tableau 2.3.3.10).

- **Avec les foins non retournés**

Le foin de *L. multiflorum* est le plus énergétique avec 0,76 UFL/kg de MS ; Sa valeur est comparable à celle du foin de *B. rigidus* avec 0,74 UFL/kg de MS. Ils sont suivis par les foins de *B. madritensis*, *B. squarrossus* et *D. glomerata* avec des valeurs énergétiques identiques (0,72 UFL/kg de MS) et, comparables à celles des foins de *A. sterilis*, *B. mollis* et *V. sicula* (0,70 UFL/kg de MS). Le foin de *P. brachystachis* (0,70 UFL/kg de MS) est aussi énergétique que les foins de *A. sterilis*, *B. mollis* et *V. sicula* (0,70 UFL/kg de MS). Les foins de *H. murinum* (0,67 UFL/kg de MS) et *O. miliacea* (0,63 UFL/kg de MS) ont des valeurs énergétiques différentes entre-elles et, inférieures à celles des autres foins. Le foin d'*O. miliacea* est le moins énergétique (Tableau 2.3.3.10).

Le retournement des foins pendant le fanage n'a pas eu d'effet significatif sur la valeur énergétique exprimée en UFL/kg de MS sauf, avec les foins de *B. mollis* (+ 0,03 UFL/kg de MS) et *P. brachystachis* (+ 0,03 UFL/kg de MS).

Selon [109] et [216], le principal facteur de variation de la teneur en énergie nette des aliments est la digestibilité de l'énergie brute qu'ils contiennent et qui est très étroitement liée à la digestibilité de la matière organique.

La régression des valeurs énergétiques entraînée par le fanage, est moins importante que celle causée par le vieillissement des plantes. A titre d'exemple, *B. rigidus* et *P. brachystachis*, ont perdus 0,14 UFL entre le stade montaison et le stade laiteux (cf. tableau 2.3.2.11).

Il paraît donc que la conservation tout en y contribuant ne joue pas le rôle principal sur la digestibilité, mais c'est le stade de développement des plantes qui est le principal facteur d'influence [217]. Des liaisons très étroites ont pu être établies pour les graminées et les légumineuses fourragères entre la quantité de parois indigestibles présentes dans un fourrage et sa digestibilité et, par conséquent, sa valeur énergétique [127].

[127], note que quelle que soit la famille de la plante fourragère, une augmentation de la teneur en parois indigestibles de 10 g/kg de MS entraîne une

diminution de la digestibilité de 1 point et de la valeur UFL de 0,02 unité. La teneur en parois végétales, augmente avec la croissance de la plante et la digestibilité des parois diminue avec le vieillissement des tissus.

**Tableau 2.3.3.10 : Valeurs énergétiques des foins (UFL/kg de MS)**

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	0,71 ± 0,00 <b>e</b>	0,70 ± 0,01 <b>ef</b>	0,01	NS
<i>Bromus madritensis</i>	0,74 ± 0,01 <b>bc</b>	0,72 ± 0,02 <b>cde</b>	0,02	NS
<i>Bromus mollis</i>	0,73 ± 0,01 <b>cd</b>	0,70 ± 0,01 <b>ef</b>	0,03	S
<i>Bromus rigidus</i>	0,74 ± 0,01 <b>bc</b>	0,74 ± 0,01 <b>abc</b>	0,00	NS
<i>Bromus squarossus</i>	0,74 ± 0,01 <b>bc</b>	0,72 ± 0,02 <b>cde</b>	0,02	NS
<i>Dactylis glomerata</i>	0,74 ± 0,01 <b>bc</b>	0,72 ± 0,01 <b>cde</b>	0,02	NS
<i>Hordeum murinum</i>	0,69 ± 0,01 <b>fg</b>	0,67 ± 0,01 <b>g</b>	0,02	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	0,76 ± 0,00 <b>a</b>	0,76 ± 0,01 <b>ab</b>	0,00	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	0,66 ± 0,00 <b>h</b>	0,63 ± 0,01 <b>h</b>	0,03	NS
<i>Phalaris brachystachis</i>	0,73 ± 0,01 <b>cd</b>	0,70 ± 0,00 <b>f</b>	0,03	S
<i>Vulpia sicula</i>	0,72 ± 0,00 <b>d</b>	0,70 ± 0,02 <b>def</b>	0,02	NS

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

## 2. Valeurs énergétiques exprimées en UFV par kg de MS

Les valeurs UFV des foins, sont rapportées dans le tableau 2.3.3.11.

- **Avec les foins retournés**

Le foin de *L. multiflorum* est le plus énergétique avec 0,69 UFV/kg de MS. Il est suivi avec des valeurs énergétiques comparables (0,65 ou 0,66 UFV/kg de MS) par les foins de *B. rigidus*, *D. glomerata*, *B. madritensis*, *B. mollis*, *B. squarossus* et *P. brachystachis*. Le foin de *V. sicula* avec une valeur énergétique de 0,64 UFV/kg de MS, est comparable aux foins de *B. madritensis*, *B. squarossus* et *B. mollis* et *P. brachystachis*. Les foins de *H. murinum* et *A. sterilis* ont des valeurs énergétiques comparables (0,60 et 0,62 UFV/kg de MS), inférieures à celles des autres foins et, supérieures à celle du foin de *O. miliacea*.

Ce dernier foin avec 0,56 UFV/kg de MS, est le moins énergétique (Tableau 2.3.3.11).

- **Avec les foins non retournés**

Le foin de *L. multiflorum* est le plus énergétique avec 0,68 UFV/kg de MS. Il est suivi par les foins de *B. madritensis*, *B. squarrossus*, *D. glomerata* et *B. rigidus* avec des valeurs comparables (0,63 à 0,65 UFV/kg de MS). Avec des valeurs inférieures à celles des foins précédents, les foins de *B. mollis*, *A. sterilis*, *V. sicula* et *P. brachystachis* ont des valeurs énergétiques comparables entre-elles (0,61 à 0,62 UFV/kg de MS). Le foin de *H. murinum* (0,59 UFV/kg de MS) est comparable au foin de *V. sicula* (0,61 UFV/kg de MS). Le foin d'*O. miliacea* est le moins énergétique (0,54 UFV/kg de MS) (Tableau 2.3.3.11)

Le retournement des foins n'a eu d'effets significatifs qu'avec ceux de *O. miliacea*, *P. brachystachis*, *V. sicula* et *B. mollis* avec de légères augmentations de 0,02 à 0,04 UFV/kg de MS en faveur des foins retournés (Tableau 2.3.3.11).

Les conditions de fanage ont été bonnes ; Elles ont permis d'avoir des foins précoces et de meilleure valeur nutritive que les foins tardifs [200]. Selon [132], la valeur nutritive d'un foin ou d'un fourrage conservé est surtout tributaire de celle du même fourrage vert au moment de la fauche.

Les valeurs UFV des foins retourné et non retourné, obtenues dans cet essai, sont plus élevées que celles du foin d'orge (0,48 UFV), du foin d'avoine (0,51 UFV) [208] et du foin de vesce avoine (0,53 UFV/kg de MS) [189].

Le foin de *L. multiflorum* (0,69 UFV), a une valeur énergétique inférieure à celle du ray-grass cultivé au stade début épiaison (0,73 UFV) mais proche de celle du stade début floraison (0,67 UFV/kg de MS) [76].

Le foin retourné de *D. glomerata* avec 0,66 UFV/kg de MS, a une valeur énergétique proche de celle du dactyle cultivé au stade épiaison avec 0,68 UFV/kg de MS [76].

Les espèces du genre *Bromus* ont des valeurs énergétiques inférieures à celle du brome cultivé au stade épiaison (0,70 UFV) mais plus élevées au stade début floraison (0,62 UFV/kg de MS) [76].

**Tableau 2.3.3.11** : Valeurs énergétiques des foins (UFV/kg de MS)

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	0,62 ± 0,00 <b>f</b>	0,61 ± 0,01 <b>fg</b>	0,01	NS
<i>Bromus madritensis</i>	0,65 ± 0,01 <b>cd</b>	0,63 ± 0,01 <b>de</b>	0,02	NS
<i>Bromus mollis</i>	0,65 ± 0,01 <b>cd</b>	0,61 ± 0,01 <b>f</b>	0,04	S
<i>Bromus rigidus</i>	0,66 ± 0,01 <b>bc</b>	0,65 ± 0,01 <b>cd</b>	0,01	NS
<i>Bromus squarossus</i>	0,65 ± 0,01 <b>cd</b>	0,63 ± 0,01 <b>de</b>	0,02	NS
<i>Dactylis glomerata</i>	0,66 ± 0,01 <b>bc</b>	0,64 ± 0,01 <b>cde</b>	0,02	NS
<i>Hordeum murinum</i>	0,60 ± 0,01 <b>fg</b>	0,59 ± 0,01 <b>g</b>	0,01	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	0,69 ± 0,00 <b>a</b>	0,68 ± 0,01 <b>ab</b>	0,01	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	0,56 ± 0,00 <b>h</b>	0,54 ± 0,01 <b>i</b>	0,02	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	0,65 ± 0,01 <b>cd</b>	0,62 ± 0,01 <b>ef</b>	0,03	S
<i>Vulpia sicula</i>	0,64 ± 0,00 <b>d</b>	0,61 ± 0,02 <b>efg</b>	0,03	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

#### 2.3.3.3.2 Valeurs azotées des foins

##### 1. Valeurs azotées des foins en g PDIA par kg de MS

Les valeurs PDIA des foins, figurent dans le tableau 2.3.3.12.

- **Avec les foins retournés**

Le foin de *D. glomerata* est le plus pourvu en PDIA avec 23,6 g/kg de MS. Il est suivi par le foin d'*O. miliacea* avec 21,9 g/kg de MS ; Ce dernier est comparable aux foins de *B. mollis*, *B. squarossus*, *B. rigidus* et *B. madritensis*, eux-mêmes comparables avec 20,8 à 21,9 g PDIA/kg de MS. Le foin de *P. brachystachis* avec 20,5 g PDIA/kg de MS est comparable aux foins de *H. murinum*, *L. multiflorum*, *B. mollis* et *A. sterilis* avec des valeurs de 19,9 à 20,8 g PDIA/kg de MS. Le foin de *V. sicula* est le moins pourvu en PDIA avec 19,1 g /kg de MS et, est comparable au foin de *A. sterilis* (Tableau 2.3.3.12).

- **Avec les foins non retournés**

Les foins d'*O. miliacea*, *B. squarossus*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *L. multiflorum*, *H. murinum* et *D. glomerata* ont des valeurs azotées comparables

avec 18,8 à 20,3 g PDIA/kg de MS. Les foins *d'A sterilis*, *P. brachystachis* et *B. mollis* (valeurs azotées comparables de 17,8 à 18,3 g PDIA/kg de MS), sont moins azotés que les autres foins et légèrement plus riches que le foin de *V. sicula* (17,0 g PDIA/kg de MS) (Tableau 2.3.3.12).

Le retournement a eu des effets significatifs sur les valeurs azotées de l'ensemble des foins à l'exception, du foin de *L. multiflorum*. Des gains de l'ordre de 0,6 à 3,3 g de PDIA/kg de MS sont notés avec les foins retournés.

La réduction de la dégradabilité des MAT avec le degré de fanage du fourrage est liée à l'effet de la teneur en MS du fourrage conservé sur la DT, celle-ci diminuant de 0,25 point par point de MS supplémentaire [109].

[132], note qu'en dépit d'une augmentation de la solubilité de l'azote liée à l'action des protéases végétales après la fauche, la dégradabilité de l'azote est diminuée de 10 à 15 points/kg de MS.

**Tableau 2.3.3.12 : Valeurs azotées des foins (g PDIA / kg de MS).**

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	19,9 ± 0,9 <b>def</b>	17,8 ± 0,5 <b>g</b>	2,1	S
<i>Bromus madritensis</i>	21,9 ± 0,8 <b>bc</b>	19,5 ± 0,4 <b>e</b>	2,4	S
<i>Bromus mollis</i>	20,8 ± 0,8 <b>bcd</b>	18,3 ± 0,7 <b>fg</b>	2,5	S
<i>Bromus rigidus</i>	21,6 ± 0,3 <b>bc</b>	19,7 ± 0,4 <b>e</b>	1,9	S
<i>Bromus squarrossus</i>	21,4 ± 0,5 <b>bc</b>	19,1 ± 0,7 <b>ef</b>	2,3	S
<i>Dactylis glomerata</i>	23,6 ± 0,1 <b>a</b>	20,3 ± 0,8 <b>cde</b>	3,3	S
<i>Hordeum murinum</i>	20,6 ± 0,1 <b>d</b>	20,0 ± 0,1 <b>e</b>	0,6	S
<i>Lolium multiflorum</i>	20,4 ± 0,8 <b>cd</b>	19,8 ± 0,7 <b>de</b>	0,6	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	21,9 ± 0,3 <b>b</b>	18,8 ± 1,0 <b>efg</b>	3,1	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	20,5 ± 0,2 <b>d</b>	17,9 ± 1,0 <b>fg</b>	2,6	S
<i>Vulpia sicula</i>	19,1 ± 0,5 <b>ef</b>	17,0 ± 0,2 <b>h</b>	2,1	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

## 2. Valeurs azotées des foins en g PDIN par kg de MS

Les valeurs PDIN des foins, sont représentées dans le tableau 2.3.3.13.

- **Avec les foins retournés**

Le foin de *D. glomerata* est le plus pourvu en PDIN avec 61,6 g /kg de MS. Il est suivi par les foins de *L. multiflorum* et *O. miliacea* avec des valeurs de 50,9 et 55,8 g/kg de MS lesquelles sont comparables à celles des foins de *B. mollis*, *B. squarossus*, *B. rigidus* et *B. madritensis* avec 52,3 à 55,7 g/kg de MS. Les foins d'*A. sterilis*, *P. brachystachis* et *H. murinum* ont des valeurs en PDIN comparables, 49,3 à 51,5 g/kg de MS, comparables à celle du foin de *B. mollis* (52,3 g/kg de MS) et, supérieures à celle du foin de *V. sicula* avec 47,0 g/kg de MS. Ce dernier foin a la valeur en PDIN la plus faible (Tableau 2.3.3.13).

- **Avec les foins non retournés**

Les foins de *B. squarossus*, *B. madritensis*, *B. rigidus*, *L. multiflorum*, *H. murinum* et *D. glomerata* sont les plus pourvu en PDIN avec 47,0 à 50,5 g/kg de MS (Valeurs comparables). Ils sont suivis par les foins de *A. sterilis*, *P. brachystachis* et *O. miliacea* avec des valeurs en PDIN comparables entre-elles (43,2 à 45,9 g/kg de MS) et, comparables à celle de *B. squarossus* (47 g/kg de MS). Le foin de *V. sicula* est le moins pourvu en PDIN avec 40,8 g/kg de MS.

Le retournement est sans effet significatif sur la valeur azotée en PDIN du foin de *H. murinum*. Il a par contre, des effets significatifs sur les autres foins ; Ces effets correspondent à des augmentations des valeurs azotées des foins retournés de l'ordre de 2,0 à 11,1 g PDIN/kg de MS (Tableau 2.3.3.13).

Les valeurs PDIN différent entre les foins retournés et non retournés ; Elles sont liées aux teneurs en MAT plus élevée avec les foins retournés. En effet, [109] note que la valeur PDIN est directement liée à la teneur en matières azotées dégradables dans le rumen et même plus simplement à la teneur en MAT. Le foin retourné de *D. glomerata* avec 61,6 g/kg de MS, a la valeur PDIN la plus élevée, sa teneur en MAT (9,60%) est également la plus élevée ; une diminution de 17,9% de la teneur en MAT avec le foin non retourné, entraîne une chute de la valeur PDIN de 18% (50,5 g/kg de MS). La différence entre les foins retournés et non retournés, peut être également liée au fait que suite à la pluie reçu, le foin en

tas ayant subi des retournements s'est mieux séché (87,90% de MS) que celui en tas non retournés (84,26% de MS) (cf. tableau 2.3.3.1). [132], note que la valeur azotée des fourrages diminue avec le fanage, jusqu'à 10% pour la valeur PDIN pour les foins ayant reçu de la pluie.

Le foin non retourné de *V. sicula*, est celui dont la valeur PDIN (40,8 g/kg de MS) est la plus faible, sa teneur en MAT (6,38%) est également la plus faible et sa teneur en MS, est de 83,39 %.

En moyenne, les valeurs PDIN obtenues avec les foins retournés, sont proches de celle du foin de vesce avoine précoce (fauché au stade épiaison) avec 51,1 g/kg de MS, alors que les foins non retourné ont des valeurs PDIN, plus élevées que celle du foin de vesce avoine tardif (fauché au stade laiteux pâteux) avec 35,2 g/kg de MS [210].

**Tableau 2.3.3.13** : Valeurs azotées des foins (g PDIN / kg de MS).

Espèce	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	49,3 ± 2,8 <b>efg</b>	43,2 ± 1,3 <b>i</b>	6,1	S
<i>Bromus madritensis</i>	55,7 ± 2,9 <b>bcd</b>	48,1 ± 1,1 <b>fg</b>	7,6	S
<i>Bromus mollis</i>	52,3 ± 2,6 <b>cde</b>	44,4 ± 2,0 <b>hi</b>	7,9	S
<i>Bromus rigidus</i>	54,7 ± 1,0 <b>bc</b>	48,7 ± 1,4 <b>efg</b>	6,0	S
<i>Bromus squarrossus</i>	54,2 ± 1,5 <b>bcd</b>	47,0 ± 2,0 <b>fgh</b>	7,2	S
<i>Dactylis glomerata</i>	61,6 ± 0,4 <b>a</b>	50,5 ± 2,6 <b>def</b>	11,1	S
<i>Hordeum murinum</i>	51,5 ± 0,4 <b>e</b>	49,5 ± 0,5 <b>ef</b>	2,0	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	50,9 ± 4,3 <b>b</b>	48,9 ± 2,1 <b>efg</b>	2,0	S
<i>Oryzopsis miliacea</i>	55,8 ± 0,6 <b>b</b>	45,9 ± 1,9 <b>gh</b>	6,9	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	51,2 ± 0,8 <b>e</b>	43,5 ± 2,8 <b>hi</b>	7,7	S
<i>Vulpia sicula</i>	47,0 ± 1,5 <b>gh</b>	40,8 ± 0,7 <b>j</b>	6,2	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

### 3. Valeurs azotées des foins en g PDIE par kg de MS

Les valeurs PDIE des foins, sont rapportées dans le tableau 2.3.3.14.

- **Avec les foins retournés**

Les foins de *D. glomerata* et *B. rigidus* ont les valeurs en PDIE les plus élevées avec 75,7 et 75,5 g/kg de MS ; Ces valeurs sont comparables à celles des foins de *B. mollis*, *B. squarrossus*, *L. multiflorum* et *B. madritensis* avec des valeurs de 73,7 à 74,7 g/kg de MS (comparables entre-elles). Les foins de *H. murinum*, *A. sterilis* et *V. sicula* ont des valeurs en PDIE comparables entre-elles (70,1 à 71,1 g/kg de MS), comparables à celle du foin de *P. brachystachis* (72,6 g/kg de MS), inférieures à celles des autres foins et, supérieures à celle du foin de *O. miliacea* (69,8 g/kg de MS). Ce dernier foin est le moins pourvu en PDIE.

- **Avec les foins non retournés**

Le foin de *L. multiflorum* est le plus pourvu en PDIE avec 73,7 g/kg de MS ; Il est comparable aux foins de *B. madritensis*, *D. glomerata* et *B. rigidus* avec des valeurs en PDIE de 71,6 à 72,8 g/kg de MS (valeurs comparables entre-elles). Les foins de *V. sicula*, *A. sterilis*, *P. brachystachis*, *H. murinum* et *B. mollis* ont des valeurs en PDIE comparables entre-elles avec 67,9 à 69,2 g/kg de MS, inférieures à celles des autres foins et, supérieures à celle du foin d'*O. miliacea* avec 65,6 g/kg de MS. Ce dernier foin est le moins pourvu en PDIE ; Il est cependant comparable aux foins de *V. sicula*, *A. sterilis* et *P. brachystachis* avec des valeurs en PDIE de 67,9 à 68,9 g/kg de MS.

Le retournement est sans effet significatif sur les valeurs azotées en PDIE des foins d'*A. sterilis*, *H. murinum* et *L. multiflorum*. Par contre, les effets sont significatifs sur les valeurs azotées en PDIE des autres foins ; Ils correspondent à des augmentations de 2,4 à 4,5 g PDIE/kg de MS avec les foins retournés.

Les valeurs PDIE obtenues avec les foins retournés et non retournés, sont plus élevées que les valeurs PDIN. En effet selon [109], les fourrages dont la teneur en MAT dégradables est inférieure à 100 g/kg de MS, ce qui correspond à une teneur en MAT de l'ordre de 130 g/kg de MS, sont généralement déficitaires en PDIN par rapport à leur valeur PDIE. C'est le cas des graminées récoltées à un stade tardif ou peu fertilisées. Nos foins, ont une teneur en MAT de 73,4 à 96,0

g/kg de MS pour les foins retournés et de 63,8 à 78,8 g/kg de MS pour les foins non retournés (cf. tableau 2.3.3.3).

La valeur PDIE des fourrages, est liée directement à la digestibilité de la MO. En effet, *L. multiflorum* avec des DivMO des foins retournés et non retournés comparables et les plus élevées (65,69 et 65,55%) (cf. tableau 3.3.8), a les valeurs PDIE de ses foins comparables et les plus élevées (74,3 et 73,7 g/kg de MS). A l'inverse, *O. miliacea* avec des DivMO des foins retournés et non retournés les plus faibles (57,73 et 55,80%) (cf. tableau 3.3.8), a les valeurs PDIE de ses foins les plus faibles (69,8 et 65,6 g/kg de MS) (Tableau 2.3.3.14).

**Tableau 2.3.3.14** : Valeurs azotées des foins (g PDIE / kg de MS)

Espèces	Foins retournés (A)	Foins non retournés (B)	Différences (A-B)	Signification
<i>Avena sterilis</i>	70,9 ± 1,2 <b>def</b>	68,5 ± 1,0 <b>fg</b>	2,4	NS
<i>Bromus madritensis</i>	74,7 ± 1,3 <b>ab</b>	71,6 ± 1,5 <b>cde</b>	3,1	S
<i>Bromus mollis</i>	73,7 ± 1,2 <b>abc</b>	69,2 ± 1,1 <b>ef</b>	4,5	S
<i>Bromus rigidus</i>	75,5 ± 0,7 <b>a</b>	72,8 ± 1,8 <b>bcd</b>	2,7	S
<i>Bromus squarossus</i>	74,3 ± 1,0 <b>ab</b>	71,2 ± 1,5 <b>de</b>	3,1	S
<i>Dactylis glomerata</i>	75,7 ± 0,9 <b>a</b>	71,7 ± 1,6 <b>cde</b>	4,0	S
<i>Hordeum murinum</i>	70,1 ± 0,9 <b>def</b>	68,9 ± 1,0 <b>f</b>	1,2	NS
<i>Lolium multiflorum</i>	74,3 ± 1,6 <b>abc</b>	73,7 ± 1,4 <b>abc</b>	0,6	NS
<i>Oryzopsis miliacea</i>	69,8 ± 0,3 <b>ef</b>	65,6 ± 2,1 <b>g</b>	4,2	S
<i>Phalaris brachystachis</i>	72,6 ± 1,6 <b>bcd</b>	68,9 ± 1,3 <b>efg</b>	3,7	S
<i>Vulpia sicula</i>	71,1 ± 0,7 <b>d</b>	67,9 ± 1,6 <b>fg</b>	3,2	S

Les valeurs suivies d'une ou de plusieurs lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5%. Sur la même ligne, NS= non significatif, S= significatif.

Les valeurs PDIE obtenues dans cet essai, sont plus élevées que celles du foin de vesce avoine tardif avec 60 g [206] et 64,4 g/kg de MS [189]. Elles sont par contre, plus faibles que celle du foin de prairie naturelle composé de ray-grass, de dactyle et de pâturin avec 89 g/kg de MS [211].

Les foins retourné et non retourné de *L. multiflorum*, ont une valeur PDIE plus faible que celles du *L. multiflorum* cultivé, fauché au stade début épiaison et au stade début floraison avec respectivement 104 et 81 g/kg de MS [76].

Le foin retourné de *D. glomerata*, a une valeur PDIE plus faible que celle du foin de *D. glomerata* cultivé, au stade épiaison (89 g), mais plus élevée que celle au stade floraison (71 g) [76] laquelle est comparable à celle du foin non retourné.

Les foins retournés des espèces du genre *Bromus*, ont des valeurs PDIE plus faibles que celle du *Bromus catharticus* cultivé, fauché au stade épiaison (82 g), mais plus élevée que celle du stade début floraison (71 g) [76] laquelle est comparable à celles des foins non retournés.

## Conclusion

L'exploitation des fourrages en foin entraîne des modifications de la composition chimique, de la digestibilité et par conséquent des valeurs énergétiques et azotées, par rapport aux fourrages verts correspondants. Cependant, ces modifications sont plus ou moins importantes en fonction du procédé de fenaison au sol : mise en tas avec ou sans retournement des tas.

L'évolution de la teneur en MS est plus marquée chez les fourrages fanés en tas avec retournement qui sèchent plus rapidement que ceux mis en tas sans retournement.

L'effet du retournement n'est pas significatif sur la teneur en MO, alors que pour les MAT, le retournement des tas tous les trois jours a limité la perte en azote des fourrages.

La mise en tas avec retournement limiterait davantage l'augmentation des teneurs en CB, NDF et ADF que la mise en tas sans retournement.

Le retournement a très peu d'effet sur la digestibilité in vitro de la MO et de la CB et sur les valeurs énergétiques. L'effet du retournement est par contre, très significatif sur les valeurs azotées. Les valeurs PDIA, PDIN et PDIE des foins retournés, sont plus élevées que celles des foins non retournés.

### **2.3.4 Valorisation d'un fourrage vert de graminées dans l'alimentation des ruminants**

### 2.3.4.1 Composition floristique et rapport feuilles/tiges du fourrage naturel

La composition floristique et le rapport feuilles/tiges du fourrage naturel sont donnés dans le tableau 2.3.4.1.

Le fourrage naturel est composé par les espèces de graminées suivantes :

- *Avena sterilis*, *Bromus madritensis*, *Hordeum murinum*, *Lolium multiflorum* et *Orysoopsis miliacea* à tous les stades phénologiques,
- *Bromus rigidus* et *Vulpia sicula* aux stades épiaison, floraison et laiteux,
- *Bromus mollis* aux stades épiaison et floraison.

Le rapport feuilles/tiges (F/T) du fourrage naturel diminue du stade début épiaison au stade laiteux ; Il passe de 1,28 à 0,42. Quand le fourrage vieillit, la proportion de feuilles diminue au bénéfice de celle des tiges. Selon [162] et [218], la proportion de feuilles passe d'environ 60% au stade végétatif à 35% à la floraison. Cette diminution est due au dessèchement des feuilles basales avec l'âge d'où il s'ensuit la baisse du rapport feuilles/tiges [218].

**Tableau 2.3.4.1** : Composition floristique et rapport feuilles / tiges du fourrage naturel selon les stades phénologiques

Espèces	Début épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
<i>Avena sterilis</i>	+	+	+	+
<i>Bromus madritensis</i>	+	+	+	+
<i>Bromus mollis</i>	-	+	+	-
<i>Bromus rigidus</i>	-	+	+	+
<i>Hordeum murinum</i>	+	+	+	+
<i>Lolium multiflorum</i>	+	+	+	+
<i>Orysoopsis miliacea</i>	+	+	+	+
<i>Vulpia sicula</i>	-	+	+	+
Rapport F/T du fourrage	1,28 ± 0,29 <b>a</b>	0,77 ± 0,26 <b>b</b>	0,55 ± 0,22 <b>c</b>	0,42 ± 0,13 <b>d</b>

(+) : Espèce présente dans le fourrage, (-) : espèce non présente dans le fourrage. Les valeurs marquées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 5%.

### 2.3.4.2 Composition chimique du fourrage naturel

La composition chimique du fourrage naturel est rapportée dans le tableau 2.3.4.2.

**La teneur en matière sèche (MS)** du fourrage naturel augmente de façon significative, de 24,7% au stade début épiaison à 35,5% au stade laitieux, soit une augmentation de 10,8 points. Ces teneurs en MS sont légèrement à franchement supérieures à celles données pour le fourrage vert de prairie avec 17,2% au stade début épiaison, 20,2% au stade épiaison et 22,7% au stade fin floraison [76].

**La teneur en matière organique (MO)** du fourrage naturel passe de 90,8 % au stade début épiaison à 92,9 % au stade laitieux. La teneur en MO augmente alors que la teneur en matières minérales diminue ; l'absorption des éléments minéraux par la plante cesse à partir de l'épiaison, ce qui est confirmé par les teneurs en matières minérales obtenues dans cet essai [169] ; [219] ; [220]. La teneur en MO obtenue, est plus élevée que celle de la fétuque des prés avec 89,2% [221], mais proche de celles du ray-grass, du dactyle, du brome et de la fléole cultivés avec respectivement 90,3 ; 88,8 ; 90,5 et 92,2% au stade épiaison [76].

**La teneur en matières azotées totales (MAT)** du fourrage naturel diminue significativement du stade début épiaison au stade laitieux, de 9,6 à 7,5 % soit une perte de 2,1 points. Cette baisse des MAT est due au vieillissement des feuilles qui sont les organes les plus riches en MAT [126] ; [171]. Le fourrage naturel, présente une teneur en MAT plus faible que celles des fourrages verts de vesce avoine et pois avoine au stade épiaison avec respectivement 13,6 et 11,2% de MAT [210] ; ainsi que celle d'un fourrage composé d'un mélange de graminées (53,6% de ray-grass d'Italie, 35,8% de ray-grass Anglais, 4,7 % de fétuque des prés, 2,9% de dactyle et 1,9% de fléole) avec 11,3% [221].

**La teneur en cellulose brute (CB)** du fourrage naturel augmente significativement du stade début épiaison (29,7 %) au stade laitieux (38,4 %). Cette augmentation de 8,7 points serait liée à l'influence du climat, notamment l'action de la température sur les constituants pariétaux des fourrages des pays tropicaux et tempérés [212] ; [222], à la perte des feuilles avec l'âge, les feuilles étant moins pourvues en CB que les tiges, [101] mais aussi à la composition floristique du fourrage naturel. [102], annonce une teneur en CB de 15 à 17 % dans les limbes et 22 à 25 % dans les tiges + gaines des jeunes graminées. Avec les plantes âgées, cette teneur passe à 26 - 28 % dans les limbes et 35 - 38 % dans les tiges + gaines.

**La teneur en parois totales (NDF)** du fourrage naturel passe de 53,2 % au stade début épiaison à 64,0 % au stade laitieux, soit une augmentation de 10,8 points. La teneur des tiges en parois cellulaires augmente avec l'âge et, est plus élevée que celle des feuilles [97] ; [212]. La teneur en NDF obtenue, est plus élevée que celle d'un fourrage composé d'un mélange de graminées (53,6% de ray-grass d'Italie, 35,8% de ray-grass Anglais, 4,7 % de fétuque des prés, 2,9% de dactyle et 1,9% de fléole) avec 51,3% [221].

**La teneur en lignocellulose (ADF)** du fourrage naturel augmente du stade début épiaison au stade laitieux, de 31,2 à 38,7 %, soit une augmentation de 7,5 points. Ces teneurs en ADF sont légèrement plus élevées que celles d'un fourrage de prairie permanente de plaine aux stades début épiaison (31,2 contre 30,3%), épiaison (34,0 contre 33,6%) et floraison (36,9 contre 35,4%) [76].

Les modifications de la composition chimique sont variables au cours du premier cycle selon l'organe de la plante ; La composition des feuilles chez les graminées évolue moins rapidement que celle des tiges au fur et à mesure que la plante vieillit [102]. Les feuilles sont plus digestibles que les tiges de sorte que la digestibilité de la plante sera étroitement liée à la proportion des feuilles [106].

**Tableau 2.3.4.2** : Composition chimique du fourrage naturel selon les stades phénologiques

Stades	Début épiaison	Epiaison	Floraison	Laitieux
MS (%)	24,7 ± 1,1 <b>d</b>	26,5 ± 0,2 <b>c</b>	30,9 ± 1,3 <b>b</b>	35,5 ± 1,7 <b>a</b>
En % de la MS				
MO	90,8 ± 3 <b>d</b>	91,6 ± 1 <b>c</b>	92,4 ± 1 <b>b</b>	92,9 ± 1 <b>a</b>
MM	9,2 ± 3 <b>d</b>	8,4 ± 1 <b>c</b>	7,6 ± 1 <b>b</b>	7,1 ± 1 <b>a</b>
MAT	9,6 ± 4 <b>a</b>	8,8 ± 2 <b>b</b>	8,1 ± 3 <b>c</b>	7,5 ± 2 <b>d</b>
CB	29,7 ± 8 <b>d</b>	33,2 ± 3 <b>c</b>	35,8 ± 6 <b>b</b>	38,4 ± 1 <b>a</b>
NDF	53,2 ± 1 <b>d</b>	56,3 ± 9 <b>c</b>	60,7 ± 8 <b>b</b>	64,0 ± 9 <b>a</b>
ADF	31,2 ± 7 <b>d</b>	34,0 ± 8 <b>c</b>	36,9 ± 8 <b>b</b>	38,7 ± 1 <b>a</b>

MS, matière sèche ; MO, matière organique ; MAT, matières azotées totales ; CB, cellulose brute ; NDF, neutral detergent fiber ; ADF, acid detergent fiber. Pour un même constituant chimique, les valeurs portant une même lettre sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement).

### 2.3.4.3 Digestibilités in-vitro de la MO et de la CB du fourrage naturel

Les DivMO et DivCB du fourrage naturel sont présentées dans le tableau 2.3.4.3.

**La digestibilité in vitro de la matière organique (DivMO)** du fourrage naturel diminue du stade début épiaison au stade laiteux de 70,4 à 59,5 %, soit une diminution de 10,9 points. Les différences de DivMO entre les stades phénologiques sont significatives. Le stade de végétation des plantes a un effet très sensible sur la DivMO [217] ; les premiers stades sont les plus digestibles, lorsque les teneurs en CB et en NDF sont faibles et celle des MAT est élevée [223]. Au premier cycle de végétation, la digestibilité d'une plante est liée positivement à sa teneur en MAT et négativement à sa teneur en CB [176]. Les valeurs de DivMO sont proches à légèrement différentes de celles des fourrages de prairies permanentes de plaines au premier cycle, aux stades début épiaison (70,4 contre 72%), épiaison (67,2 contre 66%) et floraison (62,4 contre 60%) [76]. Elles sont également proches de celles du pois avoine aux stades épiaison (67,1%) et laiteux pâteux (60,8%), mais plus faibles que celles de la vesce avoine aux stades épiaison (70,6%) et laiteux pâteux (65,1%) [210].

Selon [181], la digestibilité de la matière organique d'une plante fourragère 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 leur degré de lignification augmentent.

**La digestibilité de la cellulose brute (DivCB)**, diminue significativement d'un stade phénologique à l'autre ; Elle passe de 68,2 % au stade début épiaison à 57,8 % au stade laiteux avec une perte de 10,4 points. Des diminutions de DivCB de 9 et 9,7 points entre les stades début épiaison et laiteux respectivement pour *Bromus madritensis* (70,3 à 61,3 %) et *Bromus rigidus* (72,3 à 62 %) ont été rapportées par [223]. Les fourrages poussant sous climat d'Afrique du Nord, ont tendance à se lignifier davantage que les mêmes fourrages poussant sous climat tempéré [187].

Comparée à certains fourrages verts cultivés, la DivCB du fourrage naturel au stade épiaison (64,7%) est comparable à celles du ray-grass d'Italie (65%) et de la fétuque élevée (64%), mais plus faible que celles de la fléole (68%) et du dactyle (73%). Au stade floraison, le fourrage naturel présente une DivCB

(61,5%), plus élevée que celles de ces quatre espèces avec respectivement 55 ; 58 ; 58 et 50% [76].

**Tableau 2.3.4.3** : Digestibilités in-vitro de la matière organique (DivMO) et de la cellulose brute (DivCB) du fourrage naturel (%)

Stades	Début épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
DivMO	70,4 ± 0,7 <b>a</b>	67,2 ± 0,6 <b>b</b>	62,4 ± 0,8 <b>c</b>	59,5 ± 0,5 <b>d</b>
DivCB	68,2 ± 1,0 <b>a</b>	64,7 ± 0,5 <b>b</b>	61,5 ± 0,5 <b>c</b>	57,8 ± 0,7 <b>d</b>

DivMO, digestibilité in vitro de la matière organique ; DivCB, digestibilité in vitro de la cellulose brute. Les valeurs d'un même constituant chimique portant une même lettre, sont comparables au seuil de 5%.

#### 2.3.4.4 Valeurs énergétiques et azotées du fourrage naturel

Les valeurs énergétiques et azotées du fourrage naturel, figurent dans le tableau 2.3.4.4.

**Les valeurs énergétiques** diminuent du stade début épiaison au stade laiteux, de 0,78 à 0,60 UFL et de 0,72 à 0,54 UFV, soit des diminutions identiques de 0,18 UF par kg de MS. Ces valeurs énergétiques sont inférieures à celles rapportées avec un fourrage vert de prairies permanentes avec 0,72 contre 0,79 UFL et 0,66 contre 0,72 UFV par kg de MS au stade épiaison et, inférieures avec 0,64 contre 0,70 UFL et proches avec 0,61 contre 0,60 UFV par kg de MS au stade floraison [76].

**Les protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine alimentaire (PDIA)** du fourrage naturel, varient entre 24 et 18 g/kg de MS. Elles présentent des différences significatives entre les stades début épiaison et floraison, début épiaison et laiteux et, entre épiaison et laiteux.

**Les protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN)**, sont significativement différentes d'un stade à l'autre. Elles diminuent du stade début épiaison au stade laiteux. Cette baisse de 20 g PDIN par kg de MS est répartie en 7g entre début épiaison et épiaison, 8g entre épiaison et floraison et 5g entre floraison et laiteux. En somme, la diminution des PDIN est plus marquée en début de cycle qu'en fin de cycle. Ce fourrage naturel présente un intérêt azoté au stade début épiaison et, un moindre intérêt aux autres stades.

Le fourrage naturel, présente des valeurs PDIN plus faibles que celles du fourrage vert de vesce avoine au stade épiaison (61,5 g) et au stade laiteux pâteux (51,6 g/kg de MS) ; mais plus élevées que celles du pois avoine au stade épiaison (50,6 g) et au stade laiteux pâteux (41,4 g/kg de MS) [210].

**Les protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie digestible (PDIE)**, diminuent entre les stades début épiaison et laiteux, de 78 à 64 g, soit une diminution de 14 g PDIE/kg de MS. Les valeurs en PDIE sont comparables entre-elles aux stades début épiaison et épiaison (78 et 75 g/kg de MS) et, différentes entre les stades début épiaison et floraison (78 contre 69 g/kg de MS) et, entre floraison et laiteux (69 contre 64 g/kg de MS).

Les valeurs énergétiques et azotées du fourrage naturel ainsi obtenues et leurs modifications au cours des stades phénologiques sont liées entre autres :

- à la composition floristique de ce fourrage, composé exclusivement de graminées spontanées ; les graminées sont plus pourvues en PDIE qu'en PDIN,
- à la diminution du rapport feuilles/tiges du stade début épiaison au stade laiteux. Une proportion de feuilles plus faible entraîne une plus forte diminution de la teneur en MAT, les feuilles étant toujours plus riches en MAT et, plus digestibles que les tiges [132] ; [171].
- à la composition chimique du fourrage influencée par le stade de développement de la plante qui s'enrichit en cellulose brute et dépense de l'azote [224] ; [225].

**Tableau 2.3.4.4:** Valeurs énergétiques et azotées du fourrage naturel (par kg de MS).

Stades	Début épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
UFL	0,78 ± 0,03 <b>a</b>	0,72 ± 0,02 <b>b</b>	0,64 ± 0,02 <b>c</b>	0,60 ± 0,01 <b>d</b>
UFV	0,72 ± 0,01 <b>a</b>	0,66 ± 0,03 <b>b</b>	0,61 ± 0,02 <b>c</b>	0,54 ± 0,02 <b>d</b>
PDIA g	24 ± 1 <b>a</b>	22 ± 1 <b>ab</b>	20 ± 1 <b>bc</b>	18 ± 1 <b>c</b>
PDIN g	64 ± 3 <b>a</b>	57 ± 2 <b>b</b>	49 ± 3 <b>c</b>	44 ± 3 <b>d</b>
PDIE g	78 ± 2 <b>a</b>	75 ± 2 <b>ab</b>	69 ± 2 <b>c</b>	64 ± 1 <b>d</b>

UFL, unité fourragère lait ; UFV, unité fourragère viande ; PDIA, protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ; PDIN, protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée ; PDIE, protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique. Les valeurs suivies d'une ou de deux lettres dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5% (lire horizontalement).

### 2.3.4.5 Ingestibilité et valeur d'encombrement du fourrage naturel

L'ingestibilité, la valeur d'encombrement du fourrage naturel et le gain moyen quotidien des béliers sont rapportés dans le tableau 2.3.4.5.

#### • Ingestibilité du fourrage naturel

Elle est exprimée par rapport au poids métabolique ( $P^{0.75}$ ) ; Elle permet de mieux estimer le degré de satisfaction des besoins des animaux [139]. Elle diminue de façon significative du stade début épiaison (67,0 g MS/kg  $P^{0.75}$ ) au stade épiaison (59,0 g MS/kg  $P^{0.75}$ ), de façon non significative du stade épiaison à celui de floraison (56,0 g MS/kg  $P^{0.75}$ ) et, du stade floraison à laiteux (52,8 g MS/kg  $P^{0.75}$ ). La diminution du stade début épiaison au stade laiteux est de 14,2 g MS/kg  $P^{0.75}$ . La quantité volontairement ingérée par un animal dépend des caractéristiques du fourrage (nature botanique, rapport feuilles/tiges, proportion des constituants intracellulaires et proportion des parois) qui déterminent son ingestibilité [109] ; [138]. Au cours du premier cycle de végétation, l'ingestibilité diminue donc rapidement en même temps que la digestibilité. Cette diminution est comprise entre 9 et 14 g MS/jour chez le mouton de 60 kg [140].

L'ingestibilité du fourrage naturel obtenue, s'incère dans l'intervalle proposé pour les fourrages verts qui est de 40 à 100 g MS/ kg  $P^{0.75}$  [95].

#### • Valeur d'encombrement en unités d'encombrement mouton (UEM)

Le fourrage naturel est peu encombrant aux stades début épiaison et épiaison avec des valeurs respectives de 1,12 et 1,26 UEM ; Il devient de plus en plus encombrant aux stades floraison et laiteux avec des valeurs respectives de 1,34 et 1,42 UEM (valeurs comparables). Ces valeurs d'encombrement comparées à celles des fourrages de prairies permanentes, sont supérieures au stade début épiaison avec 1,12 contre 1,05 UEM et, proches au stade épiaison avec 1,26 contre 1,28 UEM et au stade floraison avec 1,43 contre 1,44 UEM [76].

#### • Gain de poids vif moyen quotidien (g/j)

Le fourrage naturel offert à volonté a permis à des béliers de 42 kg de poids vifs moyens de réaliser des gains moyens quotidiens variables avec le stade phénologique du fourrage ; Ces gains moyens quotidiens sont de 100 g avec le fourrage au stade début épiaison, 80 g au stade épiaison, 50 g au stade floraison et seulement 20 g au stade laiteux.

**Tableau 2.3.4.5** : Ingestibilité, valeur d'encombrement du fourrage naturel et gains moyens quotidiens

Stades	Début épiaison	Epiaison	Floraison	Laiteux
Ingestibilité (g MS/kg P <sup>0,75</sup> )	67,0± 3,4 <b>a</b>	59,5± 2,6 <b>b</b>	56,0± 2,8 <b>bc</b>	52,8± 3,5 <b>c</b>
Valeurs d'encombrement (UEM)	1,12± 0,09 <b>c</b>	1,26± 0,03 <b>b</b>	1,34± 0,04 <b>a</b>	1,42± 0,05 <b>a</b>
Gains moyens quotidiens (g/j)	100 ± 10 <b>a</b>	80 ± 08 <b>b</b>	50 ± 11 <b>c</b>	20 ± 10 <b>d</b>

MS, matière sèche ; g/kg P<sup>0,75</sup>, gramme par kg de poids métabolique ; UEM, unité d'encombrement mouton ; GMQ, gain moyen quotidien. Les valeurs suivies d'une ou de deux lettres, dont l'une est commune sont comparables au seuil de 5 % (lire horizontalement).

### **Conclusion**

Le fourrage vert composé de sept espèces spontanées se caractérise par des teneurs et des digestibilités des constituants organiques, des valeurs énergétiques et azotées et des ingestibilités intéressantes. Il a permis chez des béliers de race Ouled Djellal âgés de trois ans et pesant en moyenne 42 kg recevant ce fourrage en plat unique sans complémentation, des gains moyens quotidiens variant entre 20 et 100 g selon le stade phénologique. Une complémentation azotée riche en PDIN, aurait amélioré le GMQ.

En Algérie, la culture de fourrages repose sur l'importation de semences à haut rendement, qui nécessite une fertilisation et une irrigation d'appoint ou des précipitations généreuses et bien réparties dans le temps.

Les graminées spontanées se présentent dans les conditions de l'Algérie, comme une bonne alternative pour augmenter la production fourragère. Leur adaptation aux conditions pédoclimatiques, leur attribue un rôle non négligeable dans la résorption du manque d'énergie dont souffrent les rations alimentaires destinées aux ruminants.

## **CONCLUSION GENERALE**

Durant la décennie 2006 à 2015, les terres impliquées dans la production fourragère au niveau national, sont estimées à 43.395.420 hectares. Ces terres, offrent 8.349 millions d'UFL par an, 405.935 tonnes de PDIN et 652.118 tonnes de PDIE. L'essentiel de ces offres est assuré par les pailles et les chaumes de céréales, les pacages et parcours et les jachères. Les fourrages cultivés, ne contribuent que par une faible part, malgré leurs importances dans l'élevage.

L'effectif moyen annuel des herbivores, exprimé en UGB durant la décennie de 2006 à 2015, est estimé à 4.415.970 UGB. Les besoins nutritifs de ces herbivores sont évalués à 12.919 millions d'UFL et 1.192.144 tonnes de PDI.

Le taux de couverture des besoins nutritifs du bétail, se chiffre à 64,63 % pour les UFL, 34,05 % pour les PDIN et 54,70 % pour les PDIE.

La balance fourragère révèle un déficit de 4570 millions d'UFL et 540.026 tonnes de PDIE. Le déficit fourrager en PDIN est le plus accentué avec 786.209 tonnes. La couverture des besoins énergétiques et protéiques des herbivores, n'est pas suffisamment assurée par les ressources fourragères algériennes. Il est impératif de pallier à ce déficit par l'augmentation de la production fourragère nationale. Des propositions peuvent valoir une certaine attention :

- Augmenter les superficies des cultures fourragères en valorisant les terres laissées en jachères, et inciter les agriculteurs à produire plus de fourrages en leur accordant des subventions.
- Généraliser l'irrigation des cultures fourragères en utilisant notamment l'eau des stations d'épuration.
- Diversifier les espèces et les variétés fourragères les plus adaptées aux conditions pédoclimatiques locales,
  - Encourager la collecte, la multiplication et l'amélioration des écotypes locaux d'intérêt fourrager,
    - Vulgariser l'affouragement en vert par le respect des calendriers fourragers,
    - Améliorer les techniques de conservation des fourrages.

Dans la région de la Mitidja, une vingtaine d'espèces de graminées spontanées font partie de la flore potentielle destinée à l'alimentation des herbivores. Onze espèces sont caractérisées par un taux de recouvrement de 25 à 75 % et une hauteur de 56,8 à 114 cm en fin de cycle. Neuf espèces ont un taux

de recouvrement inférieur à 25 % et une hauteur comprise entre 25,4 et 97,8 cm en fin de cycle. Onze espèces, ont mérité l'approfondissement de leurs connaissances. Elles se caractérisent par :

Des teneurs en matière organique (MO), en cellulose brute (CB) et en parois végétales (NDF et ADF), qui augmentent avec l'âge, alors que celle des matières azotées totales (MAT) diminue chez toutes les espèces.

Les teneurs en CB et en parois, sont comparables entre les onze espèces au stade début épiaison et significativement différentes aux stades floraison et laiteux. Les teneurs en MAT sont significativement différentes aux stades début épiaison et épiaison en faveur du *Dactylis glomerata*, du *Lolium multiflorum*, de l'*Hordeum murinum* et de l'*Oryzopsis miliacea*.

Ces différences qui se manifestent entre les espèces, essentiellement dans les teneurs en parois et en MAT, peuvent être en partie un effet des facteurs internes liés directement à la plante, autrement dit sa morphologie et ses aptitudes génétiques.

La digestibilité *In Vitro*, présente une variabilité inter et intra espèces et, est influencée directement par leur composition chimique, notamment en parois cellulaires. La DivMO moyenne de ces graminées est de 69,1%  $\pm$  0,53 en début du cycle et de 60,2 %  $\pm$  0,50 en fin de cycle.

*Lolium multiflorum* présente l'ingestibilité la plus élevée (85,6 g/Kg  $P^{0.75}$ ) et la valeur d'encombrement la plus faible (0,87 UEM) et permet un gain de poids vif de 148 g/jour à des béliers de 53,75 kg de poids vif. *L'Avena sterilis* est ingérée à 67 g MS/kg  $P^{0.75}$ , soit une valeur d'encombrement de 1,12 UEM ; Elle a permis un gain de poids vif moyen de 50 g/jour à des béliers de 58,75 kg de poids vif. Ces deux espèces peuvent être distribuées à volonté à des animaux à besoins modérés.

*Bromus rigidus*, en maintenant un poids constant des béliers, peut être distribué en plat unique à des animaux à l'entretien ou en ration de base complétementée à des animaux en croissance.

*Bromus madritensis* et *Oryzopsis miliacea*, ont une valeur d'encombrement élevée ; ils ne peuvent être distribués seuls aux animaux à l'entretien. Ils doivent être supplémentés pour subvenir à leurs besoins nutritionnels.

Les graminées étudiées présentent une bonne valeur nutritive notamment en début du cycle lors des stades montaison, début épiaison et épiaison. Passé ces stades, leur valeur nutritive diminue. Comme toutes graminées, ces espèces sont plus riches en énergie qu'en protéines.

Vue leur bonne adaptation à la sécheresse et leur faible exigence en sol, ces graminées spontanées peuvent notamment par le biais de la collecte, de la multiplication et de l'amélioration génétique, servir comme écotypes locaux d'intérêt fourrager.

Les foins de ces graminées spontanées fauchées au stade épiaison et fanées au sol sous le soleil, peuvent être considérés comme des foins précoces présentant une bonne valeur énergétique (0,72 UFL et 0,64 UFV par kg de MS). En limitant les processus enzymatiques dans la plante après la fauche, le retournement du foin évite des pertes de 9,2 à 17,2 g de MAT par kg de MS soit 2 à 11,1 g de PDIN par kg de MS.

Le fourrage naturel, testé pour sa valorisation dans l'alimentation des ruminants, est composé de huit graminées. Il se caractérise par une diminution de la qualité nutritive du début à la fin du cycle ; le rapport feuilles/tiges, la teneur en MAT, la digestibilité in vitro de la matière organique et la valeur énergétique diminuent alors que les teneurs en fibres augmentent. Il est recommandé d'exploiter ce fourrage au stade début épiaison ou au plus tard au stade épiaison. Son ingestibilité et sa valeur d'encombrement sont meilleures en début épiaison (67 g MS/Kg  $P^{0.75}$  et 1,12 UEM). Il permet à des béliers de réaliser des gains quotidiens de poids vif de 100 et 80 g/jour aux meilleurs stades phénologiques (début épiaison et épiaison).

Ces graminées spontanées peuvent être mieux valorisées par leur mise en culture et la maîtrise des itinéraires culturaux leurs correspondants.

Une deuxième possibilité serait de proposer ces espèces pour une amélioration génétique.

## **APPENDICES**

**Appendice A1** : Valeurs nutritives des différents fourrages cultivés et naturels.

ALIMENTS (par kg de MS)	UFL	PDIN g	PDIE g
Orge en grains <sup>(1)</sup>	1,12	80	101
Avoine en grains <sup>(1)</sup>	1,03	74	84
Son de blé dur <sup>(1)</sup>	0,83	104	83
Son de blé tendre <sup>(1)</sup>	0,78	105	76
<b>Fourrages artificiels en vert <sup>(1)</sup></b>			
Mais	0,88	62	79
Sorgho	0,70	55	66
Orge	0,84	77	84
Avoine	0,85	64	78
Seigle	0,84	75	84
Trèfle	1,03	144	109
Luzerne	0,73	121	87
Autres	0,86	66	84
<b>Fourrages artificiels en sec</b>			
Vesce-avoine tardif <sup>(2)</sup>	0,60	35	61
Luzerne <sup>(1)</sup>	0,62	105	88
Céréales reconverties <sup>(3)</sup>	0,71	32	68
Divers <sup>(1)</sup>	0,60	34	55
<b>Chaumes <sup>(4)</sup></b>	0,49	22	49
<b>Paille de <sup>(4)</sup></b>			
- blé dur et tendre	0,42	22	44
- d'orge	0,44	24	46
- d'avoine	0,50	20	48
<b>Fourrages naturels</b>			
Prairies naturelles <sup>(5)</sup> - Zone humide	0,80	96,50	98
<sup>(6)</sup> <sup>(7)</sup> - Zone subhumide	0,80	96,50	98
<sup>(8)</sup> - Zone semi-aride	0,61	109	96
Jachères fauchées et pâturées <sup>(8)</sup>	0,72	63	75
Pacages et parcours <sup>(5)</sup> - Zone humide	0,73	168	138
<sup>(6)</sup> <sup>(7)</sup> - Zone subhumide	0,73	168	138
<sup>(9)</sup> <sup>(10)</sup> - Zone semi-aride	0,50	125	103
<sup>(11)</sup> - Zone aride (par ha)	172	24450	26500

<sup>(1)</sup> [76] ; <sup>(2)</sup> [210] ; <sup>(3)</sup> [205] ; <sup>(4)</sup> [226] ; <sup>(5)</sup> [227] ; <sup>(6)</sup> [228] ; <sup>(7)</sup> [229] ; <sup>(8)</sup> [38] ; <sup>(9)</sup> [3] ; <sup>(10)</sup>

[22] ; <sup>(11)</sup> [29].

**Appendice A2 : Coefficients de conversion en UGB par espèce et catégorie animale [44]**

Espèces	Catégories	Coefficient UGB / tête
Bovins	B.L.M et Taureaux	1,00
	B.L.A et B.L.L	0,80
	Génisses (+ 12 mois) et Taurillons (12 à 18 mois)	0,40
	Veaux et velles (- 12 mois)	0,30
Ovins	Brebis + antenaises et antenais + béliers	0,17
Caprins	Chèvres + chevreaux et chevrettes + boucs	0,17
Camelins	Tous	1,00
Chevaux	Adultes	1,00
	Jeunes chevaux (- 2 ans)	0,50
Mulets	Tous	0,40
Anes	Tous	0,25

B.L.M : Bovin laitier moderne B.L.A : Bovin laitier amélioré B.L.L : Bovin laitier local

**Appendice A3 : Estimation des besoins alimentaires.**

Pour déterminer les besoins alimentaires en UFL et PDI, nous avons utilisé l'UGB définie précédemment.

**1.1 Besoins d'entretien pour 1 UGB.**

Les besoins d'entretien d'une année (365 jours) d'une vache de 500 kg :

**UFL** :  $1,4 + (0,6 \times 500) / 100 = 4,4$  UFL / jour par UGB équivalent à 1606 UFL / an par UGB.

**PDI** :  $95 + (0,5 \times 500) = 345$  g de PDI / jour par UGB équivalent à 125.925 g de PDI / an par UGB.

**1.2 Besoins de production pour 1 UGB.**

Les besoins de production d'1 kg de lait à 4% de taux butyreux sont de 0,44 UFL et 48 g PDI. Pour 3000 kg de lait, il faut :

**UFL** :  $0,44 \text{ UFL} \times 3000 = 1320$  UFL / an par UGB.

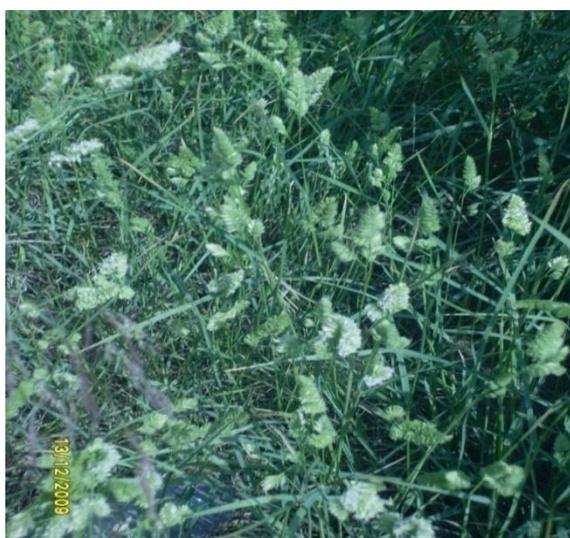
**PDI** :  $48\text{g PDI} \times 3000 = 144000$  g de PDI / an par UGB.

**1.3 Besoins totaux pour 1 UGB et par an.**

**UFL** :  $1606 \text{ UFL} + 1320 \text{ UFL} = 2926$  UFL / an par UGB.

**PDI** :  $125925 \text{ g} + 144000 \text{ g} = 269.925$  g de PDI = 269,5 Kg de PDI  $\approx$  270 kg de PDI / an par UGB.

## Appendice B1 : Figures des espèces principales au stade épiaison

*Avena sterilis**Bromus madritensis**Bromus mollis**Bromus rigidus**Bromus squarossus**Dactylis glomerata*



*Hordeum murinum*



*Lolium multiflorum*



*Oryzopsis miliacea*



*Phalaris brachystachis*



*Vulpia sicula*

## Appendice B2 : Figures des espèces secondaires au stade épiaison



*Aegilops triuncialis*



*Avena alba*



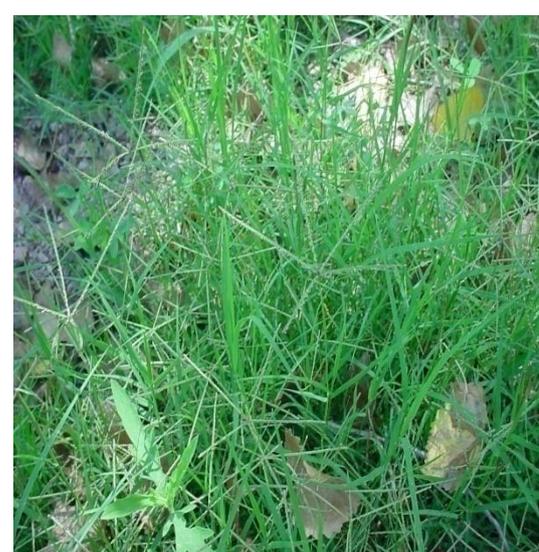
*Brachypodium silvaticum*



*Brisa maxima*



*Brisa minor*



*Cynodon dactylon*



*Festuca caerulea*



*Lagurus ovatus*



*Lamarckia aurea*

**Appendice C : Liste des abréviations**

ADF : Acide détergent fibre

ADL : Acide détergent lignine

B : Brebis

C : Chèvre

CB : Cellulose brute

CMV : Concentré minéral vitaminique

CUD : Coefficient d'utilisation digestive

dE = Digestibilité de l'énergie

DivCB : Digestibilité in vitro de la cellulose brute

DivMO : Digestibilité in vitro de la matière organique

DivMS : Digestibilité in vitro de la matière sèche

dMO : Digestibilité de la matière organique

dr : Digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle.

DT : Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen

EB : Energie brute

ED : Energie digestible

EM : Energie métabolisable

EN : Energie nette

ENL : Energie nette pour le lait

ENEV : Energie nette pour l'entretien et la viande

F/T : Feuilles / tiges

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique de Paris.

Kcal : Kilocalorie

Kf : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

Kg : Kilogramme

$Kg^{P0.75}$  : Kilogramme de poids métabolique.

Kl : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

Km : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

Kmf : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien et la production de viande.

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural.

MAT : Matières azotées totales

MM : Matières minérales

MO : Matières organiques

MOD : Matière organique digestible

MOF : Matière organique fermentescible.

MS : Matières sèches

N : azote

NA = Niveau alimentaire

NDF : Neutral détergent fibre

PANDI : Protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin

PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique

PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne

PDIME : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne grâce à l'énergie disponible

PDIMN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne limitées par l'azote dégradable

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée

Qi : Quantité ingérée

Qi M : Quantité ingérée par les moutons.

SAU : Surface agricole utile

TUA : Terre utilisée en agriculture

UEM : Unité d'encombrement mouton.

UF : Unité fourragère

UFL : Unité fourragère lait

UFV : Unité fourragère viande

UGB : Unité gros bétail

VL : Vache laitière

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. MADR, " Annuaire statistiques agricoles, superficies et production - série B " Ministère de l'agriculture et du développement rural d'Algérie (2016).
2. Abdelguerfi, A., " Quelques réflexions sur l'élevage et les ressources fourragères et pastorales en Algérie", Séminaire national sur l'intervention et l'intégration de la production laitière en Algérie (1994).
3. Houmani, M., Houmani, Z. et Skoula M., " Intérêt de Artemisia herba alba Asso. dans l'alimentation du bétail des steppes Algériennes " *Acta Botanica Gallica*, 151 (2), (2004), 165-172.
4. Bédrani, S., Boukhari, N. et Djennane, A., " Eléments d'analyse des politiques de prix, de subvention et de fiscalité sur l'agriculture en Algérie " Options Méditerranéennes, Série B, [om.ciheam.org](http://om.ciheam.org) (1997).
5. Soudani, C., " Bilan alimentaire des herbivores en Algérie et contribution des pailles de céréales traitées à l'urée " Mémoire d'ingénieur agronome. Institut d'agronomie de Blida (1993).
6. Andre, V., " Productivité de l'herbe " 2<sup>ème</sup> édition, France agricole, 431 p, (2001).
7. Guais, A. et Hnatyszyn, M., " Les fourrages et l'éleveur " Ed. Lavoisier / TEC et DOC, France, 439 p, (1988).
8. Ansquer, P., Theau, J.P., Cruz, P., Viegas, J., Al Haj Khaled, R. et Duru, M., "Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies à flore complexe : vers la construction d'outils de gestion ". *Fourrages*, 197 p, (2004), 353-368.
9. Farruggia, A., Martin, B., Baumont, R., Prache, S., doreau, M., Hoste, H. et Durand D., " Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux ?", *productions animales*, 21, (2008) 181-200.
10. Benlamdjadli, A., " Etude de la place et du rôle des prairies dans les systèmes d'exploitation des hautes plaines du Sétif " Mémoire d'ingénieur agronome université de Batna (2002).
11. Abdelguerfi, A., Hakimi, M., " Les prairies naturelles permanentes en Algérie " *Revue fourragère* n°14, INA El Harrach, Alger (1990), 1-12.
12. Boudchiche, L., " Valeur alimentaire et composition floristique des prairies permanentes multi-espèces : résultats d'une étude conduite au nord-est de l'Algérie " *Livestock Research for Rural Development*, n° 22 (8), (2010).

13. Abbas, K., Abdelguerfi, A., Laouar, M., Madani, T. et Mebarkia, A., " Rôle et usage des prairies naturelles en zone semi-aride d'altitude en Algérie " *Revue Fourrages* n° 183, (2005), 475-479.
14. Belair, G., Amrane, K. et Touati A., " Valorisation des prairies naturelles et élevage bovin en étage humide et subhumide est Algérien " *Annales INA El Harrach* n° 12, (1988), 374-398.
15. Laouar, M. et Abdelguerfi, A., " Variabilité de la production de gousses et des graines chez quelques populations spontanées de *Medicago intertexta* " *Options Mediteraneennes*, n° 39, (2006), 111-117.
16. Sigaut, F. et Morlon, P., " La jachère, d'une signification à l'autre " *Pour la science*, n° 374 (2008).
17. Bourbouze, A. et Donadieu, R., " L'élevage sur parcours en région méditerranéennes " *CIHEAM / IAM Montpellier*, 104 p (Novembre 1987).
18. Abdelguerfi, A. and Bedrani, S., " Study on range and livestock development in North Africa (Algeria, Morocco, and Tunisia) " *FAO, régional office for the NEAR EAST*.1-87 (1997).
19. Abdelguerfi. A., " Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie " *Revue céréaliculture* n°16, (1987), 1-5.
20. Benderradji, M.E.H., Alatou, D., Arfa, A.M.T. et Benachour K., " Problème de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation. Impact du phénomène en Algérie " *New Médit.* Vol 5 n° 4, (2006), 15-22.
21. Djebaili, S., " Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien Algérien " *Thèse de doctorat Montpellier*, 229 p (1978).
22. Nadjraoui, D., " Evaluation des éléments biologiques et valeurs nutritives dans les principaux facies de végétation (*Artemisia herba alba*, *Assolygeum spartum L. et stippa. Tenacissima L*) des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saïda" *Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle de sciences biologiques*, 156 p (1981).
23. Aidoud, A., " Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation et évolution des ressources végétales " *Thèse de doctorat USTHB, Alger*, 240 p (1989).
24. Le Houerou, H.N., " A probabilistic approach to assessing arid rangelands productivity, carrying capacity and stocking rates " *IFAD series: technical reports*, (1998), 159-172.

25. Le Houerou, H.N., " Utilisation of fodder trees and shrubs in the arid and semi arid zones of West Asia and North Africa " *Arid Soil Research and Rehabilitation* n°14, (2000), 101-135.
26. Nedjraoui, D., " Profil fourrager en Algérie ". Ed FAO. Rome, Italie (2003).
27. Arabe, H., Haddi, M.L. et Mehennaoui, S., " Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones arides et semi-arides en Algérie " *Sciences et Technologie C*, n° 30, Université Mentouri, Constantine, Algérie (2009).
28. Nouad, M.A., " Alternatives fourragères en zone semi-arides " In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie Ed. ITGC. 79 p (2001).
29. Chehma, A., " Etude floristique et nutritive des parcours camelins du sahara septentrional Algérien : cas des régions de Ouargla et Ghardaïa " Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 178 p (2005).
30. Abdelguerfi, A., Laouar, M. et M'hammedi Bouzina, M., " Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et possibilités d'amélioration " *Revue semestrielle "agriculture et développement"*. INVA, Alger, n° 6, (2008), 14-25.
31. Tibaoui, M. et Zouaghi, M., " Productivité d'un parcours floristiques d'une région subhumide de la Tunisie " 4<sup>ème</sup> congrès Internationale des terres de parcours (CITP), Montpellier 22-26 Avril, (1991), 232-235.
32. Hamadache, A., " 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 79 p (2001).
33. Thenard, V., Mauries, M. et Trommenschager, JM., " Intérêt de la luzerne déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation " *INRA. Prod. Anim.*, n°15, (2002), 119-124.
34. Chemlal, A., " Bilan alimentaire des herbivores dans la région centre de l'Algérie " Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Blida (2014).
35. Juin, H., " Les pertes alimentaires dans la filière céréales " *Innovation agronomiques*, volume 48, (2015), 79-96.
36. Picatto, C., " Les pailles de céréales " Coopénergie 02000, Laon, Picardie, France (2009).
37. Chellig, R., " Les races ovines algériennes " 2<sup>ème</sup> édition OPU, Alger, 98 p (1993).

38. Tedjari, N., Madani, T. et Abbas, K.H., " Evaluation de la productivité et de la valeur nutritive des jachères, des prairies et des chaumes dans la région semi-aride de Sétif" Collque international " Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives " Alger (2008).
39. Laouar, M. et Abdelguerfi, A., " Privatisation et partage du foncier : une des causes de la dégradation des milieux naturels en Algérie " Options méditerranéennes, série A. séminaire Méditerranéen, n° 32, (1997), 209 – 212.
40. Bekat, K., " Bilan alimentaire des herbivores dans l'ouest de l'Algérie " Mémoire d'ingénieur agronome, Institut d'agronomie de Blida (1995).
41. Yakhlef, H., Madani, T. et Abbache, N., " Biodiversité importante pour l'agriculture : cas des races bovines, ovines, caprines et camelines " METE – GEF / PNUD : projet ALG / G13, 43 p (2002).
42. Talli, A., " Bilan alimentaire des herbivores dans la région Ouest de l'Algérie " Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences agro-vétérinaire, Blida (2014).
43. Adamou, A., " L'élevage camelin en Algérie : quel type pour quel avenir ? " Sécheresse, 19 (4), (2008), 253-260.
44. Eurostat, Statistics, Explained " Glossaire des unités gros bétail " Agriculture glossary/fr, ISSN 2443-8219 (2013).
45. Bekhouche-Guendouz, N., " Evaluation de la Durabilité des exploitations bovines laitières des bassins de la Mitidja et d'Annaba " Mémoire de doctorat. ENSA, Alger, 115 p (2011).
46. Si Ziani, Y. et Bolborhane, D., " Bilan fourrager, comparaison : offre et besoins " acte de l'atelier national sur le développement des fourrages en Algérie, 10-12 juin, ITGC ALGER (2001).
47. Sampoux, J.P., Barre, P., Litrico, I., Fournier, S. et Willner, E., " La diversité naturelle des graminées fourragères : une ressource génétique à mieux connaître, préserver et valoriser depuis l'échelle locale jusqu'à l'échelle continentale " Innovations Agronomiques, INRA, 29, (2013), 45-60.
48. Cremer, S., " Introduction à la reconnaissance des graminées " Fourrages mieux ASBL (2014).
49. Pierrel, R., " Reproduction et dispersion des graminées " revue française d'allergologie et d'immunologie clinique, n°45, 8, (2005), 633-635.
50. Lapeyronie, A., " Les productions fourragères méditerranéennes " Tome I : Généralités, caractères botaniques et biologiques. Techniques agricoles et

productions méditerranéennes. G.P. Maisonneuve la rose, Paris, France (1982).

51. Quezel, P. et Santa, S. " Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales ". Tome I. Ed. CNRS. Paris. 558 p (1962).
52. Dupont, F. et Guignard, J.L., " Les familles de plantes " Abrégé de botanique 15<sup>ème</sup> Ed. Paris (2012).
53. Ozenda, P., " Les végétaux : organisation et diversité biologique " 2<sup>ème</sup> Ed Paris (2000).
54. Botarela " Les poacées, des monocotylédones très évoluées. Version 1, info @ botarela.fr (2012).
55. Soltner, D., " Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées et fourrages " 21<sup>ème</sup> Ed, Collection Sciences et Techniques Agricoles. Paris, (2012), 384-441.
56. Jauzein, P., " Flore des champs cultivés " Ed. Quae Paris 898 p (2011).
57. Dorree, A., " Flore pastorale de montagne " Tome1 : Les graminées; Ed n°1 Boubé et cemagref (1995), 17-21.
58. Lapeyronie, A., " La production fourragère méditerranéenne " Ed GP maison neuve la rose. Paris, (1978), 105-113.
59. Crête, J., " Précis de botanique " Ed. Elsevier Masson Paris, (1989), 45 – 56.
60. Gillet, M. et Breisch, H., " Crise du tallage et remontaison chez les graminées fourragères : données complémentaires " Agronomie, EDP Sciences, 2 (2), (1982), 187-192.
61. Hnatyszyn, M. et Guais, A., " Les fourrages et l'éleveur " Technique et documentation (Lavoisier) (1988).
62. Bélanger, G., Couture, L. et Tremblay, G., " Les plantes fourragères " centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, (2013), 13-31.
63. Baldy, C., " Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens Vers une utilisation plus complète des pluies, des eaux de ruissellement et des irrigations " bull. soc. botanique. Fr. 131, actual, botanique. France, (1984), 491--199.
64. Moule, C., " Phytotechnie spéciale tome 2 : Les céréales" Ed. La Maison rustique, Paris, 95 p (1980).

65. Simon, J.C., Le Corre, L. et Coppenet, M., " Essai comparatif de dix graminées fourragères dont six cultivars de bromes dans le Finistère, I.N.R.A., Station d'Agronomie de Quimper, 107p (1982).
66. Jarrige, R., " Les constituants glucidiques des fourrages" in « prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants » ; Ed I.N.R.A (1988).
67. Straebler, M., " Les stades de développement des graminées fourragères : bien les reconnaître pour optimiser l'exploitation de ses prairies " GNIS - 44 rue du Louvre 75001 Paris (2009).
68. Duthil, R., " Eléments d'écologie et d'agronomie " Tome I : la plante et le climat. FAO tcp/tun. Programme de développement des productions fourragères et de l'élevage, rapport de thèse (1970).
69. Bock, B., " Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine " eFlore, la flore électronique de Tela Botanica, version 3.00 (2015).
70. Lonchamp, J.P., " Les Bromes " Unité de Malherbologie et Agronomie INRA, Code Bayer : bromo. [http://www.dijon.inra.fr/bga/hyppa/hyppa-f/broma\\_fh.htm](http://www.dijon.inra.fr/bga/hyppa/hyppa-f/broma_fh.htm). (2000).
71. Babet-Massin, V., Grimaud, P., Michon, A. et Thomas, P., " Guide technique pour la création, la gestion et la valorisation des prairies à la Réunion " UAFFP-Cirad – Agritrop, 99 p, (2004).
72. Suter, D., Frick, R., Hirschi, H., et Bertossa, M., " Liste des variétés recommandées de plantes fourragères ". Institut des sciences en production animale IPA, Agroscope, 1260 Nyon 1, Suisse (2014).
73. Emile, J.C. et Traineau, R., " Valeur alimentaire comparée de cultures pures et d'associations graminées - légumineuses " Revue Fourrages n° 126, (1991), 239-253.
74. Aufrère, J., Baumont, R. et Meschy, F., " La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation ". Revue Fourrages, n° 198, (2009), 153-173.
75. Jarrige, R., " Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages " Ed. INRA publications (Route de saint Cyr), 78000 Versailles, 520p (1980).
76. INRA. " Besoins des animaux – Valeurs des aliments " Alimentation des bovins, ovins, caprins. Ed. Quoe c/o, RD 10, 78026 Versailles ; Cedex. 312 p (2010).
77. Angez, S. et Estevez, B., " Le contrôle de la folle avoine en régie biologique " SPGB [Qtps://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Folle%20avoine.pdf](https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Folle%20avoine.pdf) (2006).

78. Husson, O., Charpentier, H., Michellon, R., Razanamparany, C., Moussa, N., Enjalric, F., Naudin, K., Rakotondramana, et Seguy, L., " *Avena sativa* et *Avena strigosa* " Fiches techniques plantes de couverture : Graminées annuelles. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume 3. Ed afd (2012).
79. Dorée, A., " Flore pastorale de montagne: graminées, légumineuses et autres plantes des pâturages " Ed. Boubée, 208 p (1995).
80. Domange, C., " Inventaire botanique et analyse micrographique de pâturage des Pyrénées occidentales : application à la diagnose des plantes ingérées par les ovins à partir de l'analyse microscopique de leurs fèces " Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 287 p (2005).
81. Fitter, R., Fitter, A et Farrer, A., " Guide des graminées, carex, joncs et fougères. Toutes les herbes d'Europe " Les guides du naturaliste Ed. Delachaux et Niestlé Paris, 256 p (2009).
82. Pannecouque, J., Van Waes, A., De Vlieghe, G. et Jacquemin " Catalogue Belge de description et recommandation des plantes fourragères et engrais verts" Ilvo mededeling n° 148 ISSN 1784-3197 Dépôt légal : D/2012 (2014).
83. Jarrige, R., " Alimentation des bovins, ovins, caprins " Ed. INRA Quae France, 471 p (1988).
84. Moule, C., " Bases scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France : Tome 1 : les fourrages " Ed. Paris : la Maison rustique, 302 p (1980).
85. Cotto, G., " L'utilisation des céréales par les vaches laitières " Synthèse d'essais Institut technique de l'élevage bovin, 48 p (1991).
86. Prats, J., Grandcourt, M. et Clement, M., " Les céréales " Collections d'enseignement agricole, Ed J.-B. Baillièrre et fils, 351 p (1971).
87. Mossab, M., " Contribution à l'étude de l'exploitation à double fin de l'orge *Hordeum vulgare* L. en zones semi-arides d'altitude ". Thèse de Magister, INA, El-Harrach, Alger, 126 p (2007).
88. Hubert, F. et Pierre, P., " Guide pour un diagnostic prairial " Chambre d'agriculture de Maine et Loire ISBN : 2-00-184601-0, 238 p (2003).
89. Villax, E.J., " La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale : Maroc, Portugal, Tunisie, Algérie, Espagne, France " INRA, 643 p (1963).

90. Breune, I., Durand, S., Audet, M.A., Parent, G. et Guillon, M., " Ray-grass intercalaire : Essai de variétés et de semis à différents stades du maïs fourrager " UPA, canada, 49 p (2014).
91. Bounejmate, M., " Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc " INRA, Rabat (Maroc), pp 144-147 Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO (1997).
92. Michel, A., " Les petits guides prairies : le ray-grass d'Italie " Site Agro Perspectives édité par ARAD 2, association de CER France (2013).
93. Ahmim, M., Kolli, R. et Lemaire, G., " Rendement et valeur alimentaire de Cinq variétés de ray-grass d'Italie cultivées en Mitidja en relation Avec le rythme d'exploitation " Revue fourrages n° 63 INA, Alger Ed. AFFF, (1975), 35-45.
94. CIHEAM, " Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages pour les ruminants " Options méditerranéennes. Série B : études et recherche N° 4 (1990).
95. Demarquilly, C. et Weiss, PH., " Tables de la valeur alimentaire des fourrages " Ed. I.N.R.A et I.T.C.F n°42 (1970).
96. Drogoul, C., Gadoud, R., Marie-Madeline, J., Lisberney, M., Mangeole, L. et Tarrit, A., " Nutrition et alimentation des animaux d'élevage " tome I, 2<sup>ème</sup> édition (2004).
97. Jarrige, R., " Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité, dosage et ingestion des fourrages " Ed. I.N.R.A 150 p (1981).
98. Aufrere, J., " Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique " Ann. Zoot. 31 (2) (1982) 111-130.
99. Tisserand, J.L., " Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine Méditerranéenne " CIHEAM, Série séminaires Méditerranéen 16 (1991) 23-25.
100. Demarquilly, C., " La valeur alimentaire des légumineuses (luzerne et trèfle violet) en vert et modification entraînées par les différentes méthodes de conservation " Revue fourrages, n° 90, (1982), 181-202.
101. Andrieu, J., " Valeur alimentaire des associations graminées – trèfle blanc et prévision de leur valeur nutritive " Revue fourrages n° 95, (1983), 145-160.
102. Jarrige, R., " Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage " In C. Demarquilly édition, Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publications, 78000 Versaille, (1991), 19-40.

103. Jeangros, B. et Scehovic, J., " Etude de l'effet de diverses espèces de plantes des prairies permanentes sur l'hydrolyse enzymatique des constituants pariétaux " *Annales de Zootechnie* n° 44, (2001), 87-96.
104. Demarquilly, C. et Andrieu, J., " Les fourrages ", alimentation des bovins, ovins et caprins, R. Jarrige Ed., INRA éditions, (1988), 315-335.
105. Cordesse, R., " Valeur nutritive des aliments des ruminants " INSA Montpellier, Zootechnie 40 p, (1978).
106. Demarquilly, C. et Andrieu, P., " Méthodes de prévision de la valeur alimentaire " In les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation. Ed I.N.R.A. (1987), 155-167.
107. Duthil, j., " Les productions fourragères " Colloque d'enseignement agricole. JB Bailliére. Paris Ed N° 2 (1967).
108. Aerts, J.V. De Brabander, D.L. Cottin, B.G. et Buysse, F.X., " Influence du stade de végétation de l'herbe sur la composition, la digestibilité et la valeur énergétique des produits herbagers conservés " *Revue de l'agriculture* N° 5, 1271 p, (1977).
109. Baumont, R., Aufrere, J. et Meschy, F., " La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation " *Revue Fourrages* n° 198, (2009), 153-173.
110. Felix, F. et Rauzi, G., " Contribution à la prévision de la production de plantes cultivées au moyen d'indice agroclimatique local " *Revue fourrages*, N° 45, 71p (1971).
111. Gillet, M., " Les graminées fourragères, description et fonctionnement. Application à la culture de l'herbe " Ed. Gauthiers villars (1980).
112. Deinum, B. and Dirven, J.G.P., " Climate, nitrogen and grass VII Comparison of yield and chemical composition of some tropical and temperate grass species grown at different temperatures " *Neth. J Agric*, 23, (1975), 69-82.
113. Van Soest, P. J. Mertens, D. R. and Deinum, B., 1978. " Preharvest factors influencing quality of conserved forages " *Journal of Animal Science* N° 47 (1978) 712-720.
114. Wilson, JR. and Ford, CW., " Temperature influence on the *Setaria sphacelata*, and two cultivars of the temperate grass *loium perenne*. Aust, J AGRIC growth, digestibility and carbohydrate composition of two tropical grasses, *Panicum maximum* var. *Trichoglume* " *Australian Jour. Agr. And Res*, 22, (1971), 563-571.

115. Buxton D.R. and Casler M.D., " Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility " *In* : H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield, and J. Ralph (ed.) Forage cell wall structure and digestibility. ASA, Madison, WI, (1993), 685-714.
116. Dirven, J.G.P. and Deinum, B., " the effect of temperature on the digestibility of grasses " *Forage Res.* 3, (1977), 1-17.
117. Jouven, M., and Baumont, R., "Simulating grassland utilization in beef suckler systems to investigate the trade-offs between production and floristic diversity ", *agricultural systems*, N° 96, (2008) 260-272.
118. Vough, L.R. and Marten, G.C., " Influence of soil moisture and ambiante temperature on yield and quality of Alfa forage " *Argon.J.* (1979), 63-40.
119. Soltner, D., " Phytotechnie générale : les bases de la production végétale " Tome 2. Le climat 7<sup>ème</sup> édition, 312 p (1988).
120. Duru, M., et Gibon, A., " Prévoir la valeur nutritive des foins et des regains dans les pyrenées centrales. 1- Principaux facteurs de variation de la composition chimique " *Revue fourrages* N° 114 (1988), 143-165.
121. Demontard, F.X., Laissus, R., Planquaert, P. et Plantureux, S., " importance et rôle du trèfle blanc dans les prairies permanentes en relation avec les conditions de milieu et les pratiques d'exploitation et de fertilisation azotée " *Revue fourrages.* N° 94 (1983), 87-108.
122. Duru, M., " Diagnostique de la nutrition minérale des prairies permanentes au printemps, établissement de références agronomiques " n°12 INRA France (1992), 219-233.
123. Akin, D.E., " Microscopic evaluation of forage digestion by rumen microorganisms " *Journal of annual science*, N°48 (1979) 701-710.
124. Cheng, K.J., Akin, D.E., et Costerton, J.W., " Rumen bacteria : interaction with particular dietary components and response to dietary variation " . *Fed. Prod.*, N° 36, 193 p (1977).
125. Demarquilly, C., et Grenet, E., " Rappels sur la digestion des fourrages dans le rumen et ses conséquences " *In* : Les fourrages secs : Récolte, traitement, utilisation. Paris, INRA publication, (1987) 141-162.
126. Baumont, R., Aufrère, J., Niderkorn, V., Andueza, D., Surault, F., Peccatte, J.R., Delaby, L. et Pelletier, P., " La diversité spécifique dans le fourrage : conséquence sur la valeur alimentaire ", *Fourrages*, 194, (2008), 189-206.

127. Baumont, R., Dulphy, J.P., Sauvant, D., Meschy, F., Aufrère, J., et Peyraud, J.L. " Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision ", alimentation des bovins, ovins et caprins, éd. quae, (2007a) 149-179.
128. Duru, M., Cruz, P. et Theau, J.P., " Un modèle générique de digestibilité des graminées des prairies semées et permanentes pour raisonner les pratiques agricoles ", Fourrages, 193, (2008), 79-102.
129. Andrieu, J., Demarquilly, C., Dardenne, P., Barrière, Y., Lila, M., Maupetit, P., Rivière, F., et Femenias, N., " Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation ", *Annales de Zootech.*, N° 42, (1993), 221-249.
130. Demarquilly, C., et Jarrige, R., " Valeur alimentaire des fourrages de prairies cultivées et de prairies naturelles " Bull. techn. C.R.Z.V. INRA. Theix N°6 (1971).
131. Demarquilly, C., Cheost, M., et Sauvant, D., " Simple methods to predict feeding value : Applied aspects in energy and protein feeding standards applied to the rearing and finishing of beef cattle " Ann. Zoot. N° 29 (1981).
132. Demarquilly, C. Dulphy, J.P. et Andrieu, J.P., " Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage" Revue Fourrages n° 155, Ed AFPF, (1998), 349-369.
133. Demarquilly, C. et Jarrige, G., " Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages " Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA, Pub, (1981), 41-59.
134. Demarquilly, C., " La fenaison : Evolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte, perte d'eau, métabolisme, modification de la composition morphologique et chimique " In : Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. Paris, INRA publication, (1987), 23-45.
135. Dulphy, J.P., Martin-Rosset, W. et Jouany, J.P., " Ingestion et digestion comparées des fourrages chez différentes espèces d'herbivores " INRA Productions animales, 8 (4), (1995), 293-307.
136. Demarquilly, C., " Composition et valeur nutritive des aliments " In alimentation des ruminants, I.N.R.A, publication, Paris, (1981b).
137. Doreau, M., Boulot, S., et Martin Rosset, W., " Effect of parity and physiological state on intake, milk production, and blood parameters in lactating mares differing in body size ". Anim. Prod N° 53, (1991)111-118.

138. Andrieu, J. et Baumont, R., " Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrager, facteurs de variation et prévisions " Revue fourrages n°163. Ed AFPF, (2000), 316-327.
139. Dulphy, J.P., Jouany, J.P., Martin-Rossey, W. et Theriez, M., " Aptitudes comparées de différentes espèces d'herbivores domestiques à ingérer et digérer des fourrages distribués à l'auge " Ann. Zootech. n° 43 (1994a), 11-32.
140. Demarquilly, C., Andrieu, J. et Grenet, E., " Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages " In : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Paris, INRA publication, (1981), 129-154.
141. Martin, B., Hurtaud, C., Graulet, B., Ferlay, A., Chilliard, Y., Coulon, J.B., " Herbe et qualités nutritionnelles et sensorielles des produits laitiers ", actes des Journées AFPF, des fourrages de qualité pour des élevages à hautes performances économiques et environnementales, (2009) 123-136.
142. Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., et Morand-Fehr, P., "How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants " a review *livestock prod. sci.*, N° 64, (2000) 15-28.
143. Cabrera Estrada, I., Delagarde, R., Faverdin, P., et Peyraud, J.L. "dry matter intake and eating rate of grass by dairy cows is restricted by internal, but not external water", *animal Feed sci. and technology*, 114, (2004) 59-74.
144. Chai, K., Renedy, P.M., Milligan, L.P., et Mathison, G.W., "Effect of cold exposure and plant species on forage intake, chewing behaviour and digesta particle size in sheep ". *Can. J. Anim. Sci.* 65 (1) (1985) 69-76.
145. Mutin, G., " la Mitidja, décolonisation et espace géographique " Ed. OPU Alger, 607 p, (1977).
146. Hartani, T., " La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie " Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, Rabat, Maroc. IAV Hassan II, 11 p (2004).
147. Hartani, T. et Raissi, O., " L'irrigation avec l'eau d'un lac dans la Mitidja " Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, Rabat, Maroc. IAV Hassan II, 10 p (2004).
148. Bagnouls, F. et Gaussen, H., " Saison sèche et indice xérothermique " Bulletin de société d'histoire de la nature, Toulouse, n° 88, 193 p (1953).
149. ONM, " Bulletin d'information climatique " Office Nationale de la Météorologie. Centre climatique national, Dar el Beida, Algérie (2009).

150. ITAFV, " Bulletin d'information climatique " Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne, Boufarik (2016).
151. INRA. " Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants " INRA, Ed.C. Demarquilly éditions INRA, Paris, 580 p (1981).
152. Braun-Blanquet, J., " Plant sociology " (translation by H.S. Conard, G.D. Fuller). Mac Graw-Hill Book Co. Inc. New York. 439 p (1932)  
<https://archive.org/details/plantsociologyst00brau>
153. SALHI, H., " Valeur nutritive des espèces spontanées de la plaine du moyen Chélif " Thèse de magister en agronomie, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, 163 p (2013).
154. Al Hadj Khaled, R., " L'évaluation des caractéristiques agronomiques d'espèces prairiales par leur traits de vie comme étape préalable au diagnostic des communautés à flore complexe " Thèse de doctorat, école nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires. institut nationale polytechnique de Lorraine, 291 p (2005).
155. A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists) " *Official Methods of analysis* " 12<sup>th</sup> edition. Washington D.C., USA (1990).
156. Van soest, P. J., " Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 2. A rapid method for the determination of fiber and lignin " Journal of the Association of Official Agricultural Chemists Vol.46 (1963), 829-835.
157. Van soest, P.J. and Wine, R.H., " Use of detergent in the analysis of fibrous feed " Ann. Agric. Chem. (1967), 466-829.
158. Tilley, J.M.A. et Terry, R.A., "A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops ". J.BR. Grassld. Soc., 18, (1963), 104-111.
159. Mc Dougall, E.I., " Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva " Biochemical J. 43 (1) (1948), 99-109.
160. Jarrige, R., Morand-Fehr, P. et Hoden, A., " L'alimentation des ruminants. Principes de la nutrition et de l'alimentation " Ed. INRA publication (route de saint -Cyr), 78000 Versailles (1978), 177-206.
161. Hammadache, A., " Effet de la date d'interruption du premier cycle sur la production de deux variétés de fétuque élevée " Revue céréaliculture, n°19, (1989), 28-31.
162. Waligora, C., " Introduire la luzerne, de l'azote en quantités industrielles " Technique Cultivar (2010), 42-45.

- 163.** Gounot, N., " Méthode d'étude quantitative de la végétation " Ed. mode de caractérisation, Revue végétation. Vol. 34, Ed CNRS Montpellier (1969) 1-17.
- 164.** Faix, J.F., " The effect of temperature and day length on the quality of morphological components of three legumes " PhD Thesis, Council University, Ithaca N.Y (1974).
- 165.** Jarrige, R., Grenet, E., Demarquilly, C. et Besle, J.M., " Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères " In: Nutrition des Ruminants Domestiques. (Jarrige, R., Ruckebusch, Y., Demarquilly, C., Farce, M.H. et Journet, M., eds) Inra Editions, Paris, (1995b), 25-82.
- 166.** Buxton, D.R. and Mertens D.R, " Quality-related characteristics of forages ". In Forages : The science of grassland agriculture (eds.) Barnes, RF, Miller, DA and Nelson, CJ, Ames, Iowa, Iowa State University Press, 2, (1995), 38-96.
- 167.** Vignau-Loustau, L. et Huyghe, C., " Stratégies fourragères : pâturage - ensilage - foin " Ed. France agricole, 336p, (2008).
- 168.** Riviere, R., " Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical " 2<sup>ème</sup> Ed. IEMV, 527 p, (1978).
- 169.** Coppenet, M., Golven, J., Simon, J.-C., Le Corre, L. et Le Roy, M., " Evolution chimique des sols en exploitation d'élevage intensif : exemple du Finistère " Agronomie, n° 13, (1993), 77-83.
- 170.** Andrieu, P. et Demarquilly, C., " Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles " in C. Demarquilly Ed., & dquo ; Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation&dquo, INRA, Paris, (1987), 103-182.
- 171.** Demarquilly, C. et Andrieu, P., " Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert " *Prod. Anim.*5. pp 213-221 (1992).
- 172.** Fick, G.W., Wilkins P.W. and Cherney J.H., " Modeling forage quality changes in the rowing crop " In G.C. Fahey, Jr. et al.(ed.) Forage quality, evaluation and utilisation. ASA, Madison, WI, (1994), 757-795.
- 173.** Smart A. J., Schacht W. H., Pederson J. F., Underlander D. J., and Moser L. E., "Prediction of leaf: stem ratio in grasses using near infrared reflectance spectroscopy". *J. range manage*, 51 (4), (1998) 447-449.
- 174.** Scehovic, J., Poisson, C. et Gillet, M., " Appétabilité et caractéristiques organoleptiques des graminées. I. - Comparaison du ray-grass et de la fétuque élevée " Agronomie, EDP Sciences, 5 (4), (1985), 347-354.

175. Gaillard, B., Legoupil, J.C. et Ruffin, J.C., " Le bersim ou trèfle d'Alexandrie, fourrage irrigué méditerranéen dans le haut Cheliff ", *Agronomie Tropicale*, 32, (1977) 364-376.
176. Andrieu, J. et Weiss, P.H., " Prévion de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts des graminées et des légumineuses " In Demarquilly, C., *Prévion de la valeur alimentaire des aliments des ruminants. Table de prévion de la valeur alimentaire des fourrages*, (1981), 61-79.
177. Soltner, D., " Alimentation des animaux domestiques " Tome II : la pratique du rationnement des bovins, ovins, caprins, porcs, 21<sup>ème</sup> édition 272 p collection sciences et techniques agricoles (2001).
178. Lemaire, G., " Sécheresse et production fourragère " *Innovations Agronomiques*, 2, (2008), 107-123.
179. Scehovic, J., " Prévion de la digestibilité de la matière organique et de la quantité de matière sèche ingérée des graminées, sur la base de leur composition chimique " *Fourrages*, n° 79, (1979), 57-78.
180. Duru, M., " Digestibilité des espèces et communautés prairiales en fonction de la masse surfacique " *Revue fourrages* n° 149 (1997), 55-67.
181. Scehovic, J., " Considération sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles " *Revue Suisse Agric.* n° 23 (5), (1991), 305-310.
182. Jean-Blain, C., Durix, A. and Tranchant, B., " Kinetics of ethanol metabolism in sheep " *Reprod. Nutr Dev.* n° 32, (1992), 83–90.
183. Duru, M., Balent, G., Gibon, A., Magda, D., Theau, J.P., Cruz, P. et Jouany, C., " Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes. Exemple des Pyrénées centrales " *Fourrages*, n° 153, (1998), 97-113.
184. Terry R. A. and Tilley J. M. A., " The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure ". *Journal of British Grassland Society*, 19, (1964), 363-372.
185. Duru, M., Hazard, L., Jeangros, B. et Mosimann, E., " Fonctionnement de la prairie pâturée : structure du couvert et biodiversité, nouveaux regard sur le pâturage " *Actes des journées de l'AFPF, Fourrage*, n°166, (2001), 165-188.
186. Nelson C.J. and Moser L.E., " Plant factors affecting forage quality ". In: G. C. Fahey, Collins M., Mertens D. R. and Moser L. E. [EDS.]. *Forage quality*,

- evaluation and utilization. Madison, WI: American Society of Agronomy, (1994), 115-154.
- 187.** Bruinenberg, M.H., Valk, H., Korevaar, H., et Struik, P.C., "Factors affecting digestibility of temperate forages from semi-natural grasslands "a review. *Grass and Forage, Science*, 57 p, (2002), 292-301.
- 188.** Ortmans, W., " Étude de la réponse au changement climatique de *bromus tectorum L.*, plante invasive de l'ouest Américain, au sein de la *mixed-grass prairie* " Mémoire master bio-ingénieur en gestion des forêts et des espaces naturels. Université de Liège, Belgique (2012).
- 189.** Houmani, M., " Amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine par le traitement à l'urée " *Revue Fourrages n°154* (1998), 239-248.
- 190.** Ugherughe P. O. " Relationship between digestibility of *Bromus inermis* plant parts ". *J. agron. Crop Sci.*, 157, (1986), 136-143.
- 191.** Demarquilly, C., Andrieu, J. et Weiss, PH., " L'ingestibilité des fourrages verts et des foins et sa variation " In C.Demarquilly. *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire des fourrages* (1981), 155-167.
- 192.** Nozières, S.M., Dulphy, J.P., Peyraud, J.L., Pooncet, C. et Baumont, R., " La valeur azotée des fourrages. Nouvelles estimations de la dégradabilité des protéines dans le rumen et de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle : conséquences sur les valeurs PDI ", *productions animales*, 20, (2007), 109-118.
- 193.** Le Goffe, P., Verite, R. et Peyraud, J.L., " Influence de l'espèce et de la saison sur la dégradabilité de l'azote des fourrages verts dans le rumen " *Ann. Zootech.* 42 (1993a), 3-15.
- 194.** Demarquilly, C. and Jarrige, R., " Assessment of the protein value of forages and its expression in the new protein feeding systems " In *Forage protein conservation and utilization* (Griffith TW, Maguire MF, eds). CEC, Dublin, (1982), 147-173.
- 195.** Duru, M., Cruz, P., Jouany, C. et Theau, J.P., " Intérêt, pour le conseil, du diagnostic de nutrition azotée de prairies de graminées par analyse de plante " *Revue Fourrages*, n° 164, (2000), 381-395.
- 196.** Carrere, P., Soussana, J.F., Toillon, S., Louault, F., Pons, B., Taini, E., Rosseel, D., Pontes, L.S. et Andueza, D., " Évolution de la valeur nutritive de graminées prairiales au cours de leur cycle de développement " *Revue Fourrages n° 201*, (2010), 27– 35.

197. Chettabi, R., " Valeur alimentaire de l'association pois-avoine en vert (composition chimique et digestibilité in vivo) au stade épiaison et grain laiteux-pâteux " Projet de fin d'étude I.N.E.S Blida, 73 p (1997).
198. Chermiti, A., " Prédiction de l'ingestion volontaire des fourrages chez les ovins à partir des caractéristiques chimiques et de dégradation ruminale " Options méditerranéennes, série A, n° 34, (1997), 37-41.
199. Xande, A., " Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge " Annales de Zootechnie, n° 27, (1978), 583 – 599.
200. Aufrere, J., Baumont, R. et Meschy, F., " La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation " Revue Fourrages n° 198, (2009), 153-173.
201. Von Bocksteale, J., Behaguet, T., De Baets, A. et Traets, J., " Les pertes occasionnées par le séchage au champ " Revue de l'agriculture, 34 (3), (1981), 787-803.
202. Dulphy, J.P., " Utilisation des foins par des vaches laitières " In DEMARQUILLY, les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation, INRA BP 145, Paris, (1987).
203. Bouyahia, A., " Etude comparative de trois rations à base de foin de vesce avoine tardif complétement par trois combinaisons de sous produits sous forme de blocs multinutritionnels " Mémoire d'ingénieur agronome. Institut d'agronomie de Blida (1998).
204. Meschy, F., Baumont, R., dulphy, J.P. et Nozières, M.O., " effet du mode de conservation sur la composition en éléments minéraux des fourrages ", rencontres recherches ruminants, 12,116 p (2005).
205. Aggoune, T. et Zebbiche, S., " Contribution à l'établissement d'une table de valeur alimentaire des fourrages Algériens : Etude de quelques foins " Mémoire d'ingénieur Agronome INA. El-Harrach, Alger 42 P (2011).
206. Chermiti, A., et Cordesse, R., " Valeur alimentaire du foin de vesce avoine traité à l'ammoniac " Annales de l'inst. Nat. De la recherche agronomique de Tunisie N° 61, Fasc 3 (1988).
207. Benabdelmoumene, F. et Bennacef, Y., " Effet d'une alimentation à base de foin d'avoine sur les performances de reproduction d'agnelles de race Ouled Djellal " Mémoire d'ingénieur agronome, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 58 P (2011).

- 208.** Hariz, D., " Estimation de la valeur nutritive de quelques espèces fourragères cultivées en utilisant leur composition chimique " Mémoire d'ingénieur agronome, Département des sciences agronomiques (2004).
- 209.** Boukhalfa, D., " Effets du retournement et de la mise en tas lors de la fenaison au sol sur la composition chimique de quelques fourrages cultivés dans les conditions climatiques de la Mitidja " Mémoire d'ingénieur agronome, Département des sciences agronomiques de Blida (2006).
- 210.** Mehanni, R., " Recherche du stade optimum de coupe de l'association vesce-avoine et pois-avoine et amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine par traitement chimique " Thèse magistère Agronomie. Faculté des Sciences Agro – Vétérinaire, Blida (1999).
- 211.** Coulon, J.B., Pradel, P., et Verdier, I., " Effet du mode de conservation du fourrage (foin ou ensilage) sur la production et la composition du lait " Renc. Rech. Ruminants N° 3 (1996), 281-284.
- 212.** Daccord, R., " Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages " ant. Agroscope ALP, 1725 Posieux (2005).
- 213.** Kamoun, M. et Thewis, A., " Influence du mode de conditionnement d'un fourrage vert sur sa composition chimique, la digestibilité in-vitro de la matière organique et la dégradabilité in-sacco de l'azote dans le rumen " Repr. Nutr. Dev suppl 2, (1989), 159-160.
- 214.** Andrieu, J.P., Demarquilly, C., et Rouel, J., " Conservation et utilisation par les génisses de l'herbe de prairies naturelles. Intérêt des balles rondes enrubannées comparativement à l'ensilage direct et au foin ", INRA Prod.Anim., 5, (1992) 205-212.
- 215.** Baumont, R., Champciaux, P., Agabriel, J., Andrieu, J., Aufrère, J., Michalet-Doreau, B. et Demarquilly, C., " Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants " Prév Alim pour INRA, INRA Production Animale n° 12 (1999).
- 216.** Daccord, R., " Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages " Ant. Agroscope, ALP, 1725 Posieux (2005).
- 217.** Arrigo, Y., " Influence de la conservation du fourrage sur sa digestibilité " Lipide in Fleisch, Milch und Ei-Herausforderung fur die Tierernahrung, (2004), 250-252.
- 218.** Jarrige, R., " Place des fourrages secs dans l'alimentation des herbivores domestiques " In Fourrages secs : récolte, traitement, utilisation (1987), 13-21.

- 219.** Helene, B., " Comparaison des teneurs en éléments minéraux et de la balance en cations- anions chez cinq graminées fourragères " Thèse pour l'obtention du grade de maitre des sciences Université Laval Québec (2005).
- 220.** Coppenet, J.M., " Les variations de la composition minérale des graminées fourragères exploitées en régime de pâture " Revue fourrages n° 25, (1974), 36-41.
- 221.** Morel, I., Wyss, U., Collomb, M., et Butikofer, U., " Influence de la composition botanique de l'herbe ou du foin sur la composition du lait " Agroscope Liebefeld-Posieux, Tioleyre 4, CH 1725 Posieux. Revue Suisse Agric. 38 (1) (2006) 9-15.
- 222.** Duru, M., Tallowin, J. and Cruz, P., " Functional diversity in low input grassland farming systems " Symposium of the European Grassland Federation. 29-31 August, Tartu, Estonie, Grassland Science in Europe, vol. 10, (2005), 199-210.
- 223.** Bencherchali, M. et Houmani, M., " Intérêt fourrager pour les ruminants de deux espèces fourragères spontanées : *Bromus madretensis* L. et *Bromus maximus* Desf. " European Journal of Scientific Research, ISSN 14506216X Vol.43 n°3 (2010), 307-315.
- 224.** Jeangros, B., Scehovic, J., Schubiger, F.X., Lehmann, J., Daccord, R. et Arrigo, Y., "Valeur nutritive des plantes de prairies 1. Teneurs en matière sèche, matière azotée et sucres" Revue Suisse Agric. N° 33(2), (2001), 73-80.
- 225.** Shroeder, J.W., "Forage nutrition for ruminants "NDSU: Extension service. edu. North Dakota State University; Fargo, ND58108: 400-1-06;W-7-10 (2008)
- 226.** Ayoub, R., " Etude comparative de la valeur alimentaire de la paille et des chaumes de blé dur " Mémoire d'Ingénieur agronome, Institut d'agronomie de Blida (2000).
- 227.** Arbouche, F. et Arbouche, H.S., " Potentialités fourragère des parcours de basse et moyenne altitudes au niveau de la wilaya d'El Taraf " INRA, Algérie (2007).
- 228.** Boudechiche, L., " Valeur alimentaire et composition floristique des prairies permanentes multi espèces : résultats d'une étude conduite au nord-est de l'Algérie (2010).
- 229.** Boudechiche, L., Araba, A. et Touati, A., " Effet du surpâturage sur la biodiversité, la productivité et la valeur nutritive des prairies au Nord-Est Algérien ". Renc. Rech. Ruminants, (2010), 17-63.