

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

**Du diplôme de Master**

**Spécialité : Biotechnologie de l'alimentation et amélioration des  
performances animales**

**Etude de la valeur nutritive de l'ensilage  
d'avoine et du ray-grass spontanés.**

**Présentée par : BOUZARA Wahiba.**

Devant le jury composé de :

<b>Mme. MEFTI. H</b>	<b>MCA</b>	<b>USDB Présidente de jury</b>
<b>Mr. BENCHERCHALI. M</b>	<b>MAA</b>	<b>USDB Promoteur</b>
<b>Mme. OUAkli. K</b>	<b>MAA</b>	<b>USDB Examinatrice</b>

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2016 / 2017**

## Remerciements

Tout d'abord, je tiens à rendre grâce a DIEU tout puissant, de m'avoir donné la force nécessaire pour mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur **BENCHERCHALI. M** mon promoteur, qui m'a beaucoup aidé, conseillé et guidé tout au long de ce mémoire. Ses compétences scientifiques et sa rigueur ont permis de diriger et conduire ce travail à son terme.

Je tiens également à remercier les honorables membres du jury, pour l'honneur qu'ils m'ont accordés en acceptant d'évaluer ce travail.

Je remercie particulièrement Mme **MEFTI. H** pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de soutenance.

Je remercie également Mme **OUAKLI. K** pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens également à remercier tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont sacrifié jeunesse et joie de la vie pour nous élever et éduquer, à ceux qui sont très chères, a mes formidables parents, que dieu me les gardes.

A mon frère et mes chères sœurs ;

A mes ami (e)s ;

A toute ma promotion ;

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION

### PARTIE I : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

	Page
Chapitre I : Généralité sur <i>l'Avena sterilis</i> .....	1
Chapitre II : Généralité sur Le <i>Lolium multiflorum</i> .....	7
Chapitre III : Généralité sur L'ensilage.....	15

### PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

Chapitre I : Matériel végétal.....	33
Chapitre II : Méthodes d'analyses chimiques.....	39
Chapitre III : Calculs statistiques .....	41

### PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Composition chimique .....	45
II. Valeurs énergétiques et azotées.....	48

## CONCLUSION GENERALE

## Liste des tableaux

	Page
Tableau 01 : Valeur nutritive de l' <i>Avena sterilis</i> (spontané).....	5
Tableau 02 : Valeur nutritive de l' <i>Avena sativa</i> .....	6
Tableau 03 : Composition moyenne du ray-grass d'Italie selon le rythme de coupe...11	
Tableau 04 : Composition et valeur nutritive du ray-grass d'Italie à différents stades de développement.....12	
Tableau 05 : valeur nutritive du <i>Lolium multiflorum</i> (spontané).....13	
Tableau 06 : Valeur nutritive du ray-grass (cultivé) .....	14
Tableau 7 : Les différentes techniques d'ensilage d'herbe (conditions de récolte, contraintes).....18	
Tableau 8 : Types d'agents d'ensilage nécessaires pour améliorer les fermentations.....19	
Tableau 09 : influence de trois modes de conservation d'un fourrage de prairie permanente sur la qualité, la quantité ingérée et la performance animale.....20	
Tableau 10 : Évolution enzymatique et microbiologique d'un fourrage vert ensilé.....26	
Tableau 11 : Valeur nutritive de l'ensilage de Maïs.....31	
Tableau 12 : Valeur nutritive de l'ensilage du ray-grass d'Italie et de l'avoine.....32	
Tableau 13 : Composition chimique des fourrages verts et des ensilages de l'avoine et du ray-grass spontanés.....45	
Tableau 14 : Valeurs énergétiques et azotées des fourrages verts et des ensilages de l'avoine et du ray-grass spontanés (par kg de MS).....49	

## Liste des photos

	Page
Photo 1 : <i>Avena sterilis</i> .....	1
Photo 2 : Identification de l'avoine stérile .....	3
Photo 3 : Graines de l'avoine stérile .....	4
Photo 4 : <i>Lolium multiflorum</i> .....	7
Photo 5 : caractéristiques du <i>Lolium multiflorum</i> .....	10
Photo 6 : Silo couloir avec sol en terre battue recouvert d'une bâche .....	21
Photo 7 : Silo couloir avec plateforme bétonnée .....	21
Photo 8 : Benne vidée au pied du silo. ....	22
Photo 9 : Benne vidée au-dessus du silo.....	22
Photo 10 : Tracteur dédié au tassage du silo avec des roues propre sans terre.....	22
Photo 11: <i>Avena sterilis</i> au stade laiteux.....	34
Photo 12 : <i>Lolium multiflorum</i> au stade début épiaison.....	34
Photo 13 : Silo d'ensilage d'avoine direct .....	35
Photo 14 : Silo d'ensilage de ray-grass direct.....	35
Photo 15 : Silo fermé d'ensilage d'avoine direct.....	36
Photo 16 : Silo fermé d'ensilage de ray-grass direct.....	36
Photo 17 : Avoine préfanée.....	36
Photo 18 : Ray-grass préfané.....	37
Photo 19 : Silo d'ensilage d'avoine préfanée.....	37
Photo 20 : Silo d'ensilage de ray-grass préfané.....	37
Photo 21:Ensilage d'avoine directe.....	38
Photo 22 : Ensilage de ray-grass direct.....	38
Photo 23 : Ensilage d'avoine préfanée.....	38
Photo 24 : Ensilage de ray-grass préfané.....	38

## Liste des abréviations

**ADF** : Acide détergent fiber

**ADL** : Acide détergent lignine

**AFSSA** : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

**AGV** : acide gras volatil

**C°** : degré Celsius

**Ca** : calcium

**CB** : Cellulose brute

**Cm** : centimètre

**dADF** : Digestibilité de l'acide détergent fiber

**dCB** : Digestibilité de la cellulose brute

**dE** : digestibilité de l'énergie

**dMAT** : Digestibilité des matières azotées totales

**dMO** : Digestibilité de la matière organique

**dMS** : Digestibilité de la matière sèche

**dNDF** : Digestibilité du Neutral détergent fiber

**EB** : Energie brute

**ED** : Energie digestible

**EM** : Energie métabolisable

**g/kg** : gramme par kilogramme

**h** : heure

**HC** : Hémicellulose

**IKARE** : institut karibéen et amazonien de l'élevage

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique de France

**J** : Jour

**km** : Kilomètre

**MAD** : Matières azotées digestibles

**MAPAQ** : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

**MAT** : Matières azotées totales

**Mg** : Magnésium

**MG** : Matières grasses

**MM** : Matières minérales

**MO** : Matière organique

**MS** : Matière sèche

**N** : Azote

**NDF** : Neutral détergent fiber

**P** : phosphore

**PDIA** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

**PDIE** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique

**PDIN** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée

**T°** : température

**UE** : unité d'encombrement

**UEB** : unité d'encombrement bovin

**UEL** : unité d'encombrement chez les vaches laitières

**UEM** : unité d'encombrement mouton

**UF** : Unité fourragère

**UFL** : Unité fourragère lait

**UFV** : Unité fourragère viande

**%** : pourcentage



**RESUME :**

Ce travail, est basé sur la prévision de la valeur alimentaire à partir de la composition chimique classique (MS, MO, CB et MAT), en utilisant les équations de prévision établies par l'INRA (2007) de 02 espèces de graminées fourragères spontanées : *Avena sterilis* et *Lolium multiflorum* récoltées respectivement au stade laiteux et au stade début épiaison dans la région de la Mitidja (station expérimentale de l'université de Blida 1). L'étude, a portée sur les fourrages verts et sur les ensilages directs et préfanés de ces deux espèces.

La composition chimique, révèle que l'avoine en vert et en ensilage, est plus riche en MS et en CB, alors que le ray grass est plus riche en MAT. La teneur en MO, est pratiquement comparable entre les deux espèces (en vert et en ensilage).

L'ensilage direct ou préfané, n'a pas entraîné des modifications dans les teneurs en MAT par rapport au fourrage en vert chez les deux espèces ; alors que le préfanage des fourrages, a provoqué une augmentation de la teneur en CB chez les ensilages préfanés.

La valeur nutritive est acceptable pour l'ensemble des fourrages. Les valeurs énergétiques oscillent entre 0,61 et 0,86 UFL et entre 0,61 et 0,80 UFV. Les valeurs azotées fluctuent entre 13,52 et 25,83 g de PDIA, entre 46,31 et 87,64 g de PDIN et entre 67,83 et 92,42 g de PDIE.

**MOTS CLES :**

Graminées fourragères, plantes spontanées, ensilage, composition chimique, valeur nutritive.

## **ABSTRACT :**

This work is based on the prediction of the food value from the classical chemical composition (MS, MO, CB and MAT), using the forecast equations established by the INRA (2007) of 02 species of spontaneous grasses : *Avena sterilis* and *Lolium multiflorum* harvested respectively at the milky stage and early heading stage in the Mitidja region (experimental station of the University of Blida 1).

The study focused on green forages and direct and pre-fed silages of these two species. The chemical composition reveals that oats in green and silage are richer in DM and CB, whereas Grass is richer in MAT. The MO content is practically comparable between the two species (green and silage).

Direct or hay silage did not result in changes in the levels of MAT compared to green fodder in both species; While forage pre-foraging, resulted in an increase in CB content in haylage. Nutritional value is acceptable for all forages. The energy values oscillate between 0.61 and 0.86 UFL and between 0.61 and 0.80 UFV. The nitrogen values fluctuated between 13.52 and 25.83 g of PDIA, between 46.31 and 87.64 g of PDIN and between 67.83 and 92.42 g of PDIE.

**KEY WORDS :** Forage grasses, spontaneous plants, silage, chemical composition, nutritional value.

# **INTRODUCTION**

**Introduction :**

L'ensilage, constitue un élément important des systèmes d'alimentation du bétail dans le monde. Cependant, le fanage reste encore le moyen de conservation le plus important puisque la part des fourrages conservés sous forme d'ensilage ne représente qu'environ 20 % de la totalité des fourrages récoltés. Par la pratique de l'ensilage, il est possible de couper l'herbe à un stade végétatif plus précoce que dans le cas du foin et de produire ainsi un aliment de plus haute qualité, susceptible de constituer une plus grande part de la ration des animaux laitiers ou à viande. Ceci permet de réduire les besoins en concentrés jusque-là nécessaires pour atteindre des productions maximales (WILLSON, 1973).

Les conditions édapho-climatiques dans le monde sont très diversifiées. Elles influencent ainsi directement, la nature des espèces végétales cultivées et déterminent en conséquence le type d'ensilage qu'ont peut exploiter en rapport avec la nature de l'élevage. Selon ces conditions, divers types d'ensilage à travers le monde sont pratiqués : ensilage de maïs ; ensilage d'herbes prairiales ; ensilage de céréales immatures et ensilage divers (fabacées, brassicacées...) (SLIM, 2012).

En Algérie, les ensilages les plus pratiqués sont à base de céréales immatures (avoine, orge et triticale), et parfois de maïs ou de sorgho dans les périmètres irrigués. On note l'introduction, certes encore limitée, de l'enrubannage sous forme d'ensilage de maïs. De nombreux élevage laitiers sont en hors sol ou ne disposent pas de surface fourragères suffisantes ; d'où des apports de paille et de foin extérieurs à l'exploitation pour compléter l'aliment concentré. Dans ce cas, l'ensilage peut jouer un rôle important, surtout sous forme de balles enrubannées.

Les travaux réalisés pour caractériser les ensilages produits en Algérie restent peu nombreux. C'est dans ce contexte, que s'incère notre travail, qui consiste en la confection d'un ensilage à base de graminées fourragères spontanées à savoir l'avoine stérile et le ray grass. Cet ensilage, se présente sous forme directe et sous forme préfanée.

**PARTIE I :**  
**BIBLIOGRAPHIE**

## Chapitre I : l'*Avena sterilis*

### I.1. Classification botanique :

D'après LAPEYRONIE, 1978 et CRETE, 1989, la classification botanique des graminées 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 *poacées* (*graminées*)

Sous famille : des *pooideae*

Tribu : des *poeae*

Sous tribu : des *Aveninae*

Genre : *avena*

Espèce : *Avena sterilis* L.

Synonyme du nom scientifique : *Avena macrocarpa* Moench, *Avena nutans* Saint-Lager

Nom commun : folle avoine à grosses graines, avoine stérile (Photo 1)

Nom arabe : chofenne



Photo 1 : *Avena sterilis* (source MAPAQ )

## **I.2. Origine et description :**

Plante annuelle à feuilles vertes assez foncées, larges, plates, allongées et aiguës, présente une coloration vert foncée. La gaine est cylindrique. 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 (CHEKIKENE, 2010).

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

L'avoine est originaire du nord-est de l'Europe (Autriche et Russie) et des plateaux de l'Éthiopie et de la Chine. Le plus ancien grain d'avoine a été découvert en Égypte et la plus ancienne avoine cultivée a été découverte dans des grottes en Suisse et daterait de l'époque de l'âge de bronze (LAPEYRONIE, 1978).

La folle avoine ou avoine stérile est une graminée de la famille des Poaceas. Cette plante peut être une mauvaise herbe ou adventice. Elle est caractérisée par une germination vigoureuse, une émergence non uniforme, une dormance des graines de dix ans, une production de l'ordre de 50-500 grains par plant et une maturité hétérogène qui permet un égrainage dispersé dans la période de culture (ANGERS et ESTEVEZ, 2006).

Elle est cultivée dans les régions tempérées où elle pousse sur presque tous les sols, mais préfère les terres meubles riches en humus, tourbeuse, acides... (LAPEYRONIE, 1978).

Très compétitive, elle peut réduire le rendement de plusieurs cultures, de sorte qu'elle constitue une mauvaise herbe aussi gênante pour les cultures que difficile à détruire. Cependant les animaux la mangent volontiers et on leur donne celle que l'on arrache en sarclant, mais seulement avant le développement complet des panicules, car les soies raides qui couvrent les grains pourraient être cause d'accident (ANGERS et ESTEVEZ, 2006).

## **I.3. Caractéristiques botaniques**

La folle avoine est une plante annuelle de 60 à 150 cm de hauteur dont la morphologie est très apparentée à l'avoine cultivée (*avena sativa*).

L'identification de la folle avoine au stade plantule peut souvent s'avérer un problème dans un champ de blé ou d'orge. En fait, la folle avoine se distingue de ces deux cultures par le sens d'enroulement de la feuille car les nouvelles feuilles apparaissent enroulées sur elles-mêmes (photo 2).

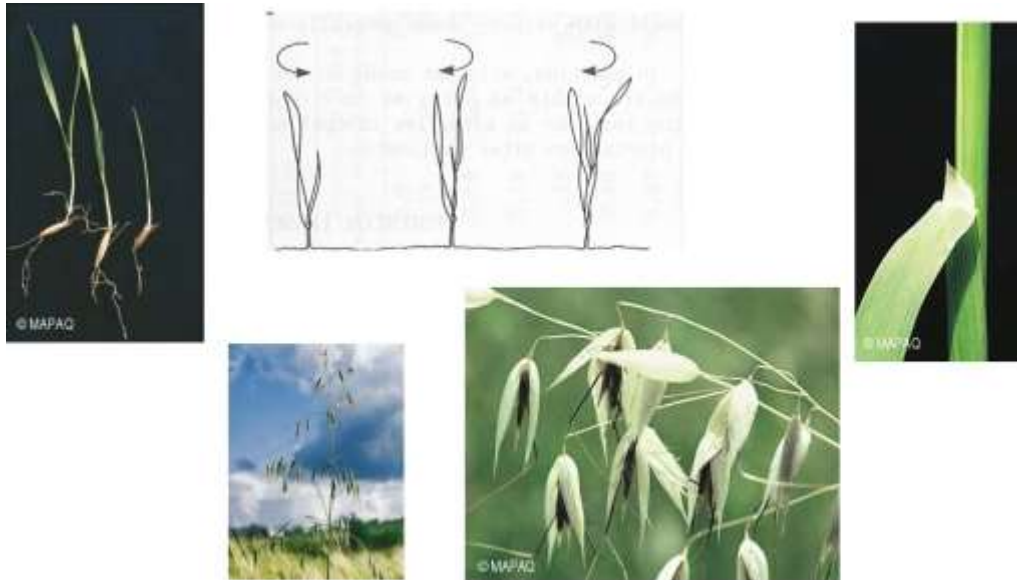


Photo 2 : Identification de l'avoine stérile : (Source : MAPAQ, 2007)

La plantule est presque glabre, donc peu de poils lesquels 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 (QUEZEL et SANTA, 1962).

Elle ne possède pas d'oreillettes, la gaine est arrondie et ovale. De plus, pour ne pas se confondre avec l'avoine cultivée, il est conseillé de déterrer la plantule et de vérifier la graine (photo 2). Elle est certes plus facile à identifier au stade adulte et dans la culture d'avoine, elle est habituellement plus haute (ANGERS et ESTEVEZ, 2006).

Comparativement à l'avoine cultivée qui donne une graine de teinte pâle, non pubescente et ne portant que très rarement d'arêtes au dos, la folle avoine possède une arête au dos des graines qui se courbe vers le milieu pour apparaître finalement coudée. Les graines sont d'une teinte foncée et couvertes de longs poils (photo 3). 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.



Photo 3 : Graines de l'avoine stérile (Source : MAPAQ, 2007)

#### **I.4. Valeur nutritive de l'Avoine :**

L'avoine, a une teneur en lipides supérieure à celle des autres céréales, ce qui augmente sa teneur énergétique. Sa teneur en acides gras, notamment en acides oléiques et linoléiques est élevée. Elle est riche en vitamines B1, B2 et B6, ainsi qu'en vitamines A, E et K. Elle contient également des minéraux indispensables, des micros nutriments, des antioxydants et du stérol.

La valeur nutritive de l'avoine fourragère, est élevée. 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 (HUSSON et *al*, 2012). En revanche, cette valeur énergétique est moins intéressante que celle du blé, du maïs et de bien d'autres céréales. Ces fourrages, sont bien appréciés par les vaches laitières avec une excellente ingestion et une haute digestibilité (HUSSON et *al*, 2012). Les tableaux 8 et 9 représentent la valeur nutritive de l'avoine.

Les résultats de la valeur nutritive de l'avoine stérile, rapportés par MOURAS et KAHIA, 2008, figurent dans le tableau 1 ; ceux de l'avoine cultivée, annoncés par l'INRA, 2007, sont représentés dans le tableau 2.

Tableau 01 : Valeur nutritive de l'Avena sterilis (spontané)

Stades	MS %	dMS %	en % de la MS											Valeurs énergétiques		Valeurs azotées (g/Kg de MS)		
			MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	HC	Cell	dMO	Dmat	dCB	UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE
Montaison	14,26	74,71	89,14	9,04	26,45	53,33	28,41	3,03	24,92	25,38	73,84	86,50	72,50	0,85	0,70	20,31	56,76	79,26
Début épiaison	16,41	69,67	90,94	8,27	26,85	57,35	32,07	2,37	25,28	29,80	68,77	88,77	67,78	0,78	0,71	18,58	51,93	74,67
Epiaison	21,43	58,57	91,04	6,82	28,84	60,49	34,11	5,65	26,38	28,46	57,59	73,31	56,78	0,63	0,54	15,32	42,83	62,37
Floraison	28,87	51,36	92,70	6,42	29,71	66,27	36,32	8,14	29,95	28,18	51,87	58,44	49,78	0,55	0,45	14,43	40,31	59,70
Laiteux pâteux	34,47	50,58	92,94	5,97	35,96	61,66	41,20	9,22	32,46	31,98	49,08	52,58	49,22	0,52	0,41	13,41	37,49	54,34

(MOURAS et KAHIA, 2008)

Tableau 02 : Valeur nutritive de l'Avena sativa.

Stades	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/Kg		Encombrement UE/Kg			Quantités ingérées MS g / Kg P0.75	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 %

(INRA, 2007)

## Chapitre II : Le *Lolium multiflorum*

### II.1. Classification botanique :

D'après LAPEYRONIE, 1978 et CRETE, 1989 la classification botanique des graminées 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 *poacées*

Sous famille : des *pooideae*

Tribu : des *Poeae*

Genre : *Lolium*

Espèce : *Lolium multiflorum* L.

Nom commun : Ray-grass d'Italie ou ivraie (photo 4).



photo 4 : *Lolium multiflorum* (source : MAPAQ)

### II.2. Origine et description :

Cette espèce est originaire des régions tempérées et chaudes de l'ancien monde : Afrique du nord, Europe méridionale, Asie occidentale. Introduite dans toutes les

régions tempérées et subtropicales du monde, elle s'adapte aux sols fertiles, humides mais bien drainés (WHYTE et COOPER, 1959 ; VILLAX, 1963).

Le ray-grass d'Italie, est une espèce annuelle ou bisannuelle d'implantation facile et rapide, présentant une très bonne pousse de printemps (HUBERT et PIERRE, 2003 ; SUTER et al, 2014). Son port dressé et son fort potentiel de rendement en font la plante idéale pour constituer rapidement des stocks de qualité (GNIS, 2013). Il se prête très bien au fanage et à l'ensilage dans les conditions méditerranéennes (AMEZIANE, 1978).

Le ray Grass italien, est une espèce remontante, c'est-à-dire une plante capable de redonner des tiges et des épis à chaque cycle ; la proportion de limbe diminue aussi avec l'âge (JARRIGE, 1988).

Selon (BREUNE et al ; 2015). Les ray-grass d'Italie peuvent être diploïdes ou tétraploïdes et ils comprennent deux types :

- **Les variétés diploïdes** : présentent des feuilles étroites, des tiges fines, un important système racinaire fasciculé et des semences plus petites. Elles sont moins riches en eau et ont un bon tallage.
- **Les variétés tétraploïdes** : présentent des feuilles plus longues, plus larges, des tiges plus grosses et moins nombreuses, un important système racinaire fasciculé, des semences plus grosses ainsi que des feuilles plus riches en eau et en sucres. Elles sont plus appétentes, mais plus difficiles à faner.

Il existe deux types de ray-grass d'Italie :

- **Les ray-grass d'Italie non-alternatifs** : En semis plein champ comme en intercalaire, ils ne produisent pas d'inflorescence au cours de l'année d'implantation. Par contre, s'ils survivent à l'hiver, ils en produiront la deuxième année.
- **Les ray-grass d'Italie alternatifs, nommés Westerwolds** : ils sont développés en Hollande (KUNELIUS, 1991). En semis plein champ ces ray-grass font des tiges inflorescente l'année du semis (à moins qu'ils ne soient semés à l'automne). En culture intercalaire, ils peuvent ou non faire des tiges inflorescente. Cela dépend de plusieurs facteurs (notamment l'importance de la lumière).

Le ray-grass d'Italie, a une durée de vie d'un an pour les variétés de type Westerwald qui épie l'année de leur semis ou de 2 ans pour les variétés alternatives.

Ces dernières n'épient pas l'année du semis. Cette espèce, peut être diploïde  $2n$  ou tétraploïde  $4n$  (le tétraploïde possède un nombre de jeux homologues de chromosomes doublé par rapport au diploïde le rendant plus feuillu et plus riche en eau). De ce fait, le diploïde est mieux adapté au fanage tandis que le tétraploïde, plus appétant, correspond plus au pâturage.

### II.3. Caractéristiques botaniques

Graminée fourragère prairial, à épillets latéraux à une seule glume appliquée contre le rachis par un de leurs bords et à épillets terminaux à deux glumes sub-égales.

On distingue deux types de ray-grass : les ray-grass anglais (*Lolium pérenne*) et le ray-grass italien (*Lolium multiflorum*). Ces deux espèces s'hybrident facilement fréquemment comme adventice dans les cultures de céréales incluses dans un assolement fourrager intensif (ANONYME, 2015).

Le ray-grass d'Italie est une culture adaptée au climat tempéré et subtropicale. Les racines sont de type fasciculé avec un chevelu dense. Les tiges, à préfoliation enroulée (section cylindrique ou ovoïde) sont souvent teintées à la base en rouge clair. La plante est non velue.

Selon BOUNEJMATE, (1997), le ray-grass d'Italie est une culture annuelle ou bisannuelle à tiges dressées de 60 cm à 1,2 m de haut, formant de grosses touffes, aux feuilles très allongées, à pointe aiguë de couleur vert clair (WHYTE et COOPER, 1959). La préfoliation des feuilles, est enroulée, ce qui permet de le différencier du ray-grass anglais dont les feuilles ont une préfoliation pliée (DUTHIL , 1967).

Les feuilles sont nombreuses, d'abords pliés en longueur, puis planes, assez larges (QUEZEL et SANTA, 1962). L'inflorescence en épis de 20 à 25 cm de long, fleurs aristées, les épillets sessiles, solitaires, lancéolés et appliqués sur l'axe, se placent alternativement dans les excavations du rachis. Ils sont plus ou moins espacés à la base, plus ou moins serrés au sommet. Les graines sont des caryopses, de petite dimension (GILLET, 1980) (photo 5).



Photo 5 : caractéristiques du *Lolium multiflorum* (source : saint-Georges, 2010)

#### II.4. Valeur nutritive du Ray-grass :

Cette espèce s'installe très vite et permet une bonne production au printemps, en revanche , elle supporte mal la chaleur estivale (LAPEYRONNIE, 1978). Son port droit lui confère une bonne adaptation à la fauche. Elle est intéressante pour la fenaison et l'ensilage et en association avec les trèfles violets dans les prairies temporaires de courte durée (2 ans) (ANONYME, 2015). On l'inclut également dans les mélanges pour prairies permanentes afin d'obtenir une couverture rapide du sol (WHYTE et COOPER , 1959, ANONYME , 2015).

Compte-tenu de sa richesse en sucre, la conservation en ensilage ressuyé ne pose pas de problème. Les foins, à partir de la deuxième coupe, bien pourvus en fibres efficaces limiteront les risques d'acidose (ANONYME, 2015).

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 3). 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 (GNIS, 2013).

Le ray-grass d'Italie est également recommandé pour la production de viande et son foin fibreux est très apprécié par l'ensemble des animaux (GNIS, 2013). 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 complétement en matières azotées (ANONYME, 2015).

**Tableau 03** : Composition moyenne du ray-grass d'Italie selon le rythme de coupe.

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

(Source : MISKIN, 1984)

- Au pâturage, c'est une plante bien consommée par les animaux tant qu'il est en majorité feuillu mais la hauteur de végétation et la présence de tiges accentuent le gaspillage.
- La récolte mécanique est facilitée par la présence de tiges mais le volume de sa production au printemps et sa teneur élevée en eau complique un peu le séchage et la conservation surtout pour les variétés tétraploïdes (teneur en eau supérieure de 2 à 4 %).
- 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 (HNATYSZYN et GUAIS, 1988) (tableau 4).



Tableau 04 : Composition et valeur nutritive du ray-grass d'Italie à différents stades de développement.

Stade	MS %	MAT (%MS)	CB (% MS)	dMO 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

(Source : ANONYME, 1982, cité par MERMOURI, 2010)

Selon BOUNEJMATE, (1997), cette espèce est caractérisée par des teneurs élevées en eau (87 à 91 %) et en MAT (18 à 21 %), et des teneurs faibles en constituants pariétaux.

Les résultats de la valeur nutritive du ray-grass spontané, trouvés par MOURAS et KAHIA, 2008, figurent dans le tableau 5 ; ceux du ray-grass cultivé, rapportés par l'INRA, 2007, sont représentés dans le tableau 6.

Tableau 05 : valeur nutritive du *Lolium multiflorum* (spontané)

Stades	MS %	dMS %	en % de la MS %											Valeur énergétiques		Valeur azotées (g/kg de MS)		
			MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	HC	Cell	dMO	dMAT	dCB	UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE
Montaison	12,81	72,34	89,12	11,05	24,38	50,07	24,90	3,74	21,16	21,16	71,74	89,32	69,77	0,83	0,77	24,83	69,38	81,51
Début épiaison	21,49	65,87	91,90	9,79	25,23	50,23	28,22	3,79	24,43	24,43	64,80	89,90	63,92	0,74	0,66	22,00	61,47	74,92
Épiaison	24,15	58,55	93,51	7,36	26,78	52,73	29,62	3,47	26,15	26,15	57,80	78,26	56,16	0,64	0,54	16,54	46,21	64,96
Floraison	28,63	54,54	93,45	6,87	34,12	60,56	35,80	7,92	27,88	27,88	53,53	66,67	51,41	0,56	0,47	15,44	43,14	60,23
Laiteux pateux	37,64	51,16	94,68	6,28	35,3	66,28	38,06	9,15	28,91	28,91	50,01	54,03	49,61	0,52	0,41	14,11	39,34	56,57

MOURAS et KAHIA (2008).

Tableau 06 : Valeur nutritive du ray-grass (cultivé) .

Lolium multiflorum	MS %	Energie UF/Kg		Azote g/kg			Constituants organique 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	<b>12,3</b>	<b>0,98</b> 0,12	<b>0,95</b> 0,12	<b>40</b> 5	<b>147</b> 18	<b>98</b> 12	<b>839</b> 83	<b>228</b> 82	<b>207</b> 87	<b>498</b> 86	<b>249</b> 87	<b>4138</b> 79	<b>2682</b>
Début épiaison	<b>12,1</b>	<b>0,87</b> 0,11	<b>0,82</b> 0,10	<b>38</b> 5	<b>132</b> 16	<b>91</b> 11	<b>844</b> 76	<b>206</b> 77	<b>244</b> 78	<b>536</b> 76	<b>283</b> 75	<b>4122</b> 73	2422
Epiaison	<b>17,8</b>	<b>0,81</b> 0,14	<b>0,75</b> 0,13	<b>22</b> 4	<b>57</b> 10	<b>75</b> 13	<b>903</b> 69	<b>88</b> 56	<b>265</b> 65	<b>541</b> 65	<b>292</b> 63	<b>4180</b> 66	2300
Début épiaison	<b>24,0</b>	<b>0,73</b> 0,18	<b>0,66</b> 0,16	<b>18</b> 4	<b>45</b> 11	<b>69</b> 17	<b>914</b> 64	<b>70</b> 50	<b>293</b> 59	<b>583</b> 60	<b>328</b> 58	<b>4198</b> 61	2125
Floraison	<b>27,5</b>	<b>0,66</b> 0,18	<b>0,58</b> 0,16	<b>16</b> 4	<b>38</b> 11	<b>64</b> 18	<b>916</b> 60	<b>60</b> 42	<b>307</b> 55	<b>599</b> 55	<b>344</b> 54	<b>4189</b> 57	1981

Par kg de matiere sèche /par kg de produit brut

Par kg de matière sèche / digestibilité en %

(source : I.N.R.A, 2007)

## Chapitre III : L'ensilage

### 3.1. Généralité sur l'ensilage :

Le terme "ensilage" désigne tout à la fois :

- La technique de conservation des aliments par acidification anaérobie contrôlée.
- Le produit fini, stabilisé grâce à un pH acide et variablement conditionné (silo taupinière, silo couloir, silo boudin ou balles enrubannées) (PARAGON et al, 2004).

Selon VIGNAU-LOUSTAU et HUYGHE (2008) et HUYGHE et DELABY (2013), l'ensilage, est un moyen de stockage des fourrages à l'état humide grâce à la mise en œuvre d'un processus de fermentation qui aboutit à une inhibition de toute évolution métabolique de la matière végétale stockée ; ce processus occasionne un minimum de perte de matières sèches et de la valeur alimentaire. Pour cela, il faut que la quantité d'acide lactique, formée aux dépens des sucres de la plante, soit apte à produire une stérilisation du milieu ; le milieu est ainsi doté des conditions qui engendrent l'inhibition totale du développement des micro-organismes, notamment de ceux qui sont indésirables. L'objectif d'une conservation prolongée sous un état stable est alors atteint.

Cette technique de conservation est connue depuis des siècles (1000 à 1500 ans avant J-C en Egypte). Elle réapparaît à différentes périodes au cours de l'histoire, pour se développer à partir de 1860 en Europe, et prendre un réel essor après la seconde guerre mondiale (RENAUD, 2002).

Selon VIGNAU-LOUSTAU et HUYGHE (2008), l'ensilage représente désormais la majorité des fourrages stockés en Europe et notamment dans les pays laitiers du Nord. Il s'est développé aux dépens du foin pour trois raisons principales :

- Réduction des risques climatiques pour les récoltes d'herbe au printemps, ce qui permet de pratiquer des récoltes à des stades plus précoces pour profiter d'une valeur nutritive élevée,
- Possibilité d'augmenter la fertilisation et le chargement des surfaces fourragères,
- Possibilité d'alterner fauche et pâturage pour mieux maîtriser la pousse des prairies.

Le développement de cette technique, a participé au courant de modernisation de l'élevage en particulier à partir des années 1950-1960, (SALETTE, 2006).

L'introduction de ce mode de récolte et conservation est très liée à celui de la motorisation dans les régions d'élevage car le fourrage humide exige des moyens

matériels plus puissants que ceux que nécessitait la récolte du foin (DROGOUL et al, 2004).

Selon SALETTE (2006), l'impact de l'introduction de l'ensilage dépasse largement le domaine de la récolte et de la conservation des fourrages. Toute la conception de l'organisation des élevages en a été modifiée : introduction de la stabulation libre, de la salle de traite, de la distribution mécanisée des fourrages, etc. Ce développement a généré une omni présence de l'ensilage dans les systèmes fourragers et cette situation suscite des critiques sur l'opportunité d'une telle généralisation.

Malgré ces avantages, le développement de l'ensilage d'herbe a été limité pendant longtemps par le travail important que nécessitaient la récolte, la mise en silo et la distribution de cet aliment très aqueux et transmettant aux personnes des odeurs fortes et persistantes. La fréquence relativement forte des mauvaises fermentations, dues aux ensilages directs, a eu pour conséquence des performances modestes notamment à cause des faibles quantités ingérées par les animaux (PARAGON et al, 2004).

Au cours des 25 dernières années, un certain nombre de difficultés ont été résolues grâce notamment à l'apparition de matériel performant (ensileuses à couteaux), à la mise sur marché de bâches en polyéthylène plus étanches et plus solides, à une mécanisation simple et efficace de la distribution aux animaux. La maîtrise de la qualité des ensilages est améliorée, mais les éleveurs restent encore peu convaincus du recours à l'emploi d'agents de conservation (RENAUD, 2002).

Le développement plus récent de l'ensilage en balles rondes montre que le recours aux processus de fermentation est susceptible d'évolution importante au profit de la maîtrise des techniques de conservation des fourrages (VIGNAU-LOUSTAU et .HUYGHE, 2008).

### **3.2. Techniques d'ensilage :**

D'après PARAGON et al, (2004), suivant la teneur en matière sèche de l'herbe à la récolte, plusieurs techniques d'ensilages sont possibles, plus ou moins polyvalentes les unes que les autres. Ainsi, avec le même type de silo et de matériel, il est possible de récolter de l'herbe en coupe directe, légèrement ou moyennement préfanée ou du maïs plante entière.

Selon RENAUD (2002), dans le cas de l'enrubannage, le matériel de récolte devient beaucoup plus spécifique pour la récolte de l'ensilage (herbe avec une teneur en matière sèche comprise entre 50 et 65 %). Chaque méthode a des avantages et des inconvénients qui doivent être prises en compte pour connaître les risques encourus et les moyens à mettre en œuvre qui vont assurer son efficacité (niveau de préfanage, utilisation d'agents d'ensilage, importance du tassement, etc.).

Les tableaux 7 et 8, récapitulent les différentes techniques et les recommandations essentielles qui leurs sont liées. Le nombre de jours au sol est indicatif pour des conditions météorologiques acceptables (temps couvert avec passages ensoleillés et absence de pluie). Un fourrage légèrement préfané est souvent qualifié de ressuyé dans la pratique (PARAGON et al, 2004).

**1. L'ensilage direct** : consiste à mettre dans le silo un fourrage qui n'a pas subi de fanage au sol. En fonction du stade de développement des plantes ensilées, la teneur en MS, varie de 15 % pour les stades très précoces, à 22-25 % pour la récolte d'herbe en fin cycle (épiaison et floraison). Cette pratique est de plus en plus déconseillée car elle génère de mauvaises conditions pour l'acidification lactique, les pertes importantes de jus et des nuisances environnementales fortes en raison des émanations d'odeurs (COTTO, 1996 ; PARAGON et al, 2004).

**2. Le ressuyage** : consiste à gagner quelques points (environ 5 %) de teneur en MS. Ceci permet de diminuer les pertes par jus, mais surtout favorise l'acidification en réduisant la dilution des acides formés lors de la fermentation lactique. Le ressuyage est conseillé pour les ensilages des graminées riches en sucres, tels les ray-grass et le brome (PARAGON et al, 2004; HUYGHE et DELABY, 2013).

**3. Le préfanage** : est un mot qui désigne une pratique de séchage plus poussée du fourrage, en poursuivant le séchage au-delà du ressuyage. Il permet la récolte d'une herbe à 30-35 % de MS. Le préfanage est recommandé pour l'ensilage des légumineuses, en particulier de la luzerne, ainsi que des graminées à plus faible teneur en sucres, comme le dactyle et la fétuque élevée. A ce niveau de dessiccation, les pertes par jus sont nulles et les effets de nuisances olfactives quasiment absents (DROGOUL et al, 2004).

**4. Le mi-fanage** : est la poursuite de la dessiccation, jusqu'à 45-55 % de MS. Cette technique, très utilisée aux Pays-Bas, ne peut exister qu'à la condition de pratiquer une dessiccation poussée du fourrage (VIGNAU-LOUSTEAU et HUGHE, 2008).

Tableau 7 : Les différentes techniques d'ensilage d'herbe (conditions de récolte, contraintes).

Dénomination % MS récolte	Ensilage direct	Ensilage ressuyé	Ensilage préfané	Enrubannage
	13-22 %	20-30 %	30-40 %	45-70 %
	Niveau de préfanage			
		Léger	moyen	Fort
Temps de séjour du fourrage au sol (jours)	0	0,5 à 1	1 à 2	2 à 3
Matériel de récolte	Automotrice Ensileuse tractée	Automotrice Ensileuse Tractée	Automotrice Ensileuse tractée auto-chargeuse	Presse à balle carrée Presse à balle ronde Enrubanneuse
Types de silos	Couloir - taupinière	Couloir - taupinière gaine	Couloir – taupinière gaine	Balles enrubannées Meules, gaine
% MS idéal	> 19 %	25-30 %	≤ 35 %	> 50 %
Agents d'ensilage	Utilisation d'agents chimiques, microbiologiques ou microbiologiques et enzymatiques à définir suivant le type de fourrage.		Peu utiles pour améliorer la qualité de conservation. Quelques produits peuvent réduire le développement des clostridies ou améliorer la stabilité aérobie à l'ouverture du silo.	
Conservation	Difficile si % MS < 20	Assez facile à assurer. La teneur en MS permet un bon tassement	Selon les conditions de préfanage	
			Attention tassement et fermeture du silo et vitesse du désilage	Qualité de l'enrubannage
Risques	Lessivage Effluents Baisse de l'ingestion	Normalement très limités	Développement plus important de spores butyriques (MS < 45 %) et de <i>Listeria</i> (stabilité à l'ouverture, levures, moisissures)	
Fiabilité du mode de récolte	Moyenne	Très bonne	Moyenne à très bonne	

(PARAGON et al, 2004).

**Tableau 8 :** Types d'agents d'ensilage nécessaires pour améliorer les fermentations

Fourrage	% MS à la récolte	Type d'agents de conservation homologués recommandés
Luzerne et dactyle	< 35 %	Agent chimique
Prairies permanentes (à base notable de dactyle) fétuque élevée	< 30 % < 25 %	Agents chimique
Prairie permanentes (avec peu de dactyle) Fétuque élevée	< 30% 25-30 %	Agents chimiques ou microbiologiques
Ray-grass Anglais ou hybride	< 30 %	Agent chimiques ou biologiques
Maïs plante entière	30-36 %	Inutile

(AFSSA, 2004)

### 5. l'ensilage en balles et l'enrubannage :

La conception de cette forme d'ensilage diffère sensiblement de la forme classique. Le type de balle qui servi de support au développement de la technique est la « balle ronde ». Pour rendre le milieu hermétique et ainsi créer l'anaérobiose, il est nécessaire de concevoir un système adapté. L'enrubannage est le moyen actuellement le plus répandu (VIGNAU-LOUSTEAU et HUGHE, 2008).

Le chantier de récolte est simplifié et sécurisé ; la récolte à 50-60 % de MS, réduit le temps de séchage au sol et, en particulier, elle annule la phase ultime de séchage au sol, qui exige un air ambiant à faible teneur en humidité (RENAUD, 2002).

Selon DEMARQUILLY et al (1998), du point de vue de la valeur alimentaire, ces fourrages apportent une efficacité alimentaire équivalente ou supérieure à celle des foins. Ils sont bien ingérés parce qu'ils ont une teneur en MS élevée, mais ils le sont un peu moins que des ensilages d'herbe bien conservés. Ils ont une valeur énergétique équivalente à celle des foins, mais inférieure à celle des ensilages bien conservés (tableau 9).

Pour des vaches laitières en production, la quantité de lait produite est équivalente à celle des foins et inférieure à celle des ensilages conventionnels bien conservés (COTTO, 1985).



Globalement, les ensilages de balles enrubannées ont une valeur énergétique qui est inférieure à celle des fourrages verts dont ils sont issus de 0,05 UFL/kg de MS. Cette observation résulte de toutes les atteintes à la composition biochimique de départ par la chaîne de récolte et de conservation de l'ensilage en balles rondes enrubannées (DEMARQUILLY et al, 1998).

Tableau 09 : influence de trois modes de conservation d'un fourrage de prairie permanente sur la qualité, la quantité ingérée et la performance animale.

	Ensilage direct + acide formique	balles rondes enrubannées	Foin
Caractéristiques des fourrages après conservation			
MS (%)	23,0	64,1	85,4
MAT (g/kg MS)	143	146	140
pH	3,93	5,61	
N-NH3 (% N total)	7,0	6,6	
AGV (g/kg MS)	21,9	2,9	
dMO	65,6	63,5	64,2
Résultats sur vache laitières			
Quantité ingérée (kg MS/ j)	13,0	12,9	12,7
Lait (4% de MG)	22,8	20,8	20,5

(DEMARQUILLY et al, 1998).

### 3.3. La réalisation de l'ensilage :

La bonne conservation de l'ensilage est liée à différents facteurs :

#### 1. Bien préparer le matériel :

Selon DROGOUL et al (2004), pour réaliser un chantier d'ensilage, il faut avoir au minimum :

- Un tracteur avec l'ensileuse tractée,
- Un tracteur avec une remorque attelée,
- Un tracteur pour tasser l'ensilage.

Pour des surfaces à récolter supérieures à 1 ha, il est préférable d'avoir deux remorques et deux tracteurs de cette façon, l'ensileuse ne s'arrête jamais de récolter le fourrage ce qui permet d'accélérer la cadence du chantier d'ensilage.

## 2. Bien préparer le silo :

Le silo peut être de plusieurs sortes : silo couloir (avec parois) ou silo taupe (sans parois). Le fond du silo peut être en terre battue recouvert d'une bâche ou une plateforme bétonnée (photos 5 et 6), avec une pente de 3 à 5 %, du fond du silo vers l'entrée :

- Les parois doivent être résistantes au tassement,
- Adapter la taille du silo (hauteur, largeur) aux besoins de consommation quotidien du cheptel,
- Poser les bâches de façon à éviter les infiltrations d'eau de pluie ou de ruissellement.



Photo 6 : Silo couloir avec sol en terre battue recouvert d'une bâche (IKARE, 2015)



Photo 7 : Silo couloir avec plateforme bétonnée (IKARE, 2015)

## 3. Récolter le fourrage au bon stade :

Prendre une dizaine de plantes au hasard au milieu de la parcelle et étudier l'état du grain au milieu de l'épi. C'est le stade du grain, ou le taux de sucre, qui permet de décider la date de récolte et non l'état de la plante (PARAGON et al, 2004).

## 4. Mettre en silo :

Selon RENAUD (2002) et DROGOUL et al (2004), le remplissage du silo, doit passer par les étapes suivantes :

- Vider la benne au-dessus ou au pied du silo pour ne pas apporter de terre (risque de fermentation butyrique dégradant la qualité de l'ensilage) (photo 8 et 9).
- Etaler le fourrage en couche régulière de 20 à 30 cm après chaque benne,

- Tasser immédiatement en continu, régulièrement et lentement (2 à 3 km / h) sur toute la largeur du silo pour chasser le maximum d'air (pour une bonne conservation de l'ensilage).



Photo 8 : Benne vidée au pied du silo.  
(IKARE, 2015)



Photo 9 : Benne vidée au-dessus du silo  
(IKARE, 2015)

- Passer plusieurs fois, jusqu'à ce que le tracteur ne marque plus le tas,
- Décharger la benne suivante et recommencer les opérations de tassage,
- Tasser énergiquement après la dernière benne (photo 10).
- Plier la bâche neuve sur le dessus, de telle façon que le vent ne puisse pas la soulever, puis fermer l'autre pour qu'il recouvre largement le premier.
- Replier aux deux extrémités et vérifier l'étanchéité aux angles,
- Poser une bâche protectrice sur le dessus du silo,
- Entourer le tas par une ceinture de boudins « collés-serrés » (remplis de cailloux ronds) et poser des boudins en continu en travers du tas (bretelles),



Photo 10 : Tracteur dédié au tassage du silo avec des roues propres,  
Sans terre (IKARE, 2015)

## **5. Ouverture du silo :**

Il faut bien respecter les délais minimum d'ouverture des silos en fonction des fourrages. Tant que le silo n'est pas ouvert et en absence d'air, le fourrage peut se conserver plus d'un an (PARAGON et al, 2004).

### **3.4. Les processus de fermentation :**

Selon VIGNAU-LOUSTEAU et HUGHE, (2008), les fermentations d'un silo, sont facilitées par le fait que la plante est riche en matière sèche. La production d'acide doit être moindre pour inhiber le développement de la microflore de l'ensilage ; celle-ci rend plus facile la stérilisation du milieu. Il y a cependant un risque : plus la teneur en MS, est élevée et plus la quantité d'air emprisonné dans le silo est importante. Ceci a pour effet d'engendrer un risque de fort développement des fermentations aérobies, d'abord du fait des activités enzymatiques intracellulaires de la plante et des fermentations des coliformes, puis plus tard suite au développement des levures. La limitation de ce risque réside dans le soin apporté au respect de règles bien établies : hachage rigoureux de la plante (moins de 1% de morceaux recueillis sur un tamis à maille de 2 cm), suivi d'un tassage énergique. Le hachage du fourrage a un autre objectif, celui de fissurer l'enveloppe qui entoure le grain.

Lors de la fermentation, l'amidon n'est pas hydrolysé même si sa structure est légèrement modifiée au cours de la conservation. Les fermentations, s'appuient donc principalement sur les sucres solubles (PARAGON et al, 2004).

Selon HUYGHE et DELABY (2013), entre le moment où l'on ferme le silo après la récolte et celui de l'ingestion par les animaux, les pertes de matière sèche dues aux processus de conservation sont généralement estimée ente 10 et 15 %.

Selon DEMARQUILLY et al, (1998), l'ensilage est le lieu de très nombreuses activités métaboliques qui entraînent un remaniement profond des constituants biochimiques des cellules végétales. Ce remaniement est bénéfique à l'utilisation digestive des aliments par les ruminants dans le cas où les processus de fermentations se déroulent dans de bonnes conditions. Il peut, à l'opposé, quand les conditions sont très défavorables, conduire à une forte dégradation de la qualité des produits terminaux de la fermentation avec une mauvaise utilisation digestive du fourrage et peut constituer un risque réel pour la santé des animaux (FERNANDES et RUI MATAS, 2003).

Selon ROOKE et HATFIELD, (2003), l'action fermentaire se développe dès le chargement du silo. Elle est réalisée naturellement à partir de la flore épiphyte constituée de bactéries, de levures et de moisissures existantes sur la surface du végétal au moment de la récolte. Pour la grande majorité des ensilages qui ne reçoivent pas d'additifs de conservation, la fermentation, dépend de l'aptitude de cette flore à réaliser une acidification rapide et forte du milieu.

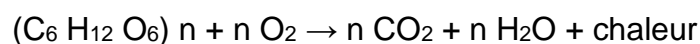
### 3.4.1. Flore présente dans la masse du fourrage :

Selon VIGNAU-LOUSTEAU et HUGHE, (2008), la microflore du fourrage récolté est présente sur la phyllo-sphère, est dominée par des micro-organismes dont le métabolisme est strictement aérobie, seulement 1 % sont anaérobies.

La flore aérobie, est dominée par des entérobactéries productrices de gaz. Elles vont métaboliser les sucres avec un mauvais rendement en production d'acides. Elles sont, pour une grande part d'entre elles, aérobies strictes. Elles sont aussi très sensibles à l'acidité (*flavobacterium*, *pseudomonas*, *coliformes*). Une autre partie de cette flore est anaérobie facultative à métabolisme lactique dominant : elle participera au début de l'acidification mais elle est sensible à l'acidité du milieu (*streptococcus faecalis*) (PARAGON et al, 2004) (tableau 10).

#### 1. Activité enzymatique : phase initiale

Selon HUYGHE et DELABY (2013), les cellules du tissu végétal encore intact continuent à développer leur activité métabolique et à respirer aussi longtemps qu'elles disposent de l'oxygène retenu dans la masse du fourrage et que la teneur en eau est suffisante. Les réactions d'hydrolyse constituent l'étape première de l'évolution du fourrage. Elles concernent principalement les glucides de réserve, mais épargnent l'essentiel de l'amidon. Les glucides simples disponibles (glucose et fructose) vont constituer un combustible de choix pour les réactions de respiration selon le modèle classique:



Le dégagement de chaleur et l'épuisement de l'oxygène entraînent une désorganisation cellulaire avec éclatement des lysosomes.

Les réactions de protéolyse se développent alors, transformant les protéines en peptides, puis en acides aminés eux-mêmes susceptibles de subir une désamination (ROOKE et HATFIELD, 2003).

Le taux d'azote soluble peut ainsi doubler en quelques heures. La mort de la cellule va intervenir progressivement et altère la perméabilité sélective des membranes. Une partie du contenu des cellules peut ainsi s'écouler et accroître les pertes de matière sèche contenue dans les jus. La combustion précoce des sucres intervient donc au détriment du développement de la fermentation lactique anaérobie, principal moteur de l'acidification du fourrage (HUYGHE et DELABY, 2013).

Dans la masse fourragère ainsi transformée et de façon synchrone, les microorganismes vont entrer en action selon leurs possibilités de développement et les caractéristiques du milieu, la compétition entre organismes jouant pleinement (DROGOUL et al, 2004).

## **2. Activité bactérienne : phase fermentaire**

Selon PARAGON et al (2004) et HUYGHE et DELABY (2013), après la récolte, en présence d'air et tant que l'acidification du fourrage n'est pas suffisante pour bloquer les processus fermentaires, la microflore aérobie présente sur le fourrage se développe. Ces réactions présentent peu d'intérêt pour la conservation car elles gaspillent de la matière sèche, mais elles s'arrêtent avec la raréfaction de l'oxygène. Cette phase aérobie peut intervenir également chaque fois que de l'air peut pénétrer dans le tas de fourrage, en cours de conservation et lors de la reprise de l'ensilage.

## **3. Entérobactéries : fermentation acétique**

Il s'agit en général d'une flore aérobie épiphyte : entérobactéries, levures, moisissures. Les entérobactéries sont les premières à prendre le relais car elles sont aérobies facultatives. Leur activité fermentaire, qui s'exerce au détriment des glucides solubles, génère avec un rendement médiocre de l'acide acétique (qui induit un début d'acidification), des alcools et du gaz carbonique. Au bout de 24-48 heures, les streptocoques et les *Leuconostoc* prennent le relais, mais la disparition totale de l'oxygène et la baisse du pH induite par l'accumulation d'acide acétique les font disparaître après 72 heures maximum. Les entérobactéries dégradent aussi la matière azotée en ammoniac (HUYGHE et DELABY, 2013).

Tableau 10 : Évolution enzymatique et microbiologique d'un fourrage vert ensilé

Phase et ferments mis en jeu	Conditions de développement				Substrats attaqués et résultats	conséquences
	pH	T°	h <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>		
<b>Enzymatique</b> - Hydrolyse des glucides  - Respiration  - Protéolyse	>3	20-30°C	+++	+++	Glucides solubles → glucose, fructose  Glucose, fructose + O <sub>2</sub> → eau +CO <sub>2</sub> + chaleur  Protéines →acides aminées	Perte de MS  Diminution des teneurs en sucres fermentescibles  Echauffement du fourrage, solubilisation de l'azote
<b>Fermentation acétique</b> 1. Coliformes 24-48 h  2. Streptocoques 48 -72 h  <b>Fermentation lactique</b> Lactobacillus 3-5j Homofermentaire Hétérofermentaire  <b>Fermentation butyrique</b> Clostridium butyricum Clostridium tyrobutyricum Clostridium sporogenes	>5.5  Opt 6.5	20-40°C  10-50°C	+++  +/-	+/-  -	Glucides solubles → ac.acétique + alcool + CO <sub>2</sub> Glucides solubles → ac.lactique seul Glucides solubles → ac.lactique + ac.acétique + alcool+H <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>  lactates → ac.butyrique +H <sub>2</sub> O  protéines →ac.acétique + ac.propionique, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub>	Perte de MS (sucres), Ensilage peu appétible Acidification faible  Acidification maximale et rapide Acidification submaximale plus lente  Perte de MS Odeur et goût désagréable Putréfaction-perte de valeur azotée
<b>Poste-fermentaire</b> Moisissures Bsochlamys nivea Fusarium graminearum  <b>Levures</b> Candida krusei	>5.5          >4	20°C          20°C	+/-          +	+++          +++	Glucides solubles + ac.organiques →CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + chaleur  Ac.organiques + O <sub>2</sub> + ac.acétique + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + chaleur Glucides solubles → alcool + CO <sub>2</sub>	Aliment moisi non appétible Risque de mycotoxicose Perte de MS  Altération, inappétabilité Teneur élevée en alcool

(PARAGON et al, 2004)

#### 4. Bactéries lactiques : fermentation lactique

Selon PARAGON et al (2004) et HUYGHE et DELABY (2013), l'acidification progressive favorise la multiplication des ferments lactiques et cela d'autant plus que l'anaérobiose est respectée. Ces micro-organismes, sont généralement peu abondants dans la flore épiphyte. Leur nombre peut varier cependant très largement selon les conditions d'environnement, le type de fourrage et la localisation géographique. Ce nombre est important, dans la mesure où la conservation du fourrage par ensilage ne repose que sur cette seule présence de bactéries lactiques sur le substrat. Cela donne, la possibilité de recourir à des agents d'ensilage qui compléteront l'action des bactéries lactiques épiphytes afin de maîtriser la microflore de l'ensilage.

Si les conditions du milieu sont favorables, à savoir : anaérobiose, température comprise entre 10 et 40°C, quantité suffisante de sucres fermentescibles, pH inférieur à 6..., leur développement va être explosif et l'acidification rapide qui va en résulter (pH rapidement inférieur à 4) va bloquer le développement des autres espèces et stabiliser l'ensilage.

La vocation première de ces ferments est la formation d'acide lactique à partir des glucides solubles. Mais le rendement de cette transformation varie selon qu'il s'agit de :

**a) Bactéries homofermentaires**, c'est-à-dire qui ne produisent que de l'acide lactique à partir du glucose et du fructose avec une efficacité supérieure à 90 %. C'est le cas notamment de *Lactobacillus plantarum* et de *Lactobacillus casei*.

**b) Bactéries hétérofermentaires**, qui, avec les mêmes substrats, produisent en plus de l'acide lactique (rendement inférieur à 45 %) de l'acide acétique, de l'éthanol, de l'hydrogène et du gaz carbonique. Cela concerne essentiellement des germes du genre *Leuconostoc*, mais aussi certains lactobacilles (*Lactobacillus brevis*).

Dans les conditions optimales, avec des fourrages naturellement riches en glucides solubles, le taux d'acide lactique atteint 4 % de la matière sèche en 5 jours et se stabilise entre 6 et 7 % en moins de 2 mois. Si les conditions ne sont pas favorables (pauvreté en glucides, aérobiose résiduelle importante, acidification initiale faible, flore lactique épiphyte hétérofermentaire), l'acidification ne se fait que lentement (par exemple 4 % d'acide lactique après un mois) ce qui laisse la porte ouverte à une déviation fermentaire. En effet, si le pH n'atteint pas 4 très rapidement, la conservation va suivre un cours différent (DROGOUL et al, 2004).



## 5. Bactéries butyriques : fermentation butyrique

Présentes dans l'ensilage sous forme de spores, les bactéries butyriques (*Clostridium butyricum*, *tyrobutyricum*) peuvent germer sous réserve d'une humidité suffisante (supérieure à 70 %) et d'une acidité faible (pH > 4,4). Leur développement se fait à partir des éléments nutritifs initiaux résiduels (sucres, acides aminés, protéines...) mais aussi au détriment des produits de fermentation (lactate essentiellement) ce qui induit un véritable renversement de tendance (PARAGON et al, 2004).

Selon HUYGHE et DELABY (2013), cette fermentation a ainsi une triple conséquence défavorable :

- Perte de valeur nutritive par catabolisme massif des constituants azotés
- Diminution de l'acidité du milieu
- Détérioration des qualités organoleptiques (appétence) et sanitaire du fourrage.

## 6. Activité fongique : phase post-fermentaire :

Selon HUYGHE et DELABY (2013), un second risque guette l'ensilage : celui de la prolifération fongique qui caractérise la phase post-fermentaire. Elle est le fait de moisissures et de levures dont la prolifération peut être observée soit pendant le stockage si le silo est insuffisamment tassé ou imparfaitement étanche, mais surtout lors de l'ouverture du silo, soit par ré-oxygénation du front d'attaque si l'avancement de celui-ci est trop lent.

### 6.1 Moisissures :

Une soixantaine d'espèces de champignons, a été isolée des ensilages, mais très peu peuvent effectivement se développer au sein du fourrage bien conservé. Elles sont aérobies strictes et aucun développement mycélien notable ne peut se réaliser du fait du tassement initial de la masse fourragère et de l'anaérobiose qui en découle. C'est le cas notamment de *Byssoschlamys nivea* et de quelques *Fusarium* (PARAGON et al, 2004).

C'est à la périphérie du silo, dans les poches d'air éventuellement présentes et surtout dans la zone de ré-oxygénation du front d'ensilage que la prolifération peut être significative, que la sporulation peut prendre place et que sont probants les

signes de cette altération (décoloration de l'ensilage et présence de mycotoxines) (COTTO, 1996).

### **6.2. Levures :**

Les levures présentes sur la plante au champ sous forme sporulée ne sont actives dans la phase initiale d'ensilage que sous réserve de disposer de sucres solubles (glucose) qu'elles transforment en alcools et gaz carbonique. C'est le cas notamment de *Candida krusei* (PARAGON et al, 2004).

Selon HUYGHE et DELABY (2013), la concurrence très forte des entérobactéries puis des bactéries lactiques limite normalement cette prolifération même si cette fermentation peut se poursuivre à bas niveau en phase anaérobie.

L'évolution enzymatique et microbiologique de l'ensilage est donc la résultante d'une multiplicité de transformations dont seul un petit nombre va dans le sens d'un produit fini de qualité (DROGOUL et al, 2004)..

### **3.5. La valeur nutritive de l'ensilage :**

Les études faites sur la détermination de la valeur nutritive des fourrages ensilés, aboutissent aux résultats suivants : la concentration en énergie nette d'un ensilage, est voisine de celle du fourrage, sauf lorsque la teneur en MS, est faible (< à 19 %) ou très forte (>35 %) (DEMARQUILLY et al, 1998).

Les analyses montrent, que pour une même unité de poids, l'énergie brute de l'ensilage est supérieure à celle du fourrage d'origine. Cela est dû au remaniement des sucres du fourrage ; leur part dans l'ensilage est réduite, mais ils ont contribué à produire des acides gras : acide lactique et AGV, ainsi que des alcools, dont la valeur calorifique est accrue. De même, la digestibilité de la matière organique des ensilages est égale ou supérieure à celle du fourrage d'origine, car les constituants pariétaux, ont subi une hydrolyse partielle par les acides et par les enzymes de la flore (BAUMONT et al, 1998).

Dans le cas des ensilages où l'énergie nette est inférieure à celle du fourrage vert d'origine, les explications sont connues. Les ensilages en coupe directe, conduisent à ensiler des plantes à faible teneur en matière sèche, de 15 à 22 % en fonction de leur stade de développement. La perte d'énergie nette résulte de la perte de substances solubles. Cette perte de substance soluble enrichit par défaut la teneur en constituants pariétaux de la matière organique qui reste dans le silo. La

digestibilité de celle-ci est diminuée (-1 %) par rapport au fourrage vert d'origine. A l'opposé, les ensilages préfanés, manifestent le même résultat. Le temps de séchage au sol accroît le temps de respiration cellulaire et donc la perte de sucres solubles de la plante. Si le temps de séchage est long (24 à 48h voire plus), les pertes de MS, peuvent atteindre 8 %. Cette forte perte réduit aussi la teneur en constituants chimiques fermentescibles dans la plante, et offre les conditions d'une baisse de digestibilité de la matière organique (-2 à -3 %) (DEMARQUILLY et al, 1998).

Selon VINGNAU-LOUSTEAU et HUYGHE (2008), l'ensilage de maïs, est considéré par les éleveurs, comme un produit supérieur à l'ensilage d'herbe. Cette préférence des éleveurs, tient plus aux défaillances des pratiques de l'ensilage d'herbe qu'à la supériorité intrinsèque de l'ensilage de maïs. Des essais réalisés par l'INRA, ont montrés des performances zootechniques comparables entre les deux types de produits lorsque les conditions de conservation de chacun d'eux sont optimales. La valeur nutritive de l'ensilage de maïs, et celles du ray-grass et de l'avoine, sont présentées dans les tableaux 11 et 12.

Tableau 11 : Valeur nutritive de l'ensilage de Maïs.

Aliments	MS g/kg	Valeur énergétique (par kg)		Valeur azotée (g/kg)			Constituants organiques teneur (g/kg de MS) digestibilité (100 x dE)			Constituants minéraux (g/kg de MS)				Energie teneur (Mcal/kg de MS) digestibilité (100x dE)		
		UFL	UFV	MAD	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB	cendre	Ca	P	Mg	EB	ED	EM
<b>Maïs Plante entière</b>																
<b>Bonnes conditions de végétation</b>																
-inférieur à 28% de MS et récolté moins de 2 mois après la floraison .....	1000 250	0,84 0,210	0,78 0,195	46 12	53 13	71 18	937 71	86 53	222 60	63	-	-	-	4,27 68	2,90	2,42
-supérieur à 28% de MS. Normal en épi (55 à 65% de MS)	1000 350	0,85 0,298	0,79 0,277	42 15	51 18	71 25	947 71	82 51	187 57	53	3,5	2,5	1,5	4,32 68	2,93	2,45
-riche en épi (plus de 65 % de la MS.) .....	1000 350	0,91 0,319	0,86 0,301	42 15	51 18	73 26	953 74	82 51	165 55	47	-	-	-	4,35 71	3,08	2,59
<b>Condition de végétation défavorable</b>																
-inferieur à 28% de MS : -récolté plus de 2 mois après la floraison (T° insuffisante)...	1000 240	0,79 0,190	0,72 0,173	62 15	65 17	74 18	944 68	105 59	226 61	56	-	-	-	4,31 65	2,79	2,30
-récolté plus de 3 semaines après un gel à un stade précoce.....	1000 270	0,76 0,205	0,69 0,186	59 16	63 17	72 19	929 67	101 58	225 59	71	2,0	2,5	1,0	4,24 64	2,79	2,23
Supérieur à 28 % de M.S et pauvre en épi du fait de la sécheresse (moins de 55 % de la MS.....)	1000 320	0,79 0,253	0,72 0,230	37 12	48 15	67 21	943 68	77 49	203 56	57	-	-	-	4,30 65	2,79	2,31
<b>Cannes à la maturité du grain</b>	1000 310	0,59 0,183	0,50 0,155	28 9	38 12	49 15	907 57	66 42	337 65	93	4,0	2,0	2,2	416 54	2,23	1,80
<b>Epis complets</b>	1000 530	1,02 0,541	0,98 0,519	42 22	51 27	81 43	981 78	83 51	90	19				452 75	3,39	2,86

(INRA, 2007)

Tableau 12 : Valeur nutritive de l'ensilage du ray-grass d'Italie et de l'avoine.

Aliments	M.S g/kg	Valeur énergétique (par kg)		Valeur azotée (g/kg)			Constituants organiques teneur (g/kg de MS) digestibilité (100 x dE)			Constituants minéraux (g/kg de MS)				Energie teneur (Mcal/kg de MS) digestibilité (100x dE)		
		UFL	UFV	MAD	PDIN	PDIE	MO	MAT	CB	cendre	Ca	P	Mg	EB	ED	EM
<b>Ray-grass d'Italie</b>																
1 <sup>er</sup> cycle, début épiaison, coupe fine + acide formique .....	1000 210	0,84 0,176	0,79 0,166	57 12	59 12	71 15	904 72	97 59	278 70	96	4,5	3,0	1,0	4,20 69	2,89	2,43
1 <sup>er</sup> cycle, début épiaison, coupe fine sans conservateur....	1000 210	0,84 0,176	0,79 0,166	57 12	57 12	66 14	904 72	97 59	278 70	96	4,5	3,0	1,0	4,20 69	2,89	2,43
1 <sup>er</sup> cycle, début épiaison coupe longue, sans conservateur ...	1000 210	0,84 0,176	0,79 0,166	57 12	55 12	62 13	904 72	97 59	278 70	96	4,5	3,0	1,0	4,20 69	2,89	2,43
1 <sup>er</sup> cycle, pleine épiaison, coupe fine sans conservateur ....	1000 210	0,76 0,160	0,69 0,145	49 10	53 11	61 13	910 67	90 54	310 64	90	4,5	3,0	1,0	4,21 64	2,69	2,23
1 <sup>er</sup> cycle, pleine épiaison coupe longue sans conservateur ....	1000 210	0,76 0,160	0,69 0,145	49 10	51 11	58 12	910 67	90 54	310 64	90	4,5	3,0	1,0	4,21 64	2,69	2,23
2 <sup>ème</sup> cycle, 5 semaines, coupe fine +acide formique .....	1000 210	0,83 0,174	0,77 0,162	120 25	102 21	86 18	894 71	169 71	292 71	106	5,0	3,5	2,0	4,28 68	2,90	2,40
2 <sup>ème</sup> cycle, 5 semaines, coupe longue sans conservateur ....	1000 210	0,83 0,174	0,77 0,162	120 25	96 20	71 15	894 71	169 71	292 71	106	5,0	3,5	2,0	4,28 68	2,90	2,40
<b>Avoine</b> début épiaison (hachage fin .....	1000 185	0,85 0,157	0,80 0,148	74 14	65 13	73 14	870 75	106 70	300 79	130				4,12 72	2,96	2,42

(INRA, 2007)

**PARTIE II :**

**EXPERIMENTATION**

# **MATERIEL ET METHODES**

### **Objectif expérimental :**

Ce travail, a pour but de déterminer la valeur nutritive du fourrage vert et de l'ensilage direct et préfané de deux graminées fourragères spontanées. Ces espèces sont : *Avena sterilis* et le *Lolium multiflorum*.

L'expérimentation, consiste en la détermination des constituants chimiques classiques (MS, MO, MAT et CB) et le calcul des valeurs énergétiques (UFL et UFV) et azotées (PDIA, PDIN et PDIE), en utilisant les équations mises au point par l'INRA de France (2007).

## **I. Matériel végétal**

### **1.1. Prélèvement d'échantillons.**

Les deux espèces, ont été récoltées durant l'année 2017 au niveau de la station expérimentale de l'université de Blida 1.

Des parcelles non labourées et non cultivées ont été choisies au niveau de la zone d'étude, ces parcelles sont éloignées des bâtiments et des bordures afin d'éviter les effets du microclimat et les piétinements. Les prélèvements des échantillons pour l'étude de la valeur nutritive du fourrage vert et pour la confection des ensilages, ont été réalisés respectivement le 04 et le 17 avril 2017 pour l'avoine au stade laiteux et le ray Grass au stade début épiaison.

Le choix des stades de coupe pour ces deux espèces, a été tiré de la bibliographie. En effet, ANONYME 2015, GNIS 2013, HNATYSZYN et GUAIS, 1988, préconisent pour la réussite d'un bon ensilage, le stade laiteux pour les espèces à grosses graines riches en amidon (cas de l'avoine) et le stade début épiaison pour les espèces à petites graines riches en sucres simples facilement fermentescibles (cas du ray grass).

La récolte des échantillons des deux espèces étudiées, a été faite par beau temps avec une faucille. L'échantillon global, a été divisé en trois parties : la première pour l'étude de la valeur nutritive du fourrage vert, la deuxième pour la réalisation de l'ensilage direct et la troisième pour l'ensilage préfané.

En même temps, une partie de l'échantillon frais, est hachée afin de déterminer la matière sèche (105 °C pendant 24h) des deux espèces au moment de la coupe.



### 1.2. Le fourrage vert.

Une partie de l'échantillon global, est placée dans une étuve préalablement réglée à 65°C pendant 36h afin d'assurer une meilleure conservation, au terme du séchage, l'échantillon est broyé finement puis conservé hermétiquement en vue de la détermination de la composition chimique (photos 11 et 12).



Photo 11 : *Avena sterilis* au stade laiteux



Photo 12 : *Lolium multiflorum* au stade début épiaison

### 1.3. L'ensilage.

#### 1.3.1. L'ensilage de coupe directe.

Une partie du fourrage vert récolté, a été ensilée directement après la fauche dans des bidons après avoir subit un hachage.

##### a. Le hachage :

Le fourrage vert, a été haché en brins d'environ 5 cm de longueur, puis bien mélanger pour remplir les bidons en plastique. Le fond des bidons, est tapissé par une couche isolante afin de récupérer le jus du fourrage pour ne pas gêner les fermentations et éviter les moisissures.

##### b. Le tassement :

Le fourrage, a été rempli dans les bidons par couches successives de 20 cm d'épaisseur, afin de bien tasser le fourrage et permettre l'échappement de l'air pour une bonne anaérobiose. L'opération est poursuivie jusqu'à remplissage des bidons (photos 13 et 14).



Photo 13 : Silo d'ensilage  
d'avoine direct



Photo 14 : Silo d'ensilage  
de ray-grass direct.

**c. La fermeture du silo :**

Une fois le remplissage et le tassement de l'herbe terminés, les bidons ont été fermés hermétiquement en utilisant du ruban adhésif (photos 15 et 16).

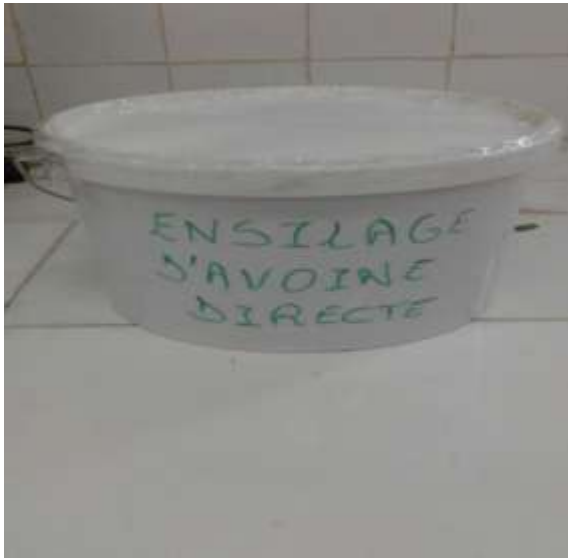


Photo 15 : Silo fermé d'ensilage d'avoine direct



Photo 16 : Silo fermé d'ensilage de ray-grass direct.

**1.3.2. L'ensilage préfané.**

L'autre partie du fourrage vert récolté, a été ensilée après avoir subi un préfanage suivi d'un hachage.

**a. Le séchage :**

Les deux fourrages, ont été séchés (préfanés) directement après la fauche au sol, sous le soleil par beau temps pendant 24h (photos 17 et 18). Ce séchage, a permis une évaporation de l'eau afin de faire augmenter la teneur en MS et ainsi faciliter les processus de fermentation.



Photo 17 : Avoine préfanée



Photo 18 : Ray-grass préfané

**b. Le hachage, le tassement et la fermeture des silos :**

Une fois le préfanage terminé, les fourrages d'avoine et de ray grass, ont été hachés (brins de 5 cm de longueur). Les silos, ont été remplis (photos 19 et 20), tassés et fermés hermétiquement. La MS des fourrages après le préfanage, a été également déterminée.



Photo 19 : Silo d'ensilage  
d'avoine préfanée



Photo 20 : Silo d'ensilage  
de ray-grass préfané.

### 1.3.3. Ouverture des silos :

Les silos, ont été ouverts après une période de fermentation d'un mois ; soit le 14 mai 2017 pour les ensilages d'avoine et le 21 mai 2017 pour les ensilages de ray-grass (photos 21, 22, 23 et 24). Des prélèvements d'échantillons en profondeur, ont été faits, afin d'effectuer les analyses chimiques (MS, MM, MO, CB et MAT). A chaque prélèvement, les silos sont immédiatement fermés afin d'éviter les moisissures.



Photo 21 : Ensilage d'avoine directe



Photo 22 : Ensilage de ray-grass direct.



Photo 23 : Ensilage d'avoine préfanée



Photo 24 : Ensilage de ray-grass préfané.

## II. Méthodes d'analyses chimiques.

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées, sont celles de l'AOAC (1975). Les échantillons ont été broyés finement (1 mm) et conservés hermétiquement. Toutes les analyses sont faites en triples (03 répétitions), les résultats sont rapportés à la matière sèche (en %). Ces analyses chimiques, ont portés sur la MS, les MM, la MO, la CB et les MAT, des deux espèces étudiées (avoine et ray grass) en vert et de leurs ensilages direct et préfané.

Ces analyses, ont été effectuées dans le laboratoire d'analyses fourragères du département de biotechnologie de l'université de Blida 1.

### 1. Détermination de la matière sèche (MS).

Dans une capsule séchée et tarée au préalable, introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser, porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur, peser, remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en MS est donnée par la relation :  $MS\% = \frac{Y}{X} \times 100$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation.

X : poids de l'échantillon humide.

### 2. Détermination des matières minérales (MM).

La teneur en MM d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération. Porter au four à moufle la capsule contenant 2g de l'échantillon a analysé. Chauffer progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de la masse.

- 1 heure 30 mn à 200°C

- 2 heures 30 mn à 500°C.

L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair. Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération, puis peser.

La teneur en matière minérale est donnée par la relation : teneur en MM% =  $\frac{A \times 100}{B \times MS}$

A : poids des cendres.

B : poids de l'échantillon.

MS : teneur en matière sèche (%).

### 3. Détermination de la matière organique (MO).

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et les matières minérales (MM) :  $MO \% = 100 - MM$

### 4. Détermination de la cellulose brute (CB).

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1 litre. Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement (photo 8). Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube a centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtré sur creuset (de porosités 1 ou 2). Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des

résidus d'hémicellulose. Teneur en CB en % MS = 
$$\frac{(A-B) \times 100}{C \times MS}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

### 5. Détermination des matières azotées totales (MAT).

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL.

#### a) Minéralisation.

Opérer sur un échantillon de 0,5 à 2 g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2 g de catalyseur

(composé de 250 g de  $K_2SO_4$ , 250 g de  $CuSO_4$  et 5 g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1,84). Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable (photo 9). Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

**b) Distillation.**

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

- 20 g d'acide borique.
- 200 ml d'éthanol absolu.
- 10 ml d'indicateur contenant :  $\frac{1}{4}$  de rouge de méthyle à 0,2% dans l'alcool à 95° et  $\frac{3}{4}$  de vert de bromocresol à 0,1% dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude (d = 1,33), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique à N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

1 ml d'  $H_2SO_4(1N)$   $\longrightarrow$  0.014 d'N

1 ml d'  $H_2SO_4(N/20)$   $\longrightarrow$  0.0007d'N

$$Ng = X.0,0007. \frac{100}{Y}. \frac{200}{A}$$

X: descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = N g \times 6,25$$

**III. calcul :**

**3.1. Calcul de la valeur nutritive.**

Les équations utilisées, sont tirées de la publication de l'INRA (2007).

**1/ Equations de prévision de la valeur énergétique.**

$$EB = 4531 + 1.735 MAT + \Delta$$

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

MAT = matières azotées totales en g/Kg de MO.

$\Delta$  = + 82 pour le fourrage vert et l'ensilage



$$EM = EB \times dE \times (EM / ED).$$

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS.

dE = digestibilité de l'énergie en %.

$$EM / ED = (84.17 - 0.0099 CBo - 0.0196 MATo + 2.21 NA) / 100.$$

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 chez les fourrages verts et 1,5 pour les ensilages

## 2 / Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO).

Fourrage vert :  $dMO = 90.1 - 0.095 CB + 0.044 MAT.$

Ensilage :  $dMO = 105.1 - 0.123 CB.$

dMO en %, MAT et CB en g / Kg de MS.

## 3 / Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE).

$dE = 0.957 dMO - 0.068$  fourrages verts.

$dE = 1,0263 dMO - 5,723$  ensilages.

dE = digestibilité de l'énergie, elle est fonction de la dMO de l'aliment.

dE et dMO en %.

## 4 / Calculs des valeurs énergétiques.

$UFL / Kg \text{ de MS} = ENL / 1700.$

$UFV / Kg \text{ de MS} = ENEV / 1820.$

UFL = unité fourragère lait.

UFV = unité fourragère viande.

$ENL = EM \times KI$  en Kcal / Kg.

$ENEV = EM \times Km$  en Kcal / Kg.

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

$KI = 0.60 + 0.24 (q - 0.57)$  = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

$Km = 0.287 q + 0.554$  = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

$Kf = 0.78 q + 0.006$  = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

$Kmf = (Km \times Kf \times 1.5) / (Kf + 0.5 Km)$

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

**5 / Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).**

$$DT = 51.2 + 0.14 \text{ MAT} - 0.00017 \text{ MAT}^2 + \Delta \text{ pour les fourrages verts}$$

$$DT = 73,7 + 0.088 \text{ MAT} - 0.00011 \text{ MAT}^2 - 0,25 \text{ MS} + \Delta \text{ pour les ensilages}$$

DT en %, MAT en g / Kg de MS.  $\Delta$  FV = 4,4  $\Delta$  Ensilages = 2,5

**6 / Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).**

$$dr = 100 \times [1.11 \times (1 - DT / 100) \times \text{MAT} - \text{PANDI}] / [1.11 \times (1 - DT / 100) \times \text{MAT}]$$

dr en %, MAT en g / Kg de MS.

**PANDI = 7.9 + 0.08 MAT - 0.00033 MAT<sup>2</sup> +  $\Delta$ 1 +  $\Delta$ 2 +  $\Delta$ 3** = protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

$\Delta$ 1 = - 1.9  $\Delta$  2 = - 2.3  $\Delta$  3 = - 2.0 pour les fourrages verts et 0 pour les ensilages

**7 / Calculs des valeurs azotées (g / Kg).**

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

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

$$\text{PDIA} = \text{MAT} \times [1.11 (1 - \text{DT})] \times \text{dr.}$$

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

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

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (g/Kg de MS).

$$\text{PDIMN} = \text{MAT} \times [1 - 1.11 (1 - \text{DT})] \times 0.9 \times 0.8 \times 0.8.$$

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (g/Kg de MS).

$$\text{PDIME} = \text{MOF} \times 0.145 \times 0.8 \times 0.8$$

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'énergie fermentescible (g/Kg de MS).

$$\text{.MOF} = \text{MOD} - [\text{MAT} \times (1 - \text{DT})].$$

MOF = matière organique fermentescible

MAT, MO et MOF en g / Kg de MS.

$$\text{MOD} = \text{MO} \times \text{dMO}$$

### **3.2. Calculs statistiques.**

Le calcul des moyennes et des écarts types, a été réalisé par Excel. La comparaison des moyennes par le test de student , a été faite grâce au logiciel Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.1.18

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

**Résultats et discussion :****I. Composition chimique :**

La composition chimique des fourrages verts et des ensilages de l'avoine et du Ray-grass spontanés est présentée dans le tableau 13.

**Tableau 13 :** Composition chimique des fourrages verts et des ensilages de l'avoine et du ray-grass spontanés.

Aliment	MS %	En % de la MS			
		MO	MAT	CB	MM
Avoine en vert	31,06 ± 1,01 <b>b</b>	93,76 ± 0,07 <b>a</b>	08,23 ± 0,64 <b>b</b>	33,44 ± 0,93 <b>b</b>	06,24 ± 0,07 <b>c</b>
Ensilage d'avoine direct	28,33 ± 1,04 <b>c</b>	88,94 ± 1,39 <b>c</b>	07,84 ± 0,09 <b>b</b>	29,38 ± 0,16 <b>c</b>	11,06 ± 1,39 <b>a</b>
Ensilage d'avoine préfané	36,58 ± 0,47 <b>a</b>	92,42 ± 0,79 <b>ab</b>	08,81 ± 0,40 <b>b</b>	35,50 ± 0,69 <b>a</b>	07,58 ± 0,79 <b>bc</b>
Ray-grass en vert	28,72 ± 0,82 <b>c</b>	92,72 ± 0,07 <b>a</b>	13,23 ± 0,69 <b>a</b>	27,41 ± 0,80 <b>c</b>	07,28 ± 0,07 <b>c</b>
Ensilage de ray-grass direct	15,61 ± 0,56 <b>e</b>	90,88 ± 1,09 <b>b</b>	13,23 ± 0,83 <b>a</b>	27,61 ± 1,73 <b>c</b>	09,12 ± 1,09 <b>b</b>
Ensilage de ray-grass préfané	23,42 ± 0,35 <b>d</b>	88,82 ± 0,31 <b>c</b>	12,27 ± 0,83 <b>a</b>	33,58 ± 0,25 <b>ab</b>	11,18 ± 0,31 <b>a</b>

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

**1.1. Teneur en matière sèche (MS) :**

La teneur en MS, varie significativement entre les six types de fourrages. En effet, en fourrage vert, l'avoine présente une teneur plus élevée que le ray grass. Cette différence, est peut être liée au stade de prélèvement (respectivement stade laiteux et stade début épiaison). En effet RIVIERE (1978), annonce que les proportions d'eau varient en fonction de la phase végétale, de l'organe de la plante, de la saison et de la nature du sol. De ce fait, les ensilages direct et préfané de l'avoine présentent eux aussi des teneurs en MS plus élevées que celles du ray grass (tableau 13). Notons aussi, qu'à cause du préfanage, les ensilages préfanés chez les deux espèces, présentent des teneurs plus élevées que celles des

ensilages directs. Les analyses statistiques, permettent de noter une différence non significative entre le ray grass en vert (28,72 %) et l'ensilage d'avoine direct (28,33 %).

La teneur en MS de l'avoine spontanée en vert au stade laiteux obtenue dans notre essai (31,06%), est proche de celles rapportées par MOURAS et KAHIA (2008), et CHEKIKENE (2010) avec respectivement 34,47 et 35,78% au stade laiteux pâteux.

Le Ray-grass en vert récolté en début épiaison (28,72%), présente une teneur en MS également proche au même stade de coupe que celles trouvées par LASSACI et SIFOUR (2001), avec 27,15% ; ADAOURI et YAHIAOUI (2005) avec 25,29% et MOURAS et KAHIA (2008) avec 29,49%. AISSANI et CHANANE (2012), annoncent une teneur plus faible avec 19,49% pour le ray grass cultivé au même stade phénologique.

L'ensilage de Ray-grass direct avec 15,61% de MS, présente la teneur la plus faible, alors que le même ensilage préfané, présente une teneur de 23,42%. Cette dernière, est comparable à celle rapportée par l'INRA (2007) avec 21% pour l'ensilage de ray grass cultivé au stade début épiaison.

### **1.2. Teneur en matière organique (MO) :**

Les analyses statistiques, révèlent des teneurs en MO comparables, entre :

- L'avoine et le ray grass en vert et l'ensilage d'avoine préfanée.
- Les ensilages d'avoine préfanée et de ray grass directs
- Les ensilages d'avoine directe et de ray grass préfané (tableau 13).

Les deux fourrages en vert, présentent des teneurs en MO proches de celles trouvés par ADAOURI et YAHIAOUI (2005) ; BOUZID et SEHAIRI (2006) et MOURAS et KAHIA (2008) pour ces mêmes espèces et aux mêmes stades phénologiques avec 90,53 à 92,36% pour le *Lolium multiflorum* et 92,73 à 93,88% pour l'*Avena sterilis*.

Les ensilages d'avoine directe (88,94%) et préfanée (92,42%), présentent une teneur en MO plus élevée que celle rapportée par l'INRA (2007), avec 87% pour l'ensilage d'avoine cultivée, récoltée au stade épiaison. Alors que l'ensilage de Ray-grass direct (90,88%), présente une teneur comparable à celle rapportée par l'INRA (2007) pour le ray grass cultivé, récolté au stade début épiaison avec 90,4 %.

### 1.3. Teneur en matières azotées totales (MAT) :

Le ray grass en vert et en ensilage, présentent des teneurs en MAT plus élevées que celles de l'avoine également en vert et en ensilage (tableau 13). Cette différence serait vraisemblablement liée au fait que le ray grass soit plus riche en azote que l'avoine (les études des années précédentes sur ces mêmes espèces et aux mêmes stades, l'on prouvés : cf tableaux 1 et 5) et que dans cette essai, le ray grass a été récolté à un stade plus précoce que l'avoine (respectivement en début épiaison et au stade laiteux) ; sachant que l'évolution de la teneur en MAT est inversement proportionnelle à celles des autres composants chimiques (MS, MO, CB) qui diminuent avec l'âge des plantes.

En effet d'après JEAN BLIAN et al, (1992), dans une plante la plus grande partie des matières azotées se trouve dans les feuilles. Cette différence serait due au fait que la teneur en MAT varie dans des proportions considérables en fonction de plusieurs facteurs dont le plus important est le stade de végétation. De même JARRIGE et al, (1995), notent que les plantes s'appauvrissent en matières azotées au cours de leur croissance avec la sénescence de leurs organes aériens. ANDRIEU et DEMARQUILLY, (1987), rapportent que les feuilles sont plus riches en matières azotées et en cendres que les tiges, cette teneur diminue avec la phase de développement et l'âge de la plante.

Le ray grass en vert et ensilé, présente des teneurs en MAT comparables (13,23 % pour le vert et l'ensilage direct et 12,27% pour le préfané). Ces valeurs sont plus élevées que celles de l'avoine en vert et ensilée, qui elle aussi présente des teneurs comparables (8,23% pour le vert, 7,84% pour l'ensilage direct et 8,81% pour le préfané).

Notons que quelque soit le type d'ensilage (direct ou préfané), la teneur en MAT est comparable à celle du fourrage vert. Cela voudrait dire que la technique d'ensilage n'altère pas la quantité d'azote dans la plante. Il se pourrait que la nature des MAT change avec les fermentations.

Les teneurs en MAT des ensilages obtenues dans notre essai, sont plus élevées que celles rapportées par l'INRA (2007) pour le ray grass (9,7%) et plus faibles pour l'avoine (10,6%).

#### **1.4. Teneur en cellulose brute (CB) :**

Le préfanage au sol sous le soleil et par beau temps pendant une journée, a induit une augmentation des teneurs en cellulose brute. En effet les ensilages d'avoine et de ray grass préfanés, présentent des teneurs en CB comparables et plus élevées que celles des fourrages verts et des ensilages directs des deux espèces (tableau 13).

Chez le ray grass, l'ensilage direct n'a pas entraîné de modification de la teneur en CB (27,41% pour le vert et 27,61% pour l'ensilage) ; alors que chez l'avoine, l'ensilage a entraîné une chute de la teneur en CB de 4 points (33,44% pour le vert et 29,38% pour l'ensilage). Notons que le fourrage vert de l'avoine, est plus riche que celui du ray grass (33,44 contre 27,41%). Cette différence serait due au stade et la date de coupe, donc à l'âge des plantes différent chez les deux espèces. En effet, GAILAR (1974) ; ANDRIEU et WEISSE (1981) ; DEMARQUILLY et ANDRIEU (1987) ; SOLTNER (2000), notent que la cellulose brute évolue avec l'âge de la plante. De même, JARRIGE et al, (1995), annoncent que la teneur en CB, peut être aussi influencée par les facteurs agro climatiques en particulier les températures élevées.

Les ensilages directs du ray grass et de l'avoine, présentent des teneurs en CB comparables à celles rapportées par l'INRA (2007) pour les ensilages de ray grass et d'avoine cultivées avec respectivement 27,8 et 30%.

#### **2. Valeurs énergétiques et azotées :**

Les valeurs énergétiques et azotées des fourrages verts et des ensilages de l'avoine et du Ray-grass spontanés sont présentés dans le tableau 14.

##### **2.1. Valeurs énergétiques :**

Le ray grass en vert (0,86 UFL et 0,80 UFV / kg de MS) et en ensilage direct (0,85 UFL et 0,78 UFV / kg de MS), présentent des valeurs énergétiques comparables et les plus élevés parmi les six fourrages étudiés. Ils sont suivis par l'ensilage d'avoine directe (0,79 UFL et 0,72 UFV / kg de MS) puis par l'avoine en vert (0,75 UFL et 0,66 UFV / kg de MS) et l'ensilage de ray-grass préfané (0,71 UFL et 0,62 UFV / kg de MS) (valeurs comparables) et en fin l'ensilage d'avoine préfanée (0,61 UFL et UFV / kg de MS) (tableau 14). On remarque que la technique d'ensilage direct, n'a pas entraîné de modification de la valeur énergétique par rapport au fourrage vert (valeurs proches) ; alors que la technique de l'ensilage préfané, a



entraîné une chute des valeurs énergétiques par rapport au fourrage vert ; ceci serait vraisemblablement lié au préfanage qui a provoqué une augmentation des teneurs en CB et une diminution de la digestibilité de l'énergie.

Notons que les valeurs énergétiques de l'ensilage de ray-grass direct, sont comparables à celles rapportées dans les tables de l'INRA (2007) avec 0,85 et 0,79 UFL et UFV / kg de MS.

**Tableau 14** : Valeurs énergétiques et azotées des fourrages verts et des ensilages de l'avoine et du ray-grass spontanés (par kg de MS).

Aliment	UFL	UFV	PDIA g	PDIN g	PDIE g
Avoine en vert	0,75 ± 0,02 <b>c</b>	0,66 ± 0,02 <b>c</b>	25,1 ± 1,99 <b>b</b>	54,55 ± 5,26 <b>c</b>	76,32 ± 2,44 <b>b</b>
Ensilage d'avoine direct	0,79 ± 0,02 <b>b</b>	0,72 ± 0,02 <b>b</b>	13,52 ± 0,37 <b>d</b>	46,31 ± 0,75 <b>c</b>	68,64 ± 1,60 <b>c</b>
Ensilage d'avoine préfané	0,61 ± 0,01 <b>d</b>	0,61 ± 0,01 <b>d</b>	17,27 ± 1,05 <b>c</b>	53,34 ± 3,23 <b>c</b>	67,83 ± 0,61 <b>c</b>
Ray-grass en vert	0,86 ± 0,01 <b>a</b>	0,80 ± 0,01 <b>a</b>	25,83 ± 1,59 <b>a</b>	87,64 ± 5,57 <b>a</b>	92,42 ± 1,02 <b>a</b>
Ensilage de ray-grass direct	0,85 ± 0,05 <b>a</b>	0,78 ± 0,06 <b>a</b>	17,89 ± 1,28 <b>c</b>	78,90 ± 6,46 <b>b</b>	75,69 ± 1,56 <b>b</b>
Ensilage de ray-grass préfané	0,71 ± 0,00 <b>c</b>	0,62 ± 0,00 <b>cd</b>	19,37 ± 1,20 <b>c</b>	73,96 ± 5,32 <b>b</b>	69,63 ± 1,29 <b>c</b>

Les valeurs suivie d'une ou de deux lettres dont l'une est commune, sont comparables au seuil de 5 % (lire verticalement).

## 2.2. Valeur azotées :

### 2.2.1. Les PDIA :

Les fourrages verts de ray grass et d'avoine, présentent les valeurs PDIA, les plus élevées avec respectivement 25,83 et 25,1 g / kg de MS (valeurs significativement différentes).

L'ensilage d'avoine préfanée, l'ensilage de ray-grass direct et préfané, viennent en troisième position et présentent des valeurs comparables avec respectivement

17,27 ; 17,89 et 19,37 g / kg de MS. L'ensilage d'avoine direct pointe en dernière position avec une valeur de 13,52 g / kg de MS (tableau 14).

### **2.2.2. Les PDIN :**

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

La valeur PDIN la plus élevée, est apportée par le ray-grass en vert au stade début épiaison avec 87,64 g/kg de MS. Elle est suivie par celles des ensilages direct et préfané de cette même espèce qui apportent respectivement 78,9 et 73,96 g/kg de MS (valeurs comparables).

L'avoine en vert, en ensilage direct et en ensilage préfané, présentent des valeurs PDIN comparables (respectivement 54,55 ; 46,31 et 53,34 g/kg de MS) et les plus faibles parmi les fourrages étudiés.

Les tables de l'INRA (2007), annoncent pour les même espèces des valeurs de l'ordre de 57 g pour l'ensilage de ray-grass et 65 g/kg de MS pour l'ensilage d'avoine.

De ces résultats, on en conclue que la technique d'ensilage utilisée quelle soit directe ou préfanée, n'a pratiquement pas d'effets sur la valeur PDIN du fourrage, étant donnée qu'on a trouvé des valeurs comparables entre le fourrage vert, l'ensilage direct et l'ensilage préfané chez la même espèce végétale.

### **2.2.3. Les PDIE :**

Caractéristique propre aux graminées, les valeurs PDIE des fourrages étudiés, sont plus élevées que les valeurs PDIN. En effet, le ray-grass spontané en vert, présente une valeur PDIE de 92,42 g/kg de MS. Il est suivi par l'avoine en vert et l'ensilage de ray grass direct avec respectivement 76,32 et 75,69 g/kg de MS (valeurs comparables). En fin viennent en dernière position, l'ensilage de ray-grass préfané, l'ensilage d'avoine directe et l'ensilage d'avoine préfanée qui présentent des valeurs PDIE comparables et respectivement de 69,63 ; 68,64 et 67,83 g/kg de MS (tableau 14).

Les tables de l'INRA (2007), annoncent pour les même espèces des valeurs de l'ordre de 71 g pour l'ensilage de ray-grass et 73 g/kg de MS pour l'ensilage d'avoine au stade début épiaison.

## **CONCLUSION GENERALE**

## **CONCLUSION.**

Notre travail, a eu pour but la contribution à la connaissance de la valeur nutritive de l'avoine et du ray grass spontanés au cours respectivement des stades phénologiques laiteux et début épiaison et de leurs ensilages directs et préfanés sous le soleil pendant 24 heures à partir de la composition chimique, en utilisant des équations de prévision établies par l'INRA de France en 2007.

La composition chimique, révèle que :

La teneur en MS, varie significativement entre les six types de fourrages. En fourrage vert, l'avoine présente une teneur plus élevée que le ray grass. Cette différence, est liée au stade et à la date de prélèvement. De même, les ensilages direct et préfané de l'avoine présentent eux aussi des teneurs en MS plus élevées que celles du ray grass. Aussi les ensilages préfanés chez les deux espèces, présentent des teneurs plus élevées que celles des ensilages directs.

La teneur en MO, est pratiquement comparable entre les deux espèces (en vert et en ensilage).

Quelque soit le type d'ensilage (direct ou préfané), la teneur en MAT est comparable à celle du fourrage vert. Donc, la technique d'ensilage n'altère pas la quantité d'azote dans la plante. Il se pourrait que la nature des MAT change avec les fermentations.

Le préfanage au sol sous le soleil et par beau temps pendant une journée, a induit une augmentation des teneurs en cellulose brute. Les ensilages d'avoine et de ray grass préfanés, présentent des teneurs en CB comparables et plus élevées que celles des fourrages verts et des ensilages directs des deux espèces

La valeur nutritive est intéressante pour l'ensemble des fourrages. Les valeurs énergétiques oscillent entre 0,61 et 0,86 UFL et entre 0,61 et 0,80 UFV. Les valeurs azotées fluctuent entre 13,52 et 25,83 g de PDIA, entre 46,31 et 87,64 g de PDIN et entre 67,83 et 92,42 g de PDIE.

Etant donné le caractère spontané de ces plantes et leur parfaite adaptation aux conditions pédoclimatiques de la région de la Mitidja, on peut conclure qu'elles se caractérisent par une valeur nutritive très intéressante. Elle pourrait donner de

meilleurs résultats sur des sols labourés et fertilisés dans le cadre de la mise en place de prairies artificielles.

L'ensilage direct, a donnée de meilleurs résultats de valeur nutritive que l'ensilage préfané, à cause certainement de l'augmentation de la teneur en parois qui ont vraisemblablement gênés les processus de fermentation.

Ces résultats restent partiels, ils doivent être confirmés par des analyses plus poussées aux laboratoires et des essais sur animaux afin de mesurer l'ingestibilité de ces ensilages et de comparer la palatabilité entre l'ensilage direct et l'ensilage préfané.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## **Références bibliographiques**

**ADAOURI. M et YAHIYAOUI. N, 2005.** Etude de la composition chimique de quelques espèces de graminées fourragères spontanées. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences Agro-vétérinaire, Blida.

**AISSANI. I et CHANANE. N, 2012.** Etude de la valeur nutritive de quelques fourrages cultivés, cas : de l'avoine, de l'orge et du Ray-grass d'Italie. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences Agro-vétérinaire, Blida.

**AMEZIANE.T.E, 1978 :** croissance et productivité du ray-grass d'Italie en zone méditerranéenne irriguée BP 704, Rabat-Agdal (Maroc).

**ANDRIEU, J. et WEISS, P.H., (1981).** " 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, 61-79.

**ANDRIEU, P. et DEMARQUILLY, C., (1987.)** " Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles " in C. Demarquilly Ed., & dquo ; Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation&dquo, INRA, Paris, 103-182.

**ANGERS. S et ESTEVEZ. B, 2006 :** le contrôle de la folle avoine en régie biologique.

**ANONYME, 2015 :** connaitre les différentes espèces fourragères, chambre d'agriculture, Paris.

**BAUMONT R., AUFRERE J., MESCHY F.,1998.** Mode de conservation d'un Ray-grass et préférences alimentaires à court terme chez le mouton. Fourrages n°155 Pp 396-402.

**BOUNEJMATE, M, 1997.** Production des cultures fourragères au Maroc publié par INRA institut national des recherches agronomiques INA. Pp 264-169.

**BREUNE. I ; DURAND. S ; AUDET. A ; PARENT. G et GUILLON. M, 2015 :** Le ray grass intercalaire comme culture de couverture dans le maïs fourrager, canada.

**CHEKIKENE.A.H, 2010.** Estimation de la valeur alimentaire et effet du climat sur la composition chimique de l'Avena sterilis. Mémoire d'ingénieur agronome .faculté des sciences Agro-Vétérinaire, Blida.



**COTTO. G, 1985.** Le point sur l'ensilage d'herbe récolté a l'auto-chargeuse, Edité par l'institut technique de l'élevage bovin pour le réseau national d'expérimentation et démonstration en élevage bovin, Algérie Pp 32.

**COTTO. G, 1996.** Le point sur l'ensilage d'herbe coupe fine ressuyé ou préfané pour le troupeau laitier, INSTITUT technique de l'élevage bovin, 1996, Pp 36.

**CRETE, 1989** Précis de botanique, 4<sup>ème</sup> éd, Paris tome 1 pp 45 – 56.

**DEMARQUILLY C., ANDRIEU JP., WEISS PH., 1981.** L'ingestibilité des fourrages verts et des foins et sa variation. In C.DEMARQUILLY. Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévion de la valeur alimentaire de fourrages. p155-167

**DEMARQUILLY. C, DULPHY. JP et ANDRIEU. JP, 1998** valeur nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage. Revue fourrage n° 158 Ed AFPP pp 349-369.

**DROGOUL. C et al, 2004.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, 2<sup>ème</sup> édition, Educagie édition, 2004, Digion. Tome 1 Pp 267- 269.

**DUTHIL, 1967.** La production fourragère (coll. D'enseignement agricole). Ed N°2 J-B AILLIERE, Paris.

**FERNANDEZ. V.E et RUIZMATAS. J.J, 2003.** Technicien en élevage, Ed CULTURAL, S.A. poligono Industrial Arroyomolinos. Calle c, n°15, Méstoles. MADRID.

**GAILLARD, B., LEGOUPIL, J.C. et RUFFIN, J.C., (1974).** “ Le bersim ou trèfle d'Alexandrie, fourrage irrigué méditerranéen dans le haut Cheliff ”, Agronomie Tropicale, 32, 364-376.

**GILLET, 1980.** Les graminées fourragères : description, fonctionnement, application à la culture d'herbe ; paris. GNIS, 2004 gouvernements nationaux.

**GNIS, 2013 :** le ray-grass d'Italie ; les petits guides prairies, paris.

**HNATYSZYN M., GUAIS A. 1988 :** Les fourrages et l'éleveur .Technique et documentation (Lavoisier) 1pp 85.

**HUBERT, F. et PIERRE, P., (2003).**” Guide pour un diagnostic prairial ” Chambre d’agriculture de Maine et Loire ISBN : 2-00-184601-0, 238 p.

**HUSSON O., CHARPENTIER H., MICHELLON R., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., ENJALRIC F., NAUDIN K., RAKOTONDRAMANANA, SEGUY L., 2012.**Avoine, *Avenasativa* et *Avenastrigosa*. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées annuelles. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. § 3. 1. Ed afd

**HUYGHE. C ; DELABY. L, 2013.** Prairies et systèmes fourragers, 2008. 2<sup>ème</sup> édition, France Agricole, 2013, paris collection Agri production, Pp 523, ISBN 10. 2855572452.

**I.N.R.A, 2007.** Alimentation des bovins, ovin, caprins ; Ed, INRA. France.

**IKARE, 2015.**La technique d’ensilage. Réseau d’innovation et de transfert agricole. Guyane, France.

**JARRIGE. R, 1988.** Les constituants glucidiques des fourrages in « prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminant » ; Ed I.N.R.A.

**JARRIJE, R., GRENET, E., DEMARQUILLY, C. et BESLE, J.M., (1995).** ” 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, 25-82.

**JARRIJE, R., MORAND-FEHR, P. et HODEN, A., (1984).** ” L’alimentation des ruminants. Principes de la nutrition et de l’alimentation ” Ed. INRA publication (route de saint –Cyr), 78000 Versailles, 177-206.

**KUNELIUS. T, 1991 :** Les ray grass annuelles des provinces atlantiques. Station de recherches Charlottetown. Agriculture canada publication 1859/F.

**LAPEYRONIE.A, 1978.** La production fourragère méditerranéenne ; EdGp maison les neuve paris ; 425 p.

**LASSACI et SIFOUR, 2001.** Niveau d’ingestion et valeur nutritive de Ray-grass spontané de la région de la METTIDJA. Mémoire d’ingénieur agronome. Faculté des sciences Agro-vétérinaire, Blida.

**MEDAOUAR. et SEHAIRI. B, 2006.** Etude de la composition chimique des graminées fourragères spontanées. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences Agro-vétérinaire, Blida.

**MERMOURI, A, 2010.** Estimation de la valeur alimentaire du ray-grass d'Italie spontané (*Lolium multiflorum*) à partir de sa composition chimique. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences Agro-vétérinaire, Blida.

**MOURAS et KAHIA. C, 2008.** Etude de la valeur nutritive de quelques espèces de graminées fourragères. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences Agro-vétérinaire, Blida.

**PARAGON et al, 2004.** Bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires. Edition AFSSA, 112p. [http : // www.Ladocumentationfrançaise.fr/varstorage/ rapports- publics/ 054000085.pdf](http://www.Ladocumentationfrançaise.fr/varstorage/rapports-publics/054000085.pdf).

**QUEZEL et SANTA, 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie de région désertiques méridionale de la recherche scientifique. Tam 1 Pp558.

**RENAUD. J, 2002.** Récolte des fourrages à travers les âges, Edition France Agricole, 2002, paris, Pp 415. ISBN, 2855570778, 9782855570778.

**RIVIERE, R., (1978).** " Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical " 2<sup>ème</sup> Ed. IEMV, 527 p,

**ROOKE et HATFIELD, 2003.** Biochemistry of ensiling. In silage science and Technology, Agronomy Monograph 42, Buxton, D.R, Muck, R.E, Harrison, J. H. (Eds), Madison, WI, USA, 95-139.

**SLIM, 2012.** Les systèmes fourragers des zones montagneuses. Mémoire de docteur en science agronomique, institut national agronomique de Tunisie. [http:// memoireonline.com/04/12/5663/m :les systemes-fourragers-des-zones montagneuses-contraintes-et-intérêts-des fabacée dans la -fix 37.html](http://memoireonline.com/04/12/5663/m :les systemes-fourragers-des-zones montagneuses-contraintes-et-intérêts-des fabacée dans la -fix 37.html).

**SOLTNER, D., (2000).** " 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.

**SUTER D., FRICK R., HIRSCHI H., ET BERTOSSA M. (2014) :** Liste des variétés recommandées de plantes fourragères. Institut des sciences en durabilité

agronomique IDU, Agroscope, 8046 Zurich-Reckenholz, Suisse, Institut des sciences en production animale IPA, Agroscope, 1260 Nyon 1, Suisse, Institut des sciences en production végétale IPV, Agroscope, 6593 Cadenazzo, Suisse.

**VIGNAU-LOUSTAU et HUYGHE, 2008.** Stratégies fourragères, pâturage- ensilage – foin. Edition France Agricole, 2008, paris, Pp 325. ISBN, 13 978-2-85557153-9.

**VILLAX, 1963.** La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne.

**WHYTE et COOPER, 1959.** Guide des graminées ; paris Pp 123.

**WILSON.R.F, 1973.** L'ensilage au Royaume UNI. Fourrage N°.Pp 189-200. **A.O.A.C. (1975).** (Association of Official Analytical Chemists) ” *Official Methods of analysis* ” 12<sup>th</sup> edition. Washington D.C., USA.

# TABLE DES MATIERES

## INTRODUCTION

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### CHAPITRE I : GENERALITE SUR *L'AVOINE*

I.1. Classification botanique.....	1
I.2. Origine et description .....	2
I.3. Caractéristiques botaniques.....	2
I.4. Valeur nutritive de l'Avoine.....	4

### CHAPITRE II : GENERALITE SUR *LE RAY-GRASS*

II.1. Classification botanique.....	7
II.2. Origine et description .....	7
II.3. Caractéristiques botaniques.....	9
II.4. Valeur nutritive du Ray-grass.....	10

### CHAPITRE III :L'ENSILAGE

III.1.Généralité sur l'ensilage .....	15
III.2. Techniques d'ensilage.....	16
1. L'ensilage direct .....	17
2. Le ressuyage .....	17
3. Le préfanage .....	17
4. le mi-fanage .....	18
5. l'ensilage en balles et l'enrubannage .....	19
III.3. La réalisation de l'ensilage .....	20
1. Bien préparer le matériel .....	20
2. Bien préparer le silo .....	21
3.Récolter le fourrage au bon stade .....	21
4. Mettre en silo.....	21

5. Ouverture du silo.....	23
III.4 Les processus de fermentation .....	23
III.4.1.Flore présente dans la masse fourrage .....	24
1. Activité enzymatique : phase initiale.....	24
2. Activité bactérienne : phase fermentaire .....	25
3. Entérobactéries : fermentation acétique .....	25
4. Bactéries lactiques : fermentation lactique .....	27
5. Bactéries butyriques : fermentation butyrique .....	27
6. Activité fongique : phase post-fermentaire .....	28
a. Moisissures .....	28
b. Levures .....	29
III.5. La valeur nutritive de l'ensilage .....	29

## PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

### CHAPITRE I : MATERIEL VEGETAL

Objectif expérimental .....	33
I.1. Prélèvement d'échantillons.....	33
I.2. Le fourrage vert.....	34
I.3. L'ensilage.....	35
I.3.1. L'ensilage de coupe directe.....	35
a. Le hachage .....	35
b. Le tassement .....	35
c. La fermeture du silo.....	36
I.3.2. L'ensilage préfané.....	36
a. Le séchage.....	36
b. Le hachage, le tassement et la fermeture des silos .....	37
I.3.3. Ouverture des silos .....	38

## II : METHODES D'ANALYSE CHIMIQUES

II.1. Détermination de la matière sèche (MS).....	39
II.2. Détermination des matières minérales (MM).....	39
II.3. Détermination de la matière organique (MO).....	40
II.4. Détermination de la cellulose brute (CB).....	40
II.5. Détermination des matières azotées totales (MAT).....	40
a. Minéralisation.....	40
b. Distillation.....	41

## III : CALCUL

III.1. Calcul de la valeur nutritive.....	41
III.2. Calculs statistiques.....	43

## PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

### I : LA COMPOSITION CHIMIQUE

I.1. Teneur en matière sèche (MS) .....	43
I.2. Teneur en matière organique (MO).....	44
I.3. Teneur en matières azotées totales (MAT) .....	46
I.4. Teneur en cellulose brute (CB) .....	48
II.2. Valeurs énergétiques et azotées.....	48
II.1. Valeurs énergétiques .....	48
II.2. Valeur azotées .....	49
II.2.1. Les PDIA .....	49
II.2.2. Les PDIN .....	50
II.2.3. Les PDIE .....	51

## CONCLUSION GENERALE

Bonjour.

Madame la présidente. Madame et monsieur les membres du jury ; j'ai l'honneur et plaisir de présenter aujourd'hui devant vous ma thèse intitulée : **Estimation de la valeur nutritive des Bromes spontanés à partir de leur composition chimique.**

- Je me permettrai de commencer cet exposé en remontant brièvement **PLAN DE TRAVAIL.**



Bonjour.

Madame la présidente. Madame et monsieur les membres du jury ; j'ai l'honneur et plaisir de présenter aujourd'hui devant vous ma thèse intitulée : **Estimation de la valeur nutritive des Bromes spontanés à partir de leur composition chimique.**

- Je me permettrai de commencer cet exposé en remontant brièvement **PLAN DE TRAVAIL.**