

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA
INSTITUT D'AGRONOMIE

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de
Magister en sciences agronomiques (1998/1999).

Option: **Production animale.**

Thème

Recherche du stade optimum de coupe des associations vesce-avoine et pois-avoine et amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine par traitement chimique.

Présenté par: M^r Mehanni Rachid.

JURY :

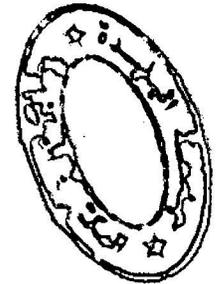
Président	: M ^r BERCHICHE M.	Maître de conférence	Agronomie U. Tizi-Ouzou
Promoteur	: M ^r HOUMANI M..	Maître de conférence	Agronomie U. Blida
Examineur	: M ^r KAIDI R.	Maître de conférence	Agronomie U. Blida
Examineur	: M ^r ABDELGUERFI A.	Chargé de cours	I.N.A. Alger

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
 MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA

INSTITUT D'AGRONOMIE

MEMOIRE



En vue de l'obtention du diplôme de
 Magister en sciences agronomiques (1998/1999).

Option: Production animale.

Thème

**Recherche du stade optimum de coupe des associations
 vesce-avoine et pois-avoine et amélioration de la valeur
 alimentaire du foin de vesce-avoine par traitement chimique.**

Présenté par: M^r Mehanni Rachid.

JURY :

Président	: M ^r BERCHICHE M.	Maitre de conférence	Agronomie U. Tizi-Ouzou
Promoteur	: M ^r HOUMANI M..	Maitre de conférence	Agronomie U. Blida
Examineur	: M ^r KAIDI R.	Maitre de conférence	Agronomie U. Blida
Examineur	: M ^r ABDELGUERFI A.	Chargé de cours	I.N.A. Alger

DEDICACES

A la mémoire de mes chers parents que Dieu les benisse.

Avec une tendre pensée à ma femme.

A mes chers enfants: WALTER, SARAH et YOUNES.

A vous tous

R. MEHAYON

Remerciements

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à:

- Monsieur HOUMANI M., Docteur d'Etat, maître de conférence à l'Institut d'Agronomie de Blida pour l'aide appréciable et pour les conseils constants qu'il m'a donnés tout au long de la réalisation de ce travail.

- Monsieur BERCHICHE M., Docteur d'Etat, maître de conférence à l'Institut d'Agronomie de Tizi-Ouzou de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Que mes remerciements aillent également à:

- Messieurs KAIDI R., Docteur d'Etat, maître de conférence à l'Institut Vétérinaire de Blida et ABDELGUERFI A., Chargé de cours à l'Institut National d'Agronomie d'Alger pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant d'être membre de mon jury.

Aussi, à vous tous merci !

R. Mehanni

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	6
PREMIERE PARTIE: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.	
CHAPITRE I: Situation des fourrages cultivés en Algérie.....	9
1 - Importance des associations dans le système fourrager.....	9
2 - Conditions d'exploitation et d'utilisation de l'association vesce-avoine.....	11
3 - Intérêt de l'association et possibilité d'amélioration.....	12
CHAPITRE II: Notion de valeur alimentaire.....	14
1 - Variation de la composition morphologique.....	15
1 - 1 - En fonction du stade de végétation.....	15
1 - 2 - En fonction des facteurs du milieu.....	16
2 - Variation de la composition chimique.....	19
2 - 1 - En fonction du stade de végétation.....	19
2 - 2 - En fonction des facteurs du milieu.....	21
2 - 3 - En fonction de la fertilisation.....	22
3 - Evolution de la digestibilité en fonction du stade de végétation.....	23
4 - Influence du stade de végétation sur l'ingestibilité.....	26
CHAPITRE III: Variation de la valeur alimentaire en fonction des procédés de conservation.....	30
1 - Pertes au champ.....	30
1 - 1 - Lors de la fauche.....	30
1 - 2 - Lors de la fenaison.....	31
1 - 2 - 1 - Pertes dues aux processus enzymatiques.....	31
1 - 2 - 1 - 1 - La respiration.....	31
1 - 2 - 1 - 2 - La protéolyse.....	31

1 - 2 - 2 - Autres pertes dues aux processus enzymatiques.....	33
1 - 2 - 3 - Pertes dues à la pluie reçue par le fourrage coupé.....	33
1 - 2 - 4 - Pertes mécaniques.....	35
2 - Pertes au cours de conservation.....	35

CHAPITRE IV: Amélioration de la valeur alimentaire des foins par des traitements technologiques..... 39

1 - Les différents types de traitements.....	39
2 - Paramètres de traitement.....	40
2 - 1 - Taux d'humidité.....	40
2 - 2 - Dose de traitement.....	40
2 - 3 - Durée et température de traitement.....	41
3 - Influence du traitement sur la valeur alimentaire.....	41
3 - 1 - Sur la composition chimique.....	41
3 - 2 - Sur la digestibilité.....	42
3 - 3 - Sur l'ingestion volontaire.....	43
3 - 4 - Sur la valeur énergétique et azotée.....	44
3 - 5 - Sur les performances zootechniques.....	45

DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I: MATERIEL ET METHODES..... 47

1 - Présentation des différentes expérimentations..... 47

1 - 1 - Première expérience: Etude phytotechnique des associations vesce-avoine et pois-avoine exploitées en vert..... 47

1 - 1 - 1 - Choix des associations étudiées.....	47
1 - 1 - 2 - Choix des stades de récolte.....	47
1 - 1 - 3 - Conditions pédo-climatique.....	47
1 - 1 - 4 - Semences.....	48
1 - 1 - 5 - Fertilisation.....	48
1 - 1 - 6 - Dispositif expérimental.....	48
1 - 1 - 6 - 1 - Semis.....	48
1 - 1 - 6 - 2 - Prélèvement des échantillons.....	49

1 - 2 - Deuxième expérience: Etude de la valeur alimentaire des associations vesce-avoine et pois-avoine exploitées en vert...	49
1 - 2 - 1 - Animaux.....	49
1 - 2 - 2 - Stades étudiés.....	49
1 - 2 - 3 - Distribution des aliments.....	49
1 - 3 - Troisième expérience: Etude de la valeur alimentaire de la vesce-avoine récoltée en foin.....	50
1 - 3 - 1 - Essai 1: Valeur alimentaire du foin de vesce-avoine aux stades épiaison et laiteux-pateux.....	50
1 - 3 - 1 - 1 - Condition de récolte.....	50
1 - 3 - 2 - Essai 2: Effet du traitement à l'urée et à l'urée + chaux sur la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine au stade laiteux-pateux.....	50
1 - 3 - 2 - 1 - Traitement à l'urée seule.....	50
1 - 3 - 2 - 2 - Traitement à l'urée + chaux.....	51
1 - 3 - 2 - 4 - Aliments.....	51
2 - Principales méthodes et techniques utilisées.....	52
2 - 1 - Méthode de digestibilité in vivo.....	52
2 - 1 - 1 - Période préexpérimentale.....	52
2 - 1 - 2 - Mesures.....	52
2 - 2 - Analyses chimiques.....	53
2 - 3 - Calculs.....	53
2 - 4 - Analyses statistiques.....	53

CHAPITRE II: RESULTATS ET DISCUSSION

Première expérience: Etude phytotechnique des associations vesce-avoine et pois-avoine en vert.....	54
2 - 1 - Rendement en matière sèche des associations étudiées.....	54
2 - 2 - Composition botanique des associations étudiées.....	55
2 - 3 - Composition morphologique des associations étudiées.....	56
2 - 4 - Composition chimique des associations étudiées.....	56
2 - 4 - 1 - Teneurs en matière sèche (MS).....	56
2 - 4 - 2 - Teneurs en matière organique (MO).....	57
2 - 4 - 3 - Teneurs en matières azotées totales (MAT).....	58
2 - 4 - 4 - Teneurs en cellulose brute (CB).....	58

Deuxième expérience: Valeur alimentaire des associations vesce-avoine et pois-avoine utilisées en vert.....	60
2 - 2 - Ingestibilité et digestibilité des associations vesce-avoine et pois-avoine.....	60
2 - 2 - 1 - Ingestibilité de la vesce-avoine et du pois-avoine.....	60
2 - 2 - 2 - Digestibilité de la matière sèche (dMS).....	61
2 - 2 - 3 - Digestibilité de la matière organique(dMO).....	61
2 - 2 - 4 - Digestibilité des matières azotées totales (dMAT).....	62
2 - 2 - 5 - Digestibilité de la cellulose brute (dCB).....	62
2 - 3 - Valeur énergétique.....	63
2 - 4 - Valeur azotée.....	63
2 - 5 - Bilan azoté.....	64
Troisième expérience: Effet du traitement à l'urée et à l'urée + chaux sur la valeur alimentaire de la vesce-avoine exploitée en foin.....	66
3 - 1 - Composition chimique du foin de vesce-avoine.....	66
3 - 1 - 1 - Teneurs en matière sèche (MS).....	66
3 - 1 - 2 - Teneurs en matière organique (MO).....	66
3 - 1 - 3 - Teneurs en matières azotées totales (MAT).....	66
3 - 1 - 4 - Teneurs en cellulose brute (CB).....	67
3 - 1 - 5 - Teneurs en matière minérale (MM).....	68
3 - 2 - Ingestibilité du foin de vesce-avoine.....	69
3 - 3 - Digestibilité du foin de vesce-avoine.....	69
3 - 3 - 1 - Digestibilité de la matière sèche (dMS).....	69
3 - 3 - 2 - Digestibilité de la matière organique (dMO).....	70
3 - 3 - 3 - Digestibilité des matières azotées totales (dMAT).....	70
3 - 3 - 4 - Digestibilité de la cellulose brute (dCB).....	71
3 - 4 - Bilan azoté du foin de vesce-avoine.....	72
3 - 5 - Valeur alimentaire du foin de vesce-avoine.....	73
3 - 5 - 1 - Valeur énergétique.....	73
3 - 5 - 2 - Valeur azotée.....	74
Conclusion générale et recommandations.....	76
Références bibliographiques.....	78
Annexes.....	88

Liste des abréviations utilisées

Sigles	Significations
ADF=	Acid detergent fiber
Ca (OH) ₂ =	Chaux vive
CB=	Cellulose brute
dCB=	Digestibilité de la cellulose brute
dMAT=	Digestibilité des matières azotées totales
dMO=	Digestibilité de la matière organique
dMS=	Digestibilité de la matière sèche
FP=	Foin précoce
FT=	Foin tardif
FTu=	Foin tardif traité à l'urée
FTu + c=	Foin tardif traité à l'urée + chaux
g=	gramme
ha=	hectare
j=	jour
kg=	kilogramme
kg P ^{0,75} =	kilogramme de poids métabolique
MAD=	Matières azotées digestibles
MAT=	Matières azotées totales
MAND=	Matières azotées non digestibles
MM=	Matières minérales
MO=	Matière organique
MS=	Matière sèche
ml=	millilitre
N=	azote
NDF=	Neutral detergent fiber
NH ₃ =	ammoniac
PDI=	Protéines digestibles dans l'intestin
PDIA=	Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
PDIE=	Protéines digestibles dans l'intestin permise par l'énergie fermentescible
PDIN=	Protéines digestibles dans l'intestin permise par l'azote fermentescible
Qx=	Quintaux
SAU=	Surface agricole utile
SFC=	Surface fourragère cultivée
T=	Tonne
TUA=	Terre utilisée par l'agriculture

Introduction

En Algérie, les ruminants dont les produits animaux (lait, viande) sont appelés à contribuer à la résorption du déficit protéique, accusent dans leur majorité de faibles niveaux de production et de rendement. L'augmentation de leur production par accroissement des effectifs et ou par l'amélioration de leur productivité reste liée en grande partie aux disponibilités des ressources alimentaires tant au plan quantitatif que qualitatif.

En effet, les ressources fourragères se composant principalement de la végétation des parcours steppiques, des jachères paturées et des chaumes de céréales, participent selon Houmani (1996), pour 81,5% à l'offre fourragère, estimée en moyenne à un peu plus de $6 \cdot 10^9$ unités fourragères / an. La part des fourrages cultivés dans cette offre ne représente que de 8,4 %.

Les besoins alimentaires du cheptel estimés à plus de $11 \cdot 10^9$ d'U.F. / an accusent en moyenne un déficit fourrager avoisinant les $5 \cdot 10^9$ U.F. / an. Cette situation oblige le plus souvent au recours à des taux élevés d'aliments concentrés dans les régimes alimentaires des animaux, ce qui engendre par conséquent des coûts de production élevés et une moindre rentabilité.

A cet égard, l'intensification des productions des ruminants, doit nécessairement passer par la mise en oeuvre de mesures permettant d'augmenter l'offre fourragère par l'aménagement et la restauration des ressources naturelles (parcours steppiques) et par le développement et la diversification des fourrages cultivés.

A court terme, il est possible d'augmenter l'offre des fourrages cultivés par l'augmentation de leur superficie et l'amélioration de leur itinéraire cultural. Aussi, il est impératif de connaître les potentialités productives de ces fourrages et leur valeur alimentaire dans les conditions locales. La valeur alimentaire pourrait être améliorée par des traitements et des complémentations appropriés .

Dans ce sens, nous réalisons trois expériences sur l'association vesce-avoine largement cultivée en Algérie et l'association pois-avoine nouvellement introduite.

- 1 - Dans la première expérience, nous caractérisons les deux associations exploitées en vert du point de vue phytotechnique
- 2 - Dans une deuxième expérience nous étudions leur valeur alimentaire en vert à deux stades de récolte (épiaison et laiteux-pateux).
- 3 - Dans la troisième expérience, nous étudions la valeur alimentaire de l'association vesce-avoine récoltée en foin aux stades épiaison et laiteux-pateux ainsi que l'effet d'un traitement à l'urée et à l'urée + chaux sur la valeur alimentaire.

PREMIERE PARTIE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: Situation des fourrages cultivés en Algérie

En raison des facteurs du milieu naturel, souvent contraignants et difficiles (relief, température et pluviométrie) et l'absence de tradition dans la culture de l'herbe, l'Algérie ne présente pas une grande vocation pour les productions fourragères (Abdelguerfi, 1994).

Sur une surface agricole utile (SAU) de 7,8 million d'hectare, seulement 573,4 milliers d'hectares sont annuellement réservés aux fourrages cultivés, soit un peu plus de 7 % de la SAU (tableau 1).

1 - Importance des associations fourragères dans le système fourrager.

Les superficies occupées par les fourrages cultivés varient du simple au double, 10 % de la SAU en 1987 à 4,3 % de la SAU pour la décennie 1986-1995. Dans la même période l'association vesce-avoine a été pratiquée sur une superficie variant entre $367 \cdot 10^3$ ha en 1987 et $108,7 \cdot 10^3$ ha en 1995, soit une superficie moyenne annuelle de $236,8 \cdot 10^3$ ha représentant un peu plus de 41 % de la superficie des fourrages cultivés.

Cette association constitue la principale culture fourragère en sec. Elle s'insère généralement dans la rotation des grandes cultures et reste prédominante dans le système fourrager des zones les plus arrosées, humide et sub-humide (Houmani, 1996).

Du point de vue production de matière sèche (tableau 2) et d'unité fourragère, l'association vesce-avoine a fourni $7,5 \cdot 10^6$ de quintaux de matière sèche ($377,1 \cdot 10^6$ d'unité fourragère) en 1986 et seulement $1,6 \cdot 10^6$ de quintaux de matière sèche ($73 \cdot 10^6$ d'unité fourragère) en 1994. La moyenne annuelle pour la période 1986-1995, a été de $4,6 \cdot 10^6$ de quintaux de matière sèche ($230,6 \cdot 10^6$ d'unité fourragère).

Tableau 1 : Evolution de la TUA, de la SAU et de SFC de 1986 à 1995.

Années	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Moyenne	
TUA	10 ³ ha	3966,3	29701,2	39766,5	39722,1	39593,8	39575,3	39503,9	40596,7	40651,8	39858,2	
SAU	10 ³ ha	7533,7	7623,6	7535,2	7675,5	7661,3	7840,9	8126,0	8095,6	8042,6	8069,2	7820,4
Fourrages cultivés	10 ³ ha	705,8	769,3	701,9	661,1	504,09	554,9	529,6	465,0	494,8	347,8	573,4
Jachère	10 ³ ha	9,3	10,0	9,3	8,6	6,6	7,0	6,5	5,4	6,1	4,3	7,3
Vesce-avoine	10 ³ ha	2707,2	3152,4	4142,4	3998	3838,1	2899,1	3082,5	4690,9	5282,4	4037,6	3783,0
	% SAU	35,9	41,3	54,9	44,3	50,0	36,9	37,9	57,9	65,0	50,0	48,3
	10 ³ ha	364,0	367	281,9	301,6	223,1	253,0	177,9	153,2	137,8	108,7	236,8
	% SFC	51,5	47,7	40,1	45,6	44,2	45,2	33,6	32,9	27,5	31,2	41,3

TUA= Terre utilisée en agriculture; SAU= Surface agricole utile; SFC= Surface fourragère cultivée; ha= hectare.

Source: Annuaire des statistiques agricoles, série B, de 1986 à 1995.

Tableau 2 : Evolution des productions des fourrages cultivés consommés en sec de 1986 à 1995 (en milliers de Qx)

Année	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	moyenne
Vesce-avoine	7543	5752	3656	6384	5752	6787	3974	2576	1633	2065	4612
Luzerne	89	72	47	65	47	78	12	63	63	154	69
Divers	3564	3739	2618	3061	3739	4149	4327	2109	2218	3037	3256,1
total	11196	9563	6321	9510	9538	11014	8313	4748	3914	5256	7937,3

Source : Annuaire des statistiques agricoles, série B, de 1986 à 1995.

Par rapport au reste des fourrages cultivés, consommés en sec ou en vert, l'association vesce-avoine a assuré un apport énergétique de 68,8 % en 1990 et seulement de 18,5 % en 1994, avec une moyenne pour la décennie 1986-1995 de 45,3%.

Ces variations inter-annuelles de l'offre fourragère de cette association sont dues aux fluctuations des surfaces qui lui sont réservées et aux variations des précipitations mais surtout aux conditions peu intensives de la culture. Ceci rend précaire l'établissement de réserves de report en année de faible pluviométrie, aggrave le déficit fourrager chronique et rend par conséquent l'alimentation du cheptel très aléatoire, (Abdelguerfi, 1994).

2 - Conditions d'exploitation et d'utilisation de l'association vesce-avoine.

En dépit de la faiblesse des rendements, 1 à 4 tonnes de matière sèche à l'hectare (Ouknider et Jacquard, 1986), la culture de l'association vesce-avoine reste très répandue en Algérie. Elle constitue le principal fourrage pour la constitution de réserves sous forme de foin. Ce dernier joue un rôle essentiel dans l'alimentation du bétail en Algérie. Cependant, la culture de cette association bien qu'elle soit devenue traditionnelle, sa pratique n'a pas bénéficié d'adoption de références techniques appropriées permettant d'améliorer les rendements à la fois quantitatifs et qualitatifs. Les fourrages de cette association perdent plus de la moitié de leur valeur nutritive par suite du non respect du stade de récolte et de la non utilisation des meilleures techniques de conservation (fenaïson, ensilage).

La valeur énergétique des foins de vesce-avoine (0,3 à 0,4 UF/kg MS) est à peine meilleure que celle de la paille (Ouknider et Jacquard, 1986); sa valeur azotée (30 à 40 g MAD/ kg MS) est faible (Taamalah, 1987; Nefzaoui et al, 1989 cités par Hassen et Mansouri, 1996). Les tables d'alimentation de l'INRA (1988) donnent une valeur énergétique de 0,57 UFL et 0,49 UFV et une valeur azotée de 37 g PDIN et 63 g PDIE par kilogramme de matière sèche. Les quantités volontairement ingérées par l'animal sont faibles, souvent comparables à celles des pailles de céréales (Chermiti et Cordesse, 1988).

Dans les zones humides et sub-humides, le foin de vesce-avoine est le plus souvent le seul fourrage dont on dispose pour assurer notamment l'alimentation du cheptel dans les périodes de rupture d'affouragement en vert.

Dans les zones moins arrosées (semi-aride), le foin de cette association est souvent le seul complément au pâturage des jachères et des parcours.

3 - Intérêt de l'association et possibilité d'amélioration

L'association d'une graminée et d'une légumineuse devrait permettre théoriquement un fourrage à la fois abondant et riche en énergie et en protéines, donc un fourrage équilibré (Therier, 1963 cité par Hamrit, 1989).

Des études ont montré que l'association binaire graminée - légumineuse offre l'avantage de garantir un bon rendement annuel (de l'ordre de 10 à 11 tonnes MS/ha) selon Lecomte et Parache, (1993). Elle présente un intérêt particulier dans les systèmes de production fourragère où on cherche à diminuer l'emploi d'engrais azoté (Charles et Lehmann, 1989). Selon ces auteurs, par rapport à la culture d'une céréale seule, l'association de la légumineuse permet une amélioration notoire du niveau protéique du fourrage.

Par ailleurs, par rapport à une association plus équilibrée, une proportion élevée de graminée diminue la teneur en énergie digestible du fourrage et des quantités ingérées (Charles et al, 1989). Les nombreux avantages que recèle l'association de la vesce ou du pois avec une céréale (avoine) sont rapportés par Klesbadel, (1969). D'après cet auteur, la céréale joue le rôle de tuteur pour la légumineuse, de plus les deux constituants sont complémentaires, l'avoine contribue à un apport important en matière sèche et en glucides, tandis-que la vesce ou le pois assure un taux de protéine, de calcium et de magnésium assez important.

Huguet et Guy (1982) précisent quant à eux que la quantité de fourrage produite est supérieure à celle fournie par les mêmes plantes cultivées séparément. De même, Kovrygin et Kuzmin (1979) travaillant sur la culture du pois-avoine, obtiennent un rendement en foin de 3,82 T MS/ha contre 2,53 pour le pois (culture pure) et 3,8 T MS/ha pour l'avoine seule.

Les résultats des travaux menés en zone semi-aride au Maroc par Ouknider et Jacquard, (1986) montrent qu'avec les proportions de 2/3 de vesce et 1/3 d'avoine, les rendements sont meilleurs, (8,8 T MS/ha). Selon ces auteurs, pour peu qu'on apporte une irrigation d'appoint, ces rendements sont augmentés de 19 % par rapport au régime sec. Par ailleurs, des rendements plus élevés avec l'association vesce-avoine (11,7 T MS/ha au stade épiaison et 12,6 au stade laiteux-pateux) et pois-avoine (13,2 à 15,8 T MS/ha) sont obtenus par Gaston Pichard et Ennio Innocenti, (1987).

Robinson, (1960) trouve que le rendement en protéines est amélioré de 36% par la pratique de l'association par rapport à l'utilisation seule. Cet auteur explique cette amélioration par la présence de la légumineuse dans l'association. Aussi, pour assurer une production élevée à partir de ces associations il est indispensable que celles-ci soient de haute qualité et riches en énergie pour être ingérées en grande quantité. Dans ce domaine, l'équilibre dans la composition botanique de l'association et le stade de récolte jouent un rôle éminent.

Selon Abdelguerfi (1987), le maintien de la culture de vesce-avoine s'avère une nécessité dans les régions où les contraintes pédo-climatiques sont importantes. Toutefois, il est primordial de la récolter au stade optimal et de la conserver dans de bonnes conditions de façon à disposer d'un foin de qualité appréciable (0,64 UFL, 0,58 UFV et 65g PDIN, 68g PDIE par kg MS).

Selon ce même auteur, dans les régions où les contraintes pédo-climatiques sont réduites, il est nécessaire de limiter la superficie réservée à l'association vesce-avoine, afin de pouvoir effectuer la récolte en temps voulu. Comme il est indispensable de prendre en compte la précocité des associations utilisées, compte tenu du microclimat des régions considérées. A ce titre, il serait avantageux d'utiliser des associations tardives en Mitidja; ce qui permet d'éviter les problèmes de récolte et de fanage en période pluvieuse.

CHAPITRE II: Valeur alimentaire

La notion de valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux termes complémentaires et interdépendants (Demarquilly et Weiss, 1970):

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

Sur le plan nutritionnel, l'appréciation de la valeur alimentaire (valeur nutritive et ingestibilité) revêt une grande importance et doit permettre un raisonnement rationnel dans la pratique de l'alimentation. Selon Tisserand, (1973), l'incertitude concernant les valeurs énergétique et azotée du foin de pré équivaut pour une vache laitière consommant 10 kg de ce foin à économiser ou à gaspiller jusqu'à 1 kg d'orge et 1 kg de tourteau d'arachide par tête et par jour.

En effet, les caractéristiques nutritionnelles d'un fourrage et son niveau d'ingestion détermine la quantité de nutriments susceptibles d'être produits lors de la digestion et l'utilisation de ces derniers pour satisfaire les besoins du sujet considéré et par conséquent ses performances zootechniques.

Cependant, la valeur alimentaire d'un fourrage ou plus particulièrement d'une association fourragère sur pied est une donnée dynamique susceptible de variations importantes.

De part l'existence de différences relativement systématiques de composition morphologique et de composition chimique entre les deux grandes familles des plantes

fourragères (légumineuses et graminées) et entre les espèces au sein d'une même famille (Demarquilly, 1982), pour une espèce donnée, la composition morphologique et la composition chimique varient en fonction d'un certain nombre de facteurs. Les principaux facteurs sont selon Aufrère, (1982), le stade de végétation, l'âge ou le numéro de cycle, les facteurs du milieu (climat et sol) et les conditions d'exploitation.

La résultante de l'influence de ces facteurs sur la composition morphologique et chimique des fourrages est la différence de leur valeur nutritive, de leur digestibilité et de leur ingestibilité.

1- Variation de la composition morphologique.

1 - 1 - En fonction du stade de végétation.

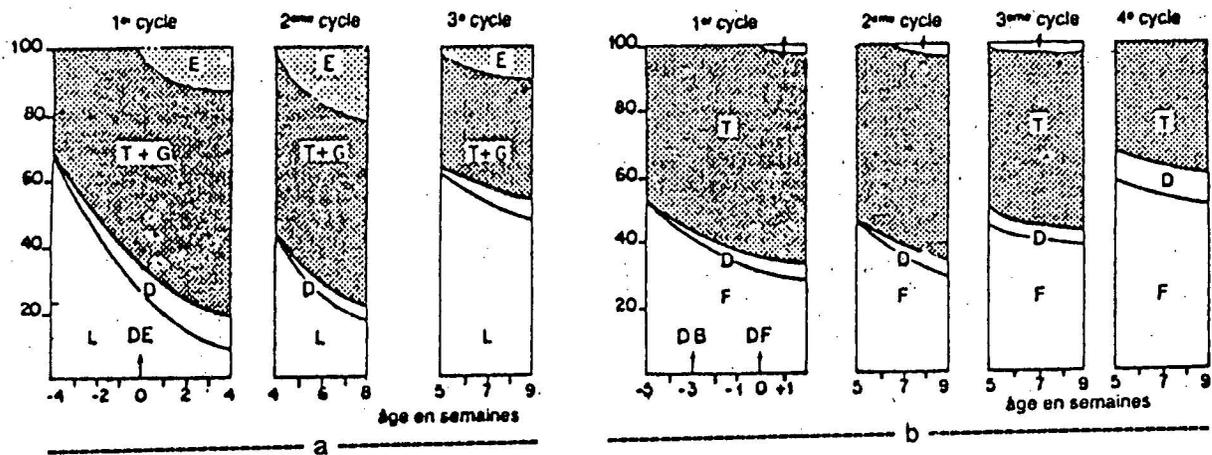
Le stade de végétation du fourrage au moment de sa coupe est l'une des principales cause de variation de la qualité du fourrage.

Au cours du premier cycle de développement, chez toutes les graminées, la proportion de limbes diminue rapidement au bénéfice de la proportion de tiges plus gaines lors du passage de l'état végétatif à l'état reproducteur. Par ailleurs, la proportion de débris augmente progressivement. Jarrige, (1981), rapporte que chez le ray-grass d'Italie, la proportion de limbe exprimée en p.100 de la matière sèche totale passe de 80% à moins de 15% un mois après le début épiaison (fig 1).

La même évolution se rencontre chez les légumineuses avec toutefois une diminution moins rapide de la proportion de feuilles. Selon Demarquilly (1982), la composition morphologique des légumineuses évolue moins que celle des graminées avec l'âge au cours du premier cycle de végétation. En revanche, cet auteur indique que quels que soient l'âge ou le numéro du cycle, les légumineuses contiennent toujours des feuilles et des tiges alors que les graminées sont exclusivement feuillues au début du cycle de végétation et lors des cycles de repousses quand les ébauches d'épis de la première pousse de printemps sont éliminées par pâture ou par fauche chez les espèces non remontantes (tableau 3).

1 - 2 - En fonction des facteurs du milieu

L'aptitude d'une culture à élaborer une masse de matière sèche se trouve déterminer par l'espèce exploitée et par l'incidence du climat sur le complexe: plante - techniques culturales - sol (Felix et Rauzi, 1971).



Au 1^{er} cycle l'âge est exprimé par rapport au début de l'épiaison (ray-grass) ou au début de la floraison (luzerne).
(E= épi, T= tige, G= gaine, D= débris, L= limbe, F= feuille).

Fig 1: Evolution avec l'âge de la composition morphologique du ray-grass italien (a) et de la luzerne (b) (Jarrige, 1978).

Tableau 3: Pourcentage de feuilles (légumineuses) et de limbes (graminées) des plantes fourragères à différents stades de croissance.

Espèces	1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		3 ^{ème} cycle	
	Début du cycle	Floraison	1 mois	2 mois	1 mois	2 mois
Luzerne	65	20	50	35	55	45
Trèfle violet	70	35	70	40	85	65
Dactyle, ray-grass anglais, féтуque	80	25 à 30	70à80	70à80	80à85	80à85
Ray-gras italien	75	20	40	20	65	55
Fléole	75	25	60	50	-	65

Les principales composantes du climat agissant comme facteurs d'orientation sur les différents organes de la plante sont selon Gillet (1980) la température, l'intensité lumineuse et la durée d'éclairement. Ces dernières présentent un optimum variable d'une culture à l'autre et, il en résulte que les différentes espèces végétales et leur variétés réagissent différemment aux conditions climatiques.

D'après Henin (1969) cité par Boutalbi (1983) les plantes originaires des pays chauds comme le maïs par exemple ont leur optimum de conversion de l'énergie pour des températures et des intensité lumineuses plus élevées. Au contraire, les plantes originaires des contrées relativement froides ont une très bonne conversion de l'énergie pour des températures relativement basses et des intensités lumineuses relativement réduites.

Plusieurs auteurs ont rapporté l'action des facteurs climatiques sur le développement des plantes. Selon Gillet (1980) chez les graminées en phase végétative, la chaleur accélère l'apparition des feuilles et diminue leur longivité. Les photopériodes longues et les forts éclairagements augmentent les dimensions et le poids des feuilles, alors que la chaleur provoque l'effet inverse. Les mêmes phénomènes sont observés sur les légumineuses. Nösberger (1983) indique que les températures basses réduisent de façon importantes la vitesse d'apparition des feuilles. De plus, les températures basses associées à des photopériodes courtes provoquent une réduction de surface des feuilles et de la longueur des internoeuds chez le trèfle (tableau 4).

Gosse et al (1982) soulignent que la température, pour une même photopériode, joue sur la vitesse d'élongation des tiges et que la sécheresse joue comme un élément de blocage de l'élongation. Par ailleurs, ces auteurs soulignent que la photopériode et la température sont corrélées positivement au processus de la mise à fleur chez la luzerne.

Tableau 4: Surface des feuilles et longueur des inter-noeuds chez deux écotypes de trèfle blanc pour différentes température et photopériodes

Jour / nuit ° C	Photopériode h	Écotype	Surface de la feuille cm ²	MS feuille/MS totale en g . g ⁻¹	Longueur inter- noeud en cm
18/3	16	Arosa	2,2	0,2	2,4
		Coire	4,7	0,3	2,7
10/7	16	Arosa	2,3	0,2	3,1
		Coire	4,6	0,2	2,6
10/7	12	Arosa	1,5	0,2	1,2
		Coire	3,6	0,2	1,5

Nösberger et Boller, 1983

Si les températures élevées sont favorables à la formation des feuilles, elles sont au contraire défavorables pour le démarrage des bourgeons. Ces derniers sont favorisés surtout par des intensités lumineuses élevées et des températures basses. Spiertz et Ellen (1972) et Gillet (1980) indiquent qu'une augmentation de l'intensité lumineuse stimule dans une forte proportion le tallage. Gillet (1980) indique que tout ce qui peut limiter l'apparition des feuilles (apparition de bourgeons), limite le tallage et tout ce qui favorise l'apparition des feuilles ne favorise pas automatiquement le tallage.

Il en résulte que les facteurs climatiques interviennent sur l'orientation de la vie d'une plante et gouvernent sa croissance en déterminant la part respective de ses différents organes.

2 - Variation de la composition chimique.

2 - 1 - En fonction du stade de végétation.

La valeur nutritive des fourrages verts est déterminée en grande partie par leur composition chimique; celle-ci présente des différences entre les organes d'une même plante, entre plantes au sein d'une même famille et surtout entre plantes de familles différentes (Tableaux 5 et 6).

Tableau 5: Variation des teneurs en matières azotées, en cellulose brute et en constituants pariétaux de trois légumineuses et de trois graminées (en % MS).

Espèces	Matières azotées		Cellulose brute		Constituants pariétaux	
	feuilles (limbes)	tiges (tiges + gaines)	feuilles (limbes)	tiges (tiges + gaines)	feuilles (limbes)	tiges (tiges + gaines)
Luzerne	30 à 25	25 à 10	12 à 14	25 à 45	18 à 24	35 à 58
Trèfle violet	25 à 20	20 à 10	10 à 12	20 à 38	19 à 22	31 à 48
Trèfle blanc	30 à 20	-	13 à 24	-	22 à 39	-
Dactyle, ray-grass anglais, fétuque	25 - 30 à 10 - 15	15 à 5	15 à 27	25 à 35	28 à 50	35 à 62

Jarrige(1963) cité par Andrieu(1983)

Andrieu (1983) note qu'à stade de végétation comparable les légumineuses par rapport aux graminées sont plus riches en minéraux notamment en calcium, en carotène, en acide organique et en azote.

Demarquilly (1982) indique que la proportion de leur azote sous forme non protéique est plus importante notamment dans les tiges, Il trouve que 40% de l'azote des tiges de la luzerne est sous forme non protéique.

En revanche, les légumineuses sont plus pauvres en glucides solubles et en constituants pariétaux que les graminées. Cependant, au cours du premier cycle de développement, les fourrages verts présentent les mêmes caractéristiques d'évolution de la composition chimique (tableau 6).

Tableau 6: Variation de la teneur en matières azotées, en cellulose brute et en parois cellulaires (hémicelluloses + cellulose vraie + lignine) des feuilles et des tiges de luzerne et des limbes et tiges + gaines de graminées.

	Graminées		Luzerne	
	Limbes	Tiges + gaines	Feuilles	Tiges
Matières azotées (p. 100 de la MS)				
- plantes jeunes	15 - 25	10 - 15	30 - 33	20 - 23
- plantes âgées(1er cycle)	7 - 10	3 - 5	23 - 25	9 - 10
Cellulose brute (p. 100 de la MS)				
- plantes jeunes	15 - 17	22 - 25	11 - 12	22 - 25
- plantes âgées	26 - 28	35 - 38	13 - 14	40 - 45

Demarquilly et Andrieu cité par Jarrige, 1991

En étudiant l'évolution de la composition chimique en fonction du stade de végétation chez différents fourrages, Aerts et al (1977) observent que les modifications journalières moyennes intervenues dans la composition de la matière organique (tableau 7) atteignent pour les protéines brutes (-0,25%), la cellulose brute (+0,19%), l'extractif non azoté (+0,11%), les matières grasses (-0,05%) et les parois cellulaires (+0,33%).

Toutefois comme le rapporte Jarrige (1991), les modifications de la composition chimique sont variables. Au cours du premier cycle, la composition chimique des feuilles chez les graminées et à un degré moindre chez les légumineuses, évolue moins rapidement que celle des tiges au fur et à mesure que la plante vieillit. Les principales modifications sont l'augmentation rapide de la teneur en glucide de structure et leur enrichissement en lignine et la diminution de la teneur en glucides cytoplasmiques et les matières azotées.

Ainsi, selon Demarquilly (1982) cité par Hnattyszyn et Guais (1988), les feuilles, surtout celles des légumineuses, sont plus riches en azote que les tiges. La teneur en matière azotée totale va diminuer au fur et à mesure que la proportion des tiges croît et la proportion de feuilles diminue. Cette diminution va de 23-25% à 6-8% chez les graminées et de 26-28% à 15-18% chez les légumineuses au premier cycle. Cette variation plus lente de la teneur en matières azotées est selon Picard (1982) une caractéristique commune aux légumineuses et suit pratiquement l'évolution du rapport feuille sur tige.

Tableau 7: Changement journalier moyen sur le plan de la composition, digestibilité et de la valeur alimentaire de produits herbagers en fonction de la prolongation du stade de croissance.

Constituants chimiques	Composition (Matière organique)	Digestibilité
Matière organique	-	- 0,51
Protéines brutes	- 0,25	- 0,44
Cellulose brute	+ 0,19	- 0,72
Extractif non azoté	+ 0,11	- 0,56
Extrait étheré	- 0,05	- 0,33
Parois cellulaires	+ 0,33	- 0,60
Protéines brutes digestibles	- 0,20	
Valeur amidon	- 0,66	

Aerts et al (1977)

2 - 2 - En fonction des facteurs du milieu

Tout comme la composition morphologique, la composition chimique varie dans le temps sous l'influence des conditions du milieu. Sous l'effet des sommes de températures

enregistrées entre années, Duru (1988) observe que les teneurs en cellulose présentent à une même date des différences importantes. Cet auteur note que ces différences sont plus importantes que celles observées entre parcelles. D'un autre côté, Deinum et Dirven (1976) et Demarquilly (1982) indiquent que l'effet de la température sur l'augmentation de la cellulose est renforcé par la sécheresse lorsque le dessèchement des parties aériennes est accéléré et que les organes ne sont plus renouvelés (feuille et tige).

A la suite de ces observations, nous pouvons dire que pour une espèce végétale et pour un âge donné, la teneur en cellulose augmente dans le temps et sous l'influence de la sécheresse et qu'il s'ensuit généralement une diminution de la digestibilité du fourrage.

2 - 3 - En fonction de la fertilisation.

Le sol constitue le point de départ du cycle sol - plante - animal. Aussi, la réussite dans l'implantation et le développement des plantes est en grande partie fonction de l'adaptation aux sols. Ces derniers doivent permettre l'implantation, le développement racinaires et l'alimentation des plantes en éléments minéraux en fonction de leur réserve naturelle assimilable et les fertilisations assurées par l'apport d'engrais organique et minéraux. Par leur caractères intrinsèques, les sols conditionnent l'adaptation des plantes et influencent la production végétale. Duru et Gibon (1988) indiquent que la fertilité du sol et la fertilisation conditionnent la croissance et donc la composition morphologique. Ils rapportent qu'à une date donnée, l'importance du rapport feuille sur tige dépend de la phénologie des espèces, mais aussi des conditions de nutrition minérale.

Ainsi, la production et la qualité des fourrages dépendent étroitement du niveau de fertilité du sol et de l'application d'engrais organiques et minéraux notamment des engrais azotés.

En effet, Gillet (1980), De montard et al, (1983) et Duru (1992) indiquent que l'apport d'engrais azotés en augmentant la surface foliaire, le nombre de talles ainsi que le poids des

feuilles et des tiges, accroît la production. Ces auteurs rapportent également que l'apport d'azote diminue la quantité de sucres de la plante et augmente sa teneur en matières azotées.

L'apport d'azote se traduit aussi selon Duru (1992) pour une même biomasse récoltée, par un accroissement des teneurs en phosphore et en potassium (fig 2).

De montard (1983) relève une augmentation en humidité de 3,5 à 4,5 points sur les récoltes du seul fait de la fertilisation en azote et en potassium.

Bonischot (1989) indique que les teneurs en phosphore du fourrage augmentent avec le niveau de fertilité du sol ainsi que sous l'effet de la fertilisation phosphatée. Il rapporte par ailleurs que les progressions les plus nettes s'observent sur les sols les plus pauvres.

3 - Evolution de la digestibilité en fonction du stade de végétation.

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

Ainsi, chez les légumineuses comme chez les graminées, pour une espèce donnée, au cours du premier cycle, la digestibilité dépend essentiellement de son stade de développement (Demarquilly et Weiss 1970; Demarquilly et Jarrige 1971 et Demarquilly, Chenost et Sauvant 1980). De l'ordre de 80% de digestibilité au début du cycle, les fourrages verts atteignent des taux plus faibles (55-65%) à la fin du cycle (Fig 3).

Demarquilly (1982) observe qu'au cours du premier cycle, la digestibilité chez les graminées diminue lentement au début du cycle et qu'à partir de la fin montaison, la diminution est du même ordre de grandeur que celle des légumineuses soit 0,4% par jour (Fig 3). Selon cet auteur, cette baisse de digestibilité résulte de l'augmentation de la

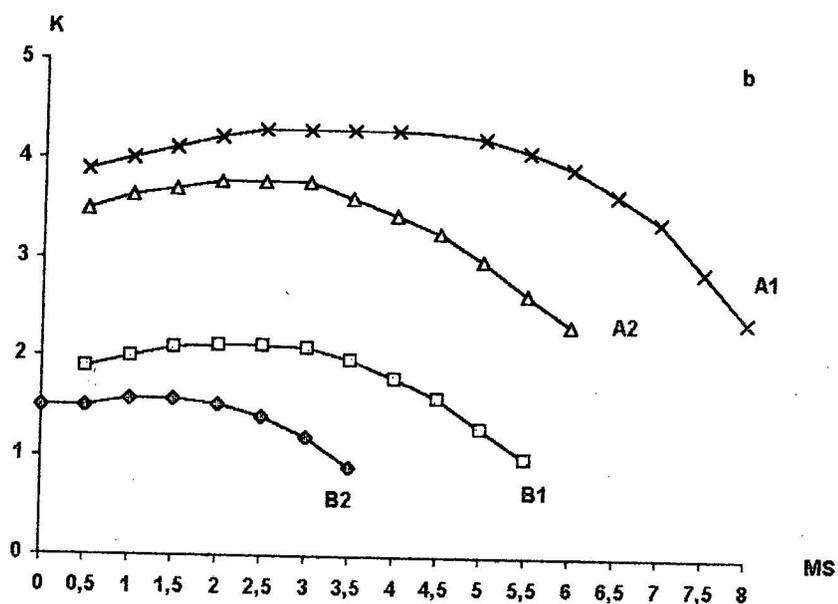
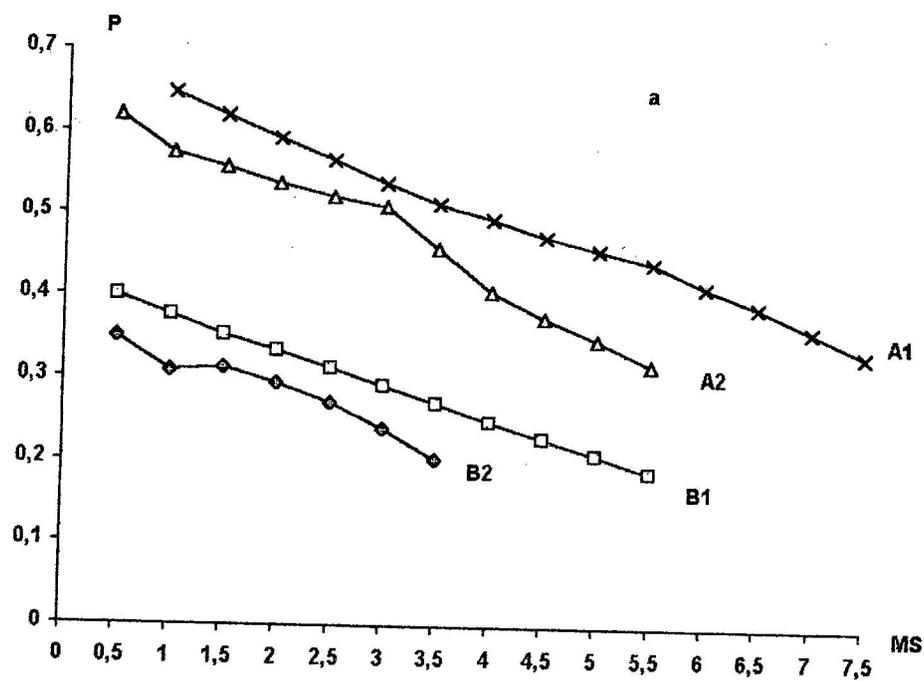


Fig 2 : Teneur en phosphore (a) et potassium (b) en % de MS en fonction de la biomasse récoltée ($t. ha^{-1}$) pour les parcelles A (1, 2) et B (1, 2) avec azote (1) et sans azote (2). D'après Duru (1992).

proportion de tiges avec l'âge et surtout de l'augmentation des teneurs en constituants pariétaux de ces tiges et des limbes et de la diminution de la proportion de feuilles.

Lors des cycles de repousses, à âge égal, la digestibilité des repousses des légumineuses comme celles des graminées non remontantes augmente avec le numéro de cycle parce que les plantes sont de plus en plus feuillues.

Il existe également des différences pour un stade ou un âge donné entre les espèces; Ainsi, Gillet (1980) en examinant l'évolution du potentiel énergétique lors de la grande montaison de printemps chez les graminées, rapporte des variations intra et inter espèces importantes (fig 4) et l'attribue à la vitesse d'évolution de l'herbe c'est à dire sa précocité.

Andrieu (1983) souligne également, la diminution plus lente de digestibilité pouvant exister entre espèce de familles différentes (fig. 5). Ainsi, il en ressort que dans des conditions de milieu relativement homogènes, certaines espèces de légumineuses (trèfle blanc) peuvent se montrer du point de vue digestibilité supérieures vis à vis des graminées et que cette supériorité de l'ordre de 2 à 10 points au début du premier cycle, est d'autant plus importante que la date d'exploitation est plus tardive et que l'espèce considérée est plus précoce.

4 - Influence du stade de végétation sur l'ingestibilité.

C'est le temps nécessaire à la digestion du fourrage qui est le facteur de variation essentiel de l'ingestibilité des fourrages d'où les liaisons étroites observées entre la vitesse de digestion des fourrages et leur ingestibilité (Demarquilly et Chenost, 1969). Ce temps dépend avant tout de la proportion respective des constituants pariétaux et des constituants cytoplasmiques dans le fourrage. Mais, comme Les constituants cytoplasmiques sont digérés beaucoup plus rapidement, l'ingestibilité est influencée essentiellement par l'abondance et la nature des constituants pariétaux.

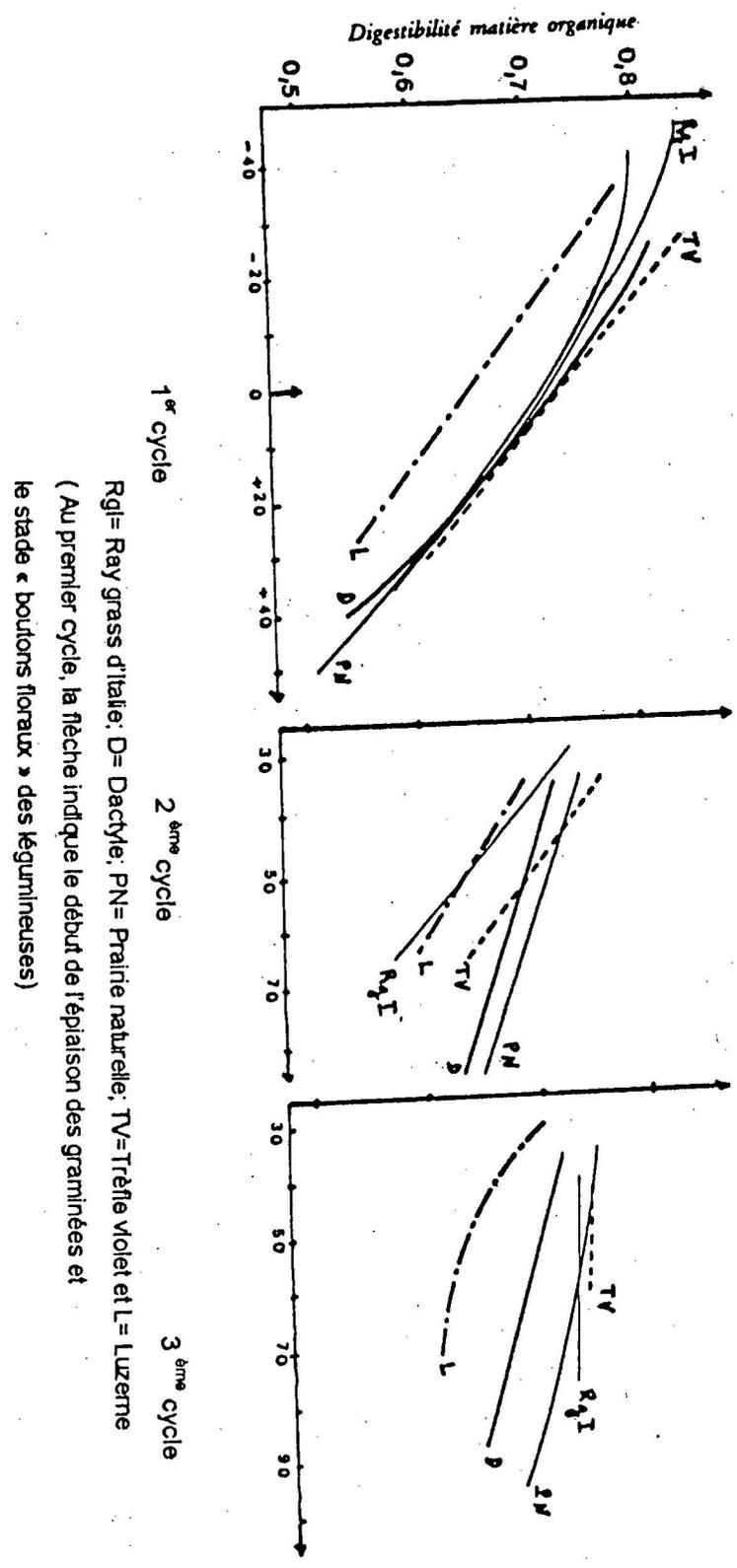


Fig 3: Evolution avec le stade ou l'âge (en jour) de la digestibilité de la luzerne, du trèfle violet et de quelques graminées au cours des 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} cycles de végétation (Demarquilly, 1982).

L'ingestibilité des graminées et des légumineuses dépend comme la digestibilité avant tout du stade de développement et du numéro de cycle (fig 6). Elle diminue constamment avec l'âge, notamment au cours du premier cycle de végétation par suite de la diminution de la vitesse de digestion dans le rumen entraînée par l'augmentation en constituants pariétaux et de la lignification de ces derniers (Jarrige et al, 1973, cités par Demarquilly, 1982).

Il existe par ailleurs, une liaison étroite entre l'ingestibilité et la digestibilité, mais l'ingestibilité des légumineuses diminue beaucoup moins vite que celle des graminées avec la digestibilité. Demarquilly (1982) et Dulphy (1994) rapportent qu'à même digestibilité, les légumineuses sont ingérées en grande quantité que les graminées. Des différences entre ces deux familles encore plus élevées sont observées quand les comparaisons sont faites pour des fourrages de faible digestibilité, c'est à dire en fin de cycle.

L'ingestibilité plus élevée des légumineuses s'explique selon Van Soest (1964) par le fait que la lignification est beaucoup moins diffuse que chez les graminées et freine donc moins l'attaque microbienne. Il en résulte que les légumineuses sont plus digérées.

Selon Dulphy et al (1994) la baisse moyenne d'ingestibilité observée chez les fourrages verts est de $0,189 \text{ g/kg } P^{0,75}$ par gramme de cellulose brute.

Demarquilly et Weiss (1970) estiment que les quantités de matière sèche de fourrages verts volontairement ingérées mesurées sur moutons varient de 40 à plus de $100 \text{ g/kg } P^{0,75}$ suivant l'âge, le numéro du cycle et la famille botanique.

De cette étude, il ressort que pour un fourrage vert d'une espèce donnée, les caractéristiques botaniques (espèce, stade de développement, âge) et les conditions du milieu (lieu, année) constituent des facteurs déterminants de la composition morphologique, chimique et conditionnent par conséquent la valeur alimentaire.

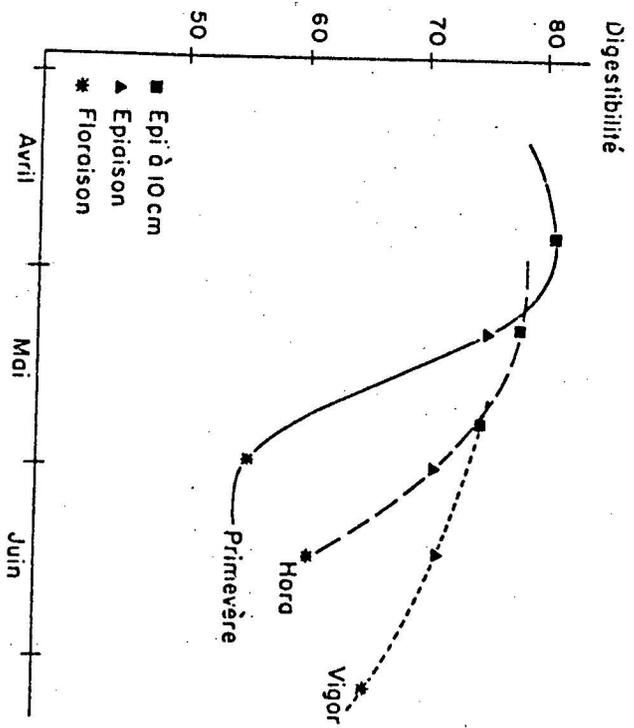


Fig 4: Digestibilité de trois variétés de ray-grass anglais de précocité différentes, au printemps (Gillet, 1980)

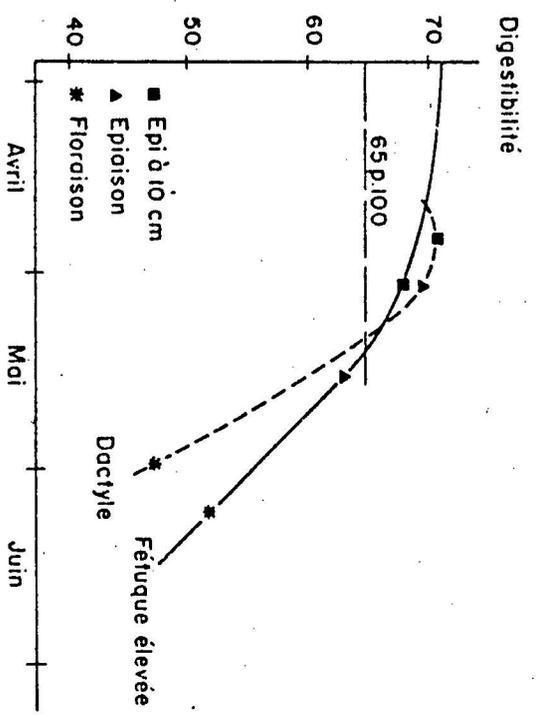
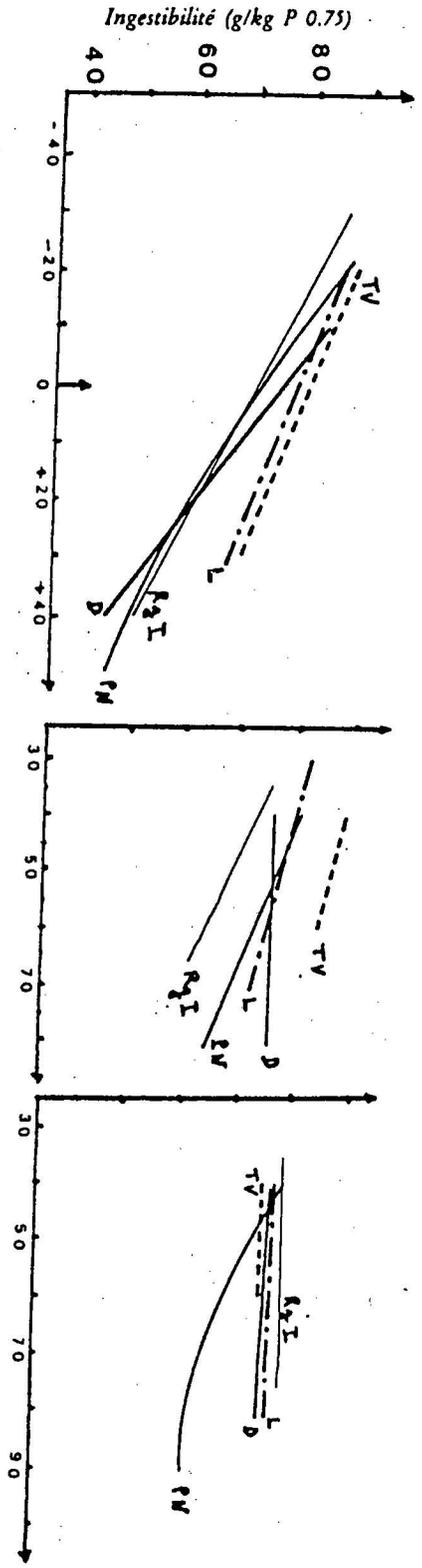


Fig 5: Digestibilité d'un dactyle Germinal et d'une fétuque élevée Ludion au printemps (Gillet, 1980)



RgI= Ray grass d'Italie; D= Dactyle; PN= Prairie naturelle; TV=Trèfle violet et L= Luzerne
 (Au premier cycle, la flèche indique le début de l'épiaisson des graminées et le stade « boutons floraux » des légumineuses)

Fig 6: Evolution avec le stade ou l'âge (en jour) de l'ingestibilité de la luzerne, du trèfle violet et de quelques graminées au cours des 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} cycles de végétation (Demarquilly, 1982).

CHAPITRE III: Variation de la valeur alimentaire en fonction des procédés de conservation.

Parmi les différentes techniques de conservation de l'herbe, la fenaison au champ demeure la méthode la plus utilisée dans de nombreux pays, notamment en Algérie. L'association vesce-avoine occupe une place importante ($236,8 \cdot 10^3$ ha/an en moyenne), sa quasi totalité est récoltée en foin. L'utilisation de ce dernier est prépondérante en dehors des périodes de pacage et durant les périodes de rupture d'affouragement en vert. Le foin de cette association est souvent l'unique constituant de la ration de base du cheptel.

Sa valeur alimentaire dépend de celle du fourrage vert correspondant au moment de la coupe, des conditions de récolte et de conservation. A cet effet, la maîtrise de la date de récolte est importante. Toutefois, si le stade physiologique optimal pour la coupe est connu en théorie, il n'est pas toujours possible d'intervenir au moment le plus souhaitable. Dans le cas de la fenaison, il faut attendre des conditions climatiques favorables ce qui peut entraîner quelques jours voire quelques semaines de retard, d'où une perte plus ou moins importante de valeur nutritive sur pied. Aussi, entre la plante verte sur pied et sa distribution sous forme de foin, il existe des pertes de matière sèche et d'éléments nutritifs. Ces pertes ont lieu d'abord sur le champ lors de la récolte (Demarquilly 1987 et Cabon 1987) mais aussi en cours de la conservation (Zwaenepoel 1987 cité par Demarquilly 1987).

1 - Pertes au champ

1 - 1 - Lors de la fauche

Les pertes lors de la fauche (pertes mécaniques) sont selon Van Bockstaele et al (1981) cité par Dulphy (1987) fonction de l'état de la végétation, de sa hauteur, du type de faucheuse et du réglage de celle-ci. Cabon (1983) rapporte des pertes de matière sèche de 60, 150 et 300 kg par hectare respectivement pour la luzerne, la féтуque et le ray-grass anglais chaque fois que la hauteur de coupe est augmentée de 1 cm au delà de la hauteur de coupe souhaitable (7 cm). Ces pertes peuvent selon Van Bockstaele et al (1981) être considérables, dans le cas d'une prairie de graminée versée au stade épiaison.

Le type de faucheuses est responsable aussi de perte de matière sèche. Cabon (1982) indique que l'agressivité des machines se traduit surtout chez les légumineuses par la chute de

CHAPITRE III: Variation de la valeur alimentaire en fonction des procédés de conservation.

Parmi les différentes techniques de conservation de l'herbe, la fenaison au champ demeure la méthode la plus utilisée dans de nombreux pays, notamment en Algérie. L'association vesce-avoine occupe une place importante (236,8 10³ ha/an en moyenne), sa quasi totalité est récoltée en foin. L'utilisation de ce dernier est prépondérante en dehors des périodes de pacage et durant les périodes de rupture d'affouragement en vert. Le foin de cette association est souvent l'unique constituant de la ration de base du cheptel.

Sa valeur alimentaire dépend de celle du fourrage vert correspondant au moment de la coupe, des conditions de récolte et de conservation. A cet effet, la maîtrise de la date de récolte est importante. Toutefois, si le stade physiologique optimal pour la coupe est connu en théorie, il n'est pas toujours possible d'intervenir au moment le plus souhaitable. Dans le cas de la fenaison, il faut attendre des conditions climatiques favorables ce qui peut entraîner quelques jours voire quelques semaines de retard, d'où une perte plus ou moins importante de valeur nutritive sur pied. Aussi, entre la plante verte sur pied et sa distribution sous forme de foin, il existe des pertes de matière sèche et d'éléments nutritifs. Ces pertes ont lieu d'abord sur le champ lors de la récolte (Demarquilly 1987 et Cabon 1987) mais aussi en cours de la conservation (Zwaenepoel 1987 cité par Demarquilly 1987).

1 - Pertes au champ

1 - 1 - Lors de la fauche

Les pertes lors de la fauche (pertes mécaniques) sont selon Van Bockstaele et al (1981) cité par Dulphy (1987) fonction de l'état de la végétation, de sa hauteur, du type de faucheuse et du réglage de celle-ci. Cabon (1983) rapporte des pertes de matière sèche de 60, 150 et 300 kg par hectare respectivement pour la luzerne, la féruque et le ray-grass anglais chaque fois que la hauteur de coupe est augmentée de 1 cm au delà de la hauteur de coupe souhaitable (7 cm). Ces pertes peuvent selon Van Bockstaele et al (1981) être considérables, dans le cas d'une prairie de graminée versée au stade épiaison.

Le type de faucheuses est responsable aussi de perte de matière sèche. Cabon (1982) indique que l'agressivité des machines se traduit surtout chez les légumineuses par la chute de

petits fragments (feuilles) qui ensuite ne sont plus récupérables. Cet auteur chiffre ces pertes entre 10 et 17 % en fonction du type de faucheuses.

1 - 2 - Lors de la fenaison

Au cours de la fenaison, les causes responsables des pertes de matières sèches sont nombreuses. Les plus importantes sont les pertes mécaniques, les processus enzymatiques qui se déroulent dans la plante après la fauche et le lessivage éventuel par la pluie; le niveau de ces pertes est très variable et, est selon Dulphy (1987) fonction des conditions climatiques, des techniques de fanage mises en oeuvre, de la masse de fourrage à sécher et l'espèce végétale.

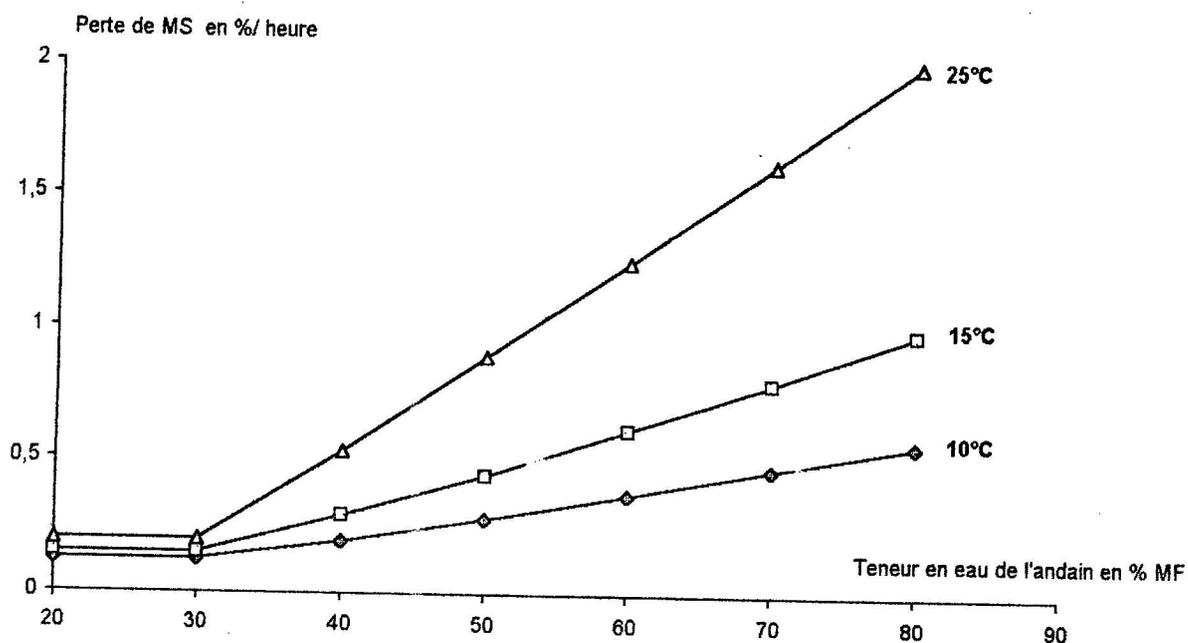
1 - 2 - 1 - Pertes dues aux processus enzymatiques.

1 - 2 - 1 - 1 - La respiration

La plante fauchée continue à respirer tant que sa teneur en matière sèche reste inférieure à 75% . Cette respiration se traduit par une perte de sucres, donc de matière sèche entièrement digestible et une augmentation passive des autres constituants de la plante. Demarquilly (1987) chiffre cette perte entre 5 et 8 % de la matière sèche initiale et trouve que cette perte est d'autant plus importante que la teneur en eau du fourrage et la température extérieure sont plus élevées (fig7). Selon Dulphy (1987), les pertes par respiration sont liées au temps qui s'écoule entre la fauche et la mort de la plante. Par temps chaud et sec, ces pertes sont de 3 à 4% et sont plus importantes 8 à 10% lorsque la dessiccation est lente.

1 - 2 - 1 - 2 -La protéolyse.

Pendant les premières heures de séchage, une partie des protéines insolubles est dégradée en azote soluble et la proportion de l'azote non protéique dans cet azote soluble augmente. Selon Mc Pherson (1952) et Brady (1960) cités par Demarquilly (1987), cette protéolyse est très variable; elle touche de 0 à 40% de protéines. Aussi, elle est d'autant plus importante que la dessiccation est lente, doit toucher les protéines les plus dégradables et conduit surtout à la formation d'acide aminés libres; si le séchage est particulièrement lent, elle conduit à la formation d'amides (tableau 8). Cette protéolyse s'arrête, comme la respiration,



Parke, Dumont et Boyce (1978), cités par Demarquilly, (1987)

Fig 7 : Influence de la teneur en eau du fourrage en andain sur les pertes de MS par respiration, selon la température ambiante.

Tableau 8 : Modifications de la teneur en azote total et des teneurs en différents constituants azotés entraînés par la fenaison chez le ray grass d'italie.

	Teneur en % MS	N total % MS	N protéique insoluble	N soluble		
				Amides	Acides aminés libres	Peptides
				en % MS et (en% N total)		
Début épiaison: séchage à 21° C et air à 85% d'humidité relative						
Fourrage vert	18,6	1,78	1,22 (68,5)	0,04 (2,2)	0,09 (5,1)	0,43 (24,2)
Foin (99 heures de séchage)	58,5	1,74	0,78 (44,8)	0,40 (23,0)	0,25 (14,4)	0,31 (17,8)
Pleine floraison: séchage à 21° C et air à 85% d'humidité relative						
Fourrage vert	25,2	1,65	1,09 (66,1)	0,10 (6,1)	0,09 (5,5)	0,37 (22,4)
Foin (99 heures de séchage)	52,9	1,49	0,75 (50,3)	0,16 (10,7)	0,24 (16,1)	0,34 (22,8)

MS = matière sèche; N = azote

Melvin et Simpson (1963) cités par Demarquilly (1987)

à la mort de la plante et n'entraîne pas une diminution de la teneur en azote total. Les modifications des teneurs en matières azotées entraînées par la fenaison résultent non pas des processus enzymatiques mais des pertes mécaniques (feuilles) subies par le fourrage ou du lessivage par la pluie.

Les autres modifications liées à l'activité des enzymes concernent essentiellement les vitamines. Ainsi, d'après Watson et Nash (1960) cités par Demarquilly (1987) les pertes en carotène et vitamine C est quasi totale dans les foins de graminées.

1 - 2 - 2 - Autres pertes dues aux processus enzymatiques

Pendant le fanage au champ, les teneurs en carotène, en vitamines C et B1 et en chlorophylle diminuent suite à l'activité d'enzyme et l'action photochimique du soleil. En revanche, les foins restés plus longtemps exposés au soleil contiennent plus de vitamine D.

1 - 2 - 3 - Pertes dues à la pluie reçue par le fourrage coupé

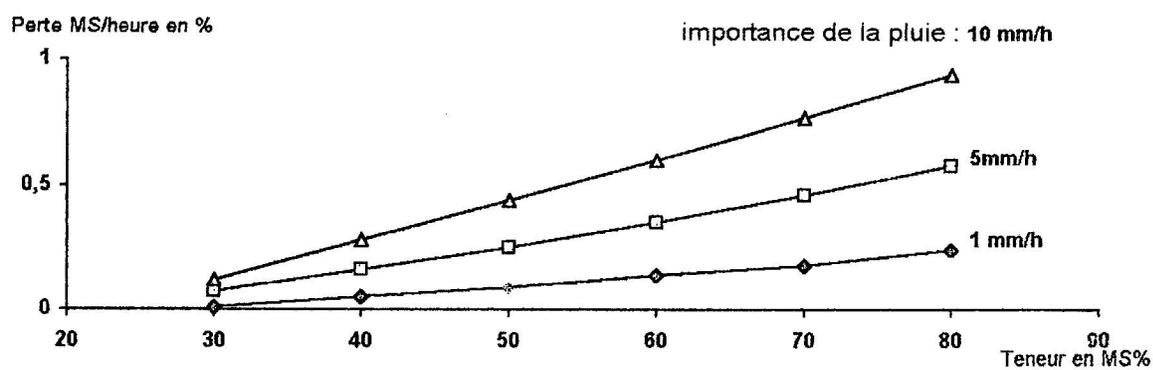
Selon Demarquilly (1987), la pluie en tombant sur un fourrage coupé a plusieurs conséquences:

- Sur un fourrage vivant, en retardant la mort des plantes, la pluie augmente les pertes par respiration et les pertes mécaniques.
- Elle entraîne par lessivage, quand elle tombe sur un fourrage déjà sec et dont les cellules ont perdu leur perméabilité sélective à l'eau donc laissent diffuser plus facilement les constituants solubles du cytoplasme, une partie de la matière sèche soluble dans l'eau: glucides solubles, constituants azotés, certains minéraux et vitamines. Il en résulte une diminution de ces constituants et une augmentation passive en cellulose brute (tableau 9). Les pertes par lessivage sont très variables et sont fonction de la quantité d'eau reçue par le fourrage (fig 8), de la teneur en matière sèche et du conditionnement de ce dernier. Cabon (1983) cité par Dulphy (1987) estime que les pertes liées à la pluie sont de l'ordre de 2, 3 et 4 % de la MS/j respectivement, pour des fourrages ayant une teneur moyenne en MS de 30 à 50 % et plus de 60 %. Par ailleurs, si la période pluvieuse se prolonge, la pluie permet le développement de certaines bactéries et moisissures qui vont métaboliser une partie de la matière organique.

Tableau 9 : Modifications moyennes des teneurs en matières azotées et en cellulose brute entraînées par la fenaison suivant les conditions climatiques dans le cas des graminées ou des prairies naturelles à base de graminées.

Conditions climatiques	Matières azotées (g/kg MS)	Cellulose brute (g/kg MS)
Séchage au sol par beau temps sans pluie	- 6	+ 16
Séchage au sol avec pluie:		
durée de séjour au sol < 10 jours	- 10	+ 39
durée de séjour au sol > 10 jours	-15	+ 53

Andrieu et al (1981) cités par Demarquilly (1987)



Parke et al, (1987)

Fig 8 : Perte par lessivage des graminées.

1 - 2 - 4 - Pertes mécaniques

Au cours des opérations de fanage, ramassage et de pressage du fourrage, les parties les plus fragiles et les plus sèches de la plante, c'est à dire les feuilles et folioles se détachent et tombent sur le sol (tableau 10). L'importance de ces pertes varient selon le nombre, la nature des opérations, la teneur en matière sèche du fourrage au moment de ces opérations et l'espèce végétale. Ainsi, les légumineuses en particulier sont beaucoup plus affectées que les graminées car leurs feuilles sèchent plus vite que les tiges. Andrieu et al (1981) cités par Demarquilly (1987) situent la diminution de la teneur en matières azotées à 42 et 9% respectivement pour les foins de légumineuses et graminées séchés entièrement au sol. Les pertes sont de plus en plus élevées dès lors qu'on travaille un fourrage plus sec. Sur graminées, Honig (1979) cité par Dulphy (1987) montre que le niveau de pertes de matière sèche à l'hectare à chaque passage de matériel varie de 10 à 150 kg selon le type de matériel employé et le degré de dessiccation du fourrage. Dulphy (1987) fait remarquer qu'en dehors de toute manipulation et pour une durée de fanage longue, les pertes dues à la dessiccation elle-même sont de 90 kg de MS/ha lorsque la teneur en matière sèche passe de 55 à 70% et 550 kg lorsqu'elle passe de 70 à 80% soit respectivement une perte de 1,8 et 11 % du fourrage initial.

2 - Pertes au cours de conservation.

Au cours du stockage, les foins rentrés suffisamment sec (> 85% de MS) et mis à l'abri, subissent des pertes très réduites. Selon Dulphy (1987), ces pertes sont inhérentes surtout aux manipulations et varient de 2 à 4 %.

En revanche, les foins rentrés insuffisamment sec (< 80% de MS) et stockés tels quels subissent des pertes élevées dues aux phénomènes d'échauffement (tableau 11). Ces pertes affectent en premier lieu les glucides solubles dont la teneur peut diminuer d'après Davies et Warboys (1978) cités par Zwaenepoel et al (1987) de 50 à 80%. Les constituants pariétaux et azotés sont, selon Andrieu et Demarquilly (1987) également touchés (tableau 12). L'échauffement est à l'origine de la diminution de la digestibilité de la matière organique et des matières azotées suite à la formation de composés indigestibles qui résultent de la combinaison d'acides aminés et de sucres ou d'hémicelluloses. Les composés azotés formés dans cette réaction de brunissement connue sous le nom de réaction de Maillard, se fixent sur la lignocellulose- ADF.

Tableau 10 : Pertes et composition de ces pertes chez la luzerne et le trèfle blanc

Pertes mécaniques en matière sèche (en % MS de départ)		Organes constituants ces pertes (en % des pertes totales)				
		folioles	pétioles	tiges principales	tiges secondaires	fleurs
Luzerne	18,7	89,1	5,2	0	5,7	-
Trèfle blanc	17,4	84,4	10,9	-	-	4,7

Shepherd (1959) cité par Demarquilly (1987)

Tableau 11 : Pertes de matière sèche durant le stockage selon l'humidité du fourrage

Humidité en % de la M.H.	Pertes de M.S. en %	Auteurs	Humidité en % de la M.H.	Pertes de M.S. en %	Auteurs
20	3,3	Dijkstra(1957)	35,5	19,2	Currence (1976)
25	5		23,9	10,6	
33	12,6	Davies(1978)	24,5	3,3	
24	4,3		25,8	5,9	
28	11,7	Dulphy, Zwaenpoel (1978)	44,8	25	Marley (1976)
27	6,6		31,3	17,6	
34	10,2		21,3	6,5	
27	8,8	Johnson et al. (1983)	33	10,3	Zwaenepoel et al. (1979)
34	9,4		30,5	11,9	
23	2,8		38,2	11,1	
21	0,4		32,2	10,4	
15	3,6	Kerr et Brown (1965)	22,9	9	Butler (1973)
31	10,6		18	8	
33	8,8				
40	17,5				

MS = matière sèche; MH = matière humide

Zwaenepoel et al (1987).

Tableau 12: Modifications de la composition chimique et de la digestibilité entraînées par l'échauffement des foins

	Nombre de comparaison	Composition(g/kg MS)		Digestibilité (points)		
		MAT	CB	MO	MAT	CB
Foin normal	3	136	319	59,6	58,7	66,6
Foin légèrement chauffé		140	297	56,8	39,6	65,8
Différence		+4	-22	-2,8	-19,1	-0,7
Foin normal	3	126	312	60,6	56,0	66,6
Foin chauffé		130	305	53,5	23,2	64,4
Différence		+4	-17	-7,1	-32,8	-2,2
Foin normal	2	156	299	59,3	59,6	66,8
Foin fortement chauffé		162	259	45,7	10,1	58,8
Différence		+8	-40	-13,5	-49,5	-8,0
Foin normal	1	146	331	65,2	47,0	79,5
Foin légèrement chauffé		156	292	43,5	0,9	57,1
Différence		+10	-39	-21,7	-46,1	-22,4

MAT = matière azotée totale; CB = cellulose brute; MO = matière organique

Andrieu et Demarquilly, (1987)

Les résultats de plusieurs auteurs rassemblés par Zwaenepoel et al (1987) et par Dulphy (1987) montrent qu'au dessus de 25% de teneur en eau lors du stockage, les pertes de matière sèche deviennent élevées et variables. D'après ce même auteur, ces pertes de matière sèche sont liées au degré d'échauffement, lui même lié à la quantité de glucides solubles utilisables et utilisés dans le métabolisme respiratoire de la plante d'abord et par les microorganismes qui se développent rapidement ensuite. Par ailleurs, le degré d'échauffement est lié d'après Zwaenepoel (1987) à la teneur du fourrage en azote facilement utilisables par ces microorganismes.

De cette étude, il ressort que pour un fourrage vert d'une espèce végétale donnée, les caractéristiques botaniques (espèce, stade, âge) et les conditions de milieu (lieu, année) constituent des facteurs déterminant de la composition et de la valeur alimentaire. Quand le fourrage est exploité en foin, en plus de ces facteurs déterminants, les conditions d'exploitation sont responsables de perte de matière sèche et de modifications plus ou moins importantes de la composition et de la valeur alimentaire. Pour améliorer la valeur alimentaire des foins obtenus, plusieurs possibilités existent. Tout d'abord, il faut s'efforcer de récolter des fourrages de meilleure valeur alimentaire c'est à dire de les récolter plus tôt. En choisissant des variétés tardives, il est possible d'obtenir, pour une même date de récolte, des fourrages physiologiquement plus jeunes ou plus riches en feuilles, de valeur alimentaire plus élevée. Comme il est possible de minimiser les pertes mécaniques surtout, par la maîtrise de la technique de fanage par une meilleure organisation des travaux. Il est également possible d'améliorer la valeur alimentaire du foin récolté tardivement en ayant recours aux traitements technologiques tel que l'emploi de l'ammoniac anhydre ou de l'ammoniac généré par hydrolyse de l'urée.

CHAPITRE IV: Amélioration de la valeur alimentaire des foins par des traitements technologiques.

Les fourrages cultivés en Algérie sont dominés par les fourrages annuels conduits en sec et exploités en foin. Ces derniers occupent près de 80% de la sole des fourrages cultivés et sont représentés essentiellement par la culture de l'association vesce-avoine et celle d'avoine (Hammadache, 1997). Selon Houmani (1998), la production de foin dégagée par la culture de cette association représente annuellement en moyenne $360 \cdot 10^3$ tonnes; ce qui correspond à 58% de la production nationale de foin. Cependant, la faible maîtrise par les éleveurs des techniques de production et d'exploitation de l'association vesce-avoine en foin conduit le plus souvent à récolter un foin de faible valeur alimentaire qui s'apparente à la paille de céréale et qui parvient difficilement à couvrir les besoins d'entretien des animaux. Le foin récolté se caractérise par une teneur élevée en cellulose brute pouvant atteindre 45% de la matière sèche selon Chermiti et Cordesse (1988) et une faible teneur en azote (5,8%) selon Houmani (1998). Par ailleurs, les quantités ingérées par les animaux sont faibles et sont le plus souvent comparables à celles des pailles de céréales (moins de 40gMS/kg P^{0,75}). Une amélioration de la valeur alimentaire de ce type de foin est souvent nécessaire ou souhaitable. Cette amélioration peut se faire comme pour la paille par une complémentation minérale et azotée appropriée mais aussi par différents types de traitements (Chenost et Dulphy, 1987).

1- Les différents types de traitements.

Parmi les traitements chimiques appliqués à la paille pouvant être appliqués aux foins de mauvaise qualité le traitement à l'urée ayant déjà fait l'objet de nombreux travaux sur paille à l'institut d'agronomie de Blida (Nadjeh, 1991; Serradj, 1991; Zouaoui, 1992; Hadj-Omar, 1992; Slamani, 1992; El-Hadef, 1992 et Mazouz, 1993) suscite un intérêt particulier.

Ce traitement à l'urée est appliqué aux sous-produits agricoles pauvres dans la pratique avec succès déjà depuis plusieurs années au Bangladesh (Saadullah, Haque et Dolberg, 1981) et l'Inde (Jayasuriya, 1985) cités par Chenost (1987).

Selon Houmani (1998), le traitement à l'urée se développe de plus en plus dans certains pays d'Afrique du nord et mérite d'être étendu aux foins de faible valeur nutritive.

L'utilisation de l'urée comme source d'ammoniac dans ce type de traitement est intéressante. L'urée universellement disponible, facile à transporter n'est pas dangereuse à manipuler et ne nécessite qu'une couverture en film plastique; elle fait l'objet de recherches récentes pour se substituer à l'ammoniac anhydre considérée comme produit relativement dangereux, toxique et exigeant un équipement spécialisé.

2 - Paramètres de traitement

Les recherches entreprises par Williams, Innes et Brewer (1984) cité par Chenost (1987) et Dulphy (1987) en France et ultérieurement, par Houmani (1998) sur les conditions optima de l'hydrolyse de l'urée en ammoniac et son pouvoir enrichissant dans nos conditions de laboratoire et de terrain ont permis de fixer les paramètres suivants:

2 - 1 - Taux d'humidité:

Les taux d'humidité les plus favorables sont compris entre 15 et 30%. Toutefois le taux de 30% est à recommander car il facilite la manutention et le stockage sans trop affecter la fixation de l'azote et la digestibilité de la matière sèche.

2 - 2 - Dose de traitement

Un traitement à raison de 5 à 8% d'urée, correspondant respectivement à environ 2,5 à 4% d' NH_3 permet d'après Chenost et Dulphy (1987) d'améliorer la valeur alimentaire de la paille à un niveau voisin de celui permis par l'ammoniac anhydre. Les résultats obtenus avec des fourrages (foins) d'humidités comprises entre 25 et 40% par Zwaenepoel (1987) ont montré que la dose à appliquer doit être au moins égale à 2% de la MS. Cet auteur conclut qu'avec cette dose l'action inhibitrice de l'ammoniac est nette sur les moisissures et permet d'assurer la conservation du fourrage en atmosphère ammoniacale. Par ailleurs, dans un essai sur la précision des conditions favorables pour obtenir un traitement à l'urée efficace sur le foin de vesce-avoine, Houmani (1998) trouve qu'avec une dose de 4% le pouvoir de fixation d'azote du foin est atteint.

2 - 3 - Durée et température de traitement.

Ces deux paramètres sont liés et doivent être raisonnés en même temps. En rassemblant les résultats de plusieurs auteurs, Cordesse (1987) préconise une durée de traitement de deux mois pour un traitement d'hiver c'est à dire lorsque la température ambiante est en dessous de 15° C et une durée de un mois pour les traitements d'été (température > 15°C). Selon cet auteur, dans les deux cas, les durées plus longues sont cependant bénéfiques.

3 - Influence du traitement sur la valeur alimentaire .

3 - 1 - Sur la composition chimique

Dès lors que les règles d'une bonne uréolyse sont réunies, l'ammoniac généré par l'urée est susceptible de lever partiellement les facteurs intrinsèques du fourrage, responsables de sa faible digestibilité. Selon Cordesse (1987), l'ammoniac améliore la valeur nutritive par les modifications biochimiques qu'il entraîne sur les parois cellulaires fortement lignifiées des fourrages tardifs et par l'enrichissement en azote qu'il apporte.

A l'action caractéristique des alcalis qui améliorent la dégradabilité des glucides pariétaux, l'ammoniac de l'urée améliore la teneur en matières azotées totales du fourrage (Petit, 1987).

Les connaissances encore partielles sur les modifications biochimiques survenant au cours d'un traitement aux alcalis sur la microstructure des fourrages permet d'indiquer selon Cordesse (1987) que le traitement:

- solubilise en partie la lignine et, brise ses liaisons covalentes et hydrogène avec la cellulose et surtout les hémicelluloses. Ceci se traduit par une réduction importante de la rigidité et un gonflement des parois.

- libère les groupements phénoliques depuis la lignine.

Il en résulte que toutes ces modifications concourent à faciliter l'accessibilité et la colonisation des parois par la microflore cellulolytique du rumen et donc la dégradation des celluloses et hémicelluloses; ce qui se traduit théoriquement par une amélioration de la digestibilité des glucides pariétaux et une augmentation de l'ingestibilité.

En plus de l'action caractéristique des alcalis dans l'amélioration de la dégradabilité des glucides pariétaux, plusieurs auteurs (Paliev 1985; Gupta et al 1985) cités par Abdouli et al (1988) ; Benahmed et Dulphy (1985); Chenost et Dulphy (1987) ; Abdouli et al (1988); Chermiti et Cordesse (1988); Chenost (1989) et Houmani (1998) s'accordent pour dire que l'effet le plus significatif dans le traitement à l' NH_3 ou à l'urée c'est l'augmentation de la teneur du fourrage en matière azotées totales (tableau 13) et la diminution de la teneur en parois totales (NDF) en raison de la solubilisation d'une partie de l'hémicellulose . Cependant, l'enrichissement du fourrage en azote ne semble pas lié à la teneur en MAT du fourrage avant le traitement (Chenost et Dulphy, 1987) mais reste conditionné par l'efficacité de transformation de l'urée en ammoniac dans le cas d'un traitement à l'urée.

3 - 2 - Sur la digestibilité

Les résultats des travaux réalisés sur le traitement des foin à l'ammoniac (Chermiti et Cordesse, 1988) (Benahmed et Dulphy, 1985) ou à l'urée (Benahmed et Dulphy, 1985) et (Houmani, 1998) rassemblés dans le tableau 14, font apparaître que le traitement améliore significativement la digestibilité de la matière organique, des matières azotées totales et de la cellulose brute des fourrages traités . Les augmentations de digestibilité observées sont respectivement de 13,1 , 23,8 et 18,2 sur un foin de vesce-avoine traité à 3% d' NH_3 (Chermiti et Cordesse, 1988). Houmani (1997) avec un traitement à base d'urée (4%) enregistre des améliorations de digestibilité de la MO avec 11,5%, des MAT avec 21,1% et 14,7% pour la CB. Antérieurement, Dulphy et al (1984) cités par Chermiti et Cordesse (1988) obtiennent avec un foin de ray-grass coupé à un stade tardif et traité à la même dose (3% d' NH_3) une augmentation de la digestibilité de 8,6 et 19,3 % respectivement pour la MO et la CB.

D'un autre côté, Benahmed et dulphy (1985) relèvent des augmentations de digestibilité de 3,4 points avec la CB et 2,4 points avec la MO avec un foin de prairie naturelle tardif traité à 5% d'urée. Ces résultats demeurent moins importants que ceux obtenus par l'application de 3% d' NH_3 (tableau 14). Ces auteurs attribuent ces résultats à la faible uréolyse et à la mauvaise fixation de l'urée. Cependant, le traitement entraîne également une augmentation anormale de la teneur en matière azotées non digestibles (MAND) des fourrages, malgré la nature non protéique de l'azote. Cela peut être dûe au fait qu'une partie de l'azote ammoniacale apporté par le traitement reste fortement fixée sur les parois indigestibles et probablement, selon Selhab et al (1997), à l'inhibition de la synthèse protéique par la présence de substances phénoliques libérées lors du traitement.

Tableau 13: Composition chimique des pailles et foins avant et après traitement à l' NH_3 ou à l'urée

Nature du fourrage	Nature de traitement	Dose de traitement en%	Composition en % de la MS			Nf x 100 Na	sources
			Cendres	MAT	CB		
Foin	urée	0	6,5	11,7	36,4		Benahmed et Dulphy, (1985)
		5	6,0	22,8	35,3		
		3	6,7	20,2	34,1		
Paille	urée	0	9,3	2,8	45,9		
		5	9,9	7,6	0,1		
		3	9,5	8,8	45,4		
Paille	urée	0	8,7	3,9	38,5	79	Abdouli et al, (1988)
		4	7,6	14,0	42,2		
Foin	NH_3	0	7,6	6,6	38,5	54	Chermiti et Cordesse, (1988)
		3	6,9	14,9	39,1		
Paille	NH_3	0	9,5 - 10,4	4,5 - 2,9	39,8 - 38,5		Chenost, (1989)
		5	6,4 - 9,5	9,4 - 11,1	39,8 - 44,4		
Paille	NH_3	0		4,4	41,6		Chermiti et al, (1994)
		4		10,5	43,2		
Foin	urée	0		5,7	38,5		Houmani, (1998)
		4		12,5	38,8		

MAT = matière azotée totale; CB = cellulose brute, N = azote, Nf = azote fixé, Na = azote appliqué.

3 - 3 - Sur l'ingestion volontaire:

Les résultats bibliographiques concernant l'effet de traitement des mauvais foins sur leur ingestion volontaire (cf tableau 14) montrent que le traitement à l' NH_3 ou à l'urée améliore les quantités ingérées. Dulphy et al, (1984) relèvent sur 11 foins traités à l' NH_3 une augmentation moyenne de 19,6%. L'ingestibilité moyenne de ces foins passe de 48 à 57 g de MS / kg P^{0,75}

chez le mouton. Des ingestibilités de foin traité, plus importantes sont observées par Chermiti et Cordesse (1988) avec 92,6% sur foin de vesce-avoine traité à l'ammoniac et Houmani (1998) avec 68% sur un foin de vesce-avoine traité à l'urée.

Chermiti et Cordesse (1988) rapportent que l'augmentation de l'ingestion volontaire des fourrages traités est d'autant plus élevée que si cette ingestion était faible avant le traitement.

Tableau 14 : Digestibilité et ingestibilité des pailles et des foins avant et après traitement à l'ammoniac (NH₃) ou à l'urée.

Nature du fourrage	Nature du traitement	Dose en %	Digestibilité en %			MAND (g/kg MS)	Qté ingérée (gMS/kgP ^{0,75})	Sources
			MO	MAT	CB			
Foin	urée NH ₃	0	57,9	50,0	65,4	59	47,6	Benahmed et Dulphy, 1985
		5	60,3	72,2	68,8	63	47,6	
		3	65,8	55,3	76,6	90	60,0	
Paille	urée NH ₃	0	40,2	-19	52,5	35	39,0	
		5	38,5	41,0	44,3	45	25,0	
		3	47,9	42,2	61,4	53	32,7	
Foin	NH ₃	0	59,1	41,7	60,4	39	41,0	Chermiti et Cordesse, 1988
		3	72,2	65,5	78,6	52	79,0	
Paille	NH ₃	0	34,8 - 33,4	-	-	-	-	Chenost, 1988
		5	50,9 - 52,7	-	-	-	-	
Paille	NH ₃	0	45,5	-	-	-	50,9	Chermiti et al, 1994
		4	57,2	-	-	-	48,0	
Foin	urée	0	58,3	43,4	60,5	32,3	39,8	Houmani, 1998
		4	69,8	64,5	75,2	44,4	66,9	

(-) : absence de valeur

3 - 4 - Sur la valeur énergétique et azotée

Les études relatives à l'effet du traitement à l'urée ou l'ammoniac des pailles et des foins pauvres sur les valeurs énergétique et azotée exprimées dans le système UFL, UFV, PDI (INRA, 1988) sont peu nombreuses dans la littérature. Toutefois, les résultats trouvés par

certain auteurs font état d'une amélioration de la valeur UFL, UFV, PDIE et PDIN. Selon Chermiti et Cordesse (1988) , Houmani (1998), l'effet du traitement du foin de vesce-avoine respectivement à l'ammoniac et à l'urée sur la valeur énergétique a permis une amélioration respective de 0,19 - 0,17 UFL/kg MS et 0,21- 0,20 UFV/kgMS. Pour la valeur azotée, Houmani (1998) enregistre des améliorations de 55,9 , 28,6 et 9,9 g/kg MS respectivement pour les MAD, PDIN et PDIE.

3 - 5 - Sur les performances zootechniques

En raison de l'absence de travaux sur les performances animales avec des foin traité à l'ammoniac ou à l'urée, nous présentons les performances réalisées avec des animaux nourris avec des pailles traitées, lesquelles sont également peu nombreux.

Selon Yakhlef et Triki (1997), les résultats sur les paramètres de reproduction (fertilité, mortalité et productivité) obtenus chez les brebis soumises à une alimentation prolongée (3 ans) avec des rations à base de pailles traitées sont en moyenne supérieurs par rapport à ceux des rations à base de paille non traitée.

Dans un autre essai relatif aux performances zootechniques des brebis allaitantes recevant des rations à base de paille traitée à l'urée, Kouache (1997) relève des évolutions de poids vif chez les brebis et les agneaux en faveur de ces rations par rapport aux rations à base de paille non traitée. Mefti (1994), trouve dans un essai sur les performances de croissance des ovins nourris avec des pailles traitées à l'urée ou à l'ammoniac et complémentées avec des sources énergétiques locales (orge, mélasse) des GMQ, des conversions alimentaires et des coûts alimentaires comparables au régime témoin.

Par ailleurs, tous ces auteurs s'accordent à dire que l'utilisation de la paille traitée à l'ammoniac ou à l'urée ne s'accompagne d'aucun risque d'intoxication ou de trouble alimentaire.

DEUXIEME PARTIE
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

1 - Présentation des différentes expérimentations

1 - 1 - Première expérience: Etude phytotechnique des associations vesce-avoine et pois-avoine exploitées en vert

1 - 1 - 1 - Choix des associations étudiées

Il s'agit de l'association vesce-avoine en raison de sa large culture en Algérie et de son intégration dans le système fourrager algérien. La seconde association est le pois-avoine, introduite en vue de remplacer l'association vesce-avoine.

1 - 1 - 2 - Choix des stades de récolte

Les stades montaison, gonflement, épaison et laiteux-pateux ont été retenus pour la détermination du rendement et de la composition floristique, morphologique et chimique.

1 - 1 - 3 - Conditions pédo-climatique

Les cultures ont été réalisées durant la campagne 1996-1997 à la station expérimentale de l'Institut d'Agronomie, sur un sol limono-sableux moyennement pourvu en matière organique et en potassium en surface et fortement carencé en phosphore en profondeur. Le pH est voisin de la neutralité (tableau 15).

Tableau 15: Caractéristiques physico-chimiques du profil cultural.

Horizons	Profondeur (cm)	Granulométrie (%)			MO (%)	C (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH (eau)
		A	L	S						
Ap1	0 - 20	12,9	18,5	68,4	2,4	1,4	0,7	80	400	6,99
Ap2	20 - 50	8,9	67,5	22,6	1,63	0,95	0,54	28	300	6,96

Ap1 et Ap2= couches travaillées; A= argile; L= limon; S= sable
MO= matière organique; C= carbone; N= azote; P= phosphore; K= potassium.

Le climat est de type sub-humide caractérisé par une pluviosité moyenne annuelle de 671 mm. un déficit pluviométrique de 384 mm a été enregistré durant l'année 1996/1997. Les températures mensuelles moyennes enregistrées sont présentées dans le tableau 16.

Tableau 16: Températures et précipitations mensuelles moyennes enregistrées au cours de l'essai (1996/1997)..

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
Tmax°C	28,5	24,3	22,3	19,7	18,3	20,0	21,7	23,8	27,0
Tmin°C	14,9	9,7	8,1	6,4	6,1	3,7	2,8	8,0	13,5
Tmoy°C	21,7	17,0	15,2	13,1	12,2	11,8	12,2	15,0	20,2
Précipitation (mm)	31,1	93,7	17,9	47,6	25,1	38,6	8,0	67,3	23,7

Source: Institut technique d'arboriculture fruitière, Station de Boufarik.

1 - 1 - 4 - Semences

Les semences utilisées sont pour: - la graminée, l'avoine, variété prévision. C'est une variété semi précoce, tutrice d'origine française.

- les légumineuses, une vesce (*vicia sativa*), variété Languedoc, d'origine française et un pois (*pisum sativum*), variété Maghchouch, d'origine marocaine.

1 - 1 - 5 - Fertilisation

Une fumure de fond (engrais phosphaté) a été appliquée à la dose de 100 unité par hectare, 2/3 avant labour et le reste au discage.

Une fumure azotée a été effectuée au début de tallage à la dose de 30 unité/ha.

1 - 1 - 6 - Dispositif expérimental.

1 - 1 - 6 - 1 - Semis

Les semis ont été réalisés du 3 Novembre au 17 Décembre à la dose de 120 kg/ha, d'un mélange de 1/3 d'avoine et 2/3 de vesce ou de pois. L'échelonnement des dates de semis permettra de conduire dans le temps les mesures de digestibilité in vivo sur le fourrage plus ou moins au même stade physiologique. Pour cela, 4 dates de semis ont été retenues avec 15 jours d'intervalle entre chaque semis dans un dispositif en bloc à 4 répétitions pour chaque association. La taille de la parcelle élémentaire a été de 600 m².

1 - 1 - 6 - 2 - Prélèvement des échantillons

A l'aide d'un quadrat métallique, trois (3) récoltes de 0,25 m² par parcelle ont été effectuées pour les deux associations aux stades montaison (14 mars), gonflement (24 mars), épiaison (6 avril) et laiteux-pateux (2 mai). Ces prélèvements ont servi à mesurer le rendement en matière sèche, la composition floristique, morphologique et chimique.

1 - 2 - Deuxième expérience: Etude de la valeur alimentaire des associations vesce-avoine et pois-avoine exploitées en vert.

1 - 2 - 1 - Animaux.

La détermination de la valeur alimentaire s'est déroulée dans l'atelier de digestibilité du département de zootechnie de l'Institut d'Agronomie de Blida. Deux lots de quatre (4) moutons entiers, de race Ouled Djellal, âgés de 3 à 4 ans ont été utilisés. Le poids vif moyen par lot a été de 57,5 à 57,6 kg en une première période (fourrage au stade épiaison) et 60 à 59 kg en une deuxième période (fourrage au stade laiteux-pateux) (annexe 1).

1 - 2 - 2 - Stades étudiés

Il s'agit des stades épiaison et laiteux-pateux. Le choix de ces stades correspond pour le premier, au stade de récolte préconisé dans la littérature, et au stade de récolte traditionnel pour le second.

1 - 2 - 3 - Distribution des aliments

En absence de chambre froide, les fourrages utilisés dans la mesure de digestibilité ont été récoltés à la faucille quotidiennement, hachés en brin de 10 cm environ afin de limiter le tri par les animaux. Les quantités journalières récoltées de chaque association ont été ajustées en fonction des quantités ingérées la veille soit 10 à 15% de refus.

1 - 3 - Troisième expérience: Etude de la valeur alimentaire de la vesce-avoine récoltée en foin.

En complément à l'étude de la valeur alimentaire des associations en vert, les foins issus des mêmes fourrages verts ont fait l'objet de deux essais. Dans le premier essai, nous déterminons la valeur alimentaire de la vesce-avoine récoltée en foin aux stades épiaison et laiteux-pateux. Dans le deuxième essai nous mesurons l'effet du traitement à l'urée et à l'urée + chaux sur la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine au stade laiteux-pateux.

1 - 3 - 1 - Essai 1: Valeur alimentaire du foin de vesce-avoine aux stades épiaison et laiteux-pateux.



1 - 3 - 1 - 1 - Condition de récolte

- Au stade épiaison (foin précoce = FP), le fourrage a été récolté au cours de la première quinzaine d'avril 1997, a séjourné 12 jours au sol et a subi deux (2) retournements. Cependant, en raison de la menace des pluies, le foin a été conditionné en bottes insuffisamment sec. Au cours de la première semaine de stockage, ce foin a subi un léger échauffement.

- Au stade laiteux-pateux (foin tardif = FT), correspondant à la deuxième quinzaine de mai, la récolte en foin s'est déroulée dans des conditions de température plus favorables. La durée de fanage n'a été que de 10 jours et le fourrage n'a subi qu'un seul retournement. Il a été conditionné en botte et stocké dans les mêmes conditions que le foin récolté à l'épiaison.

1 - 3 - 2 - Essai 2: Effet du traitement à l'urée et à l'urée + chaux sur la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine au stade laiteux pateux.

1 - 3 - 2 - 1 - Traitement à l'urée seule

30 bottes de foin (16 kg par botte) ont été traitées avec une solution de 40 g d'urée dans 300 g d'eau par kg de MS à l'aide d'un arrosoir manuel. Le traitement a été

effectué sur les bottes disposées en deux couches; la première couche a été légèrement arrosée. La meule ainsi traitée a été couverte avec un film plastique. Le stockage sous atmosphère ammoniacale a duré deux mois (14 décembre 1997 au 12 février 1998) à une température moyenne de 17 °C.

1 - 3 - 2 - 2 - Traitement à l'urée + chaux

30 bottes de foin (même foin qu'avec le traitement à l'urée) ont été traitées avec une solution de 25 g d'urée + 5 g de chaux dans 300 g d'eau par kg de MS à l'aide d'un arrosoir manuel. Le traitement a été effectué sur les bottes disposées en deux couches; la première couche a été légèrement arrosée. La meule ainsi traitée a été couverte avec un film plastique. Le stockage sous atmosphère ammoniacale a duré deux mois (14 décembre 1997 au 12 février 1998) à une température moyenne de 17 °C.

1 - 3 - 2 - 3 - Mesure de la valeur alimentaire du foin.

La détermination de la valeur alimentaire du foin précoce (FP), du foin tardif (FT) et du foin traité (urée seule (FTu) ou urée + chaux (FTu+c)) a été réalisée sur 4 montons de race Ouled Djellal pesant en moyenne 51,5, 55,7, 54,7 et 58,2 kg au cours de 4 périodes successives correspondant au foin précoce, tardif, traité à l'urée et à l'urée + chaux. Chacun des foins a été distribué à volonté (10 à 15 % de refus) en deux repas par jour (9 et 16^h). Les animaux ont eu à leur disposition de l'eau à volonté et des pierres à lécher en permanence.

1 - 3 - 2 - 4 - Aliments.

Les foins de vesce-avoine, précoce (FP), tardif (FT), tardif traité à 4% d'urée (FTu) et à 2,5% d'urée + 0,5% de chaux (FTu+c) ont été utilisés sans complémentation. Ainsi quatre (4) périodes de mesure sur mouton ont été déterminées. Dans cette expérience, des injections intramusculaires de 5 ml de vitamine AD₃E ont été administrées aux animaux au début de l'essai. L'eau a été distribuée à volonté et des pierres à lécher ont été mises à la disposition des animaux.

2 - Principales méthodes et techniques utilisées

2 - 1 - Méthode de digestibilité in vivo

2 - 1 - 1 - Période préexpérimentale

Placés en cage individuelle au sol pendant une période de 15 jours, les animaux sont adaptés à leur nouveaux régimes. Au terme de cette période, les animaux sont placés en cage à métabolisme en observation deux jours avant le début des mesures.

2 - 1 - 2 - Mesures

Pendant toute la période de mesure qui dure 10 jours, 100 g de distribué est prélevé chaque jour afin d'en déterminer la matière sèche. Les échantillons cumulés sont conservés en vue d'analyses.

La totalité des fécès est pesée quotidiennement, (les fécès éventuellement souillées sont récoltées et pesées séparément). 20% des fécès propres récoltés sont prélevés afin de déterminer la matière sèche. Les échantillons secs sont cumulés par période et par animal en vue d'analyses.

Les refus traités de façon identiques sont prélevés selon le schéma suivant:

Refus constatée	Prélèvement
< 150 g	Totalité des refus
151 à 300 g	50% des refus
301 à 600 g	25% des refus

Les résultats de mesures sont consignés en annexes 2 et 3

En complément de la digestibilité, une récolte d'urine est faite par animal quotidiennement afin d'établir le bilan azoté des animaux.

Elle se fait dans des récipients (bassines) en matière plastique, couvertes de moustiquaire et contenant 50 cc d' H_2SO_4 à 25%. Un échantillon de 20% des quantités d'urines émises est constitué chaque jour pour chaque animal, puis congelé en vue d'analyses.

2 - 2 - Analyses chimiques

Les analyses chimiques effectuées ont concerné les déterminations de la MS par dessiccation à 105° C, les MAT par la méthode Kjeldahl (schéma en annexe 4), de la CB par la méthode de Weend et de la MM par incinération à 550 °C.

2 - 3 - Calculs.

Les résultats des analyses chimiques ainsi que des mesures des quantités consommées, refusées et excrétées sont utilisés dans le calcul de l'ingestibilité, la digestibilité apparente et le bilan azoté.

Les valeurs énergétiques sont calculées en UF par la formule de Breirem et en UFL et UFV selon le système INRA, (1988) (en annexe 5). Les valeurs azotées sont déterminées en MAD et en PDI selon le système INRA, (1988) (annexe 6). Pour le foin traité, nous avons adopté la même démarche que celle utilisée par Houmani publiée en 1998.

2 - 4 - Analyses statistiques

Les moyennes des résultats obtenus des différentes expériences sont comparées par un test de Student au seuil de 5%, l'égalité des variances a fait l'objet d'un test de Snedecor préalablement à cette comparaison.

Chapitre II : RESULTATS ET DISCUSSION

Première expérience: Etude phytotechnique des associations vesce-avoine et pois-avoine en vert.

2 - 1 - Rendement en matière sèche des associations étudiées

Les rendements en matière sèche (Tableau 17 et fig 9 en annexe 7) évoluent progressivement mais significativement du stade montaison au stade laiteux-patéux. L'association pois-avoine se caractérise par un rendement relativement élevé comparé à la vesce - avoine. ce rendement élevé s'expliquerait par la forte participation de l'avoine relevée dans cette association. Ce résultat est en accord avec ceux de Brundage et Klesbadel (1970), qui rapportent que l'avoine contribue à l'augmentation du rendement dans les associations graminées-légumineuses.

Au stade épiaison, les rendements sont en deça de ceux rapportés par Ouknider et Jacquard (1986) ; Hamrit (1994) et Hassen et Mansouri (1996), avec la vesce-avoine. Les rendements obtenus par ces auteurs sont respectivement de 8,8 ; 7,7 et 9 T MS/ha.

Le rendement en matière sèche du fourrage pois-avoine au stade épiaison (6,2 T MS/ha), est comparable à celui obtenu par Mohammedi (1983) avec 6,8 T MS/ha mais légèrement inférieur à celui observé par Hamrit (1994) avec 7,2 T MS/ha. Les différences observées dans nos rendements par rapport à ceux des auteurs cités seraient dues aux variétés utilisées, aux dates de semis, aux dates de récolte et à la pluviosité.

Tableau 17: Evolution des rendements des associations (en T MS/ha).

Association	stade de développement			
	Montaison	Gonflement	Epiaison	laiteux-patéux
Vesce-avoine	3,2 ± 0,5 d	3,8 ± 0,6 c	4,3 ± 0,7 b	5,1 ± 0,2 a
Pois-avoine	5,0 ± 0,9 c	5,6 ± 0,8 bc	6,2 ± 1,4 ab	6,8 ± 1,3 a

Sur la même ligne les valeurs suivies par une lettre commune ne sont pas significativement différentes (P < 0,05).

2 - 2 - Composition botanique des associations étudiées

La présence de la vesce ou du pois diminue avec le stade de développement passant de 25,2 à 11,5% pour la vesce et de 18,4 à 3% pour le pois respectivement du stade montaison au stade laiteux-pateux (tableau 18 et fig 10 en annexe 7). La diminution est beaucoup plus nette avec le pois qu'avec la vesce due à la précocité de la variété de pois utilisé. Cette tendance à la baisse de la proportion des légumineuses dans les associations graminée-légumineuse est rapportée par de nombreux auteurs notamment Ouknider et Jacquard (1986), qui ont observé une proportion de vesce de 55% au début du cycle contre 16% au stade grain laiteux de l'avoine. Ces auteurs attribuent cette situation aux conditions climatiques et à la densité linéaire de l'avoine.

Par ailleurs, des travaux menés indépendamment en Tunisie (FAO, 1986a) et au Maroc (FAO, 1986b), cités par Hassen et Mansouri (1996), montrent que la réduction du taux de vesce due à l'avoine peut atteindre 80% du peuplement de départ si les proportions pondérales de vesce au semis sont inférieures à 70%. Au vu de nos résultats, il semble que les faibles taux de participation du pois surtout et de la vesce dans leur association respective sont imputables aux conditions de sécheresse qui ont pénalisé la légumineuse et avantagé la graminée et à l'agressivité de cette dernière très marquée à partir du stade gonflement.

Tableau 18: Participation de la vesce et du pois en dans chacune des associations étudiées (% de la MS).

Proportion de	Stade de développement			
	Montaison	Gonflement	Epiaison	Laiteux-pateux
Vesce	25,2 ± 1,4 a	21,5 ± 1,7 b	16,0 ± 1,2 c	11,5 ± 1,9 d
Pois	18,4 ± 4,8 a	16,2 ± 4,4 a	5,8 ± 2,3 b	3,0 ± 2,1 b

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

2 - 3 - Composition morphologique des associations étudiées.

Le rapport feuille/ tige des deux associations baisse significativement avec l'âge. Dans l'association pois-avoine (tableau 19 et fig 11 en annexe 7), ce rapport chute de 3,2 du stade montaison à 0,8 au stade laiteux- pateux de l'avoine. Avec l'association vesce-avoine ce rapport enregistre également une chute; au stade final (0,9), il se rapproche de celui de l'association pois-avoine (0,8). Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Hassen et Mansouri (1996) qui trouvent un rapport de 0,6 avec une association de vesce-avoine dont le taux de vesce est de 50%. Ces auteurs attribuent ce faible rapport à la fertilisation azotée accrue et signalent que l'apport azoté augmente le rapport feuille/tige de l'avoine et baisse celui de la vesce.

Tableau 19: Rapport feuille/tige des associations étudiées.

Rapport feuille/tige	stade dedéveloppement			
	Montaison	Gonflement	Epiaison	Laiteux-pateux
Vesce-avoine	3,2 ± 0,5 a	2,4 ± 0,3 b	1,0 ± 0,1 c	0,9 ± 0,1 c
Pois-avoine	3,2 ± 0,3 a	2,1 ± 0,2 b	1,1 ± 0,0 c	0,8 ± 0,1 d

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes (P< 0,05).

2 - 4 - Composition chimique des associations étudiées

2 - 4 - 1 - Teneurs en matière sèche (MS)

Les teneurs en MS des deux associations augmentent significativement avec les stades phénologiques autrement dit avec l'âge (tableau 20 et fig 12 en annexe 7). A des stades de développement équivalents, la teneur en MS de la vesce-avoine est légèrement inférieure à celle du pois-avoine. Cette différence serait due à la faible participation du pois dans l'association et au degré de maturité avancé des plantes de pois. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Ouknider et Jacquard (1986), qui associent cette augmentation de la teneur en matière sèche de l'association à la faible contribution de la légumineuse en poids sec.

Les teneurs en matière sèche de l'association pois-avoine sont similaires à celles trouvées par Mohammedi (1983) avec 21,3% au stade floraison du pois. Toutefois, elles demeurent tout au long du cycle cultural supérieures à celles rapportées par Gaillard (1974), Kerba (1980) et Kreirem et Abdouli (1989).

Ces teneurs en matière sèche relativement élevées seraient dues à la sécheresse qui a sévi durant l'essai.

Tableau 20: Teneurs en matière sèche de la vesce-avoine et du pois-avoine (%).

Associations	stades de développement			
	Montaison	Gonflement	Epiaison	Laiteux-pateux
Vesce-avoine	19,6 ± 0,2 d	21,3 ± 0,5 c	25,7 ± 0,3 b	31,0 ± 0,5 a
Pois-avoine	21,3 ± 0,2 d	24,9 ± 0,3 c	28,1 ± 0,3 b	32,0 ± 0,3 a

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes (P < 0,05).

2-4-2 - Teneurs en matière organique (MO).

Les teneurs des associations en matière organique ne subissent pas de grandes variations entre les différents stades (tableau 21 et fig 13 en annexe 7). Avec la vesce-avoine, la matière organique varie de 88,6% (stade montaison) à 91,5% au stade laiteux-pateux. Parallèlement, cette teneur passe de 87,2% à 90,3% avec le pois-avoine. A l'exception des stades montaison et laiteux-pateux, les deux associations présentent des teneurs en matière organique significativement différentes entre stades. Les teneurs relativement élevées observées en fin de cycle seraient liées à la forte contribution de l'avoine dans ces associations.

Tableau 21: Teneurs en matière organique (en % de MS) des associations vesce-avoine et pois-avoine.

Associations	stades de développement			
	Montaison	Gonflement	Epiaison	Laiteux-pateux
Vesce-avoine	88,6 ± 0,5 d	89,8 ± 0,3 c	90,6 ± 0,3 b	91,5 ± 0,5 a
Pois-avoine	87,2 ± 0,5 c	87,3 ± 0,4 c	89,2 ± 0,4 b	90,3 ± 0,4 a

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes (P < 0,05).

2 - 4 - 3 - Teneurs en matières azotées totales (MAT).

Avec la vesce-avoine, la teneur en MAT (tableau 22 et fig 14 en annexe 7) passe de 17,1% au stade montaison à 11,6% au stade laiteux-pateux, soit une baisse de 5,5 points. Avec le pois-avoine, la teneur en matières azotées totales passe de 13,2% à 9,4% soit une diminution de 3,8 points. Ce phénomène est du à la diminution de la légumineuse dans le fourrage et à la baisse du rapport feuille/tige.

Tableau 22: Teneurs en matières azotées totales des associations étudiées (%MS).

Association	stade de développement			
	Montaison	Gonflement	Épiaison	Laiteux-pateux
Vesce-avoine	17,1 ± 0,3 a	15,9 ± 0,2 b	13,6 ± 0,2 c	11,6 ± 0,4 d
Pois-avoine	13,2 ± 0,3 a	13,1 ± 0,1 a	11,2 ± 0,3 b	9,4 ± 0,3 c

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes ($P < 0,05$).

2 - 4 - 4 - Teneurs en cellulose brute (CB)

Avec les deux associations (vesce-avoine et pois-avoine), la teneur en cellulose brute augmente avec l'âge du fourrage (tableau 23 et fig 15 en annexe 7). De 27,5% au stade montaison, la teneur en CB de la vesce-avoine passe à 33,2% au stade laiteux-pateux. Avec le pois-avoine, la cellulose brute atteint à ces mêmes stades des valeurs de 28,6 et 34,6%. L'augmentation de la teneur en cellulose brute est plus nette à partir du stade gonflement où on enregistre des variations de +2,4 et +2,2 points avec la vesce-avoine et de +1,9 et + 2,8 points avec le pois-avoine respectivement entre les stades gonflement-épiaison et épiaison-laiteux-pateux. Cette évolution de la teneur en CB au delà du stade gonflement serait due surtout à l'augmentation de la proportion de tige et à la place prise par les épillets (Demarquilly, 1988).

Les variations dans les teneurs en CB observées entre stades précoce et tardif (montaison et laiteux pateux) avec la vesce-avoine et le pois-avoine s'élèvent respectivement à 5,7 et 6 points. Ayant évolué dans des conditions pratiquement identiques, ces deux associations présentent à des stades de développement équivalent, des teneurs en CB peu différentes. Ce résultat confirme ceux de Theriez (1969), Ouknider et Jacquard (1986) et Hamrit (1994), qui

rapportent que la proportion relative de la légumineuse dans l'association ne modifie pas la teneur en cellulose du fourrage.

Tableau 23: Teneurs en cellulose brute des associations étudiées étudiées (%MS).

Associations	stades de développement			
	Montaison	Gonflement	Epiaison	Laiteux-pateux
Vesce-avoine	27,5 ± 0,2 c	28,5 ± 0,8 c	31,0 ± 0,7 b	33,2 ± 0,6 a
Pois-avoine	28,6 ± 0,3 d	29,9 ± 0,4 c	31,8 ± 0,5 b	34,6 ± 0,7 a

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes (P < 0,05)

De cette étude phytotechnique, il en ressort que l'exploitation tardive des associations vesce-avoine et pois-avoine fait augmenter les rendements en matière sèche mais parallèlement, elle s'accompagne d'une modification des paramètres botanique, morphologique et chimique. Dans notre essai, l'association vesce-avoine ayant été conduite et ayant évolué dans des conditions comparables à celles du pois-avoine, s'est montrée relativement plus performante que le pois-avoine sur le plan de la composition botanique et chimique. Cependant la proportion assez élevée de la graminée dans ces associations (90% de la MS de l'association vesce-avoine et 97% de la MS de l'association pois-avoine) leur a conféré des valeurs azotées faibles et des teneurs en cellulose brute relativement élevées.

Deuxième expérience: Valeur alimentaire des associations vesce-avoine et pois-avoine exploitées en vert.

Les valeurs de digestibilité des différents constituants chimiques et des quantités de matière sèche volontairement ingérées des deux associations sont présentées dans les tableaux 24 et 25 et illustrées par les figures 16, 17, 18 et 19 en annexe 8.

2 - 2 - Ingestibilité et digestibilités des associations vesce-avoine et pois-avoine.

2 - 2 - 1 - Ingestibilité de la vesce-avoine et du pois-avoine.

Au stade épiaison, les quantités ingérées sont de 65,0 et 63,6 g MS/ kg P^{0,75} respectivement pour la vesce-avoine et le pois-avoine (tableau 25). Cette ingestibilité diminue légèrement au stade laiteux-pateux avec des valeurs de 62,0 et 57,8 g MS/kg P^{0,75} respectivement pour la vesce-avoine et le pois-avoine (tableau 24).

Les ingestions enregistrées pour les deux associations au stade épiaison sont supérieures, à celles trouvées par Mohammedi (1983) avec 50,1 g MS/kg P^{0,75} et Bouallegue (1995) avec 56,8 g MS/kg P^{0,75} sur pois-avoine, mais équivalentes à celle de Gaillard (1975) sur vesce-avoine avec 65 g MS/ kg P^{0,75}. Les ingestibilités observées dans nos essais se situent dans les moyennes de celles rapportées par Demarquilly et Weiss (1970) pour les fourrages verts selon lesquels l'ingestibilité des fourrages verts peut varier de 40 à plus de 100 g MS/ kg P^{0,75}.

La différence d'ingestion relevée entre stades - 5,8 g MS/kg P^{0,75} serait due à l'augmentation de la teneur en avoine (97% de la MS de l'association au stade laiteux-pateux) d'où il y a augmentation de la teneur en CB de l'association (+ 2,8 points) et sa lignification avec l'âge.

Tableau 24: Ingestibilité des associations vesce-avoine et pois-avoine en vert.

stades	Ingestibilité (g MS/kg P ^{0,75})	
	Epiaison	Laiteux-pateux
Vesce-avoine	65,0 ± 8,0 a	62,0 ± 7,2 a
Pois-avoine	63,6 ± 6,1 a	57,2 ± 6,8 b

Sur la même ligne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes (P < 0,05)

2 - 2 - 2 - Digestibilité de la matière sèche (dMS).

La valeur de la dMS de la vesce-avoine au stade épiaison (70,5%) est légèrement plus faible que celle rapportée par Gaillard (1974) avec 72%. Celle obtenue sur pois-avoine (68,7%) se rapproche de la valeur trouvée par Mohammedi (1983) avec 69,6%, mais reste légèrement inférieure à celle rapportée par Hamrit (1994) qui trouve 72%.

Les deux associations présentent au stade épiaison des valeurs de dMS hautement significatives par rapport à celles déterminées au stade laiteux-pateux, soit respectivement 70,5 contre 63,8% pour la vesce-avoine et 68,7 contre 61,2% pour le pois-avoine.

La diminution dans la dMS du pois-avoine relevée entre les stades épiaison et laiteux-pateux (- 7,5 points) est légèrement plus élevée que celle enregistrée avec la vesce-avoine (- 6,7 points). La baisse de la dMS observée dans les deux associations entre ces stades est due selon Demarquilly et Weiss (1970) et Plancquaert (1978) à l'augmentation avec l'âge, de la teneur en MS des associations et de leur degré de lignification. Cependant, dans le cas des associations, l'effet de l'âge sur la diminution de la dMS est associé également au taux de la légumineuse dans l'association. En effet Ouknider et Jacquard (1986), ainsi que Hamrit (1994) indiquent que la dMS diminue quand le taux de la légumineuse décroît dans l'association.

2 - 2 - 3 - Digestibilité de la matière organique (dMO).

La vesce-avoine et le pois-avoine présentent des dMO significativement différentes entre le stade épiaison (70,6 et 65,1%) et laiteux-pateux (67,1 et 60,8%). La baisse de la dMO entre ces deux stades est de - 5,6 points et - 6,3 points respectivement avec la vesce-avoine et le pois-avoine.

Au stade épiaison, Kerba (1980) et Bouallegue (1995) notent des dMO respectivement de 71% et 68,8%. Ces valeurs sont comparables aux dMO trouvées sur vesce-avoine et légèrement supérieures à celles trouvées avec le pois-avoine. La dMO du pois-avoine est inférieure à celle rapportée par Mohammedi (1984) avec 70,5%. Cette dMO relativement élevée trouvée par cet auteur serait due à la faible teneur en cellulose brute du pois-avoine avec 26%.

Scehovic (1979) rapporte que la digestibilité de la matière organique est liée très étroitement à la teneur en cellulose brute du fourrage, ce qui est confirmé dans notre essai; la dMO diminue avec l'augmentation de la teneur en cellulose brute des associations.

2 - 2 - 3 - Digestibilité des matières azotées totales (dMAT).

Les dMAT de la vesce-avoine et du pois-avoine aux stades épiaison et laiteux-pateux sont faibles et, ne présentent pas de variations significatives entre stades et entre associations. Ces valeurs varient de 56,5 à 54,7% pour la vesce-avoine et de 53,9 à 53,3% pour le pois-avoine. Des dMAT plus élevées sont rapportées par Mohammedi (1983) avec 68,2% et Bouallegue (1995) avec 68,5% sur pois-avoine au stade épiaison mais sur des associations moins celluloses (26% de CB) et plus pourvues en pois.

2 - 2 - 4 - Digestibilité de la cellulose brute (dCB).

Les dCB de la vesce-avoine et du pois-avoine sont respectivement de 71,4 et 72,5 % au stade épiaison. Au stade laiteux-pateux, elles sont de 64,4 et 64,6% respectivement pour la vesce-avoine et le pois-avoine. La diminution de la dCB entre stades, se rapproche dans les deux associations (-7,0 points pour la vesce-avoine et - 7,9 points pour le pois-avoine). Theriez (1969) et Pontailier (1977) rapportent que la cellulose brute est d'autant moins digestible que sa teneur dans le fourrage est plus élevée. Ces auteurs indiquent une variation de dCB de 10 points lorsque parallèlement, le taux de CB passe de 26 à 32%. Le résultat de la dCB obtenu avec la vesce-avoine au stade épiaison (71,4%) est supérieur à celui trouvé par Kerba (1980) avec 67%. Il en est de même avec le pois-avoine (72,5%) par rapport à ceux trouvés respectivement par Mohammedi (1983) avec 64,1% et Bouallegue (1995) avec 51,2%.

Tableau 25: Digestibilité des associations vesce-avoine et pois-avoine en vert

Associations	stades	Digestibilité (%)			
		d MS	dMO	dMAT	dCB
vesce-avoine	épiaison	70,5 ± 0,5a	70,6 ± 2,2a	56,5 ± 3,0a	71,4 ± 1,5a
	laiteux-pateux	63,8 ± 2,7b	65,1 ± 2,9b	54,7 ± 3,4a	64,4 ± 5,6a
pois-avoine	épiaison	68,7 ± 1,5a	67,1 ± 1,7a	53,9 ± 3,9a	72,5 ± 2,2a
	laiteux-pateux	61,2 ± 2,1b	60,8 ± 2,3b	53,2 ± 3,2a	64,6 ± 2,6b

d: Digestibilité; MS: matière sèche; MO: matière organique; MAT: matière azotée totale; CB: cellulose brute
Sur la même colonne les valeurs suivies de lettre différente sont significativement différentes (P < 0,05)

2 - 3 - Valeur énergétique

Les valeurs énergétiques exprimées en UFL/kg MS (tableau 26) sont comparables au stade épiaison, soit 0,77 et 0,79 respectivement avec la vesce-avoine et le pois-avoine. Au stade laiteux-pateux ces deux fourrages enregistrent des valeurs respectives de 0,59 et 0,68 UFL/kg MS. Ouknider et Jacquard (1986), rapportent des valeurs moins importantes sur vesce-avoine avec 0,68 et 0,48 UFL/kg MS respectivement aux stades épiaison et laiteux-pateux.

Au stade épiaison, les valeurs en UFV sont de 0,70 et 0,71 par kg MS respectivement avec la vesce-avoine et le pois-avoine. Au stade laiteux-pateux, la vesce-avoine et le pois-avoine enregistrent une baisse respective de 0,20 et 0,31 UFV/kg MS entre le stade épiaison et laiteux-pateux. Ainsi, la diminution dans la valeur énergétique exprimée en UFV observée entre stade est plus importante avec le pois-avoine qu'avec la vesce-avoine. En revanche, la diminution de la valeur énergétique exprimée en UFL (0,18 pour la vesce-avoine et seulement 0,11 UFL/kg MS) est en faveur du pois-avoine.

D'une manière générale, l'exploitation tardive de ces associations leur a conféré des valeurs énergétiques moins importantes que celles enregistrées au stade épiaison. Ceci semble s'expliquer par la chute de la dMO de ces associations avec l'âge.

2 - 4 - Valeur azotée.

Les valeurs azotées des deux associations étudiées, calculées dans les systèmes MAD et PDI, font apparaître à stade équivalent des variations entre associations et des variations entre stades au sein d'une même association (tableau 26).

Ainsi au stade épiaison, la vesce-avoine a une valeur azotée plus élevée de 10,7 g pour les MAD, 5,4 g pour les PDIA, 10,9 g pour les PDIN et 6,8 g pour les PDIE par kg de MS que le pois-avoine. Au stade laiteux-pateux, ces différences sont légèrement moins importantes mais toujours en faveur de la vesce-avoine avec 7,8 g pour les MAD, 5,1 g pour les PDIA, 10,2 g pour les PDIN et 6,4 g pour les PDIE par kg de MS.

Comparativement au pois-avoine, la contribution plus marquée de la vesce qui selon Plancquaert (1978) est plus pourvue en MAT (20% de la MS) que le pois (18% de la MS), associée à des dMAT relativement plus élevées dans cette association (tableau 10) a du conféré à l'association vesce-avoine des valeurs azotées plus importantes que celles du pois-avoine.

Les valeurs en MAD observées au stade épiaison avec la vesce-avoine (76,1g/kgMS) et avec le pois-avoine (65,8 g/kg MS) restent faibles devant celles rapportées par Gaillard (1978) sur vesce-avoine et Mohammedi (1983) sur pois-avoine, qui trouvent respectivement 120 et 101 g de MAD/kg MS. Ainsi, pour des associations moins pouvues en légumineuses exploitées en verts à un stade même précoce, leur valeur azotée paraît moins élevées que celles qui présentent un meilleur équilibre botanique.

Tableau 26: Valeurs énergétiques et azotées de la vesce-avoine et du pois-avoine en vert.

Stades		Epiaison		Laiteux-pateux	
Associations		Vesce-avoine	Pois-avoine	Vesce-avoine	Pois-avoine
Valeurs énergétiques /kg MS	UF	0,64	0,53	0,56 (0,08)*	0,45 (0,08)
	UFL	0,77	0,79	0,59 (0,18)	0,68 (0,11)
	UFV	0,70	0,71	0,50 (0,20)	0,40 (0,31)
Valeurs azotées en g/kg MS	MAD	76,1	65,8	65,7 (10,4)	57,9 (7,9)
	PDIA	30,5	25,1	26,0 (4,5)	20,9 (4,2)
	PDIN	61,5	50,6	51,6 (9,9)	41,4 (9,2)
	PDIE	88,0	81,2	79,8 (8,2)	70,6 (10,6)

UF=unité fourragère; UFL= unité fourragère lait; UFV= unité fourragère viande; MAD= matières azotées digestibles; PDIA= protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire; PDIN= protéine digestible dans l'intestin permise par l'azote fermentescible; PDI E= protéine digestible dans l'intestin permise par l'énergie fermentescible.

() * Les valeurs entre parenthèse représentent la différence des valeurs entre stades

2 - 5 - Bilan azoté

Les quantités d'azote ingérées au stade épiaison apportées par la vesce-avoine avec 204,5 g/j et le pois-avoine avec 153,4 g/j sont plus élevées comparées à celles observées au stade laitieux-pateux (tableau 27). Ce résultat s'explique par les teneurs en MAT et des quantités de matière sèche volontairement ingérées plus élevées au stade épiaison (tableau 24). A stade équivalent, les quantités d'azote ingérées avec la vesce-avoine sont plus élevées qu'avec le pois-avoine. La présence de la vesce à des taux relativement plus importants par rapport au pois (tableau 18) dans leur association respective serait à l'origine de ces différences.

L'azote fécal exprimé en % de l'ingéré (tableau 27), est plus élevé avec le pois-avoine (49,9%) au stade épiaison qu'avec la vesce-avoine (41%). Cette différence dans l'azote fécal en faveur de la vesce-avoine pourrait s'expliquer par la dMAT relativement plus élevée dans cette association (56,6 contre 53,9%).

En revanche, l'azote urinaire avec un taux de 58,1% de l'ingéré est plus important avec la vesce-avoine qu'avec le pois-avoine (49,7%). Ce qui s'est traduit par une rétention azotée (4,3%) plus élevée que celle permise par la vesce-avoine (0,7% tableau 27).

Au stade laitieux-pateux, les pertes d'azotes (fécales + urinaires) sont en faveur de la vesce-avoine avec 45% et 51% contre le pois-avoine avec 46,6% et 54,4% de l'azote ingéré.

La rétention azotée du pois-avoine au stade laitieux pateux est négative; elle s'est traduite par une diminution de poids vif des animaux ayant servis au test (-12,5 g/j). Avec la vesce-avoine, la rétention azotée est positive à tous les stades étudiés; les animaux ont eu un léger gain de poids vif (annexe 1).

Tableau 27: Bilan azoté de la vesce-avoine et du pois-avoine en vert.

	Vesce-avoine		Pois-avoine	
	épiaison	laitieux-pateux	épiaison	laitieux-pateux
MAT ingérée en (g/j)	204,5 ± 24,6	163,8 ± 29,5	153,4 ± 21,3	117,7 ± 20,5
MAT féces en (g/j)	83,9 ± 7,3 (41,0)	73,8 ± 12,4 (45,0)	70,5 ± 11,0 (49,9)	54,9 ± 9,5 (46,6)
MAT urine en (g/j)	119,0 ± 22,1 (58,1)	83,8 ± 20,5 (51,1)	76,3 ± 14,9 (49,7)	64,1 ± 11,9 (54,4)
MAT retenue en (g/j)	1,6	6,2	6,6	- 1,3
MAT retenue en % MAT ingérée	(0,78)	(3,7)	(4,3)	(<0)

Les valeurs entre parenthèse représentent les taux en % de l'ingéré.

Troisième expérience: Effet du traitement à l'urée et à l'urée + chaux sur la valeur alimentaire de la vesce-avoine exploitée en foin.

3 - 1 - Composition chimique du foin de vesce-avoine

Les teneurs en matières sèche, organique, minérale, azotées et en cellulose brute sont portées dans le tableau 28 et la fig 20 en annexe 9 .

3 - 1 -1. - Teneurs en matière sèche (MS).

L'humidification des foins tardifs traités , résultant de l'apport d'eau (0,3 l/kg MS) appliqué lors du traitement, a conféré à ces foins des teneurs en matière sèche (tableau 28) comparables à celles du foin précoce mais moins élevées que celles du foin tardif non traité (différence significative). La teneur en MS plus élevée de ce dernier résulte de la date tardive de récolte et des conditions climatiques de séchage plus favorables par rapport au foin précoce récolté au stade épiaison.

3 - 1 - 2 -Teneurs en matière organique (MO).

Les teneurs en MO du foin tardif non traité et traité à l'urée (tableau 28) sont comparables entre elles mais présentent une différence significative vis à vis des valeurs du foin traité à l'urée + chaux et du foin précoce. Les valeurs moins élevées de la teneur en MO de ces derniers foins résultent pour le premier de l'apport de chaux (0,5%) appliquée lors du traitement et pour le second de sa teneur plus élevée en cendres (7,1 % de la MS).

3 - 1 - 3 -Teneurs en matières azotées totales (MAT).

Les traitements à l'urée (40g/kg de MS) et à l'urée + chaux (25 d'urée + 5 g de chaux / kg de MS) ont engendré des teneurs en MAT du foin traité de 3,1 points (5,6 à 8,7%) et de 0,8 point (5,6 à 6,4%) respectivement par rapport au foin non traité.

Des teneurs en MAT similaires ont été obtenues par Bouabdellah et Ankouche (1996) sur un foin tardif de pois-avoine et par Houmani (1998) sur un foin tardif de vesce-avoine dosant respectivement 5,6 et 5,8 % de MAT et traités à 3 et 2 % d'urée. Ces auteurs relèvent, après traitement des valeurs de MAT respectives de 14,9 et 22,8 % avec des taux de fixation d'azote de 54 et 76,5 % .

Le traitement à l'urée malgré qu'il arrive à rétablir la teneur en MAT du foin tardif à un niveau comparable à celui du foin précoce, permet une amélioration de la teneur en azote moins importante que ne l'avait laissé espérer la dose d'urée appliquée.

Par ailleurs, l'addition de la chaux à l'urée dans le traitement ne semble pas améliorer l'efficacité de l'urée dans l'accroissement de la teneur en MAT du fourrage. Ce résultat n'est pas tout à fait en accord avec ceux rapportés par Oliveros et al (1993) et par Zaman et Owen (1995) qui trouvent de nettes améliorations dans la teneur en azote de fourrages traités à l'urée en présence de 6% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ces auteurs attribuent ces améliorations aux faibles taux de perte d'azote résultant de la faible uréolyse durant le traitement. Il semblerait donc que les fortes dose de chaux bloquent l'hydrolyse de l'urée et par conséquent limite l'efficacité de traitement à l'urée. Les faibles teneurs en MAT des foins traités dans notre essai sont à attribuer à la mauvaise fixation de l'azote sur le foin dans les conditions de terrain (27% dans le cas du traitement à 4% d'urée et 11% dans celui à 2,5 % urée +0,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$) d'où une perte d'azote ammoniacal généré par hydrolyse de l'urée.

3 - 1 - 4 - Teneurs en cellulose brute (CB).

Les teneurs en CB des foins traités à l'urée et à l'urée + chaux sont comparables entre elles et présentent une différence significative vis à vis de celles du foin tardif non traité et du foin précoce. Ainsi, la teneur en CB du foin tardif passe 35,5 à 39,3 % et à 38,7 % respectivement avec le traitement à l'urée et à l'urée + chaux (tableau 28). Toutefois, sans qu'il soit aisé d'apporter une explication à cette augmentation plusieurs auteurs, notamment Abdouli et al (1988) avec une paille et Chermiti et Cordesse (1988) avec un foin de vesce-avoine enregistrent des augmentations dans la teneur en CB de leur fourrages traités (tableau 14).

La différence dans les stades de coupe (épiaison et laiteux-pateux) n'a pas entraîné des différences significatives dans la teneur en CB entre le foin de vesce-avoine précoce et le même foin récolté tardivement.

3 - 1 - 5 - Teneurs en matières minérales (MM).

Le foin de vesce-avoine précoce présente une teneur en MM (7,1%) significativement plus élevée que celle du foin tardif (5,88 %) en raison de la différence de leur stade de coupe. Le traitement à l'urée du foin tardif ne modifie pas sa teneur en MM (différence non significative). Par contre, le traitement à l'urée + chaux améliore la teneur en MM du fourragé (tableau 28); ceci est du vraisemblablement à l'apport de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui aurait enrichi le fourrage en calcium.

Tableau 28: Composition chimique du foin précoce et du foin tardif avant et après traitement.

Type de foin constituants chimiques	FP	FT	FT u	FTu+c
MS %	86,1 ± 0,98 b	88,6 ± 1,71 a (+ 2,5)*	85,8 ± 2,46 b (-0,3)* (-2,8)**	86,2 ± 1,08 b (+0,1)* (+2,4)**
MO (%MS)	92,9 ± 0,09 c	94,1 ± 0,05 a (+1,2)	93,9 ± 0,02 a (+1) (-0,2)	93,8 ± 0,05 b (+0,89) (-0,31)
MAT (%MS)	8,9 ± 0,11 a	5,6 ± 0,15 c (-3,3)	8,7 ± 0,03 a (-0,2) (+3,1)	6,4 ± 0,07 b (-2,5) (+0,8)
CB (% MS)	34,9 ± 0,39 b	35,5 ± 0,39 b (+0,6)	39,3 ± 0,2 a (+4,4) (+3,8)	38,7 ± 0,26 a (+3,8) (+3,2)
MM (% MS)	7,1 ± 0,09 a	5,8 ± 0,05 c (-1,3)	6,0 ± 0,02 c (-1,1) (+0,2)	6,2 ± 0,05 b (-0,9) (+0,4)

FP: foin précoce; FT: foin tardif; FTu: foin tardif traité à 4% urée; FTu+c: foin tardif traité à 2,5% urée + 0,5% chaux; MS: matière sèche; MO: matière organique; MAT: matières aztées totales; CB: cellulose brute; MM: matière minéral.

Les moyennes de la même ligne n'ayant pas la même lettre sont statistiquement différentes (P < 0,05).

() *et () **, Dans la même colonne les chiffres entre parenthèse représentent pour la première la différence des valeurs moyennes par rapport au foin précoce et celles de la deuxième parenthèse, la différence des valeurs moyennes par rapport au foin tardif

3 - 2 - Ingestibilité du foin de vesce-avoine.

Les résultats d'ingestibilités présentés dans tableau 29 ne font pas apparaître une différence significative dans les quantités de MS volontairement ingérées avec le foin précoce (58,3 g MS/kgP^{0,75}) et avec le foin tardif (59,7gMS/kgP^{0,75}). L'ingestion comparable de ces deux foins en dépit de la différence de leur stade de récolte serait d'ue probablement aux conditions de fanage défavorables et au léger échauffement du foin précoce après son conditionnement.

Le traitement à l'urée et à l'urée + chaux du foin tardif avec respectivement 60,1gMS/kgP^{0,75} et 59,0gMS/kgP^{0,75} d'ingestibilité, n'a pas eu l'effet escompté sur l'ingestibilité de ces fourrages après traitement. Leur ingestion s'est maintenue à un niveau comparable à celui du foin non traité (59,7 gMS/kgP^{0,75}). Ces résultats rejoignent ceux déjà observés par Benahmed et Dulphy, (1985) et Chermiti et al, (1994). Par contre, d'autres travaux réalisés par Chermiti et Cordesse,(1988), ainsi que Houmani, (1998), ont mis en évidence des effets positifs du traitement sur l'ingestibilité d'un foin tardif de vesce-avoine (tableau 14).

L'effet non significatif du traitement dans notre essai sur l'ingestibilité serait probablement du aux faibles améliorations de digestibilités obtenues.

3 - 3 - Digestibilité du foin de vesce-avoine.

Les résultats de digestibilité de la MS, MO, MAT et CB sont présentés dans le tableau 29 et la fig 21 en annexe 9.

3 - 3 - 1 - Digestibilité de la matière sèche (dMS).

Le traitement du foin tardif à l'urée et à l'urée + chaux a permis d'améliorer la dMS de 4,0 points. La dMS du foin tardif traité à l'urée (55,3%) ou à l'urée + chaux (55,3%) est comparable à celle du foin précoce (54,9%).. Des augmentations de dMS plus importantes sont rapportées par de nombreux auteurs. Chermiti et Cordesse (1988) obtiennent sur un foin tardif de vesce-avoine traité à 3% d'NH₃ une augmentation de 15,2 points. Moore et al (1981) cités par Chenost et Dulphy (1987), relèvent une amélioration de dMS de 12,9 points sur un foin de dactyle traité à l'NH₃. Buettner et al (1982) cités par Chenost et Dulphy (1987), enregistrent une augmentation de la dMS plus importante avec 18 points (39,4 à 57,4%) sur un foin de fétuque élevée traité à 3% d'NH₃.

3 - 3 - 2 - Digestibilité de la matière organique (dMO).

La dMO du foin tardif (57,1%) est significativement inférieure à celle du même foin traité à l'urée (57,4%) ou à l'urée + chaux (57,5%); celle du foin traité (urée seule ou urée + chaux) est comparable à celle du foin précoce (57,1%). Le traitement à l'urée seule et à l'urée + chaux améliore donc la dMO du foin tardif à un niveau comparable à celui du foin précoce soit une augmentation de 4,5 points par rapport au foin tardif non traité.

Des augmentations de dMO proches de celles notées dans nos essais sont obtenues par Dulphy et al (1984) cités par Chenost et Dulphy (1987) qui trouvent sur 12 foins traités à l' NH_3 une augmentation moyenne de 5,1 points. Avec un foin de vesce-avoine, Chermiti et Cordesse (1988) et Houmani (1998) relèvent respectivement des augmentations de 13,1 et 11,5 points (tableau 14).

3 - 3 - 3 - Digestibilité des matières azotées totales (dMAT).

L'effet du traitement sur la dMAT du foin est plus marqué quand l'urée est apportée seule (tableau 29). En effet, le traitement a permis une dMAT du foin tardif traité à 4% d'urée (53,4 %) comparable à celle du foin précoce (57,2 %) alors qu'avec l'urée (2,5%) + chaux (0,5%) la dMAT du foin traité n'est que de 41,2%. Cette dernière valeur est comparable à celle du foin tardif non traité (36,8%). La dose de 2,5% d'urée serait donc insuffisante pour une meilleure dMAT du foin; l'apport d'azote serait probablement insuffisant.

L'augmentation moyenne de la dMAT permise par le traitement à 4% d'urée (+4,4 points) est faible comparée aux valeurs rapportées Benahmed et Dulphy (1985) avec 22 points, Chermiti et Cordesse (1988) avec 23,8 et Houmani (1998) avec 21,1 points notées respectivement sur un foin tardif de prairie naturelle traité à 5% d'urée, un foin tardif de vesce-avoine traité à 3% d' NH_3 et un foin de vesce-avoine traité à 4% d'urée. Les valeurs en MAT moins élevés de nos foins (8,7% avec le foin traité à l'urée seule et 6,4% avec celui traité à l'urée + chaux, comparées à ceux utilisés par Benahmed et Dulphy (1985), Chermiti et Cordesse (1988) et Houmani (1998) avec respectivement 22,8%, 14,9% et 10,9% de MAT expliquerait probablement l'amélioration modeste de la dMAT dans notre essai. Ce résultat serait lié par ailleurs à l'azote fixé sur les parois indigestibles du fourrages.

3 - 3 - 4 - Digestibilité de la cellulose brute (dCB).

La dCB du foin tardif avec (53,7 %) avant traitement passe respectivement à (65,3%) et à (64,0%) après traitement respectivement à l'urée ou à l'urée + chaux, ce qui correspond à des améliorations moyennes de 11,6 et 10,3 points. Ces valeurs comparables entre elles sont voisines de celle obtenue par Benahmed et Dulphy (1985), avec 11,2 points avec un foin tardif traité à l' NH_3 ; elles sont inférieures à celles trouvées par Chermiti et Cordesse (1988) et Houmani (1998) qui enregistrent des améliorations de la dCB respectives de 18,2 et 14,7 points sur un foin tardif de vesce-avoine traité respectivement à 3% d' NH_3 et à 4% d'urée.

Tableau 29: Ingestibilité et Digestibilité du foin tardif avant et après traitement et du foin précoce.

Type de foin	FP	FT	FTu	FTu+c
Digestibilité en%				
dMS	54,9 ± 1,70 a	51,3 ± 1,14 b (-3,6) *	55,3 ± 1,07 a (+0,4) * (+4) **	55,3 ± 1,43 a (+0,4) * (+4) **
dMO	57,1 ± 1,56 a	52,9 ± 0,99 b (-4,2)	57,4 ± 1,0 a (+0,3) (+4,5)	57,5 ± 1,2 a (+0,4) (+4,6)
dMAT	57,2 ± 6,24 a	36,8 ± 8,43 b (-20,4)	53,4 ± 2,5 a (-3,8) (+16,6)	41,2 ± 2,09 b (-16) (+4,4)
dCB	57,9 ± 2,70 b	53,7 ± 1,22 c (-4,2)	65,3 ± 1,57 a (+7,4) (+11,6)	64,0 ± 1,52 a (+6,1) (+10,3)
Ingestibilité en g MS/ Kg P ^{0,75}	58,3 ± 2,70 a	59,7 ± 5,2 a (+1,4)	60,1 ± 3,5 a (+1,8) (+0,4)	59,0 ± 3,8 a (+0,7) (-0,7)

FP= foin précoce; FT= foin tardif; FTu= foin tardif traité à 4% urée; FTu+c= foin tardif traité à 2,5% urée + 0,5% chaux;

d= digestibilité; MS= matière sèche; MO= matière organique; MAT= matières azotées totales; CB= cellulose brute

Les moyennes de la même ligne n'ayant pas la même lettre sont statistiquement différentes (P < 0,05: Test de Newman - Keuls).

() *et () **, Dans la même colonne les chiffres entre parenthèse représentent pour la première la différence des valeurs moyennes par rapport au foin précoce et celles de la deuxième la différence des valeurs moyennes par rapport au foin tardif .

3 - 4 - Bilan azoté des rations de foin de vesce-avoine.

Les résultats du bilan azoté des rations des foins précoce, tardif, tardif traité à 4% urée et celui traité à 2,5% d'urée + 0,5% Ca (OH)₂ sont présentés dans le tableau 30.

L'azote fécal exprimé en % de l'azote ingéré est plus élevé avec le foin tardif (63,4% des MAT ingérées) et avec le foin traité à l'urée + chaux (59,4% des MAT ingérées) et est plus bas avec le foin précoce (43,3% des MAT ingérées) et le foin traité à l'urée seule (46,6% des MAT ingérées) (tableau 30). Ces teneurs plus élevées avec le foin tardif et celui traité à l'urée + chaux sont dues à la faible digestibilité des MAT relevée avec ces fourrages (tableau 29). Avec le foin traité à l'urée + chaux, l'accroissement de la teneur en azote des fécès par rapport au traitement à l'urée seule pourrait être du probablement au fait que l'azote apporté par ce traitement s'est fixé sur les parois indigestibles ou encore apporté en faible quantité. Benahmed et Dulphy, (1985), avec un foin tardif de prairie naturelle traité à l'urée, relèvent des augmentations en azote insoluble de leur fourrage après traitement et des accroissements en azote insoluble des fécès.

L'azote urinaire est plus élevé avec le foin traité à l'urée (39,4% des MAT ingérées) et avec le foin traité à l'urée + chaux (35,3% des MAT ingérées) et est plus bas avec le foin tardif (15,5% des MAT ingérées) (tableau 30). Ce faible taux d'azote urinaire relevé avec le foin tardif non traité pourrait s'expliquer par son déficit en azote fermentescible puisqu'il ne contient pas d'azote uréique (tableau 30).

L'azote retenu rapporté à l'azote ingéré est de 25,5% avec le foin précoce et seulement de 5,9% avec le foin traité à l'urée + chaux (tableau 30). Cette rétention azotée moins importante avec le traitement à l'urée et surtout à l'urée + chaux serait due probablement à une faible synchronisation des disponibilités énergétiques et azotées dans le rumen. Ainsi avec ce dernier traitement, il apparaît que l'augmentation de la digestibilité de la cellulose brute source d'énergie induite par le traitement n'a pas pu à elle seule améliorer l'utilisation de l'azote apporté par le traitement. En effet, selon Ramihon (1987) cité par Selhab (1997), lors de la dégradation des parois, la libération d'acides phénoliques, dont la formation à partir des polymères de la lignine et du complexe lignine-carbohydrates est favorisée par le traitement à l'urée entraîne une réduction de l'activité bactérienne de synthèse.

Tableau 30: Bilan azoté des rations de foin d'association vesce-avoine.

Type de foin	FP	FT	FT u	FT u+c
Bilan				
MAT ing en g/j	97,5 ± 3,44 a	66,2 ± 9,97 c	108,8 ± 6,67 a	83,0 ± 4,57 b
MAT fécès en g/j	42,3 ± 5,65 a (43,3) *	42,0 ± 11,62a (63,4)	50,7 ± 2,89 a (46,6)	49,3 ± 4,14 a (59,4)
MAT urine en g/j	31,6 ± 4,61 b (32,4)	10,3 ± 2,40 c (15,5)	42,9 ± 5,4 a (39,4)	29,3 ± 3,80 b (35,3)
MAT retenue en g/j	24,9 ± 2,61 a	13,8 ± 4,72 ab	15,2 ± 6,33 ab	4,9 ± 5,77 b
MAT retenues en % de l'ingérées	(25,5)	(20,8)	(14,0)	(5,9)

FP= foin précoce; FT= foin tardif; Ft u= foin tardif traité à 4% urée; Ft u+c= foin tardif traité à 2,5% urée + 0,5% chaux
 Dans la même ligne les valeurs ayant au moins une lettre commune ne sont pas statistiquement différentes. (P < 0,05).
 () = % par rapport aux MAT ingérées.

3 - 5 - Valeur alimentaire du foin de vesce-avoine.

Les valeurs énergétiques et azotées exprimées en UF, UFL, UFV et PDI sont données dans le tableau 31

3 - 5 - 1 - Valeur énergétique

Les valeurs énergétiques (tableau 31) sont pour les foins précoce et tardif respectivement de 0,57 et 0,50 pour les UFL et 0,48 et 0,40 pour les UFV. La différence entre ces deux foins s'établit pour les UFL et les UFV à - 0,07 et - 0,08 / kg MS en faveur du foin précoce. Les valeurs en UF Leroy sont moins élevées mais l'effet du traitement à l'urée ou à l'urée + chaux a conféré au foin tardif des valeurs analogues avec les deux traitements soit 0,48 UF par kg de MS. Cependant, la valeur énergétique en UFL et UFV avec les deux traitements de 0,57 - 0,56 UFL et 0,48 - 0,47 UFV par kg MS, respectivement pour le foin traité à 4% d'urée et traité à 2,5% d'urée + 0,5% chaux. Ce qui correspond à une augmentation de 0,09 pour les UF et 0,06 à 0,07 UFL et 0,07 à 0,08 UFV/kg MS. Cette augmentation est faible comparée à celles enregistrées par Chermiti et Cordesse (1988) avec 0,19 UFL et 0,21 UFV et Houmani (1998) avec les valeurs 0,17 UFL et 0,20 UFV par kg MS sur un foin tardif de vesce avoine traité respectivement à 3% d' NH_3 et 4% d'urée. Malgré ce

faible apport énergétique le traitement à l'urée ou à l'urée + chaux a permis, dans notre essai des valeurs énergétiques comparables entre le foin tardif traité et le foin précoce.

3 - 5 - 2 - valeur azotée

L'effet du traitement sur la valeur azotée exprimée en MAD sur le foin tardif est nettement plus marqué avec le foin traité à 4% d'urée. L'augmentation engendrée par l'azote apportée par l'urée lors du traitement est de 26,6 g de MAD/kg de MS. Alors que dans le foin traité à 2,5% d'urée+0,5% de chaux, l'augmentation ne représente que 6,5 g/kg MS. ce qui est normal en raison des différences des doses d'urée utilisées.

Exprimée en PDI, l'amélioration apportée par le traitement est plus marquée pour les PDIN. Ces derniers sont passés respectivement dans le foin tardif traité à l'urée et à l'urée + chaux de 35,2 à 54,5 et à 41g/Kg MS, soit des augmentations de 31,5 et 5,8 g/Kg MS par rapport au foin tardif non traité. Cette augmentation de la teneur en PDIN du foin traité à 2,5% d'urée et 0,5% de chaux correspondant à un apport théorique en PDIN de 40,2 g par kg de MS, est nettement plus faible de ce qu'on était en droit d'attendre. Ceci peut être dû probablement au faible taux de fixation de l'azote pendant le traitement mais également à l'azote qui se serait fixée sur les parois indigestibles du foin. Avec le foin traité à l'urée seule, notre résultat rejoint ceux trouvés par Houmani, (1998), mais restent en deçà de ceux de Chermiti et Cordesse (1988) qui observent respectivement des augmentations de 28,6 et 47 g PDIN par kg MS.

Le traitement à l'urée ou à l'urée + chaux a permis des augmentations similaires en PDIE, portant la valeur de ces dernières à des teneurs légèrement plus élevées que celle du foin tardif et à une valeur très proche de celle du foin précoce (tableau 31). Cependant, ces augmentations sont moins élevées que celles relevées par Chenost et Dulphy (1987) sur des fourrages pauvres traités à l' NH_3 avec 7 g PDIE/kgMS, Chermiti et Cordesse (1988) AVEC 12 g PDIE/kg MS de veste-avoine traité à l' NH_3 et Houmani (1998) avec 9,9 g PDIE/kg MS sur foin de veste-avoine traité à l'urée.

Les valeurs en PDIN et PDIE sont proches avec le foin précoce (55,1 g PDIN contre 51,5 g PDIE) et avec le foin tardif traité à l'urée seule à la dose de 4%. Ces deux foins sont plutôt équilibrés à la fois en azote et en énergie.

La valeur PDIN est faible (35 g/kgMS) comparée à celle de PDIE (47,6g//kgMS) avec le foin tardif, ceci s'explique par la faible proportion de la légumineuse par rapport à la graminée.

Avec le foin traité à 2,5% d'urée et 0,5% de chaux, la valeur PDIN (41,0 g/kgMS) supérieur à celle du même foin tardif non traité, est inférieure à la valeur PDIE; ceci montre que le traitement à 2,5% d'urée (+0,5% de chaux) est une dose insuffisante pour équilibrer les valeurs PDIN et PDIE d'un foin de vesce-avoine tardif.

Tableau 31: Valeurs alimentaires du foin tartif avant et après traitement et du foin précoce.

Type de foin		FP	FT	FTu	FTu+c
Valeur alimentaire					
Valeurs énergétiques par kg MS	UF	0,47	0,39 (-0,08) *	0,48 (+0,01) * (+0,09) **	0,48 (+0,01) * (+0,09) **
	UFL	0,57	0,50 (-0,07) *	0,57 (+0,00) * (+0,07) **	0,56 (-0,01) * (+0,06) **
	UFV	0,48	0,40 (-0,08) *	0,48 (+0,00) * (+0,08) **	0,47 (-0,01) * (+0,07) **
Valeurs azotées en g/kg MS	MAD	51,1	21,2 (29,9) *	47,8 (-3,3) * (26,6) **	27,7 (-23,4) * (6,5) **
	PDIN	55,1	35,2 (-19,9) *	54,5 (-0,6) * (+31,5) **	41,0 (14,1) * (+5,8) **
	PDIE	51,5	47,6 (-3,9) *	52,2 (+0,7) * (+4,6) **	51,9 (+0,4) * (+4,3) **
	PDIA	23,4	14,9 (-8,5) *	23,1 (-0,3) * (+8,2) **	17,4 (-6,0) * (+2,5) **

FP= foin précoce; FT= foin tardif; FTu= foin tardif traité à 4% urée; Ft+c= foin tardif traité à 2,5% urée + 0,5% chaux.

() * = différence par rapport au foin précoce

() ** = différence par rapport au foin tardif non traité.

Conclusion générale et recommandations

Les associations vesce-avoine et pois-avoine, traditionnellement cultivées en Algérie offrent l'avantage de fournir des rendements intéressants en matière sèche. Ces rendements sont en faveur du pois-avoine avec 6,2 et 6,8 T MS/ha respectivement au stade épiaison et laiteux-pateux. Cependant, avec le taux de participation de la légumineuse dans le fourrage à ces deux stades de 16,0 et 11,5% avec la vesce-avoine contre 5,8 et 3,0% avec le pois-avoine, l'avantage étant pour la vesce-avoine. La vesce-avoine semble supporter mieux les conditions de sécheresse.

La valeur alimentaire avec 0,77 UFL et 0,70 UFV/kgMS pour la vesce-avoine et 0,79 UFL et 0,71 UFV/kg MS pour le pois-avoine au stade épiaison, diminue au stade laiteux-pateux avec des baisses de 0,2 UFL et 0,2 UFV/kg de MS avec la vesce-avoine et 0,1 UFL à 0,3 UFV/kg MS avec le pois-avoine.

La valeur azotée en faveur de la vesce-avoine avec 76,1 g MAD, 30,5g PDIA, 61,5g PDIN et 88g PDIE/kg MS au stade épiaison, chute de 10g/kg MS au stade laiteux-pateux. Ainsi, l'exploitation tardive de ces deux associations entraîne une diminution de leurs valeurs énergétiques et azotées.

L'exploitation de la vesce-avoine en foin accentue cette diminution de la valeur nutritive comparée aux stades de l'exploitation en vert. Par rapport à la récolte en vert au stade épiaison, la fenaison de la vesce-avoine à un stade tardif, entraîne des modifications de la composition chimique et dans la digestibilité de la MS (- 17,2 points), de la MO (-17,7 points), de la MA (- 19,7 points) et de la CB (-17,7 points) .

Comparé au foin récolté au stade épiaison, le fanage de la vesce-avoine au stade tardif engendre une diminution de la valeur énergétique de (0,08 UF/kgMS, 0,07 UFL/kgMS et 0,08 UFV/kgMS) et dans la valeur azotée de (- 29,9 g MAD, - 8,5 g PDIA, - 19,9 g PDIN et - 3,9 g PDIE/kg MS). L'augmentation de la quantité de MS obtenue avec le stade tardif est perdue en terme de qualité essentiellement azotée.

Le traitement à l'urée améliore la valeur énergétique du foin de vesce-avoine tardif de 0,09 UF, 0,07 UFL et de 0,08 UFV/kg de MS. Le traitement de même qu'avec de l'urée + chaux, l'amélioration de la valeur énergétique est comparable entre traitement avec 4% d'urée et celui avec 2,5% d'urée + 0,5% de chaux.

Les valeurs azotées de foin traité sont également améliorées avec le traitement avec 4% d'urée qu'avec 2,5% d'urée + 0,5% de chaux; les différences entre ces deux traitements sont par kg de MS de 20,1 g MAD, 13,5 g PDIN, 0,3 g PDIE et 5,7 g PDIA. Le traitement à l'urée seule améliore de façon significative la valeur en PDIN du foin traité comparé au

traitement à l'urée + chaux. Si l'urée est indisponible, il est donc préférable de traiter le foin de vesce-avoine avec 2,5% d'urée + 0,5% de chaux d'autant plus que les quantités ingérées sont comparables entre les deux traitements.

Neanmoins, des essais d'alimentation de différentes catégories d'animaux (genisses d'élevage, brebis taries, gestantes ou allaitantes, taurillons à l'engraissement ou encore vaches laitières en période d'indisponibilité fourragère en vert) est nécessaire pour départager les deux traitements et les comparer au foin récolté aux stade optimum et tardif. Dans ce sens, la nature et le niveau de la complémentation des foins de vesce-avoine traités et non traités méritent d'être élucidés.

Références bibliographique

- 1) Abdouli, H., Khorchani, T. et Kraïrem, K., 1988.
Traitement de la paille à l'urée II - Effets sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité
Revue Fourrages 114, pp. 167 - 176.
- 2) Abdelguerfi, A. 1987.
Situation des fourrages en Algérie
revue céréaliculture, 16. pp. 1 - 5.
- 3) Abdelguerfi, A. 1994.
Quelques réflexions sur l'élevage et les ressources fourragères et pastorales en Algérie .
Séminaire national sur l'intensification et l'intégration de la production laitière en Algérie . Jijel.
Juin 1994.
- 4) Aerts, J.V. De Brabander, D.L., Cottin, B.G. et Buysse, F.X. 1977.
Influence du stade de végétation de l'herbe sur la composition, la digestibilité et la valeur énergétique des produits herbagers conservés.
Revue de l'agriculture 5, pp. 1271.
- 5) Andrieu, J. 1983.
Valeur alimentaire des associations graminées-trèfle blanc et prévision de leur valeur nutritive.
Revue fourrage, 95. Sept . 1983. pp. 145 - 160.
- 6) Andrieu, J. et Demarquilly, C. 1987.
Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles.
Fourrages secs: récolte - traitement - utilisation. INRA. pp. 164 - 182.
- 7) *Annuaire des statistiques agricoles*
Série B, de 1986 à 1995
M.A.P.
- 8) Aufrère, J. 1982.
Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique.
Ann. Zoot. 31 (2). pp. 111 - 130.
- 9) Benahmed, H. et Dulphy, JP. 1985.
Note sur la valeur azotée de fourrages pauvres traités par l'urée ou l'ammoniac.
Ann. Zoot. 34 (3). pp. 335 - 346.
- 10) Bonischot, R. 1983.
Fertilisation phosphatée et potassique des prairie avec trèfle blanc.
Revue Fourrages 95 Sept. 1983. p. 123

11) Bouallegue, A. 1996.

La valeur alimentaire de l'association pois-avoine utilisée en vert comparée à la vesce-avoine.

Th. Ing. Agro. Blida.

12) Boutalbi, O. 1983.

Contribution à l'étude de la valeur alimentaire des fourrages algériens : Relation entre digestibilité in-vivo, digestibilité in-vitro et composition chimique.

Th. Magister INA. El Harrache.

13) Cabon, G. 1987.

Accélérer la dessiccation du fourrage : Quinze ans d'évolution des matériels et des méthodes.

Fourrages secs : récolte - traitement - utilisation. INRA. pp. 47 - 62. INRA

14) Charles, J.P. et Lehmann, J. 1989.

Intérêt des mélanges de graminées et de légumineuses pour la production fourragère en suisse.

Revue Fourrages 119, pp. 311 - 320.

15) Chenost, M. 1987.

Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des mauvais foin et des pailles par les ruminants.

Fourrages secs: récolte-traitement-utilisation. INRA. pp. 184 - 198.

16) Chenost, M. et Dulphy, J.P. 1987.

Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement.

Fourrages secs: récolte-traitement-utilisation. INRA. pp. 199 - 230.

17) Chenost, M. 1989.

Intérêt comparé du traitement à l'ammoniac et d'une complémentation appropriée de pailles de blé (niveau et nature des compléments énergétiques et azotés) pour l'alimentation de genisses de race laitière de deux ans en croissance hivernale modérée.

Ann. Zoot. 38. pp. 29 - 47.

18) Chermiti, A. et Cordesse, R. 1988.

Valeur alimentaire du foin de vesce-avoine traité à l'ammoniac.

Ann. INRA. Tunisie. 61. Fasc. 3.

19) CIHEAM, 1990

Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits méditerranéenne.

Revue options méditerranéennes. série B. 4. pp. 20-102.

20) Cordesse, R. 1987.

Technologie du traitement des pailles à l'ammoniac.

Fourrages secs: récolte-traitement-utilisation. INRA. pp. 231 - 242.

- 21) Deinum, B. et Dirven, J.G. 1976.
Climate, nitrogen and grass: Comparaison of production and chemical composition of Bracharia ruziziensis and Setaria sphacelata grown at different temperatures.
Neth. J. Agric. Sci. 24. p. 67.
- 22) Demarquilly, C. et Chenost, M. 1969.
Etude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon.
Ann. Zoot. 18. pp. 419 - 436.
- 23) Demarquilly, C. et Weiss, Ph. 1970.
La valeur alimentaire des fourrages verts.
Revue fourrages. 43. pp. 3.
- 24) Demarquilly, C et Jarrige, R. 1971.
Valeur alimentaire des fourrages de prairies cultivées et de prairies naturelles.
Bull. techn. C.R.Z.V. INRA. Theix. 6. pp 5.
- 25) Demarquilly, C. , Chenost, M. et Sauvant, D. 1980.
Simple methods to predict feeding value: Applied aspects. In energy and protein feeding standards applied to the rearing and finishing of beef cattle.
Ann. Zoot. 29. pp 351.
- 26) Demarquilly, C., Andrieu, J. et Weiss, Ph. 1981.
L'ingestibilité des fourrages verts et des foin et sa prevision; Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.
Ed. INRA. pp. 155 6 167.
- 27) Demarquilly, C. 1982.
Valeur alimentaire des légumineuses (luzerne et trèfle violet) en vert et modification entraînées par les différentes méthodes de conservation.
Revue fourrages. 90. juin 1982. pp. 181 - 202.
- 28) Demarquilly, C. 1987.
La fenaison : évolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique.
Fourrages secs: récolte-traitement-utilisation. INRA. pp. 23 - 46.
- 29) De Montard, F.X. , Laissus, R. , Planquaert, Ph. et Plantureux, S. 1983.
Importance et rôle du trèfle blanc dans les prairies permanentes en relation avec les conditions de milieu et les pratiques d'exploitation et de fertilisation azotée.
Revue Fourrages. 94 juin 1983. pp. 87 - 108.
- 30) Dulphy, J.P. , 1987.
Fenaison: Pertes en cours de récolte et de conservation.
Fourrages secs: récolte-traitement-utilisation. INRA. pp. 103 - 124.

- 31) Dulphy, J.P. , Jouany, J P., Martin-Rosset,W.et Theriez,M.1994.
Aptitudes comparées des différentes espèces d'herbivores domestiques à ingérer et digérer des fourrages distribués à l'auge.
Ann.Zoot.43 (1) pp.11 - 32.
- 32) Duru, M. et Gibon, A. 1988.
Prevoir la valeur nutritive des foins et des regains dans les pyrenées centrales.
I- Principaux facteurs de variation de la composition chimique.
Revue Fourrages 114. pp. 143 - 165.
- 33) Duru, M. 1992.
Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanents au printemps.
I - Etablissement de références.
Agronomie, 12, pp. 219 - 233. INRA France.
- 34) El-Hadef, F.1992.
Amélioration de la valeur nutritive de la paille de blé par la complémentation.
Th. Ing. Agro-Blida.
- 35) Felix, F. et Rauzi, G. 1971.
Contribution à la prévision de la production de plantes cultivées au moyen d'indice agro-climatique local.
Revue Fourrages, 45. p. 71.
- 36) Gaillard, . 1974.
Valeur alimentaire des fourrages tunisiens.
Bull. fac. d'agronomie, 22.
- 37) Gaston Pichard, D. et Ennio Innocenti,C.1987.
Tabla de composicion de forrajes de la zona central de chile.
Ciencia e investigacion agraria.Vol 14.2.
- 38) Gillet, M. 1980.
Les graminées fourragères: Description et fonctionnement. Application à la culture de l'herbe.
Edit. Gauthiers villars.
- 38) Goss,G.,Charpentier, M., Lemaire,G. et Guy,P. 1982
Influence des facteurs climatiques sur la production de la luzerne.
Revue Fourrages 90.
- 39) Guy, P. , Blondon ,F. et Durand, J. 1971.
Action de la température et de la durée d'eclaircissement sur la croissance et la floraison de deux types éloignés de luzerne cultivée.
Ann.amélior.Plantes. 21. 4. pp. 408 - 422
- 40) Hammadache, A. 1997.
Les fourrages cultivés: un impératif au développement de la production animale: résultats des travaux de recherches.
Seminaire : 2^e journées de recherches sur les productions animales. Tizi-ouzou Nov 1997.

- 41) Hadj-Omar, K. 1992.**
Influence de la température et de la longueur de traitement (60g d'urée et 0,4 l d'eau/kg de MS) sur la valeur nutritive des pailles de blé.
 Th. Ing. Agro. Blida.
- 42) Hamrit, S. 1994.**
Evaluation de la production et valeurs nutritives de six associations fourragères.
 Th. Ing. Agro. Univ. Setif.
- 43) Hassen, H. et Mansouri, M. 1996.**
Intérêt de la fertilisation azotée pour l'association vesce-avoine en zone humide de tunisie.
 Revue Fourrages 146, pp. 173 - 180
- 44) Hnatyszyn, M. et Guais, A. 1988.**
Les fourrages et l'éleveur.
 Agriculture d'aujourd'hui, Sciences- techniques et applications.
- 45) Houmani, M. 1996.**
Evaluation du bilan fourrager en Algérie.
 2^e journées d'études sur la production et la technologie du lait. INFSA Mosta. Mars 1996.
- 46) Houmani, M. 1998.**
Amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine par le traitement à l'urée.
 Revue Fourrages 154. pp. 239 - 248.
- 47) Huguet, L. et Guy, P. 1982.**
L'association graminée-légumineuse.
 Revue Elevage bovin, 126, pp. 16 - 24.
- 48) INRA, 1988**
Tables de valeur alimentaire Annexes
Alimentation des bovins, ovins, caprins.
 Edit INRA France.
- 49) Institut technique d'arboriculture fruitière, 1997**
Températures et précipitations mensuelles moyennes 1996/1997
 Station de Boufarik, 1997
- 50) Jarrige, R., Demarquilly, C. et Dulphy, J.P. 1973.**
The voluntary intake of forages.
 5th Gen. Meeting of European Grassl, Assoc. Uppsala, Växtodling, 28. pp. 98 - 106.
- 51) Jarrige, R. 1988**
Alimentation des bovins, ovins et caprins.
 Ed. INRA. Paris.
- 52) Kerba, F. 1980.**
Valeur alimentaire des fourrages et besoins nutritifs des bovins (tables).
 IDEB. Baba-Ali.

- 53) Klesbadel, L.J. 1969.
Chemical composition and yield of oats and peats separated from a forage mixture at successive stages of growth.
Agro. j. t. 61. pp. 713 - 716.
- 54) Kouache, B. 1997.
Utilisation des chaumes et des pailles de céréales dans l'alimentation des brebis en phase de gestation et d'allaitement et influence sur la croissance des agneaux.
Thèse Magister. Agronomie Blida.
- 55) Kovrygin, P.I. et Kuzmin, G. 1979
Pea and peavine as protein reserves
Herb, abst, Vol. 50. 8.
- 56) Kraïrem, K. et Abdouli, H. 1989.
Composition botanique et valeur alimentaire de la vesce-avoine exploitée en vert et en foin triés ou non des adventices.
Ann. INRA. Tunisie Vol. 62. fasc. 15. pp. 3 - 12.
- 57) Lecomte, P. 1986.
Comportement du trèfle blanc associé à des graminées en basse Normandie. I - Influence des techniques d'exploitation.
Revue Fourrages 108. pp. 103 - 117.
- 58) Lecomte, P. et Parache, P. 1993.
L'association avoine-pois: Une culture fourragère adaptée aux régions de demi-altitude et utilisable comme plante abri d'un semi fourrage.
Revue Fourrages, 134. pp. 211 - 216.
- 59) Mefti, H., 1994.
Etude comparative de la paille de blé dur traitée à l'ammoniac gazeux et à l'urée dans l'alimentation des ovins (traitement, digestibilité in vivo et test de croissance sur jeunes ovins).
Thèse magister. Agronomie Blida.
- 60) Mazouz, H. 1993.
Influence de la dose, de l'humidité et de la longueur de traitement sur la valeur nutritive d'une paille de blé traitée à l'urée.
Th. Ing. Agro. Blida.
- 61) Mohammedi, A. 1983.
Etude de la valeur alimentaire de l'association pois-avoine utilisée en vert.
Th. Ing. INA. El Harrache.
- 62) Nadjeh, S.E. 1991.
Traitement de la paille de blé à l'urée: Influence de la température de la paille au moment des apports d'urée, du volume d'eau et du mode de stockage sur la fixation de l'azote.
Th. Ing. Agro. Blida.

- 63) Nösberger, J. 1983.
Quelques aspects de la biologie et de la physiologie du trèfle blanc.
Revue Fourrages. 94 juin 1983. pp. 49 - 59.
- 64) Oliveros, B.A., Britton, R.A. et Klopfenstein, T.J. 1993
Ammonia and/ or calcium Hydroxide treatment of maize stover: intake, digestibility and digestion kinetics.
Animal Feed Science and Technology, 44, pp. 59 - 72.
- 65) Ouknider, M. et Jacquard, P. 1986.
Production et valeur nutritive de l'association vesce-avoine en zone méditerranéenne.
Revue Fourrages 105. pp.39 - 61.
- 66) Petit, M., Garel, J.P. et Grenet, N.1987.
Utilisation des foin et pailles par le troupeau de vaches allaitantes .
Les fourrages secs: récolte - traitement - utilisation. INRA . pp 361 - 389.
- 67) Picard, J. 1982.
Les légumineuses dans la production fourragère française - Evolution au cours des vingt dernières années.
Revue Fourrages 90 . Juin 1982. pp. 17 - 26.
- 68) Pontailier, S. 1977.
Les engrais et la qualité des fourrages.
Revue élevage ovins - bovins - caprins. 58.
- 69) Robinson, R.G. 1960
Oat pean or Oat - vetch mixture for forage or seed.
Agr. J. T. 52. 9. Pp. 546 - 549.
- 70) Scehovic, J. 1979.
Prevision de la digestibilité de la matière organique et de la quantité de matière sèche volontairement ingérée des graminées sur la base de leur composition chimique.
Revue Fourrages. 79. 57.
- 71) Selhab, F.A., Djellali, N. et Chabaca, R. 1997.
Action des substances phénoliques sur la synthèse proteique: Cas des pailles de céréales traitées à l'ammoniac .
Seminaire, 2^e journées de recherche sur les productions animales. Tizi-ouzou. Nov. 97
- 72) Slamani, Y. 1992.
Amélioration de la valeur nutritive de la paille de blé à l'urée par les complementations.
Th. Ing. Agro. Blida.
- 73) Serradj, D.1991.
Traitement des pailles de blé à l'urée . Influence de la température, de l'eau, du temps de traitement et de la durée de stockage sur la valeur azotée.
Th. Ing. Agro. Blida

74) Spiertz, J.H.I. et Ellen, J. 1972.

The effect of light intensity on some morphological and physiological aspects of the crop perennial rye - grass (LOLIUM perenne L . var. cropper) and its effect on seed production.
Neth.J. Agr;Sci. 20 - 232.

75) Theriez, M. 1968.

Valeur alimentaire des fourrages tunisiens. Composition chimique et digestibilité du foin de vesce-avoine.

Bull. INSA. Tunisie. 16 pp 38 - 49.

76) Tisserand, J.L. 1973.

Comparaison de l'ensilage d'herbe avec d'autres techniques de conservation des fourrages.
Revue Fourrages . 56. pp. 137.

77) Tisserand, J.L. 1988.

Les systèmes UFL - UFV , PDI , UE proposés en 1988 pour l' INRA (introduction à l'étude des modifications des systèmes 1978.

Conférence Agronomie Blida. 1988.

78) Tisserand, J.L. 1988.

Les traitements susceptibles d'améliorer la valeur alimentaire des produits végétaux ligneux .
Conférence Agronomie Blida. 1988

79) Van Bockstaele, E.J., Behaeghe, T.J., De Baets, A.E. et Traets, J. 1981.

Les pertes occasionnées par le séchage sur champ .

Revue de l'agriculture. 34. 3. pp 787 - 803

80) Van soest, P.J. 1964.

Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants. voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility .
J. animal Sci. 24, pp 834 -843.

81) Yakhlef, H. et Triki, S.; 1997.

Effet d'une alimentation prolongée de la paille traitée à l'urée ou à l'ammoniac comme seul fourrage grossier sur les paramètres de reproduction des brebis de race Ouled Djellal.

Seminaire, 2e journées de recherche sur les productions animales. Tizi ouzou, Nov. 1997

82) Zaman, M.S. et Owen, E.; 1995.

The effect of calcium Hydroxide und urea treatment of barley straw on chemical composition and digestibility in vitro.

Animal Feed Science and Technology. 51, pp 165-171.

83) Zouaoui , K. 1992.

Influence de la température et de la longueur de traitement (100 g d'urée et 0.4 l d'eau / Kg de MS) sur la valeur nutritive des pailles de blé.

Th. Ing. Agro. Blida.

84) Zwaenepoel, P., Dulphy, J.P., Pelhate, J. et Breton, A. 1987

La conservation des foins humides.

Les fourrages secs: récolte-traitement-utilisation. INRA. pp. 84 - 101.

Annexe 1: Evolution du poids vif des animaux en kg.

1- Essai digestibilité in vivo des associations vesce-avoine et pois-avoine en vert

Associations	Stades	Poids moyen début période	Poids moyen fin période	Variation moyenne (g)	Variation journalière(g/j)
Vesce-avoine	épiaison	57,5	57,7	0,2	0,02
	laiteux-pateux	60,0	60,3	0,3	0,03
Pois-avoine	épiaison	57,6	58,2	0,6	0,06
	laiteux-pateux	59,0	58,8	-0,2	-0,02

2- Essai digestibilité in vivo de l'association vesce-avoine en foin.

Type de foin	Poids moyen début période	Poids moyen fin période	Variation moyenne (g)	Variation journalière(g/j)
Foin précoce (épiaison)	55,7	57,7	2	0,2
Foin tardif (laiteux-pateux)	51,5	52,3	0,8	0,08
Foin tardif traité à l'urée	54,7	55,4	0,7	0,07
Foin tardif traité à l'urée + chaux	58,2	58,6	0,4	0,04

Annexe 2: Digestibilité in vivo des associations vesce-avoine et poids-avoine en vert
1. Association vesce-avoine

Stade	Eplaison					Laiteux-pateux				
	1	2	3	4	moyenne	1	2	3	4	moyenne
Paramètres de digestibilité (g/l)										
Mouton										
Q MS offerte	1641,8	1477,1	1727,3	1258,3		1550,6	1136,8	1793,8	1491,6	
Q MS refusée	149,0	158,0	198,0	155,0		147,3	100,5	168,9	159,8	
Q MS ingérée	1492,8	1319,1	1529,3	1103,3		1403,3	1033,3	1624,8	1331,8	
Q MS excrétée	135,3	399,1	449,0	322,2		534,6	334,7	581,6	510,0	
Digestibilité MS en (%)	70,8	69,7	70,6	70,7	70,5±0,5	61,9	67,7	64,2	61,7	63,8±2,7
Q MO offerte	1487,5	1338,2	1564,9	1140,0		1418,8	1040,2	1641,3	1364,8	
Q MO refusée	138,0	143,7	178,6	139,5		135,5	92,0	155,8	148,2	
Q MO ingérée	1349,5	1194,5	1386,8	1000,5		1283,3	947,3	1485,5	1216,6	
Q MO excrétée	391,3	352,3	407,5	294,1		474,8	290,8	518,4	450,1	
Digestibilité MO en (%)	71,0	70,5	70,6	70,6	70,6±2,2	63,0	69,3	65,1	63,0	65,1±2,9
Q MAT offerte	423,3	200,9	234,9	171,1		179,8	131,8	208,0	173,0	
Q MAT refusée	11,9	12,1	14,8	12,7		8,9	6,5	11,3	10,5	
Q MAT ingérée	211,4	188,8	220,1	158,4		170,9	125,3	196,7	162,5	
Q MAT excrétée	90,0	79,5	90,4	76,0		81,5	55,3	80,2	78,4	
Digestibilité MAT en (%)	57,4	57,9	58,9	52,0	56,5±3,0	52,3	55,8	59,2	51,7	54,7±3,4
Q CB offerte	508,9	457,9	535,4	390,0		514,8	377,4	595,5	495,2	
Q CB refusée	58,1	59,7	73,6	56,9		59,6	39,3	70,9	64,4	
Q CB ingérée	450,8	398,2	461,8	333,1		455,2	338,1	524,6	430,8	
Q CB excrétée	121,7	111,0	141,7	95,9		195,2	98,3	179,9	154,6	
Digestibilité CB en (%)	73,0	72,1	69,3	71,2	71,4±1,5	57,1	70,9	65,7	64,1	64,4±5,6

Q= quantité; MS=matière sèche; MO= matière organique; MAT=matières azotées totales; CB= cellulose brute.

Annexe 2 (suite) : Digestibilité in vivo des associations vesce-avoine et pois-avoine en vert
2: Association pois-avoine

Stade	Epiaison					Laiteux-pateux				
	1	2	3	4	moyenne	1	2	3	4	moyenne
Paramètres de digestibilité (g/l)										
Mouton										
Q MS offerte	1593,5	1468,4	1620,4	1184,1		1571,3	1251,8	1600	1113,5	
Q MS refusée	129	145,5	173,6	117,3		180,7	129,1	177,7	128,1	
Q MS ingérée	1434,5	1322,9	1446,8	1066,8		1390,6	1122,7	1422,3	985,4	
Q MS excrétée	461,9	390,2	476,0	324,3		582,6	432,2	523,4	374,4	
Digestibilité MS en (%)	67,8	70,5	67,1	69,6	68,7±1,5	58,1	61,5	63,2	62,0	61,2±2,1
Q MO offerte	1384,6	1309,8	1445,4	1056,2		1418,8	1130,3	1444	1005,5	
Q MO refusée	114,4	129,4	153,6	104,1		164,8	118,5	163,4	117,2	
Q MO ingérée	1280,2	1180,4	1291,8	952,1		1254	1011,8	1281,4	888,3	
Q MO excrétée	434,0	367,1	450,8	301,8		532,9	389,5	474,1	344,6	
Digestibilité MO en (%)	66,1	68,9	65,2	68,3	67,1±1,7	57,5	61,5	63	61,2	60,8±2,3
Q MAT offerte	175,1	164,4	181,4	132,6		147,7	117,6	150,4	104,6	
Q MAT refusée	8,12	9,9	12,1	9,7		14,8	11,6	13,3	9,8	
Q MAT ingérée	166,9	154,5	169,3	122,9		132,9	106,0	137,1	94,8	
Q MAT excrétée	82,5	63,5	75,6	59,6		60,7	54,5	62,9	41,7	
Digestibilité MAT en (%)	50,0	58,9	55,3	51,5	53,9±3,9	54,3	48,6	54,1	56,0	53,2±3,2
Q CB offerte	497,1	466,9	515,2	376,5		543,6	433,1	553,6	385,2	
Q CB refusée	45,9	55,8	62,4	44,5		68,6	51,6	70,3	50,2	
Q CB ingérée	451,2	411,1	452,8	332		475,0	381,5	482,7	335,0	
Q CB excrétée	118,2	114,2	138,5	84,3		183,3	129,7	156,8	121,6	
Digestibilité CB en (%)	73,8	72,2	69,4	74,6	72,5±2,2	61,4	66,0	67,5	63,7	64,6±2,6

Q= quantité; MS= matière sèche; MO= matière organique; MAT= matières azotées totales; CB: cellulose brute.

Annexe 3: Digestibilité in vivo de l' associations vesce-avoine en foin
 1 : foin précoce (épaisson) et tardif (laiteux-pateux)

Stade	FP					FT				
	1	2	3	4	moyenne	1	2	3	4	moyenne
Paramètres de digestibilité (g/l)										
Mouton										
Q MS offerte	1267,2	1130,3	1224,4	1037,0		1391,6	1081,0	1174,5	1285,0	
Q MS refusée	68,2	60,0	77,5	80,6		97,1	73,1	82,4	84,0	
Q MS ingérée	1199,0	1070,3	1146,9	956,4		1294,5	1007,9	1092,1	1201,0	
Q MS excrétée	56,3	477,3	502,3	436,1		623,9	507,9	541,6	557,2	
Digestibilité MS en (%)	53,6	55,4	56,2	54,4	54,9±1,7	51,8	49,6	50,4	53,6	51,3±1,1
Q MO offerte	1177,2	1050,0	1137,4	963,4		1309,8	1017,5	1105,4	1209,5	
Q MO refusée	60,5	51,8	72,6	73,0		90,2	68,2	77,6	78,8	
Q MO ingérée	1116,7	998,2	1064,8	890,4		1219,6	949,3	1027,8	1130,7	
Q MO excrétée	494,4	425,4	446,1	378,6		579,8	464,9	493,1	495,0	
Digestibilité MO en (%)	55,7	57,3	58,1	57,4	57,1±1,5	52,4	51,0	52,0	56,2	52,9±0,9
Q MAT offerte	112,6	100,4	108,8	91,9		78,7	61,1	66,4	72,7	
Q MAT refusée	6,8	5,7	4,6	6,0		4,4	4,0	2,9	3,0	
Q MAT ingérée	105,8	94,7	104,2	85,9		74,2	57,1	63,5	69,7	
Q MAT excrétée	48,2	42,2	51,4	27,1		47,6	34,2	35,5	50,5	
Digestibilité MAT en (%)	54,4	55,4	50,6	68,4	57,2±6,2	35,9	40,1	44,0	27,5	36,8±8,4
Q CB offerte	443,0	395,1	428,0	362,5		495,0	384,5	417,7	457,0	
Q CB refusée	22,2	19,6	31,9	28,9		42,0	28,5	35,5	38,1	
Q CB ingérée	420,8	375,5	396,1	333,6		453,0	356,0	382,2	418,9	
Q CB excrétée	189,9	167,4	149,9	135,3		209,1	173,7	175,1	184,5	
Digestibilité CB en (%)	54,8	55,4	62,1	59,4	57,9±2,7	53,8	51,2	54,1	55,9	53,7±1,2

FP= foin précoce et FT= foin tardif
 Q= quantité; MS=matière sèche; MO= matière organique; MAT= matières azotées totales; CB= cellulose brute.

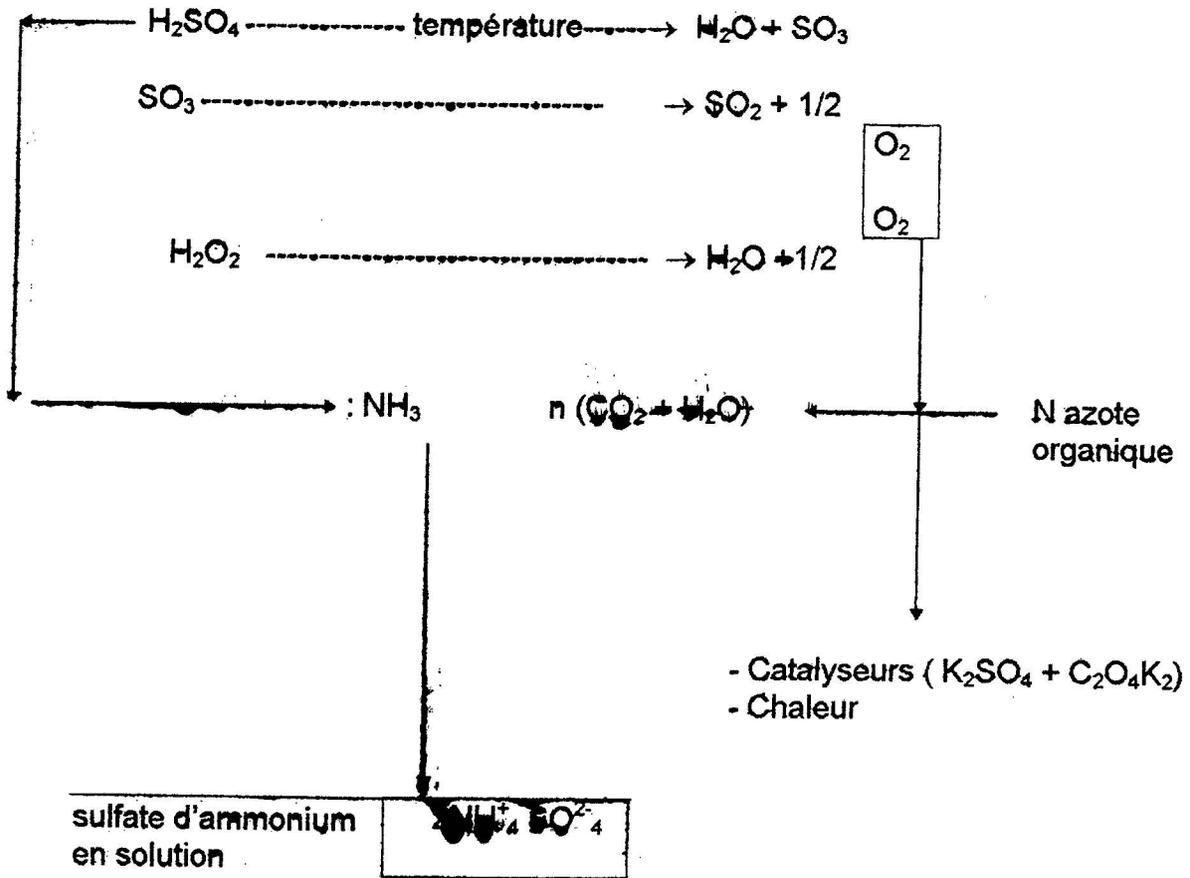
Annexe 3 (suite) : Digestibilité in vivo de l' associations vesce-avoine en foin
 2. foin tardif (laieux-pateux) traité à 4% d'urée et 2,5% urée + 0,5% chaux

Paramètres de digestibilité (g/j)	FTu					FT u+c				
	1	2	3	4	moyenne	1	2	3	4	moyenne
Mouton										
Q MS offerte	1381,2	1177,6	1502,5	1178,3		1422,7	1310,7	1543,6	1172,7	
Q MS refusée	93,2	102,3	61,3	119,7		125,0	126,5	80,2	135,3	
Q MS ingérée	1288,0	1075,3	1441,2	1058,6		1297,7	1184,2	1463,4	1037,4	
Q MS excrétée	534,7	502,1	647,0	442,4		606,9	516,1	673,9	436,2	
Digestibilité MS en (%)	54,6	53,3	55,1	58,2	55,3±1,0	53,2	56,4	53,9	57,9	55,3±1,4
Q MO offerte	1298,0	1106,7	1412,0	1107,4		1333,9	1228,9	1447,3	1099,5	
Q MO refusée	86,9	95,6	57,2	112,9		116,0	116,9	73,9	124,8	
Q MO ingérée	1211,1	1011,1	1354,8	994,5		1217,9	1112,0	1373,4	974,7	
Q MO excrétée	524,6	451,9	582,9	391,1		540,4	460,8	606,7	388,7	
Digestibilité MO en (%)	56,6	55,3	56,9	60,6	57,3±1,0	55,6	58,5	55,8	60,1	57,5±1,2
Q MAT offerte	121,0	103,1	131,6	103,2		93,9	86,5	101,8	77,4	
Q MAT refusée	6,5	5,9	3,8	7,3		6,7	7,2	4,2	7,4	
Q MAT ingérée	114,5	97,2	127,8	95,9		87,2	79,3	97,6	70,0	
Q MAT excrétée	52,4	49,2	59,5	41,5		52,8	45,7	60,5	38,1	
Digestibilité MAT en (%)	54,2	49,3	53,3	56,7	53,4±2,5	39,4	42,3	38,0	45,5	41,2±2,0
Q CB offerte	528,7	462,5	590,1	462,8		550,8	507,5	597,7	454,0	
Q CB refusée	41,7	44,9	26,8	52,8		59,8	56,7	38,9	62,0	
Q CB ingérée	487,0	417,6	563,3	410,0		491,0	450,8	558,8	392,0	
Q CB excrétée	177,5	147,2	205,7	123,8		183,6	162,7	211,9	126,7	
Digestibilité CB en (%)	63,5	64,7	63,4	69,8	65,3±1,5	62,6	63,9	62,0	67,6	64,0±1,5

FTu= foin tardif traité à 4% d'urée et FTu+c= foin tardif traité à 2,5 % urée et 0,5% chaux.
 Q= quantité; MS=matière sèche; MO= matière organique; MAT= matières azotées totales; CB= cellulose brute.

Annexe 4: Schéma de dosage de l'azote total (KJELDAHL)

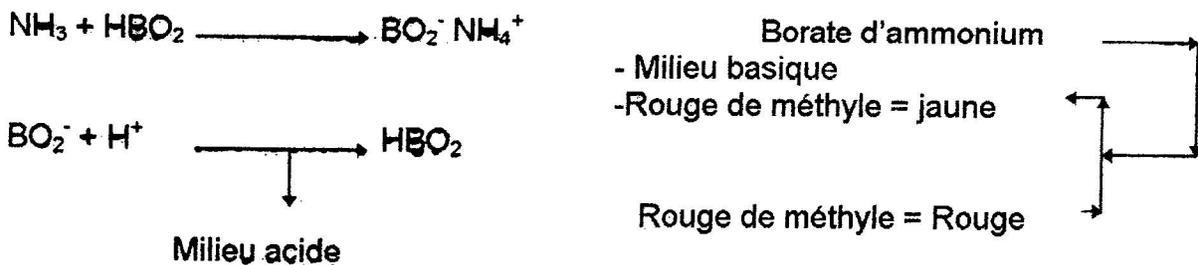
1 ère étape: Minéralisation (dans le matras)



2 ème étape: Déplacement de NH_3 (dans le ballon de l'appareil à distiller)



3 ème étape: Distillation et dosage de NH_3 dans le distillat:



Annexe 5: Méthodes utilisées dans le calcul de la valeur alimentaire

1- Valeurs énergétiques:

En UF

$$\text{Formule de Lehmann et Breirem} \quad \text{UF/kgMS} = \frac{2,36 \text{ MOD} - 1,20 \text{ MOI}}{1650}$$

MOD: Matière organique digestible en g/kg MS

MOI: Matière organique indigestible en g/kg MS

1650: Énergie nette en kcal apportée par 1 kg d'orge utilisé pour l'engraissement.

En UFL et UFV

$$\text{Système INRA (1988)} \quad \text{UFL/kgMS} = \frac{\text{EM} \times \text{kl}}{1700}$$

et

$$\text{UFV/kgMS} = \frac{\text{EM} \times \text{kmf}}{1820}$$

EM: Énergie métabolisable en kcal/kgMS

kl: Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière

kmf: Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien et l'engraissement.

1700: Énergie nette en kcal apportée par 1 kg d'orge pour la production de lait.

1820: Énergie nette en kcal apportée par 1 kg d'orge pour l'entretien et l'engraissement.

Avec:

$$\text{kl} = 0,6 + 0,24 (q - 0,57)$$

$$\text{km} = 0,287 q + 0,554$$

$$\text{kf} = 0,78 q + 0,006$$

$$\text{kmf} = \frac{\text{km} \times \text{kf} \times 1,5}{\text{kf} + 0,5 \text{ km}}$$

q: Rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable.

$$q = \text{EM} / \text{EB}$$

$$\text{EM} = \frac{\text{EM}}{\text{ED}} \times \text{EB} \times \text{dE} \quad \text{avec } \text{EM} / \text{ED} = 0,8417 - 9,9 \cdot 10^{-5} \text{CB}_0 - 1,96 \cdot 10^{-4} \text{MAT}_0 + 0,0221 \text{NA}$$

$$\text{et } \text{dE} = 0,985 \text{dMO} - 0,02556.$$

CB₀ et MAT₀ en g/kg MO

NA: Niveau alimentaire = 1 pour les fourrages

dE: Digestibilité de l'énergie et dMO: Digestibilité de la matière organique

Les valeurs de l'énergie brute (EB) sont estimées à partir des tables de valeurs alimentaires des fourrages de l'INRA (1988).

Annexe 6: Valeurs azotées

En MAD

$$\text{MAD (g/kg MS)} = \text{MAT}_{\text{ingérées}} \times \text{CUD}_{\text{MAT}}$$

MAT: Matière azotée total en g/kgMS

CUD: Coefficient d'utilisation digestible en%

En PDI Système INRA (1988).

$$\text{PDIA (g/kgMS)} = 1,11 \text{ MAT} \cdot (1 - \text{DT}) \text{ dr}$$

$$\text{PDIMN (g/kgMS)} = 0,64 \text{ MAT} \cdot (\text{DT} - 0,1)$$

$$\text{PDIME (g/kgMS)} = 0,093 \text{ MOF}$$

Avec MOF: Matière organique fermentescible.

$$\text{MOF} = \text{MOD} - \text{MAT} \cdot (1 - \text{DT})$$

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

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

Avec DT: Dégradabilité théorique = 0,66

dr: Digestibilité réelle = 0,7

Annexe 7:

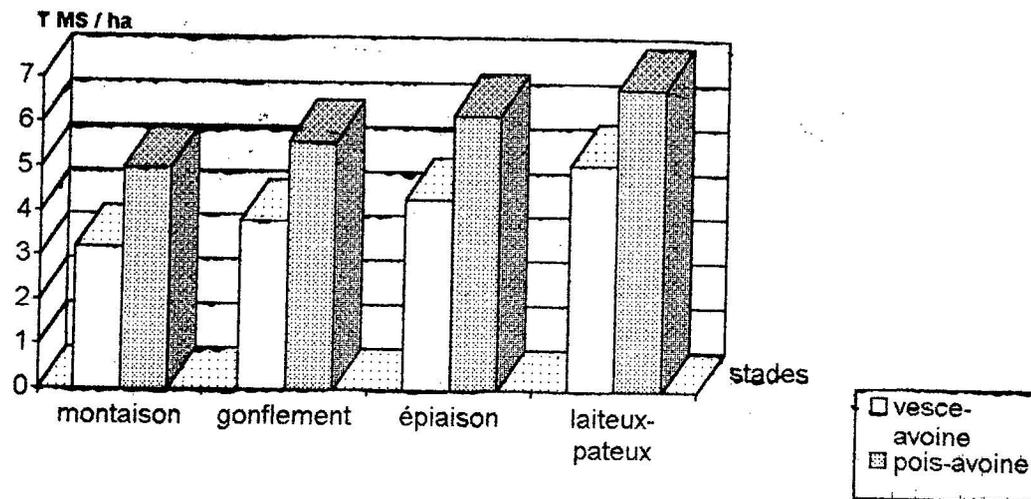


Fig 9 : Évolution des rendements (en T MS/ha) des associations vesce-avoine et pois-avoine

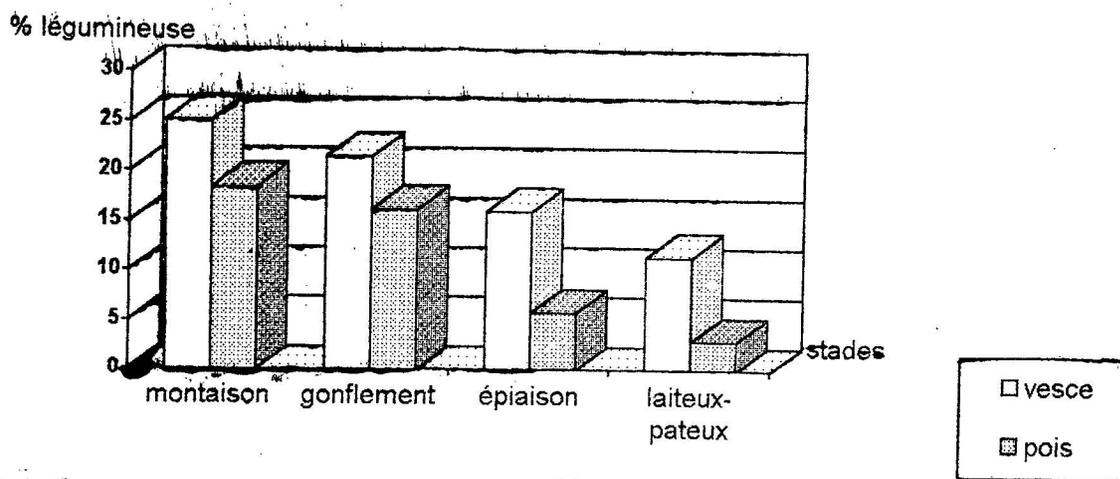


Fig 10 : Participation de la vesce et du pois en (% de la MS) dans chacune des associations étudiées

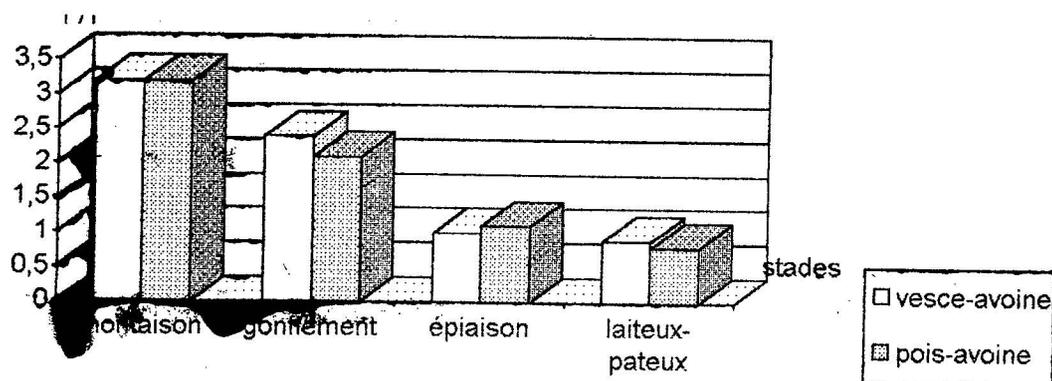


Fig 11: Rapport feuille / tige (F/T) des associations étudiées

Annexe 8

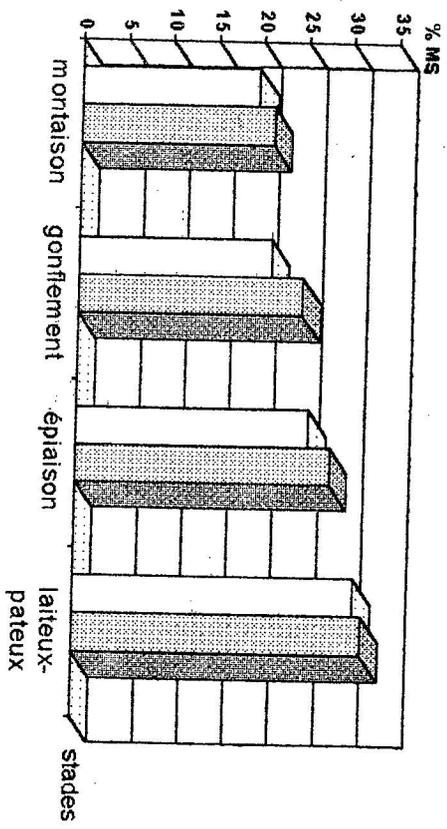


Fig 12: Teneurs en matière sèche (en %) des associations des associations étudiées.

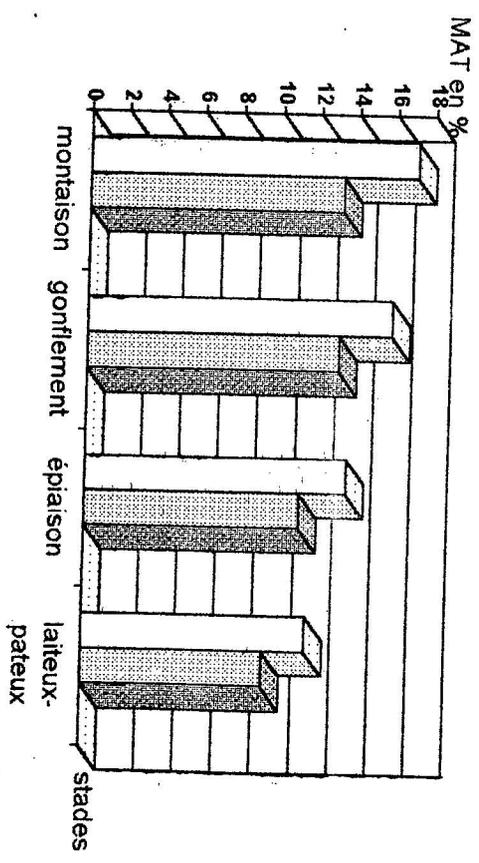


Fig14: Teneurs en matières azotées totales (en%MS) des associations étudiées

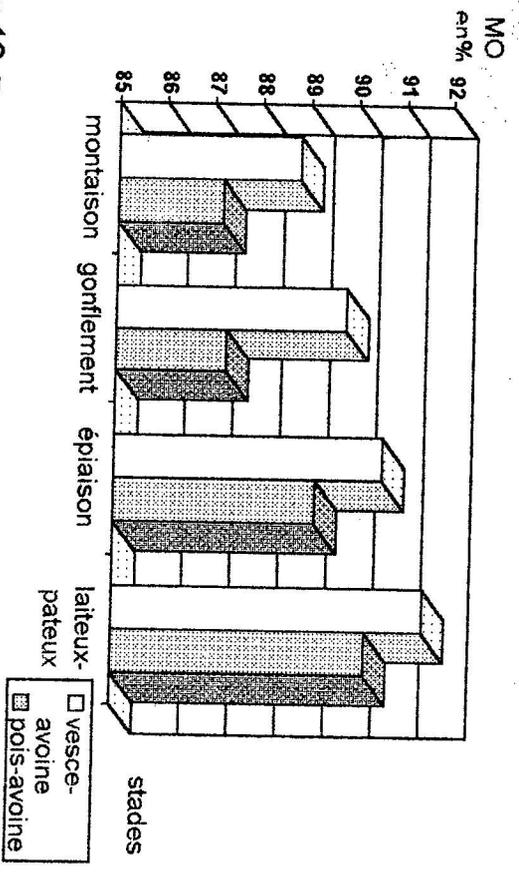


Fig 13: Teneurs en matière organique (en % MS) des associations étudiées

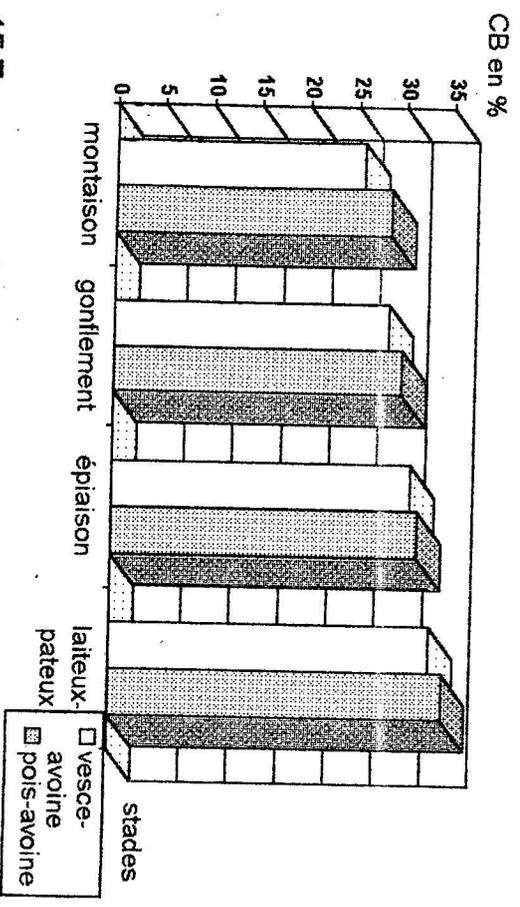


Fig15: Teneurs en cellulose brute (en %MS) des associations étudiées:

vesce-avoine
 pois-avoine

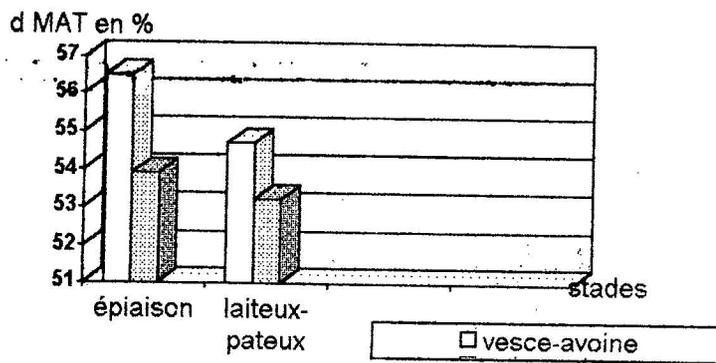


Fig 16: Digestibilité des matières azotées totales des associations

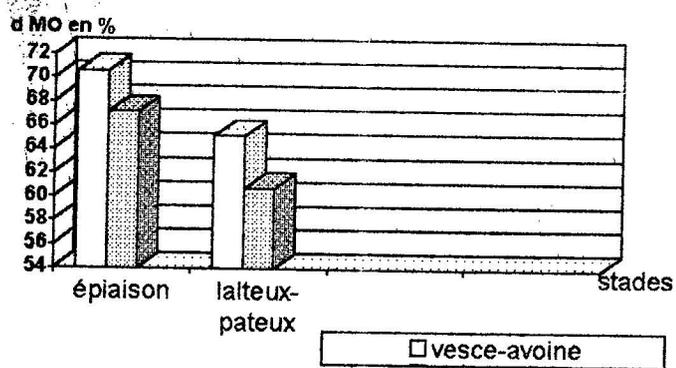


Fig 17: Digestibilité de la matière organique des associations étudiées

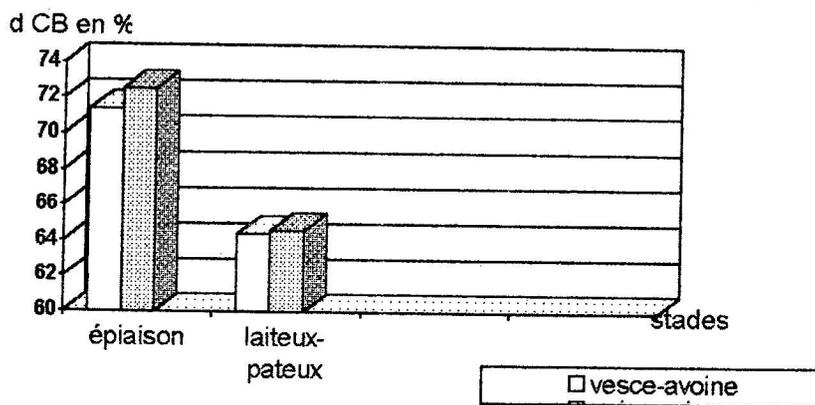


Fig 18: Digestibilité de la cellulose brute des associations étudiées

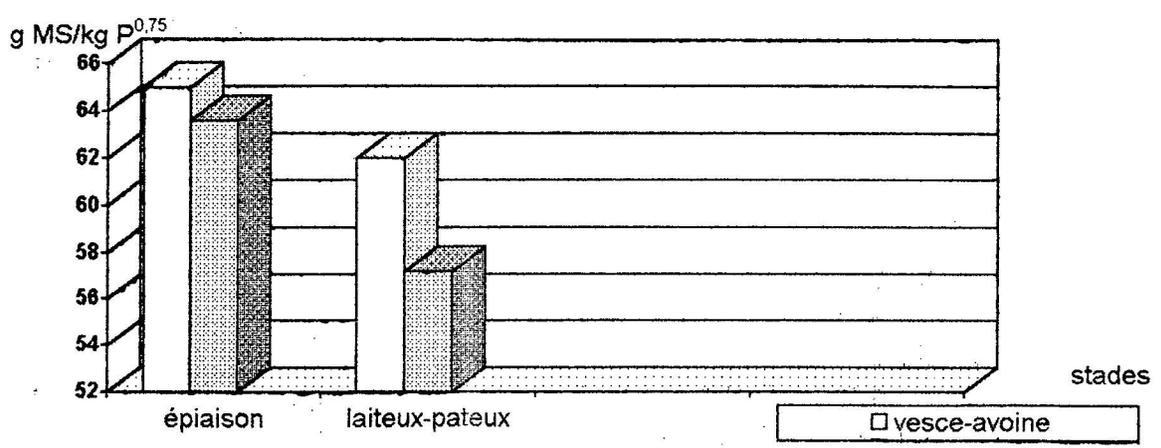


Fig 19: Ingestibilité des associations en vert (en g MS/ kg P^{0.75}).

Annexe 9

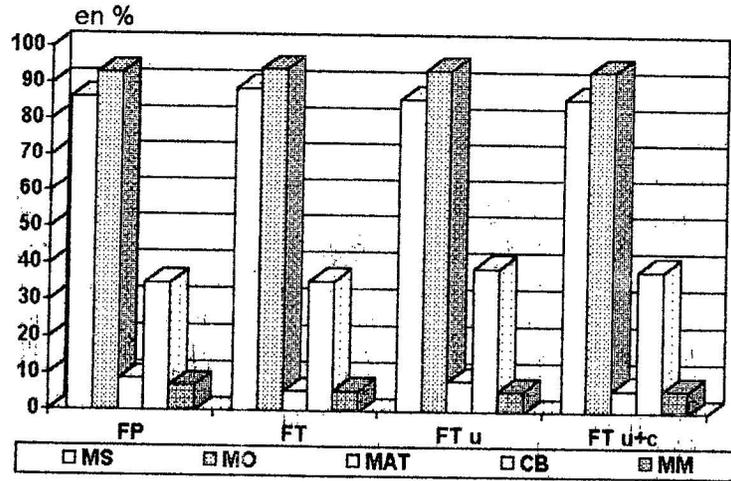


Fig 20 : Composition chimique du foin précoce et tardif avant et après traitement

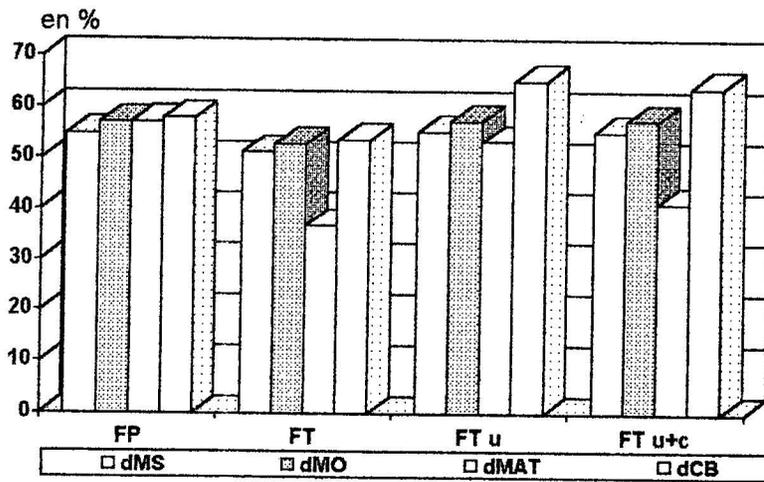


Fig 21: Digestibilité du foin précoce et tardif avant et après traitement