

L'ensilage conserve mieux la qualité nutritive du *Melilotus officinalis* que la fenaison

**Lahkim Bennani Mouad ^(1,2), Aarab Ahmed ⁽²⁾, Jaber Abdelaziz ⁽¹⁾,
Acherkouk Mohamed ⁽¹⁾ et Ayadi Mohammed ⁽¹⁾**

mouadlahbennani@gmail.com

1 : Unité de Recherche sur la Production Animale (URPA), Institut National de la Recherche Agronomique, 78 Av. Sidi Mohamed ben Abdellah, Tanger, Maroc

2 : Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences et Techniques, Equipe de Recherche en Biotechnologies et Génie des Biomolécules (ERBGB), B.P. 416, Tanger, Maroc

Résumé

L'objet de ce travail est de mettre au point le mode optimal de conservation de la valeur nutritive du fourrage de Mélilot. Pour cela, la fenaison et l'ensilage ont été comparés au fourrage vert. Pour l'ensilage, quatre prétraitements sont testés (direct "ED", pré-fanage "EP", pré-fanage avec ajout de mélasse "EPM", pré-fanage avec ajout de mélasse, paille et sel "EPMPS"). L'ensilage EPM a enregistré le meilleur résultat comparé au foin (157 vs 145 et g/kg MS de protéines brutes ; 45 vs 38 g/kg MS de l'extrait étheré ; 88 vs 76 % pour la digestibilité de la MS respectivement, $P < 0.001$). Les fibres indigestibles (ADL) sont moins élevées chez l'EPM que le foin (57 vs 68 g/kg MS respectivement, $P < 0.01$). Pour l'ensilage, la qualité dépend des traitements pré-ensilage ($P < 0,001$). En effet, EPM a montré une bonne qualité avec un pH acide (4,25) et une teneur ammoniacale modérée (3,11%). EPM et EP ont montré une fermentescibilité satisfaisante de la fraction insoluble des fibres. En effet, ces derniers ont enregistré la production la plus élevée de gaz de fermentation de la fraction insoluble (161,83 et 161,43 ml/g MS respectivement). EPM présente une vitesse de production de gaz de fermentation maximale ($0,13 \text{ h}^{-1}$). L'ensilage EPM, suivi par le foin, donne la valeur nutritive la plus optimale. L'ensilage s'avère bénéfique envers la dégradation de la teneur en fibres indigestibles et par conséquent, il améliore les paramètres de la digestibilité *in vitro*. Cependant, la faisabilité du foin dans les systèmes extensifs est moins coûteuse que l'ensilage, ce qui le rend favorablement plus praticable pour la conservation.

Mots-clés : *Melilotus officinalis*, foin, ensilage, valeur nutritive, digestibilité.

Silage preserves the nutritional quality of *Melilotus officinalis* better than haying

Abstract

The aim of this study is to develop the optimal way to preserve the nutritional value of the yellow sweet clover fodder. For this purpose, haying and silage were compared to green forage. For silage, four pretreatments were tested (direct "ED", pre-haying "EP", pre-haying with molasses addition "EPM", pre-haying with molasses, straw and salt addition "EPMPS"). EPM silage showed better results compared to hay (157 vs 145 and g/kg DM for crude protein; 45 vs 38 g/kg DM for ether extract; 88 vs 76% DM for digestibility respectively, $P < 0.001$). ADL indigestible fiber was lower in EPM than hay (57 vs 68 g/kg DM respectively, $P < 0.01$). For silage, the quality depended on the pre-silage treatments ($P < 0.001$). Indeed, EPM showed a good quality with an acidic pH (4.25), a moderate ammonia content (3.11%). EPM and EP showed a satisfactory fermentability of the insoluble fraction of fibers recording the highest production of fermentation gas from the insoluble fraction (161.83 and 161.43 ml/g DM respectively). EPM had the highest fermentation gas production rate (0.13 h^{-1}). EPM silage followed by hay obtained the most optimal nutrient value. Silage was beneficial regarding the degradation of indigestible fiber content that consequently improves the *in vitro* digestibility parameters. However, the feasibility of hay in the extensive systems is less expensive than silage, which makes it more suitable for storage.

Key words: *Melilotus officinalis*, hay, silage, nutritional value, digestibility

تقنية السلوجة تحافظ بشكل أفضل على القيمة الغذائية لإكليل الملك مقارنةً بتقنية التجفيف

لحكيم بناني معاد، أعراب محمد، جابر عبد العزيز، أشركوك محمد، العيادي محمد

ملخص

الهدف هو تحديد التقنية الأمثل للحفاظ على القيمة الغذائية لكلاً زراعة "إكليل الملك". لهذا الغرض، تمت مقارنة تقنية التجفيف والسلوجة بالكلاً الأخضر. بالنسبة للسلوجة، تم اختبار أربعة معالجات مسبقة للتخزين (تخزين مباشر "ED"، تجفيف مسبق "EP"، تجفيف مسبق مع إضافة دبس السكر "EPM"، تجفيف مسبق مع إضافة دبس السكر والتبن والملح "EPMPS"). كان أداء السلوجة EPM أفضل مقارنة مع التجفيف (157 مقابل 145 غ/كغ م.ج من البروتين الخام؛ 45 مقابل 38 غ/كغ م.ج للمستخلص الأثيري؛ 88% مقابل 76% كنسبة الهضم على التوالي، $P < 0.001$). كما أن ألياف ADL الغير القابلة للهضم أقل في EPM مقارنة مع الجفيف (57 مقابل 68 غ/كغ م.ج على التوالي، $P < 0.01$). بالنسبة للسلوجة، تعتمد الجودة على المعالجات المسبقة للعملية، $(p < 0.001)$. وبالفعل، أظهر EPM جودة جيدة (4.25pH حامضي)، ومحتوى الأمونيا معتدل (3.11%). كما أظهر EPM و EP قابلية تخمير مرضية للجزء من الألياف الغير القابل للذوبان. في الواقع، سجلت التقنيتان الأخيرتان أعلى إنتاج لغاز التخمر للجزء الغير القابل للذوبان (161.83 و 161.43 مل/غ على التوالي). وكان لدى EPM أقصى سرعة إنتاج غاز التخمر (0.13 في ساعة). قدم السيلاج EPM متبوعاً بالجفيف أفضل قيمة غذائية. أكدت التجربة أن السيلاج مفيداً في هضم محتوى الألياف الغير القابلة للهضم وبالتالي يحسن معايير قابلية الهضم في الجسم. ومع ذلك، فإن جدوى التجفيف في أنظمة الإنتاج التقليدية أقل تكلفة من السلوجة، مما يجعله عملياً أكثر قابلية.

الكلمات المفتاحية: زراعة "إكليل الملك"، الجفيف، السلوجة، القيمة الغذائية، نسبة الهضم.

Introduction

Le Maroc se caractérise par une disponibilité fourragère saisonnière à cause de son climat méditerranéen. La plupart des ruminants subissent une sérieuse sous-nutrition pendant presque la moitié de l'année et par conséquent de faibles performances de production sont enregistrées. La filière caprine de la région du nord du Maroc affronte une situation critique pour assurer une alimentation équilibrée durant toute l'année. Ce qui nécessite la mise en place d'une stratégie qui assure non seulement l'utilisation des ressources qui poussent spontanément dans la région, mais aussi leur conservation, en termes de quantité et de qualité. L'ensilage et le fanage ont été largement utilisés pour conserver les ressources durant la période de surproduction et répondre aux besoins des animaux durant les périodes de déficit alimentaire.

Melilotus officinalis (L.) Lam, est un fourrage qui pousse spontanément dans la région du nord du Maroc et peut être bien conservé sous forme de foin ou d'ensilage s'il est correctement préparé (Meyer, 2005). Cependant, il est moins appétissant que beaucoup d'autres légumineuses à cause de son goût amer induit par la coumarine contenue dans ses tissus végétaux. Son utilisation a été limitée en raison de ses grosses tiges qui prennent plus de temps à sécher que les feuilles, engendrant une perte de ces dernières pendant la mise-en-balles (Meyer, 2005). Un bon foin de mélilot a la même qualité nutritive que la luzerne (Meyer 2005). Le choix de la technique de conservation dépend du climat de la zone d'étude et des outils disponibles chez les éleveurs.

Les agriculteurs au Maroc ont de mauvaises souvenirs des expériences d'ensilages dues à la non maîtrise de ces techniques de conservation (El Housni *et al.* 1994). Pour cela, le choix de la technique et des additifs doit se faire minutieusement. L'une de ces techniques, c'est qu'après la récolte, les fourrages ont besoin d'une période de flétrissement pour diminuer leur humidité, améliorer la concentration des carbohydrates solubles dans l'eau et éviter les pertes d'eau durant l'ensilage. Plusieurs recherches ont mentionné la réussite de la mélasse comme additif dans l'ensilage (Shellito *et al.* 2006; Cao *et al.* 2010). L'ajout des sucres fermentescibles dans les ensilages assure la stabilité aérobique durant le stockage, diminue la teneur en NH₃-N%, augmente la production de l'acide lactique et diminue par la suite le pH (Heinritz *et al.* 2012). L'ajout de minéraux n'a, en général, aucun effet sur la fermentation de l'ensilage mais le rend plus complet (Yitbarek et Tamir, 2014). Le sel se considère aussi comme un additif minéral qui inhibe la prolifération des bactéries indésirables et améliore la qualité de la fermentation (Chai *et al.* 2016).

Meyer (2005) a rapporté que le foin doit se faire entre le stade bourgeonnement et 10% du stade floraison puisque la récolte en fin floraison diminue le rendement fourrager et réduit la digestibilité et la qualité générale du fourrage. L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet du mode de conservation sur la valeur nutritive et les paramètres de digestibilité *in vitro* de *Melilotus officinalis* récolté durant 10% du stade floraison.

Matériel et méthodes

Préparation des échantillons et production du foin et des ensilages

Cette étude a été effectuée au sein du laboratoire de nutrition animale de l'Unité de Recherche sur les Productions Animales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tanger-Maroc (INRA). La culture de *Melilotus officinalis* a été installée à la station expérimentale de Boukhalef du même Institut (Photo 1).



Photo 1 : Récolte du fourrage de la culture du Mélilot pour tests de conservation en foin et ensilage (Station expérimentale de Boukhalef, INRA – Tanger).

Cette station (35° 43' 49"N, 5° 25' 59"W) est localisée à une altitude de 30 m et se caractérise par un climat méditerranéen. Les températures minimales et maximales moyennes sont de 10,04°C et 20,26°C respectivement. Les précipitations totales durant la période de l'essai étaient de 423 mm et l'humidité a varié entre 56 et 96%. Le terrain expérimental est globalement plat, avec un sol argileux de couleur noire et de structure fine.

Pour étudier l'effet de la conservation sur la qualité et la digestibilité du *Melilotus officinalis*, six modes d'utilisation de mélilot ont été étudiés [vert, foin, ensilage direct (ED), ensilage pré-fané (EP), ensilage pré-fané avec ajout de mélasse (EPM), ensilage pré-fané avec ajout de mélasse, paille et sel alimentaire (EPMPS)]. Trois répétitions pour chaque traitement ont été retenues. Le mélilot en vert comme témoin, récolté durant le stade début floraison (<10%). Le foin a été séché dans une serre à température ambiante jusqu'à l'obtention d'une teneur de 85% de matière sèche (MS). Pour l'ensilage direct (ED), le Mélilot en vert a été découpé en petits morceaux dont la taille ne dépasse pas 1 centimètre de diamètre, entassé dans des silos expérimentaux opaques et fermé hermétiquement pendant 30 jours. La même procédure a été appliquée pour l'ensilage pré-fané EP avec un séchage à température ambiante dans la serre durant 24H, l'ensilage pré-fané avec l'ajout de 15% de mélasse (EPM), l'ensilage pré-fané avec l'ajout de 15% de mélasse, 15% de paille broyée et 3% de sel (EPMPS).

Analyses chimiques

Les échantillons du mélilot en vert, du foin et d'ensilage ont été analysés dans le même laboratoire de nutrition animale de l'institut national de la recherche agronomique (INRA-Tanger, Maroc). Ils ont été séchés dans une étuve ventilée à 60°C jusqu'au poids constant pour la détermination de la matière sèche (AOAC, 1997). Ils sont ensuite broyés et tamisés avec un broyeur équipé d'un tamis de 1 mm et conservés dans des bouteilles en verre opaques et mis au réfrigérateur à 5°C. La teneur en matière minérale a été obtenue par incinération de la matière sèche dans un four à moufle selon la méthode de AOAC (1997, ID 942.05). La matière grasse (EE) est extraite moyennant l'appareillage de Soxhlet avec l'éther di-éthylique comme solvant d'extraction (AOAC, 1997; ID 920.39). Les protéines brutes (CP) sont déterminées selon la méthode directe de Kjeldahl (AOAC, 1997; ID 955.04). Le dosage des fibres indigestibles (NDF, ADF, ADL) a été réalisé selon la méthode séquentielle de Van Soest et al. (1991). La détermination des NDF a été opérée en utilisant le sulfite de sodium et α -amylase. L'extrait non-azoté NFE a été calculé suivant la méthode suivante : $NFE (g/kg DM) = 1000 - (EE + CP + Cendre + CF)$.

Qualité d'ensilage

L'azote ammoniacal et le pH de l'ensilage ont été mesurés sur le filtrat des échantillons frais dilué 10 fois avec de l'eau distillée. La teneur en azote ammoniacal (NH_3-N) a été déterminée en utilisant l'oxyde de magnésium calciné (500°C pendant 8 h) pendant la phase de distillation selon la méthode Horwitz (Horwitz, 1981).

La valorisation de la couleur des ensilages a été réalisée suivant une note de 0 pour une couleur jaune, 5 pour une couleur brune, 10 pour une couleur verte et 20 pour une couleur vert sombre. La valorisation de la couleur du filtrat a été réalisée suivant une note de 0 pour une couleur moins claire, 5 pour une couleur claire et 10 pour une couleur très claire.

Digestibilité *in vitro* et paramètres de fermentation

La digestibilité *in vitro* a été déterminée en utilisant la méthode de production de gaz effectuée par Menke et al. (1979) et améliorée par Menke et Steingass (1988). Cette méthode consiste à incuber 300 mg des échantillons dans des seringues de 100 ml avec 30 ml du mélange entre le filtrat de jus de rumen et de solution tampon (1/3, 2/3). Le jus de rumen des chèvres adultes a été prélevé à l'abattoir d'Ain Dalia à Tanger. Le jus du rumen a été filtré sur place et conservé dans un thermos contenant de l'eau chaude juste avant la collection. Les relevés du volume de gaz produit suite à la fermentation ont été effectués après une durée de 2, 4, 8, 12, 24, 48 et 72 heures pour déterminer la cinétique de dégradation. A la fin de l'incubation, le contenu des seringues a été recueilli dans des sachets en nylons pour la détermination de la digestibilité de la matière sèche (IVDMD) et de la matière organique (IVOMD). La production de la biomasse microbienne PBM et le facteur de partition ont été réalisés selon les équations suivantes :

$$PBM (g/kg MS) = IVOMD - (GP * SF) \quad (\text{Blümmel, 2000})$$

$$FP (mg/ml) = IVOMD/GP \quad (\text{Blümmel et al., 1997})$$

Avec SF, le facteur stœchiométrique (2,20–2,34 mg/ml avec une moyenne de 2,26 mg/ml) et IVOMD est la quantité de matière organique dégradable *in vitro*.

Les paramètres de la cinétique de production de gaz ont été estimés en utilisant la fonction $Y = a + b(1 - e^{-ct})$ de Orskov et Mcdonald (1979) avec :

"a" (ml/g MS) : La production de gaz provenant de la fraction potentiellement dégradabile.

"b" (ml/g MS) : La quantité de gaz libéré par la fraction insoluble potentiellement dégradabile.

"c" (h^{-1}) : La vitesse de production de gaz de la fraction insoluble.

Analyses statistiques

Les données ont été traitées en utilisant le logiciel SAS® version 9.1 software (SAS Institute Inc 2004). L'effet du mode de conservation a été testé par GLM. Les mesures ont été comparées suivant une analyse unidirectionnelle de la variance.

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + e_{ik}$$

Avec Y_{ik} : la variable dépendante ; μ : la moyenne α_i ; effet de i^n la modalité du mode de conservation et e_{ik} : l'erreur résiduel.

Résultats

Les paramètres de l'ensilage dépendent significativement ($P < 0,001$) du type d'ensilage. L'EPM se distingue d'une couleur de plante verdâtre foncée, d'une couleur de filtrat clair, d'un pH (4,2) et d'une teneur en NH_3 (3,1% d'azote total (NT)) modérée. Pour les autres types d'ensilage, EP a montré une coloration de plante verte, une coloration de filtrat claire et un ensilât acide (4,5) qui reflète une très bonne qualité mais une teneur en NH_3 très élevée. Tandis que ED et EPMPs ont secrété moins de NH_3 en comparaison avec EP (Tableau 1, photo 2).

Tableau 1 : Effet de la technique de l'ensilage sur la qualité nutritive de *Melilotus officinalis*

Ech	ED	EP	EPM	EPMPs	P-valeur	SEM
pH	5,85 ^b ±0,20	4,50 ^c ±0,19	4,24 ^d ±0,31	6,97 ^a ±0,46	<0,001	0,1200
NH_3 -N%	6,19 ^b ±0,77	7,82 ^a ±0,94	3,11 ^c ±0,31	5,78 ^b ±0,48	<0,001	0,2352
Clr filtrat	0,00 ^b ±0,00	5,00 ^a ±0,00	5,00 ^a ±0,00	0,00 ^b ±0,00	<0,001	0,5213
Clr plante	5,00 ^c ±0,00	15,00 ^b ±0,00	17,50 ^a ±0,00	0,00 ^d ±0,00	<0,001	1,4916

Clr : Couleur de plante : 0 jaune-5 brune-10 verte-20 verte foncé.

Clr : Couleur de filtrat : 0 Foncé-5 claire-10 très claire

Le mode de conservation semble affecter significativement ($P < 0,01$) la valeur nutritive de *Melilotus officinalis* (Tableau 2). ED a la teneur la plus importante en moisissure (198,65g/kg MS) en comparaison avec les autres modes d'ensilage. La teneur en cendres est en moyenne de l'ordre de 92,91/kg MS pour ED et de 187,39 g/kg MS pour EPMPs. EPM suivi du foin et EP présentent des teneurs en CP plus proches du vert avec des valeurs respectives de 157,39, 145,29 et 143,09 g/kg MS. Le mélilot en vert se montre comme un fourrage énergétique (57,96 g/kg MS). On note cependant une diminution en matière grasse (EE) suite à son ensilage. Quant aux ensilages EPM

et ED, ils se présentent comme des fourrages moyennement énergétiques. Ce qui montre que le mode de conservation soit par fanage ou par ensilage, avait un effet sur la diminution de la teneur en NDF et ADL, à l'exception de l'ensilage EPMPs qui a enregistré des valeurs plus proches du vert pour NDF.



Photo 2 : Produit d'ensilage de Mélilot préfané avec ajout de mélasse (à gauche) et foin de mélilot (à droite).

Tableau 2 : L'effet du mode de conservation sur la valeur nutritive du *Melilotus officinalis*

ECH	Vert	Foin	ED	EP	EPM	EPMPs	P-valeur	SEM
MS%	253,52 ^a ±9,56	859,97 ^a ±14,29	198,65 ^f ±7,43	358,07 ^c ±15,06	300,55 ^d ±2,86	442,47 ^b ±1,34	<0,001	4,2066
Cendres	85,72±4,03	95,37±1,31	92,91±5,73	104,88±7,36	101,14±7,88	187,39±6,83	<0,001	2,7616
NDF	463,35 ^a ±14,66	405,69 ^b ±2,62	468,73 ^a ±20,81	380,83 ^b ±18,07	323,74 ^c ±53,24	422,74 ^{ab} ±4,79	<0,001	13,110
ADL	86,91 ^a ±4,77	67,74 ^{bc} ±3,10	78,68 ^{ab} ±8,44	64,61 ^{bc} ±4,41	57,39 ^c ±14,69	58,66 ^c ±3,74	<0,01	3,950
CP	168,29 ^a ±3,51	145,29 ^b ±3,69	112,12 ^f ±5,68	143,09 ^b ±16,86	157,39 ^{ab} ±8,28	85,43 ^d ±0,37	<0,001	3,4766
EE	57,96 ^a ±1,33	38,33 ^c ±2,44	46,03 ^b ±4,12	42,89 ^{bc} ±0,43	45,71 ^b ±3,57	30,14 ^d ±5,54	<0,001	1,4517
NFE	224,69 ^c ±13,23	315,31 ^{ab} ±5,11	280,21 ^{bc} ±6,30	328,30 ^{ab} ±11,15	372,02 ^a ±50,69	274,29 ^{bc} ±62,64	<0,001	12,430

L'ajout de mélasse sur l'ensilage pré-fané n'affecte pas la digestibilité *in vitro* et les paramètres de digestibilité (tableau 3). EPM s'est distingué avec le mélilot en vert par une digestibilité importante de la matière sèche et de la matière organique de l'ordre de 885,87 g/kg MS, 866,25 g/kg MS et 891,97 g/kg MS, 871,98 g/kg MS respectivement. Pour les autres modes de conservation, l'effet a été significatif pour IVDMD et IVOMD qui ont diminué jusqu'à 632,21 g/kg MS et 565,84 g/kg MS respectivement pour EPMPs. Pour les paramètres de fermentation, EPM a montré les meilleures valeurs en production de biomasse microbienne (PBM) (540,54 mg), en facteur de partition « FP » (5,74 mg/ml) et pour la quantité de gaz libérée par la fraction insoluble potentiellement dégradable (b) (161,83 ml/g MS). Quant aux autres paramètres, l'effet de la conservation a été aussi significatif, le foin se distinguait d'une valeur de production de gaz de la fraction soluble (a) de l'ordre de 15,36 ml/g MS et EPM avait une vitesse de production de gaz maximale de 0,13 h⁻¹.

Tableau 3 : L'effet du mode de conservation sur les paramètres de fermentation de *Melilotus officinalis*

Paramètres de digestion	Vert	Foin	ED	EP	EPM	EPMPS	P-valeur	SEM
DMS (g/kg DM)	866,25 ^a ±20,15	765,52 ^b ±17,92	641,50 ^c ±0,98	752,21 ^b ±11,40	885,87 ^a ±16,97	632,21 ^c ±9,37	<0,001	7,138
DMO (g/kg DM)	871,98 ^a ±22,79	763,84 ^b ±18,56	626,96 ^c ±10,32	738,60 ^b ±13,93	891,97 ^a ±17,61	565,84 ^d ±17,53	<0,001	8,397
PBM (mg/g MS)	517,91 ^a ±5,93	443,67 ^b ±25,60	361,41 ^c ±22,07	407,51 ^{bc} ±36,11	540,54 ^a ±29,36	253,96 ^d ±30,58	<0,001	12,965
FP (mg/ml)	5,67 ^a ±0,06	5,40 ^a ±0,35	5,35 ^a ±0,32	5,06 ^a ±0,43	5,74 ^a ±0,31	4,11 ^b ±0,30	<0,001	0,147
Paramètres estimés								
a (ml/g MS)	21,15 ^a ±0,24	15,36 ^{ab} ±1,09	3,57 ^d ±0,97	13,18 ^{bc} ±6,42	10,61 ^{cd} ±4,21	5,38 ^d ±1,55	<0,001	3,384
b (ml/ g MS)	164,03 ^a ±4,50	154,37 ^{ab} ±11,90	129,35 ^c ±3,32	161,43 ^a ±4,25	161,83 ^a ±4,22	144,10 ^b ±3,35	<0,001	6,246
c (ml/h)	0,15 ^a ±0,01	0,12 ^{bc} ±0,001	0,12 ^{bc} ±0,01	0,12 ^{bc} ±0,01	0,13 ^b ±0,002	0,11 ^c ±0,01	<0,001	0,008

L'effet du mode de conservation sur la production de gaz est très hautement significatif ($P < 0,001$) (figure 1). En général, tous les échantillons avaient la même tendance : rapide entre 0 et 12h et lente entre 12h et 72h. Durant la phase rapide, EPM a montré une quantité élevée de gaz produit de 111,5 ml/g MS environ. Durant la phase lente, le vert a enregistré une production de gaz maximale de l'ordre de 156,67 ml/g MS.

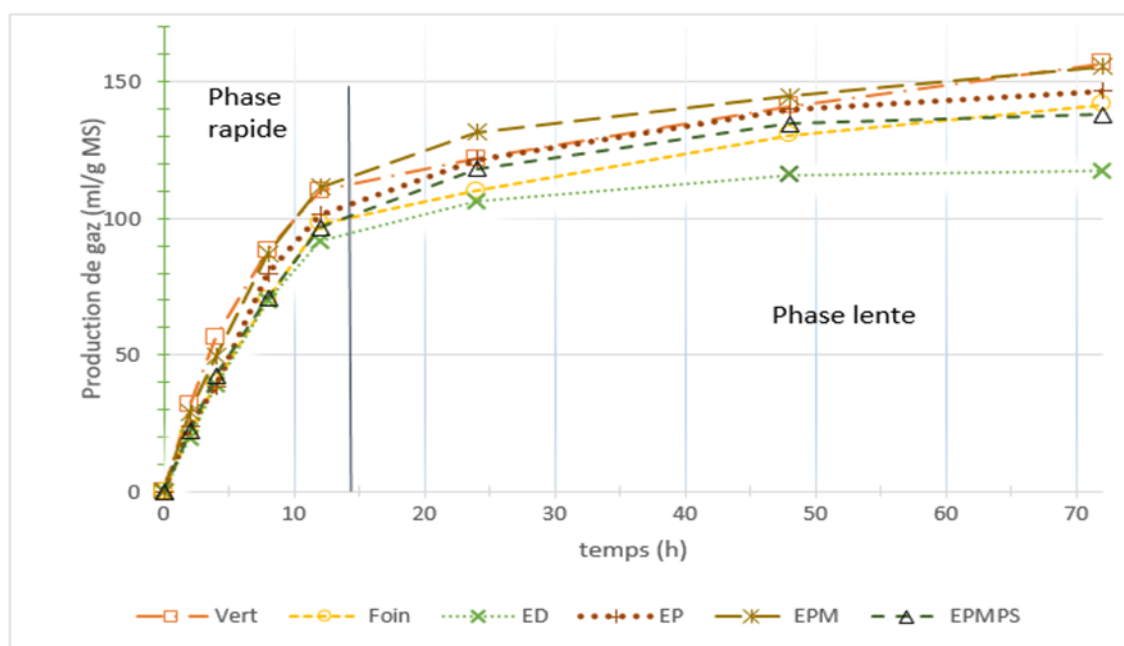


Figure 1 : La production de gaz cumulative de *Melilotus officinalis* en fonction du mode de conservation

Discussion

Le pH de l'ensilage est l'un des facteurs principaux qui renseigne sur la qualité de l'ensilage. Un ensilage stable est assuré par un pH bas (Wang *et al.* 2009). La mélasse est souvent utilisée pour l'augmentation de la qualité de fermentation de l'ensilage vu sa teneur en sucre (Denek *et al.* 2011; Chen *et al.* 2016). Cajarville *et al.* (2012) ont indiqué que l'introduction de la mélasse diminue le pH de l'ensilage. Gao *et al.* (2021) ont rapporté que l'ajout de la mélasse diminue le pH et augmente l'acide lactique pour *Medicago sativa*. Donc, la diminution de pH est peut-être due à la forte teneur en acide lactique, ce qui indique, que durant la phase initiale de l'ensilage, les enzymes végétaux ont inhibé la protéolyse et d'autres activités bactériennes indésirables (Denek *et al.* 2011). En effet, Li *et al.* (2016) ont indiqué qu'un ensilage d'Alfalfa ayant un pH et une teneur en acide acétique bas et une teneur en acide lactique élevée reflète une bonne qualité. Salsbury *et al.* (1949), dans son étude sur les bactéries d'ensilage, ont démontré que la production des acides était élevée lorsque le sucre a été utilisé comme substrat. La teneur minimale en NH₃-N% peut être expliquée par le fait que l'ajout de la mélasse diminue la dégradation de protéines. Ces conclusions sont en accord avec celles de Lianhua *et al.* (2014) et Li *et al.* (2015). Malgré la présence de mélasse, EPMPs a présenté des valeurs non satisfaisantes. Ce qui est en accord avec les résultats de Guo *et al.* (2014), qui ont indiqué qu'un ensilage mixte avec l'ajout de paille a montré une pauvre qualité. L'ajout de la paille a été réalisé pour l'augmentation de la teneur en matière sèche, cependant un pH supérieur à 4,2, une teneur d'azote ammoniacale supérieure à 100g/kg d'azote total (TN) reflète une mauvaise fermentation (Catchpole et Henzell 1971). En accord avec les résultats de Vu *et al.* (2019) qui ont rapporté que le mélange du sucre et du sel a inhibé les champignons indésirables pour deux raisons : la première était que le découpage des échantillons était mal fait ce qui implique une consommation prolongée de l'oxygène, la deuxième était que ces champignons ont connu une croissance compétitive pour le sucre. Cependant, les résultats avec l'ajout de mélasse ont donné de très bons résultats ce qui nous mène à conclure que la consommation prolongée de l'oxygène est la cause principale, surtout que les tiges de paille sont difficiles à être découpées en deux même si elles étaient broyées.

Un ensilage sans additifs donne toujours des résultats insatisfaisants avec des teneurs minimales en acides lactique, acétique et butyrique, la dégradation des protéines en NH₃ et un pH élevé (Liu *et al.* 1986). En effet, EP et ED avaient des teneurs en NH₃ plus élevées qu'EPM, mais restent dans la marge d'un bon ensilage. Cependant, cette teneur élevée avait un effet sur la diminution de CP. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bureenok *et al.* (2005), Li *et al.* (2010) et Lianhua *et al.* (2014). EPMPs avait une teneur inférieure en protéines brutes (CP), cela peut être dû à la faible teneur de la paille en protéines. Vu *et al.* (2019) ont indiqué que le mélange du sel et le sucre avait un effet sur la prolifération de *Pseudallescheria* et par la suite une diminution en protéines et en valeur nutritive par la production des amines biogéniques (Aschenbach et Gäbel 2000). EPM suivi de EP ont montré des résultats satisfaisants, avec des pertes en protéines et en matière grasse minimales en comparaison avec les autres modes de conservation.

La présente étude a montré que l'ajout de mélasse et l'augmentation de la teneur en matière sèche par pré fanage avait un effet sur la diminution des fibres indigestibles. En effet, Darby et Lauer (2002) ont rapporté que la teneur en matière sèche affecte la dégradabilité des fibres. Rezaei *et al.* (2009) ont trouvé que l'ajout de mélasse

augmente les pertes en fibres. En général, l'augmentation de la qualité de fermentation améliore la dégradation de la paroi cellulaire, ce qui était assuré par l'augmentation de la teneur en matière sèche et par l'ajout de mélasse.

La digestibilité *in vitro* a été utilisée pour l'estimation de la teneur en énergie métabolisable de l'alimentation et aussi la dégradabilité du rumen (Menke et Steingass 1988). Il est largement connu, que la production de gaz cumulative *in vitro* et la valeur nutritive sont fortement corrélées (Muck *et al.* (2007); Van Ranst *et al.* (2013)). En effet, la variabilité de la dégradation des fibres entre les différents modes d'ensilage, avait un effet sur la variabilité de la digestibilité *in vitro* de la matière sèche (IVDMD). L'ajout de mélasse a donné des meilleurs résultats à cause de la réduction des pertes en matière sèche durant la fermentation, ce qui est en accord avec les résultats de Sahoo et Walli (2008). La faible digestibilité *in vitro* de la matière organique (IVOMD) de l'ensilage EPMPs est justifiée par la forte teneur en cendres, ce qui limite le développement du microbiote ruminale (Gregory et Felker, 1992).

La production de gaz était rapide dans les premières 12H, ce qui est en accord avec Errassi *et al.* (2018) et El Otmani *et al.* (2020). *Melilotus officinalis* est riche en carbohydrates et en sucres (Sheikh et Desai 2017) qui sont rapidement fermentiscibles dans le rumen. La phase lente, après 12H, est probablement due à la diminution de la teneur en extrait non-azoté (NFE) et à la présence des cendres et la dégradation des carbohydrates solubles durant la première phase. Les teneurs élevées de la production de gaz provenant de la fraction potentiellement dégradable (a) et la quantité de gaz libérée par la fraction insoluble potentiellement dégradable (b) pour les ensilages EP et EPM en comparaison avec les autres modes de conservation, sont dues à l'augmentation de la teneur en MS et en carbohydrates, ce qui limite la dégradation de la valeur nutritive et montre par la suite, des paramètres de digestibilité satisfaisants. La faible valeur de la vitesse de production de gaz de la fraction insoluble (C) indique que la fermentation était en retard. En effet, Tang *et al.* (2008) ont rapporté que la paille de blé a enregistré un temps de fermentation négatif. Les céréales en général, ont une teneur élevée en fibres et une teneur faible en protéines et sont par la suite difficiles à métaboliser par les microbes.

Aufrère *et al.* (2000) ont rapporté pour le foin de luzerne, des valeurs de 174,8 g/kgMS pour les protéines brutes (CP), 82 g/kgMS pour la lignine (ADL), 610 g/kgDM pour la digestibilité *in vitro* de la matière organique (IVOMD) et pour les paramètres relatifs à la production de gaz à savoir; 0,189 ml/gMS pour le paramètre (a), 0,533 ml/gMS pour (b) et 0,066 ml/h pour (c). Dans notre étude, le foin du mélilot a enregistré des valeurs satisfaisantes, proches des résultats précités pour le foin de luzerne qui est considéré parmi les fourrages les plus utilisés dans l'alimentation des ruminants.

Les producteurs au Maroc, surtout pour les systèmes extensifs et semi-extensifs ont tendance à minimiser le coût de production. Néanmoins, la teneur en protéines reste un facteur majeur dans la production animale. La préparation de l'ensilage nécessite plus de matériels et beaucoup d'effort pour réussir la conservation, contrairement au foin qui demande peu de technicité et de matériels, dans le climat méditerranéen du nord d'Afrique. En comparant le foin et l'ensilage avec ajout de mélasse, EPM est plus riche en protéines. Pour augmenter la teneur en protéines du foin, une utilisation efficace des engrais azotés peut être considérée comme alternative efficace pour minimiser le coût de production et de répondre aux exigences des ruminants.

Conclusion

L'objectif de l'étude est de faire une analyse comparaison entre les modes de conservation de *Melilotus officinalis* et avec le fourrage vert durant le stade début floraison. Le foin et l'ensilage avec ajout de 15% de mélasse ont enregistré de meilleures valeurs nutritives. L'ensilage s'avère bénéfique pour la dégradation de la teneur en fibres indigestibles et par conséquent, il améliore les paramètres de la digestibilité *in vitro*. Toutefois, l'utilisation du foin comme méthode de conservation s'avère moins coûteuse dans les systèmes extensifs et semi-extensifs dans le Nord du Maroc. Le fourrage de Mélilot sous forme conservée s'avère très promoteur pour la production du lait et de la viande. Toutefois, des tests de leur incorporation dans l'alimentation animale devraient nécessairement être entrepris pour une meilleure valorisation de cette ressource fourragère potentielle.

Conflit d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Remerciements

Ce travail entre dans le cadre du projet de recherche à moyen terme financé par INRA-Maroc. Il est réalisé avec la collaboration de l'Equipe de Recherche en Biotechnologies et Génie des Biomolécules de la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger dans la cadre d'un travail doctoral.

Références bibliographiques

- AOAC (1997). Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington, DC, USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Aschenbach J.R., Gäbel G. (2000). Effect and absorption of histamine in sheep rumen: Significance of acidotic epithelial damage. *Journal of Animal Science* 78, p.464–470..
- Aufrère J., Graviou D., Baumont R., Detour A., Demarquilly C. (2000). Degradation in the rumen of proteins from fresh lucerne forage in various stages of growth and conserved as silage or hay. *Animal Research* 49, p. 461–474.
- Blummel M. (2000). Predicting the partitioning of fermentation products by combined *in vitro* gas volume and true substrate degradability measurements: opportunities and limitations. In 'Proc. Br. Soc. of Animal Sci. gas Prod. Ferment. Kinet. Feed Eval. to assess Microb. Act.', p. 48–57
- Blümmel M., Makkar H.P.S., Chisanga G., Mtimuni J., Becker K. (1997). The prediction of dry matter intake of temperate and tropical roughages from *in vitro* digestibility/gas-production data, and the dry matter intake and *in vitro* digestibility of African roughages in relation to ruminant liveweight gain. *Animal Feed Science and Technology* 69, p. 131–141.
- Bureenok S., Namihira T., Tamaki M., Mizumachi S., Kawamoto Y., Nakada T. (2005). Fermentative quality of guineagrass silage by using fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) as a silage additive. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 18, p. 807–811.

- Cajarville C., Britos A., Garciarena D., Repetto J.L. (2012). Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: Effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. *Animal Feed Science and Technology* 171, p. 14–19.
- Cao Y., Takahashi T., Horiguchi K.I., Yoshida N. (2010). Effect of adding lactic acid bacteria and molasses on fermentation quality and *in vitro* ruminal digestion of total mixed ration silage prepared with whole crop rice. *Grassland Science* 56, p.19-25.
- Catchpoole V.R., Henzell E.F. (1971). Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* 41, p. 213–221.
- Chai L., Li H.J., Zhang J.F., Tan H., Cui C., Jiang J., Zheng BC., Zhang B., Jiang LC. (2016). Expression of aquaporin BnPIP-like gene from rapeseed (*Brassica napus*) enhances salt resistance in yeast (*Pichia pastoris*). *International Journal of Agriculture and Biology* 18, p.1256-1262.
- Chen L., Guo G., Yuan X., Zhang J., Li J., Shao T. (2016). Effects of applying molasses, lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and *in vitro* gas production of total mixed ration silage prepared with oat-common vetch intercrop on the Tibetan Plateau. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96, p. 1678-1685.
- Darby H.M., Lauer JG. (2002). Harvest Date and Hybrid Influence on Corn Forage Yield, Quality, and Preservation. *Agronomy Journal* 94, p. 559–566.
- Denek N., Can A., Avci M., Aksu T., Durmaz H. (2011). The effect of molasses-based pre-fermented juice on the fermentation quality of first-cut lucerne silage. *Grass and Forage Science* 66, p. 243–250.
- Errassi A., Ayadi M., Chabbi M., Jaber A. (2018). *In vitro* digestibility and gas production characteristics of *Hedysarum flexuosum* ecotypes from Northwestern Morocco. *Journal of Materials and Environmental Sciences* 9, p. 1942–1949.
- Gao R., Wang B., Jia T., Luo Y., Yu Z. (2021). Effects of Different Carbohydrate Sources on Alfalfa Silage Quality at Different Ensiling Days. *Agriculture* 11, p. 1–13.
- Gregory R.A., Felker P. (1992). Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting *Opuntia* forage clones. *Journal of Arid Environments* 22, p. 323–331.
- Guo G., Yuan X., Li L., Wen A., Shao T. (2014). Effects of fibrolytic enzymes, molasses and lactic acid bacteria on fermentation quality of mixed silage of corn and hullless-barely straw in the Tibetan Plateau. *Grassland Science* 66, p. 243–250.
- Heinritz S.N., Martens S.D., Avila P., Hoedtke S. (2012). The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. *Animal Feed Science and Technology* 174, p. 201–210.
- El Housni A., Ter Meulen U., Thinggaard G., El Himdy B. (1994). Impact of silage making on evolution of livestock production systems in the Bour coastal areas of Morocco. In : Ben Salem H. (ed.), Nefzaoui A. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). Nutrition and feeding strategies of sheep and goats under harsh climates . Zaragoza : CIHEAM, 2004. p. 239-242 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 59).

- Liu J., Kondo S., Sekine J., Okubo M., and Asahida Y. (1986). Instructions for use the nutritive values of grass , corn and rice silages fed to sheep at different levels. *Animals* 63, p. 125–135.
- Li P., Ji S., Hou C., Tang H., Wang Q., Shen Y. (2016). Effects of chemical additives on the fermentation quality and N distribution of Alfalfa silage in south of China. *Animal Science Journal* 87, p. 1472–1479.
- Li J., Shen Y., Cai Y. (2010).Improvement of fermentation quality of rice straw silage by application of a bacterial inoculant and glucose. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23, p. 901–906.
- Li L., Sun Y., Yuan Z., Kong X., Wao Y., Yang L., Zhang Y., Li D.(2015). Effect of microalgae supplementation on the silage quality and anaerobic digestion performance of Manyflower silvergrass. *Bioresource Technology* 189, p. 334–340.
- Lianhua L., Feng Z., Yongming S., Zhenhong Y., Xiaoying K., Xianyou Z., Hongzhi N. (2014). Low-cost additive improved silage quality and anaerobic digestion performance of napiergrass. *Bioresource Technology* 173, p. 439–442.
- Menke K.H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D., Schneider W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science* 93, p. 217–222.
- Menke K.H., Steingass H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim Bes Dev* 28, p. 7–55.
- Meyer D.(2005). Sweetclover Production and Management. 2005, p. 1–10.
- Muck R.E., Filya I., Contreras-Govea FE. (2007). Inoculant effects on Alfalfa silage: *In vitro* gas and volatile fatty acid production. *Journal of Dairy Science* 90, p. 5115–5125.
- Orskov E.R., Mcdonald I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science* 92, p. 499–503.
- El Otmani S., Chebli Y., Chentouf M., Hornick J-L., Cabaraux J-F. (2020). Effects of Olive Cake and Cactus Cladodes as Alternative Feed Resources on Goat Milk Production and Quality. *Agriculture* 11, 3 pages.
- Van Ranst G., Vandewalle M., Gadeyne F., De Riek J., Fievez V. (2013).Lipid metabolism in mixtures of red clover (*Trifolium repens*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) in lab scale silages and *in vitro* rumen incubations. *Animal* 7, p. 1454–1463.
- Rezaei J., Rouzbehan Y., Fazaeli H. (2009). Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. *Animal Feed Science and Technology* 151, p. 153–160.
- Sahoo B., Walli T.K. (2008). Effects of formaldehyde treated mustard cake and molasses supplementation on nutrient utilization, microbial protein supply and feed efficiency in growing kids. *Animal Feed Science and Technology* 142, p. 220–230.

Salsbury R.L., Mather R.E., Bender C.B. (1949). Various Carbohydrates as Energy Sources for some Mixed Cultures of Silage Organisms. *Journal of Dairy Science* 32, p. 901–906.

SAS Institute Inc (2004). SAS version 9.1. SAS Inst. Inc.

Sheikh N.A., Desai T.R (2017). Phyto-physicochemical and high performance thin layer chromatography investigation of *Melilotus officinalis* Linn. *International Journal of Green Pharmacy* 11, p. S285–S291.

Shellito S.M., Ward M.A., Lardy G.P., Bauer M.L., Caton J.S. (2006). Effects of concentrated separator by-product (desugared molasses) on intake, ruminal fermentation, digestion, and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. *Journal of Animal Science* 84, p. 1535–1543.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A.(1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, p. 3583–3597.

Tang S.X., Tayo G.O., Tan Z.L., Sun Z.H., Wang M., Ren G.P., Han X.F. (2008). Use of *in vitro* gas production technique to investigate interactions between rice straw, wheat straw, maize stover and alfalfa or clover. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21, p. 1278–1285..

Vu V.H., Li X., Wang M., Liu R., Zhang G., Liu W., Xia B., Sun Q. (2019). Dynamics of fungal community during silage fermentation of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) produced in northern Vietnam. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 32, p. 996–1006..

Wang J., Wang J.Q., Zhou H., Feng T. (2009). Effects of addition of previously fermented juice prepared from Alfalfa on fermentation quality and protein degradation of Alfalfa silage. *Animal Feed Science and Technology* 151, p. 280–290.

WILLIAM H. (1981). Official methods of analysis of the AOAC, 13th ed. Edited by WILLIAM HORWITZ. The Association of Official Analytical Chemists, 1111 N. 19th St., Arlington, VA 22209. 1980. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 70, 468 pages.

Yitbarek M.B., Tamir B. (2014). Silage Additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences* 04, p. 258–274.