



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/> 23865

**To cite this version:**

Froment, Hélène . *Les fourrages de méteils dans l'alimentation des bovins*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2018, 78 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# LES FOURRAGES DE MÉTEILS DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**FROMENT Hélène**

Née, le 15 octobre 1992 à MILLAU (12)

---

**Directeur de thèse : M. Francis ENJALBERT**

---

## JURY

PRESIDENT :

**Mme Florence TREMOLLIÈRES**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

**M. Francis ENJALBERT**

**Mme Annabelle MEYNADIER**

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



## REPARTITION DES ENSEIGNANTS PAR GRADE

(Mise à jour : 07/09/2018)

**DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN**

### **PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE (6)**

Mme	CLAUW Martine	SECTION C.N.E.C.A. N° 8	
M.	CONCORDET Didier		3
M.	DELVERDIER Maxence		7
M.	ENJALBERT Francis		6
M.	PETIT Claude		1
M.	SCHELCHER François		8

### **PROFESSEURS 1° CLASSE (17)**

M	BAILLY Jean-Denis		4
M.	BERTAGNOLI Stéphane		1
M.	BERTHELOT Xavier		6
M.	BOUSQUET-MELOU Alain		7
M.	BRUGERE Hubert		10
Mme	CADIERGUES Marie-Christine		8
Mme	CHASTANT-MAILLARD Sylvie		6
M.	DUCOS Alain		6
M.	FOUCRAS Gilles		8
Mme	GAYRARD-TROY Véronique		7
M	GUERIN Jean-Luc		6
Mme	HAGEN-PICARD Nicole		6
M.	JACQUIET Philippe		8
M.	LEFEBVRE Hervé		7
M.	MEYER Gilles		8
M.	SANS Pierre		6
Mme	TRUMEL Catherine		7

### **PROFESSEURS 2° CLASSE (7)**

Mme	BOULLIER Séverine		1
Mme	BOURGES-ABELLA Nathalie		7
M.	GUERRE Philippe		7
Mme	LACROUX Caroline		7
M.	MAILLARD Renaud		8
M	MOGICATO Giovanni		7
Mme	LETRON-RAYMOND Isabelle		7

### **PROFESSEUR CERTIFIE(P.C.E.A.)**

Mme	MICHAUD Françoise, Professeur d'Anglais
M.	SEVERAC Benoît, Professeur d'Anglais

### **MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE (11)**

M.	BERGONIER Dominique		6
Mme	DIQUELOU Armelle		8
M.	JAEG Jean-Philippe		7
M.	JOUGLAR Jean-Yves		8
M.	LYAZRHI Faouzi		3
M.	MATHON Didier		8
Mme	MEYNADIER Annabelle		6
Mme	PRIYMENKO Nathalie		6
M.	RABOISSON Didier		6
M	VERWAERDE Patrick		8
M.	VOLMER Romain		1

### **MAITRES DE CONFERENCES classe normale (24)**

M.	ASIMUS Erik		8
Mme	BENNIS-BRET Lydie		7
Mme	BIBBAL Delphine		4
Mme	BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle		1
Mme	BOUHSIRA Emilie		8
M	CONCHOU Fabrice		8
M	CORBIERE Fabien		8
M.	CUEVAS RAMOS Gabriel		8
Mme	DANIELS Hélène		1
Mme	DAVID Laure		4
Mlle	DEVIERS Alexandra		7
M.	DOUET Jean-Yves		8
Mme	FERRAN Aude		7
Mme	LALLEMAND Elodie		8
Mme	LAVOUE Rachel		8
M.	LE LOC'H Guillaume		8
M	LIENARD Emmanuel		8
Mme	MILA Hanna		6
Mme	MEYNAUD-COLLARD Patricia		8
M.	NOUVEL Laurent		6
Mme	PALIERNE Sophie		8
Mme	PAUL Mathilde		6
M.	VERGNE Timothée		7
Mme	WASET-SZKUTA Agnès		6

### **A.E.R.C. (6)**

Mme	BLONDEL Margaux		8
M.	CARTIAUX Benjamin		7
M.	COMBARROS-GARCIA Daniel		8
Mme	COSTES Laura		4
M.	GAIDE Nicolas		7
M.	JOUSSERAND Nicolas		8

### **MAITRES DE CONFERENCES CONTRACTUEL (2)**

Mme	DORE-BORDE Laura		8
M.	LEYNAUD Vincent		8



A Madame le Professeur Trémollières Florence

Professeur des Universités

Services endocrinologie et reproduction

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur Enjalbert Francis

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Alimentation des herbivores

Qui nous a fait l'honneur de diriger cette thèse.

Très sincères remerciements.

A Madame le Professeur Meynadier Anabelle

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Alimentation des herbivores

Pour nous avoir fait l'honneur de participer à notre jury de thèse.

Sincères remerciements.



## Table des matières

Table des illustrations.....	9
Introduction.....	11
1) Qu'est-ce qu'un méteil ?.....	13
1.1) Définitions et choix des espèces.....	13
1.1.1) D'un méteil.....	13
1.1.2) D'une céréale.....	14
1.1.2.1) Choix des espèces de céréales.....	14
1.1.2.2) Valeurs alimentaires et intérêts des céréales cultivées dans les méteils fourrages.....	16
1.1.3) D'une légumineuse.....	19
1.1.3.1) Choix des espèces de légumineuses.....	19
1.1.3.2) Valeurs alimentaires et intérêts des légumineuses dans le cadre d'une utilisation en méteil fourrage.....	22
1.2) Mélanges utilisés dans le cadre des méteils.....	24
1.3) Modalités de culture d'un méteil.....	25
2) Quelles sont les différentes formes d'exploitations en fourrage d'un méteil ?.....	27
2.1) Méteils conservés.....	27
2.1.1) Méteil ensilage.....	27
2.1.1.1) Stades et conditions de récolte d'un ensilage de méteil.....	27
2.1.1.2) Conditions de conservation.....	30
2.1.2) Méteil enrubanné.....	31
2.1.3) Méteil foin.....	32
2.2) Méteil pâturage.....	33
3) Valeurs alimentaires des méteils.....	34
3.1) Mesure et variabilité de la valeur alimentaire d'un méteil.....	34
3.1.1) Variabilité de la valeur alimentaire.....	34
3.1.2) Mesure de la valeur alimentaire.....	35
3.2) Résultats de valeurs alimentaires de méteils fourrages.....	36
3.2.1) Valeur énergétique.....	36
3.2.2) Valeur protéique.....	38

3.2.3) Comparaison ensilage de méteil / ensilage de céréale pure.....	39
3.2.4) Incidence du stade de récolte sur la valeur alimentaire et le rendement.....	41
3.2.5) Incidence de la proportion de protéagineux sur la teneur en matières azotées du fourrage.....	43
3.2.6) Bilan et comparaison ensilages de méteil / ensilages d'herbe.....	44
3.2.7) Cas des méteils avec du maïs ou du sorgho.....	47
4) Quels méteils pour quels animaux ?.....	47
4.1) Pour les vaches laitières en production.....	47
4.1.1) En substitution partielle d'un autre fourrage dans la ration.....	47
4.1.2) En substitution totale d'un fourrage dans une ration classique.....	53
4.1.3) Comment exploiter les méteils sur des vaches en lactation ?.....	58
4.2) Pour les génisses laitières et les vaches laitières tarées.....	59
4.2.1) Pour les génisses laitières.....	59
4.2.2) Pour les vaches tarées.....	60
4.3) Pour les bovins en croissance.....	60
5) Intérêts et inconvénients de l'utilisation des méteils dans l'alimentation des bovins.....	62
5.1) Intérêts.....	62
5.1.1) Sécurisation des stocks fourragers.....	62
5.1.2) Apports de fibres.....	62
5.2) Inconvénients.....	63
6) Aspects agronomique et technico-économique des méteils.....	64
6.1) Intérêts agronomiques et techniques.....	64
6.2) Inconvénients agronomiques et techniques.....	65
6.3) Intérêt et inconvénient économiques.....	66
7) Quel avenir pour les méteils ?.....	67
Conclusion.....	69
Bibliographie.....	71

## Table des illustrations

### Images

Image 1 : Exemple de méteil (triticale, pois ,vesce) .....	10
Image 2 : Bottes enrubannées dont le mode de conservation et le format permettent une utilisation individuelle et un stockage dans des endroits variés .....	28

### Figures

Figure 1 : Variations de la teneur en matières azotées totales du fourrage en fonction de la proportion de protéagineux récoltés .....	35
---	----

### Tableaux

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des principales céréales à paille utilisées dans les associations fourragères céréales - protéagineux .....	12
Tableau 2 : Valeurs alimentaires des céréales à paille d'après les analyses de l'INRA .....	15
Tableau 3 : Avantages et inconvénients des principales légumineuses utilisées dans les associations céréales - protéagineux .....	17
Tableau 4 : Valeurs alimentaires des trois principales légumineuses employées dans le cadre des méteils .....	20
Tableau 5 : Valeurs alimentaires des modalités testées dans le cadre de l'essai au Thorigné d'Anjou (49) .....	34
Tableau 6 : Productivité, valeurs protéique et énergétique de l'association par rapport à la céréale correspondante cultivée en pur .....	38
Tableau 7 : Incidence du stade de récolte (début mai / mi-mai / mi-juin) sur la composition du méteil et sa valeur alimentaire .....	39

Tableau 8 : Comparaison des valeurs alimentaires de deux ensilages de MCPI récoltés précocement (début mai), plus ou moins riches en protéagineux .....	40
Tableau 9 : Comparaison des valeurs obtenues au cours de plusieurs études sur la valeur alimentaire d'ensilages d'associations céréales-protéagineux immatures récoltés tardivement .....	41
Tableau 10 : Comparaison de la valeur alimentaire d'ensilages d'associations céréales-protéagineux immatures récoltés tardivement par rapport aux valeurs d'ensilage d'herbe .....	43
Tableau 11 : Comparaison des compositions et valeurs nutritives des rations à base d'ensilage de maïs ou de méteil .....	45
Tableau 12 : Résultats zootechniques de l'essai comparatif ration «maïs» et ration «méteil» .....	46
Tableau 13 : Composition et profils de fermentations ruminales des ensilages de méteil et de millet perlé .....	48
Tableau 14 : Valeurs alimentaires des différents ensilages de méteils et d'herbes comparés dans l'étude britannique .....	51
Tableau 15 : Résultats zootechniques permis par les différentes rations étudiées .....	53
Tableau 16 : Résultats zootechniques de l'essai de comparaison ensilage de méteil / ensilage de sorgho sur la croissance de génisses laitières de renouvellement .....	57
Tableau 17 : Paramètres de réalisation de l'étude sur des animaux à l'engrais et résultats zootechniques obtenus .....	58

## Introduction

Avec un peu plus de 19 millions de bovins en 2016 (IDELE & CNE, 2017), la France est de loin le premier pays de l'Union Européenne en terme d'effectif de bovins. Cette filière se caractérise notamment par une grande diversité de systèmes de production, et plus précisément de rationnement des animaux. En effet, différents systèmes de rationnement peuvent être rencontrés dans la filière laitière : herbager dominant, ensilage de maïs-herbager, ou ensilage de maïs dominant. Du côté de la filière allaitante, la base des rations est globalement stable avec l'utilisation prédominante de l'herbe.

L'ensilage de maïs est omniprésent dans les rations des bovins laitiers avec les avantages, mais aussi les inconvénients, qui lui sont associés. Un de ses inconvénients majeurs est son déficit marqué en protéines. En effet, il est indispensable de combler ce déficit protéique par l'apport exogène de matières azotées, réalisé très majoritairement par l'introduction de tourteaux de soja, de colza ou de concentrés protéiques industriels dans les rations.

Toutes ces sources protéiques sont particulièrement coûteuses et sont à l'origine d'une augmentation importante des charges alimentaires dans les élevages.

Cette réalité est à l'origine d'une difficulté pour les éleveurs laitiers à dégager des revenus décents et est une des causes d'une chute du nombre de cheptels laitiers (environ 155 000 exploitations laitières en 1995 contre 78 362 exploitations laitières en 2010) (Chiffres FranceAgrimer Elevage, 2013).

Face à cette problématique, il est évident qu'une révision de la pérennité des systèmes de production actuels et la réflexion sur la mise en place de conduites d'élevage moins coûteuses doivent être envisagées. C'est d'ailleurs, pour exemple, ce qui s'est passé dans les années 80 en Nouvelle-Zélande, période à laquelle ce pays a décidé de s'orienter vers des systèmes de production économes basés sur l'exploitation de l'herbe, notamment au pâturage. Aujourd'hui, la Nouvelle-Zélande est le pays dans lequel la production laitière est la plus rentable (Ministère de

l'Agriculture, 2016). L'utilisation de l'herbe est donc une solution pour réduire les coûts alimentaires mais d'autres pistes existent.

Les associations céréales-protéagineux semblent être un compromis intéressant permettant d'associer une valeur protéique importante et les avantages d'un fourrage proche de l'herbe. Il existe deux formes d'exploitation de ces associations, en fourrage ou en grain, toutefois l'utilisation de «méteils grains» à proprement parler (c'est-à-dire une distribution directe du produit récolté, les grains des différentes espèces restant mélangés) est finalement peu fréquente et nous nous restreindrons donc à une utilisation fourragère.

## 1) Qu'est-ce qu'un méteil ?

### 1.1) Définitions et choix des espèces

#### 1.1.1) D'un méteil

La définition officielle d'un méteil est la suivante : «mélange de blé et de seigle cultivés ensemble» (Dictionnaire de français Larousse, 2017).

Mais leur utilisation au fil du temps a amené progressivement à y associer une autre définition, que l'on pourra donc qualifier d'«usuelle». Aujourd'hui les méteils sont des cultures caractérisées par l'association d'une ou plusieurs espèce(s) de céréale(s) avec une ou plusieurs espèce(s) de protéagineux, ou un mélange de différentes céréales uniquement, ou enfin un mélange de protéagineux uniquement (Emile et al., 2016); Toutefois, l'utilisation la plus largement répandue pour le terme méteil est celle d'une association céréale - protéagineux.

Il est aussi possible de rencontrer l'appellation «mélanges céréaliers» ou encore plus fréquemment celui d'associations céréale(s) - légumineuse(s) ou protéagineux. Comme il est admis que le terme «mélanges céréaliers» peut porter à confusion avec une culture qui combine un mélange de différentes variétés d'une même espèce végétale (mélange de plusieurs variétés de blés par exemple), les termes «méteil», « association céréales - protéagineux » ou enfin «mélange céréale - protéagineux» (MCP) seront préférés.

Les associations les plus fréquentes dans le cadre des méteils sont celles combinant du triticale et/ou de l'avoine avec du pois, de la vesce ou éventuellement de la féverole.

*Image 1 : Exemple de méteil (triticale , pois , vesce) (ARPEB SO, 2015)*



### 1.1.2) D'une céréale

Les céréales appartiennent à la famille des graminées (aussi appelées « poacées »). Les graminées sont «*des plantes monocotylédones, à feuilles engainantes simples et rubanées, à tige généralement creuse (chaume), à fleurs généralement hermaphrodites sans calice ni corolle, à inflorescences en épis, en grappes ou panicules d'épillets*» (Dictionnaire français Larousse, 2017).

Lorsqu'elles sont exploitées, les graminées permettent aujourd'hui d'obtenir deux types de produits selon leur espèce et leur variété : les fourrages et les céréales. Les graminées céréalières permettent aussi, pour certaines d'entre elles, de produire de la paille et sont donc qualifiées de céréales à paille. C'est le cas de l'orge, du blé, du triticale, de l'avoine et du seigle.

#### 1.1.2.1) Choix des espèces de céréales

Les céréales, à paille (blé, orge, triticale, avoine, seigle, ...) ou non (maïs, sorgho), sont l'une des deux espèces qui composent un méteil.

Un large panel de céréales est donc potentiellement utilisable pour la culture de méteil mais les céréales à paille sont très majoritairement employées. Il existe des céréales d'hiver ou de printemps mais en France les associations céréales-protéagineux sont majoritairement des cultures d'hiver (culture non soumise à la sécheresse) et ce sont donc les variétés hivernales qui sont exploitées. Les céréales sont de très bons tuteurs ce qui représente un vrai bénéfice pour le développement optimal de certains protéagineux sensibles à la verse<sup>1</sup>. Enfin, les céréales à paille ont une bonne résistance aux maladies, sont couvrantes pour le sol mais aussi particulièrement productives.

---

<sup>1</sup> Accident de végétation (atteignant principalement les céréales), provoqué par la pluie, le vent ou une attaque de parasites et couchant les tiges au sol (Dictionnaire Larousse, 2017).

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des principales céréales à paille utilisées dans les associations fourragères céréales - protéagineux (Biarnes et al., 2011)

	Avantages	Inconvénients
<p>Triticale (<i>Triticosecale</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne couverture du sol → lutte contre les adventices</li> <li>- Résistance à la verse (selon variétés) → tuteur solide</li> <li>- Résistance aux maladies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de données sur des valeurs alimentaires en culture fourragère pure</li> </ul>
<p>Avoine (<i>Avena sativa L.</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne couverture du sol</li> <li>- Bonne appétence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeur alimentaire variable</li> <li>- Gélive</li> <li>- Verse si dominante dans le mélange</li> <li>- Sensible aux maladies</li> </ul>
<p>Seigle (<i>Secale cereale</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistante à la verse</li> <li>- Adaptée aux sols pauvres et superficiels</li> <li>- Valeur alimentaire un peu meilleure que l'avoine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas adapté aux sols en risque d'excès d'eau</li> </ul>
<p>Blé (<i>Triticum</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance à la verse (selon variétés)</li> <li>- Adapté à une association avec un pois protéagineux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Couverture du sol moins rapide que le triticale</li> <li>- Maturité trop précoce pour association avec un pois fourrager</li> <li>- Valeur alimentaire plutôt moyenne (idem orge)</li> </ul>
<p>Orge (<i>Hordeum vulgare</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptée à une association avec un pois protéagineux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moins bon tuteur que le triticale</li> <li>- Valeur alimentaire plutôt moyenne</li> </ul>

Le triticale et l'avoine sont deux céréales particulièrement exploitées dans le cadre des méteils. Ils présentent tous deux de bonnes qualités agronomiques mais des valeurs alimentaires méconnues ou plutôt moyennes (tableau 1).

L'avantage principal de l'avoine est l'amélioration de l'appétence du mélange lorsqu'il est présent (Arrigo, 2014).

Le blé et l'orge peuvent aussi être employés mais sont toutefois un peu moins couvrants, moins bons tuteurs pour la vesce ou le pois fourrager et moins résistants aux maladies (tableau 1). Leur principal avantage est leur adaptation à une exploitation avec du pois protéagineux (dates de maturité proches).

#### 1.1.2.2) Valeurs alimentaires et intérêts des céréales cultivées dans les méteils fourrages

Les valeurs alimentaires issues des tables d'alimentation de l'INRA (2018) (tableau 2) permettent de mettre en évidence des valeurs énergétiques modérées (autour de 0,70 UFL<sup>2</sup>/kgMS).

Les valeurs protéiques des céréales pures exploitées sous forme de fourrage sont faibles (environ 8% de protéines brutes), avec une part plutôt modérée des protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA<sup>3</sup>). La teneur en fibres (cellulose brute et NDF dans le tableau) est quant à elle plutôt élevée. Les céréales contiennent une quantité importante d'amidon dans leurs grains, mais aussi, en quantité modérée dans la partie végétative de la plante (les valeurs ne sont toutefois pas disponibles pour les fourrages dans les tables de valeur nutritive).

---

<sup>2</sup> UFL : Unité Fourragère Lait, une unité fourragère (UF) est la valeur énergétique nette de référence correspondant à l'énergie apportée par un kilogramme d'orge pour un bovin. Elle est différente pour les bovins lait (UFL) et pour les bovins en croissance (UFViande).

<sup>3</sup> PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin grêle, système d'expression de la valeur azotée d'un aliment. Ce système d'unité prend en compte le devenir des matières azotées alimentaires et celles remaniées dans le rumen par la microflore. Elle est la somme de deux fractions : protéines réellement digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire et non-dégradées dans le rumen (PDIA) + protéines réellement digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, issues de la protéosynthèse réalisées par les micro-organismes du rumen (PDIM). Les PDIM sont synthétisées grâce à deux éléments : l'énergie (PDIME) et les matières azotées (PDIMN), la valeur PDIE ou PDIN d'un aliment correspondant à la somme : PDIA + PDIME = PDIE ou bien PDIA + PDIMN = PDIN.

Les céréales sont relativement encombrantes dans le rumen (valeur UEL<sup>4</sup> plutôt importante).

Les teneurs en phosphore et calcium absorbables restent modérées.

Dans le cadre d'une exploitation en frais (pâturage ou affouragement en vert<sup>5</sup>), le stade d'exploitation influence plutôt fortement sur la valeur alimentaire de la culture (par exemple, l'exploitation d'une culture pure d'avoine au stade début élongation au lieu du stade laiteux-pâteux permet d'avoir une valeur énergétique de 1,05 UFL (contre 0,71 UFL)).

---

<sup>4</sup> Unité d'encombrement lait : valeur d'encombrement d'un kilo de matière sèche d'un aliment de référence, l'herbe jeune pâturée. L'UE lait permet d'appliquer la valeur aux vaches laitières (UE Bovin pour les vaches allaitantes)

<sup>5</sup> Système d'alimentation qui consiste à faucher la culture ou la prairie et à apporter la marchandise ainsi obtenue directement auprès des animaux (élevés en bâtiment) pour qu'ils le consomment tel quel (pas de modification du produit).

Tableau 2 : Valeurs alimentaires des céréales à paille (INRA, 2018)

Espèce	Stade	Type exploitation	MS	UFL	UFV	PDIA	PDI	PB	UEL	CB	NDF <sup>6</sup>	P abs	Ca abs
			%	/kgMS	/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	g/kgMS
Orge	Grains laitieux-pâteux	Frais	25,1	0,74	0,66	17	66	99	1,02	278	572	1,5	1,3
		Ensilage	35	0,73	0,64	14	60	81	1,06	200	449	1,5	1,3
Blé		Frais	34,7	0,74	0,66	13	62	74	1,01	298	324	1,5	1,3
		Ensilage	35	0,69	0,60	17	62	98	1,01	267	522	1,7	1,6
Avoine		Frais	31,8	0,71	0,62	12	60	67	1,03	270	562	1,5	1,3
Seigle		Frais	33,3	0,72	0,64	9	58	60	1,09	324	609	1,5	1,3

*MS : Matière Sèche ; PB : Protéines Brutes = MAT : Matières azotées totales ; CB : Cellulose Brute ; P abs : Phosphore absorbable ; Ca abs : Calcium absorbable*

<sup>6</sup> NDF : Neutral Detergent Fiber, méthode d'analyse par fractionnement des différents constituants de la paroi végétale, qui repose sur l'utilisation d'un détergent en milieu neutre. Le NDF contient la majeure partie des parois végétales, mais aussi des matières azotées et de l'amidon (Drogoul et al., 2004).

### 1.1.3) D'une légumineuse

Les légumineuses sont une autre grande famille végétale (aussi appelées « fabacées»). Ce sont des «*plantes dicotylédones dont le fruit est une gousse exploitée comme légume (pois, haricot), fourrage (trèfle, luzerne), pour l'ornement (acacia) ou pour le bois (palissandre)*» (Dictionnaire français Larousse, 2017).

Dans la définition des méteils, l'utilisation du terme «protéagineux» plus spécifiquement (mais non systématique) est décrite. Les protéagineux sont, dans le cadre d'une définition usuellement employé en Europe et en France, les légumineuses à grosses graines cultivées essentiellement pour l'alimentation animale. Dans ce contexte, ils regroupent donc principalement quatre espèces : pois, féverole, lupin et soja (mais d'abord considéré comme un oléagineux) (Le Guen, 1996).

Dans le cadre d'une exploitation en méteil fourrage, trois légumineuses sont très majoritairement employées. Il s'agit du pois (deux variétés : pois fourrager et pois protéagineux), de la féverole, et de la vesce. Le lupin est cité dans la littérature mais très peu utilisé actuellement sur le terrain (rendements moyens, salissures de la culture, conduite et désherbage difficiles, ...). Sa richesse en matières azotées est toutefois particulièrement intéressante (tableau 4).

Le soja, qui remplit les critères pour entrer dans le cadre d'un mélange céréales - protéagineux, n'est que très peu utilisé en France car la très grande majorité des méteils cultivés sont des cultures d'hiver (or le soja est une espèce qui se développe durant l'été).

#### 1.1.3.1) Choix des espèces de légumineuses

Parmi les trois légumineuses très employées dans le cadre des méteils, chacune présente ses propres avantages et inconvénients face à une exploitation sous forme de fourrages.

Il est évidemment possible de réaliser un méteil incorporant plusieurs légumineuses, comme une association «céréales + pois fourrager + vesce» par exemple.

*Tableau 3 : Avantages et inconvénients des principales légumineuses utilisées dans les associations céréales - protéagineux*

*(ARPEB SO, 2015 ; Biarnes et al., 2011)*

	Avantages	Inconvénients
Féverole ( <i>Vicia faba</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Améliore la structure du sol</li> <li>- Résistance à la verse</li> <li>- Richesse en protéines</li> <li>- Date de maturité proche des céréales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grosse tige creuse → tassement plus difficile lors d'ensilage</li> <li>- Sensible aux maladies au printemps</li> </ul>
Pois fourrager ( <i>Pisum sativum subsp. arvense</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richesse en protéines</li> <li>- Bonne adaptation à tous types de sol</li> <li>- Fort développement végétatif → très productif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilité au gel si semé précocement</li> <li>- Risque de verse si trop présent</li> <li>- Nécessite un bon tuteur</li> <li>- Mauvaise appétence dans les rations (Froidmont &amp; Bartiaux-Thill, 2003)</li> </ul>
Pois protéagineux ( <i>Pisum sativum subsp. arvense</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne nécessite pas un excellent tuteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maturité plus précoce (par rapport à la majorité des céréales)</li> <li>- Densité de semis plus importante (que pois fourrager)</li> <li>- Attire le gibier (sanglier) (Chambres d'agriculture de Basse-Normandie, 2011)</li> </ul>
Vesce ( <i>Vicia sativa</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très riche en protéines</li> <li>- Fort développement végétatif</li> <li>- Bonne adaptation au pâturage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite un bon tuteur</li> <li>- Risque de verse important si trop présente, difficulté à récolter</li> <li>- Certaines variétés étouffantes pour les autres espèces</li> </ul>

Pour le pois, deux variétés sont couramment employées : le pois fourrager et le pois protéagineux. Ces deux variétés sont différentes sur les plans phénotypiques et culturaux. Les pois fourragers présentent des fleurs colorées (et donc des graines riches en tanins), des tiges hautes, feuillues et à forte ramification, qui nécessitent donc une association avec un tuteur important (type triticales). Les pois protéagineux possèdent des fleurs blanches (et des graines sans tanins), des tiges courtes, ont une maturité précoce ce qui implique un semis plus tardif par rapport aux autres espèces implantées pour le méteil, et une association possible avec une céréale faiblement tutrice (type orge). Il existe actuellement des pois «hybrides» qui présentent des caractéristiques de ces deux types de pois (tuteur non indispensable mais semis à la même période que la ou les céréale(s)).

La féverole est une plante qui produit beaucoup de quantité de matière du fait de ses tiges hautes et volumineuses et de ses nombreuses feuilles. Ceci rend sa conservation plus compliquée (tige creuse qui contient de l'air rendant le tassement difficile lors d'ensilage) (*tableau 3*).

La vesce est une plante qui est particulièrement adaptées à une utilisation en fourrage du fait de sa forte capacité végétative et donc sa couverture du sol. Ces mêmes caractéristiques lui confèrent des inconvénients car elle est sensible à la verse et à la capacité de prendre trop de place par rapport aux autres espèces présentes dans la culture (espèce «étouffante») (*tableau 3*).

Même si il est fréquemment cité et malgré sa très grande richesse en matières protéiques (35% de MAT), il ressort finalement peu d'informations et de résultats d'études concernant l'utilisation du lupin dans des associations culturales, et son exploitation semble être réalisée en culture pure quasi-exclusivement, pour une utilisation en graines.

### 1.1.3.2) Valeurs alimentaires et intérêts des légumineuses dans le cadre d'une utilisation en méteil fourrage

Les valeurs alimentaires des légumineuses, mises à disposition par l'INRA, en «frais» (analyses avant toute conservation) ou en ensilage (*tableau 4*) permettent de mettre en évidence une bonne valeur énergétique (autour de 0,90 - 0,95 UFL), ainsi qu'une très bonne valeur protéique (de 13 à 20% de protéines brutes environ selon l'espèce) véritable atout des légumineuses. La teneur en PDIA est supérieure à celle constatée pour les céréales.

La teneur en fibres est un peu inférieure à celle constatée précédemment pour les céréales (dépend de l'espèce).

Les graines de légumineuses contiennent de l'amidon dans des quantités très variées selon l'espèce considérée (par exemple, teneur en amidon de la féverole 442 g/kgMS, du lupin 81 g/kgMS (INRA, 2018)). Pour ce qui concerne la teneur en amidon de la partie végétative de la plante, il n'est pas possible de trouver de données dans les tables de valeur alimentaire, toutefois il est possible de considérer cette teneur comme faible.

La valeur d'encombrement (UEL) des légumineuses est plutôt faible, ce qui permet d'en augmenter les quantités ingérées.

La teneur en calcium absorbable est par contre nettement supérieure à celle des céréales, celle de phosphore étant modérément supérieure.

L'intérêt majeur des légumineuses dans l'association est donc l'objectif d'augmenter la valeur protéique du fourrage obtenu. Les légumineuses permettent aussi d'augmenter les teneurs en calcium et phosphore du fourrage.

Tableau 4 : Valeurs alimentaires des trois principales légumineuses employées dans le cadre des méteils (INRA, 2018)

Espèce	Type fourrage	Stade de récolte	MS	UFL	UFV	PDIA	PDI	PB	UEL	CB	NDF	P abs	Ca abs
			%	/kgMS	/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	g/kgMS	g/kgMS
Pois	Frais	Croissance des graines	18,3	1,02	0,99	39	93	175	0,92	180	352	1,9	3,9
		Graines jaunes	33,1	0,97	0,94	38	91	174	0,95	192	346	2,3	3,8
	Ensilage	Graines fermes	28	0,96	0,91	25	73	155	1,08	211	361	1,5	3,4
Féverole	Frais	Floraison	16,9	0,92	0,87	40	91	174	0,9	262	432	2,3	3,8
		Gousse	19,9	0,91	0,87	37	89	167	0,92	264	434	2,1	3,7
		Graines fermes	26,3	0,95	0,91	31	84	146	0,95	306	468	1,9	3,5
		Début maturité graines	35	0,95	0,91	26	79	126	0,98	367	521	1,9	3,5
	Ensilage	Graines fermes	26,2	0,85	0,78	20	67	145	1,20	286	414	1,7	3,2
Vesce	Frais	Début floraison	18,9	0,95	0,91	48	100	242	0,94	244	456	2,3	3,7
		Gousse	19,1	0,91	0,86	41	93	214	0,97	266	478	2,1	3,5
		Graines	20	0,84	0,78	35	86	185	1,00	280	469	1,9	3,5

## 1.2) Mélanges utilisés dans le cadre des méteils

Il existe une multitude de méteils, et autant de modalités d'associations d'espèces que d'objectifs et de moyens disponibles pour les éleveurs.

Certaines associations sont très majoritairement étudiées lors d'essais terrains, comme les associations «triticale / pois fourrager», «triticale / pois fourrager / vesce», «triticale / avoine / pois fourrager / vesce» et enfin «blé / pois protéagineux».

Ce sont ces associations qui semblent, dans le contexte d'une culture en France métropolitaine, associer un maximum d'avantages agronomiques et l'obtention d'un produit avec une bonne valeur alimentaire et une bonne appétence.

Dans le cadre d'une culture de printemps, il est possible d'implanter toutes espèces et variétés adaptées à cette période (orge de printemps et pois de printemps, féverole, ...). Il est aussi possible d'implanter l'association maïs et/ou sorgho avec du soja et/ou un haricot grimpant et/ou de la vesce et/ou un lupin.

Malgré la liberté de composition des méteils pour les agriculteurs, il existe des caractéristiques intrinsèques à chacune des espèces végétales qu'il convient de connaître pour limiter au maximum les associations présentant d'importants inconvénients.

L'implantation d'un pois protéagineux doit se faire avec une orge ou éventuellement un blé du fait de l'arrivée à maturité précoce du pois, qui ne conviendrait pas avec un triticale ou une avoine (Chambres d'agriculture de Basse-Normandie, 2011 ; Coutard, 2010). Une exception est possible si l'implantation du pois protéagineux se fait avec un triticale de variété précoce mais les résultats obtenus sont décevants en terme de productivité (Coutard, 2010).

*A contrario*, l'utilisation d'un pois fourrager et/ou d'une vesce exclut une association avec un blé ou une orge du fait de leur faible capacité de tuteur.

D'après Eskandari et al. (2009), les meilleures céréales à employer dans le cadre d'une association avec de la vesce commune sont, par ordre décroissant, l'orge,

l'avoine et le triticales (toutefois, les études permettant cette affirmation ont été réalisée dans des pays Nordiques).

Les associations d'un maïs ou d'un sorgho, cultures d'été, avec un soja, un haricot grimpant, un pois, un lupin ou une vesce sont aussi possibles mais très peu réalisées en France (très développées dans des régions tropicales). Les agriculteurs y préfèrent l'exploitation d'un maïs ou d'un sorgho purs du fait d'un rendement qui est plus faible en culture associée et de la proportion quasi nulle du protéagineux lors de la récolte (Emile et al., 2016). Pour maximiser l'efficacité d'une association avec du sorgho, Da Silva et al. (2014) préconisent une association avec le soja pour le sorgho nain, et avec du haricot commun ou du haricot d'Espagne pour le sorgho géant.

Il existe des entreprises qui commercialisent des semences végétales qui proposent des méteils déjà composés et prêt pour le semis (date, densité et conditions de semis transmises par l'entreprise). On trouve par exemple des mélanges type «55% triticales d'hiver, 18% avoine d'hiver, 17% pois fourrager, 6% vesce commune d'hiver» (Jouffray-Drillaud, 2018). Un autre exemple est un méteil composé de «48% triticales, 22% avoine d'hiver, 25% pois fourrager, 5% vesce commune» (Semences de France, 2018). Les proportions indiquées sont celles de la composition du mélange au semis, et il est précisé dans les informations transmises par le fournisseur que les rendements obtenus et la proportion des espèces à la récolte sont particulièrement variables.

### 1.3) Modalités de culture d'un méteil

Selon les variétés employées et leur période culturale, il est possible d'implanter un méteil aussi bien en automne qu'au printemps.

Toutefois, une grande majorité des méteils actuellement cultivés sont des cultures d'hiver (implantation en automne, récolte au printemps).

Dans ce contexte et selon la période précise de récolte, un méteil peut être considéré comme une «inter-culture», c'est-à-dire qu'il couvre le sol durant l'hiver, entre deux cultures d'été considérées comme principales (maïs, sorgho, tournesol, soja, ...).

Les différentes espèces, céréales et légumineuses sont semées concomitamment, mais dans des proportions différentes selon les caractéristiques attendues de l'association (à dominante céréale ou dominante protéagineux). La densité de semis (exprimée en grains par mètre carré pour les méteils, grains/m<sup>2</sup>) de chaque espèce sera donc différente.

Certaines règles doivent être respectées toutefois, afin de maximiser les avantages et limiter les inconvénients de chacune des espèces présentes. Il est notamment possible de trouver dans la littérature une règle commune : la densité de semis de la légumineuse doit-être limitée (40 grains / m<sup>2</sup> d'après Coutard & Fortin (2014), entre 30 et 50 grains / m<sup>2</sup> pour Emile et al. (2016 a) ; comparé à par exemple en culture pure : 70-90 grains/m<sup>2</sup> pour le pois d'hiver).

Cette recommandation a pour objectif de limiter la verse. Toutefois, de telles densités de semis pour les légumineuses se sont révélées décevantes du fait de la faible part de cette espèce à la récolte lors d'essais terrains menés en Normandie. Les auteurs des essais conseillent donc d'augmenter un peu les doses de chacune des espèces lors du semis (pour une espèce donnée, semer à une dose équivalent à 60% de la dose de semis employée en culture pure, au lieu des 30 ou 50% couramment utilisés) (Chambres d'agriculture de Basse-Normandie, 2011).

Le méteil est une culture qui peut s'adapter à différents systèmes de production et techniques culturales (du labour au semis direct, en passant par les techniques culturales simplifiées). De la même façon, la composition même des méteils permet une culture dans le cadre d'une agriculture conventionnelle ou d'une agriculture biologique. En effet le cahier des charges de l'agriculture biologique (AB) impose des règles plus drastiques pour l'utilisation des intrants azotés (nombre d'intervention sur la culture et quantités apportées limitées) et les coûts associés à ces intrants sont aussi beaucoup plus élevés (car le produit employé doit-être certifié pour une utilisation en agriculture biologique). Le cahier des charges de l'AB implique aussi une interdiction de traitements à base de produits phytosanitaires (pesticides, insecticides, fongicides). Nous verrons que la présence des légumineuses, ainsi que

les interactions au sein d'une association apportent de vrais bénéfices agronomiques, écologiques et économiques.

## 2) Quelles sont les différentes formes d'exploitations en fourrage d'un méteil ?

Comme dans le cadre de l'exploitation d'une prairie, il est possible de faire consommer un méteil sous différentes formes qui peuvent être classées de la façon suivante : conservée et pâturée.

### 2.1) Méteils conservés

#### 2.1.1) Méteil ensilage

L'ensilage est un procédé de conservation d'un fourrage sous une forme humide (idéalement autour de 30-35% de matière sèche). Il est basé sur un processus de fermentation lactique (acidification du milieu à partir du substrat disponible avec un l'objectif d'atteindre un pH inférieur à 4,1 pour une teneur en matière sèche de 30-35%) qui permet de stopper l'évolution de la matière organique stockée et de la conserver dans un état apte à la consommation, sur une longue période et avec une perte limitée de matière sèche et de valeur alimentaire (Huyghe & Delaby, 2013).

La technique de l'ensilage est très majoritairement appliquée pour le stockage de l'herbe et du maïs, mais elle permet aussi de stocker des céréales sous leur forme immature.

C'est d'ailleurs la forme la plus répandue de stockage des méteils.

##### 2.1.1.1) Stades et conditions de récolte d'un ensilage de méteil

Le stade de récolte optimal est celui qui associe un maximum de biomasse et la meilleure valeur alimentaire que possible. Il est possible de trouver plusieurs informations dans la littérature avec deux idées générales :

- la première, communément reconnue, qui est la récolte au stade laiteux-pâteux de la céréale (soit environ 30-32% de matière sèche) quelles que soit les proportions des différentes espèces constitutives (Coutard & Fortin, 2014; Huyghe & Delaby, 2013) ;

- la seconde qui recommande la récolte en fonction du stade de l'espèce végétale la plus importante en proportion : récolte au stade laiteux-pâteux de la céréale si c'est elle qui domine, ou récolte qui dépend de l'état sanitaire des feuilles et des pieds du protéagineux, du risque de verse, et de chute des graines si c'est le protéagineux qui domine (ARPEB SO, 2015 ; Huyghe & Delaby, 2013).

Dans tous les cas il est important de ne pas dépasser 40% de matière sèche, car au-delà la bonne conservation de l'ensilage peut être compromise du fait d'un tassement plus difficile du silo.

Actuellement, la grande majorité des agriculteurs font le choix d'une récolte qualifiée de précoce (début mai, plutôt qu'un stade laiteux-pâteux qui est considéré comme une récolte tardive, en juin). L'objectif d'une récolte précoce est de libérer la parcelle pour pouvoir implanter une autre culture après le méteil (maïs, sorgho, soja, tournesol, ...) et l'obtention d'un fourrage qui présente une valeur alimentaire supérieure à une récolte tardive. Toutefois, d'après quatre essais agronomiques qui ont été réalisés sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (49) menés par Coutard et al. (2016), il semblerait qu'une récolte plus précoce pénalise fortement les rendements obtenus (4,94 tonnes de matière sèche par hectare (TMS/ha) pour un méteil récolté précocement contre 11,14 TMS/ha pour le méteil récolté tardivement). Une autre étude confirme la chute importante du rendement en considérant une perte de 40% de biomasse en récolte précoce (Emile et al., 2016).

Une précision doit être donnée lors du choix d'une récolte tardive (pour son rendement fourrager) : la fenêtre de récolte de ce type de culture est particulièrement restreinte (environ 2 à 4 jours) (Peyrille et al. 2006). Ceci est dû au fait que le taux de matière sèche évolue très rapidement autour du stade de récolte recherché. Pour un objectif de récolte qui est de 30% de matière sèche pour la céréale, le taux de matière sèche de celle-ci évolue à raison d'un point de matière sèche par jour (soit +1% MS / jour) (Cabon & Kardacz, 2005).

Il est ainsi compliqué de concilier maximisation du rendement (récolte la plus tardive que possible) et teneur en matière sèche suffisamment basse pour favoriser l'ingestion par les vaches et obtenir un tassement suffisant lors la confection du silo.

Lorsque la légumineuse est dominante dans l'association, l'évolution de la matière sèche de la culture se ferait plus lentement ce qui permettrait une fenêtre d'intervention plus large qu'avec une culture à dominante céréale (Emile, Coutard et al., 2016). Cependant, ces associations à dominante légumineuse étant peu utilisées, il n'existe pas de données expérimentales précises. L'objectif à la récolte est alors fixé à une teneur en matière sèche de 35% pour la céréale. Un équilibre entre teneur suffisante en protéagineux tout en évitant la verse est donc un réel enjeu dans la conduite des associations céréales protéagineux.

Les conditions de récolte des méteils ne sont pas différentes de celle permettant la réalisation d'un ensilage d'herbe. Lorsque le méteil est au stade laiteux-pâteux de la céréale, il est nécessaire d'avoir des conditions météorologiques favorables qui permettent la fauche.

Si la récolte est effectuée au stade laiteux-pâteux de la céréale, la coupe est directe et aucun ressuyage ni préfanage<sup>7</sup> n'est réalisé avant la mise en silo (Emile et al., 2016).

Au contraire, si la récolte est précoce (au mois de mai), il est préférable d'au moins ressuyer (24 heures au sol, permettant de gagner environ 5 points de matière sèche) ou même de préfaner (plus de 24 heures au sol, généralement ensilage 3 jours après la fauche) avant la mise en silo (Coutard & Fortin, 2014) afin d'obtenir un taux de matière sèche proche de 30-35% (Emile et al., 2016).

Le hachage recherché est celui permettant d'obtenir des brins courts (1 à 3 cm de longueur), seule taille de brins compatible avec une acidification suffisante du fait d'une teneur en matière sèche faible.

Concernant l'éclatement des grains lors d'une récolte tardive, aucune information n'est disponible dans la littérature comme il est possible d'en trouver pour l'ensilage de maïs.

---

<sup>7</sup> Ressuyage - préfanage : action de laisser au sol le fourrage fauché pendant au moins 24 heures avant le récolter afin de permettre la perte d'une certaine quantité d'eau et donc d'obtenir une teneur en matière sèche supérieure, compatible avec sa conservation.

La réalisation d'un ensilage maïs ou sorgho avec une légumineuse (type soja) est identique à celle d'un ensilage de maïs ou de sorgho pur. La récolte doit donc être effectuée par rapport à la maturité de la céréale :

- pour du maïs, la période de récolte est optimale lorsque les grains sont composés de façon égale d'amidons laiteux, pâteux et vitreux et que le grain présente une lentille vitreuse (accumulation d'amidon vitreux) à l'extrémité du grain ;
- pour du sorgho, le stade idéal est celui laiteux-pâteux.

#### 2.1.1.2) Conditions de conservation

La réalisation d'un silo d'ensilage de méteil de bonne qualité est identique à celle d'un ensilage d'herbe classique à savoir (Huyghe & Delaby, 2013) :

- la réalisation rapide du silo (dans la journée),
- la propreté de réalisation du silo (les engins ne doivent pas apporter de terre au sein du silo, sous peine d'ensemencer le silo avec des spores butyriques),
- un tassement maximal (afin de chasser un maximum d'air et d'avoir des conditions de fermentations anaérobies),
- la fermeture du silo via des bâches (normes françaises), dès la fin du tassement.

Si la matière récoltée ne permet pas de se trouver dans des conditions de fermentations optimales (teneur en sucres solubles du substrat et/ou en matière sèche trop faibles), il est possible d'utiliser un conservateur (Ujttewaal et al., 2016). Concrètement, l'utilisation de conservateurs n'est pas une technique très répandue sur le terrain (coût et contrainte de réalisation).

Il existe deux grands types de conservateurs : les inhibiteurs de fermentation (type acide sulfurique, acide chlorhydrique, acide formique, acide propionique, ...) ou les conservateurs biologiques (bactérie *Lactobacillus plantarum* majoritairement). La première catégorie peut présenter un danger pour la santé de l'utilisateur (acide formique) et peut aussi altérer la digestibilité et la qualité des protéines du fourrage. La seconde catégorie, dont l'efficacité est contestée sur le terrain, présente des

résultats très dépendants de la teneur en sucres solubles initiale du fourrage (car les bactéries en ont besoin pour survivre et abaisser le pH) et du pouvoir tampon des espèces fourragères présentes (qui va contrer l'abaissement du pH). Le choix du type de conservateur sera à la discrétion de l'agriculteur (disponibilité, coût, praticité d'utilisation, ...).

Lors de l'utilisation du silo, il est indispensable d'avancer suffisamment rapidement au niveau du front d'attaque<sup>8</sup> car le contact avec l'oxygène, du fait de la réouverture du silo, permet la reprise d'activités microbiennes indésirables au sein de l'ensilage. L'objectif est de consommer 15-20 cm par jour d'ensilage en hiver et 20-30 cm par jour en période chaude, sur tout le front d'attaque (Peyrille et al., 2006). Pour ce faire, les silos devront donc être étroits, longs et de faible hauteur.

#### 2.1.2) Méteil enrubanné

L'enrubannage est une autre forme de conservation humide d'un fourrage. Le stockage se fait sous forme de balles (similaires à celles de foin) enrobées de film plastique. C'est une technique de conservation similaire à l'ensilage, qui recherche aussi une acidification du milieu en condition anaérobie.

*Image 2 : Balles enrubannées dont le mode de conservation et le format permettent une utilisation individuelle et un stockage dans des endroits variés*

*(Bottes enrubannées, 2018)*



*Le mode de conservation et le format des balles enrubannées permettent une utilisation individuelle et un stockage plus libre que l'ensilage.*

---

<sup>8</sup> Front d'attaque : zone du silo par laquelle l'ensilage est prélevé pour ensuite être distribué aux animaux

La forme de conservation de l'enrubannage implique une constitution sous forme de brins longs (15-20 cm environ) afin d'assurer une bonne tenue des bottes lors de la manipulation. Mais avec des particules de cette taille, le potentiel d'acidification est plus faible que pour l'ensilage (mise à disposition de substrats pour les bactéries lactiques en moins grande quantité), et il est donc indispensable d'obtenir un taux de matière sèche supérieur. L'abaissement du pH nécessaire est donc moins important.

Ainsi, pour obtenir un enrubanné de qualité, il est nécessaire d'avoir un fourrage à au moins 50-55% de matière sèche lors du conditionnement. Le pH d'un enrubanné ne sera pas inférieur à 5.

Le principal inconvénient de l'application de cette méthode aux méteils est la présence de légumineuses dont les tiges sont épaisses et résistantes et posent donc le problème de perçage du film plastique qui enrobe les balles (et de fait, qui détruit la condition anaérobie recherchée). Pour pallier à ce défaut, il est donc conseillé d'augmenter le nombre de couches de film plastique effectué par rapport à un enrubannage classique, avec un objectif de six épaisseurs (Ujtewaal et al., 2016).

### 2.1.3) Méteil foin

La conservation d'un méteil sous forme de foin n'est évoquée que dans une seule publication, sans que les modalités de réalisation ne soit toutefois décrites (Emile et al., 2016 b).

De ce fait, il semble donc possible d'extrapoler la méthode de réalisation d'un foin de prairie pour un méteil.

Le foin est un mode de conservation d'un fourrage avec un taux de matière sèche très élevé (supérieur à 85%), qui va entraîner la mort des cellules végétales et stopper toute activité des micro-organismes ce qui permet de conserver un fourrage sur de très longues périodes (plusieurs années) sans en altérer la qualité (Huyghe & Delaby, 2013).

La fauche est suivie d'un séchage au sol, pendant plusieurs jours (3 jours ou plus), en conditions de beau temps. La dernière étape est le pressage sous forme de bottes rondes ou rectangulaires.

Les tiges des légumineuses, sont encore une fois une contrainte dans le réalisation de ce type de fourrage car elles sont plus difficiles à sécher (Huyghe & Delaby, 2013).

## 2.2) Méteil pâturage

La deuxième utilisation possible sous forme de fourrage est le pâturage. Le pâturage, est toujours réalisé à un stade précoce (fin d'automne, ou sortie d'hiver, autour du mois de mars). Il est donc nécessaire de semer le méteil plus précocement afin d'obtenir suffisamment de biomasse au moment de le faire pâturer. Ceci permet une seconde exploitation du méteil entre mai et juillet, sous forme d'un fourrage conservé. Dans tous les cas, le pâturage doit s'effectuer au stade feuille de la céréale (Emile et al., 2016 b), afin que les rendements ultérieurs en grains ne soient que peu diminués (Novak et al., 2012). Ce pâturage s'apparentera donc à un déprimage<sup>9</sup>. A contrario, une exploitation plus tardive, au stade montaison, handicape fortement les rendements ultérieurs en grains (Emile et al., 2011).

Un second pâturage des repousses du méteil après l'exploitation en ensilage ou enrubanné en mai-juin est envisageable si les conditions sont favorables (Emile et al., 2016).

Il semblerait que la vesce soit une légumineuse adaptée à une association avec une céréale en vue d'une exploitation au pâturage puisqu'elle permet une production de biomasse importante (+55% en moyenne par rapport à la culture de la céréale pure). Sa présence pénalisera par contre les rendements en grains ultérieurs de la céréale, si l'objectif final est de moissonner l'association en été (- 45%) (Novak et al., 2012).

Une étude est actuellement en cours afin de définir avec plus de précision l'intérêt de chacune des légumineuses utilisables en association dans un objectif de pâturage précoce.

---

<sup>9</sup> Mise au pâturage du bétail dans une prairie de fauche à la sortie de l'hiver, avant le démarrage de la croissance de l'herbe (Dictionnaire Larousse, 2017)

### 3) Valeurs alimentaires des métaux

#### 3.1) Mesure et variabilité de la valeur alimentaire d'un métal

##### 3.1.1) Variabilité de la valeur alimentaire

La valeur alimentaire d'un métal est difficile à estimer du fait de la présence de deux caractéristiques liées aux associations d'espèces.

La première caractéristique est la grande variabilité des proportions lors de la récolte malgré une densité de semis connue et maîtrisée.

La seconde caractéristique est la variabilité des valeurs alimentaires des métaux sous forme de fourrage du fait d'interactions entre les différentes espèces végétales. En effet, il n'est plus à prouver l'effet bénéfique de la présence de légumineuses sur la teneur azotée du mélange. Ceci est dû, d'une part, à la teneur naturellement plus élevée en matières azotées des légumineuses et d'autre part au captage de l'azote atmosphérique par ces dernières, qui relarguent cet azote dans le sol. Les graminées bénéficient donc d'une plus grande quantité d'azote disponible. De plus, les légumineuses étant autonomes en terme d'approvisionnement azoté, la compétition entre graminées et légumineuses pour l'accès à l'azote du sol est limitée. De cette façon, les graminées présentent donc elles aussi une teneur supérieure en matières azotées totales (Mosimann & Suter, 2003; Ofori & Stern, 1987).

D'autres hypothèses d'interactions ont été mise en évidence par différentes études concernant les modifications des valeurs d'ingestibilité et de digestibilité par les bovins lors d'associations prairiales graminées - légumineuses (ray-gras anglais + trèfle blanc par exemple). Il est peut-être possible d'envisager une extrapolation de ces résultats pour les associations céréales - légumineuses. Les résultats obtenus par Niderkon et Baumont (2009) lors d'une synthèse bibliographique ont mis en évidence trois hypothèses. La première implique l'augmentation de l'ingestibilité des fourrages mélanges graminées-légumineuses du fait d'une digestion plus rapide des légumineuses (qui présentent une plus importante proportion de fractions solubles dans le rumen). La seconde hypothèse est celle de la teneur plus élevée en azote, permise par la légumineuse, qui stimule de façon plus importante la flore ruminale. Enfin, la troisième hypothèse est celle de possibles modifications de certains

processus ruminiaux (notamment la protéolyse et la production de méthane) du fait de la possible présence de tannins et de saponines<sup>10</sup> présentes chez les légumineuses (du moins certaines variétés, le pois fourrager étant connu pour la présence de tannins dans ses fleurs colorées). Il semblerait que la présence de tanins soit favorable dans les fourrages riches en matières azotées car ceux-ci permettraient de limiter la protéolyse ruminale, et donc l'augmentation de la quantité de protéines non-dégradées arrivant dans l'intestin grêle (by-pass ruminal et donc augmentation de la valeur PDIA de l'aliment).

### 3.1.2) Mesure de la valeur alimentaire

La méthode actuelle pour estimer la valeur alimentaire d'un méteil est la suivante (Coutard et Fortin, 2014) :

1) Réalisation d'un comptage manuel de la quantité de chacune des espèces présentes dans le fourrage (nombre de pied par espèce végétale). Ce comptage est réalisé sur des échantillons récupérés au moment de la récolte (2-3 poignées de fourrage à chaque remorque, jusqu'à obtenir 1 kg de produit) ;

2) Analyse de la composition chimique et calcul de la valeur alimentaire individuelle de chacune des espèces triées ;

3) Calcul de la valeur alimentaire du méteil par hypothèse d'additivité des valeurs individuelles en fonction de la proportion de chaque espèce, constatée lors de l'échantillonnage.

Cette méthode étant fastidieuse, il ressort d'un sondage réalisé par Maxin (2015) que l'ensemble des acteurs de la filière estime que l'analyse du mélange et l'instauration d'une méthode mathématique de calcul des valeurs énergétique et protéique à base d'équations prédictives applicables au mélange, qui permettrait donc de s'affranchir de l'actuelle méthode de tri manuel, est une priorité.

---

<sup>10</sup> Tannins et saponines : métabolites secondaires présents dans différentes structures de nombreux végétaux (arbres et arbustes, légumineuses, ...) qui ont la capacité d'interagir avec d'autres composés tels que les protéines ou avec le microbisme ruminal (protozoaires, ...)

De fait, l'estimation de la valeur alimentaire d'une association céréales -protéagineux, qui se base aujourd'hui sur celle d'une additivité des valeurs alimentaires individuelles de chacune des espèces constitutives n'a, à ce jour, pas été vérifiée ni validée et l'existence d'interactions inter-spécifiques rendrait alors celle-ci inadaptée et erronée (Coutard & Fortin, 2014).

### 3.2) Résultats de valeurs alimentaires de méteils fourrages

#### 3.2.1) Valeur énergétique

Malgré la difficulté à estimer la valeur alimentaire d'un méteil, plusieurs études ont réalisé des analyses de fourrages et il en ressort plusieurs idées directrices.

En terme de valeur énergétique, les méteils se positionnent dans des valeurs considérées comme moyennes, soit autour de 0,80 UFL/kg de matière sèche.

Ils sont moins énergétiques que des ensilages de maïs ou de sorgho (Novak et al., 2011) mais sont proches des valeurs de bons foin (par exemple, un foin de Ray-Grass d'Italie ou de Ray-Grass Anglais, première coupe, au stade début épiaison) (Emile et al., 2016 b ; INRA, 2018).

D'après une étude portant sur la valeur nutritive d'associations céréales-protéagineux, il ressort que la valeur UFL d'un ensilage de méteil récolté tardivement, type «triticale - avoine - pois fourrager - vesce» (variétés hivernales, semis d'automne, récolte en juin) se trouve autour de 0,80 - 0,85 UFL par kilogramme de matière sèche (Coutard & Fortin, 2014).

Pour autre exemple, une étude terrain réalisée par Coutard et Fortin (2014) à la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (département 49), conduite en agriculture biologique, a testé plusieurs modalités d'associations céréales-protéagineux entre 2006 et 2014. Celle-ci a consisté à comparer les résultats agronomiques et valeurs alimentaires d'associations, récoltées immatures, composées de triticale avec du pois fourrager et/ou de la vesce (et éventuellement de l'avoine) à ceux d'un triticale cultivé pur. A l'issue de la récolte, des analyses de fourrages et des essais zootechniques ont été réalisés. Les essais zootechniques consistaient à comparer deux rations types distribuées à des vaches allaitantes, accompagnées de leurs

veaux (ensilage de maïs *versus* ensilage de MCPI<sup>11</sup> ; du foin de prairie naturelle à volonté ; environ 1kg d'un mélange méteil grain<sup>12</sup> (triticale-pois) et féverole aplatis) ou à l'engraissement (ensilage de MCPI + foin de luzerne *versus* foin de luzerne seul ; pour les deux types de rations six kilogrammes de méteil grain (triticale-pois et féverole) étaient distribués aplatis). Quelles que soient la composition des mélanges, les ensilages de MCPI étaient toujours récoltés au stade laiteux-pâteux de la céréale (environ fin juin).

Concernant les résultats d'analyse des valeurs alimentaires (*tableau 5*), il est ressorti de cette étude que la valeur énergétique des ensilages des MCPI est plutôt modeste (de 0,80 à 0,86 UFL/kg de MS) avec des résultats proches entre le triticale pur et le MCPI (0,80 UFL/kgMS pour le triticale contre 0,86UFL/kgMS pour le MCPI quatre espèces).

*Tableau 5 : Valeurs alimentaires des modalités testées dans le cadre de l'essai au Thorigné d'Anjou (49)*

Culture (1)	Semis (2)				Nb (3)	UFL /kg MS	MAT g/kg MS	PDIN g/kg MS	PDIE g/kg MS
	T	A	Pf	V					
T	320				5	0,80 ± 0,04 b	55 ± 13 b	34 ± 9 b	69 ± 3 b
TPf	300		20		5	0,86 ± 0,03 a	90 ± 13 a	57 ± 8 a	78 ± 3 a
TV	300			20	5	0,81 ± 0,01 b	84 ± 9 a	53 ± 6 a	75 ± 1 a
T	320				3	0,80 ± 0,04 b	60 ± 15 b	38 ± 10 b	70 ± 3 b
TAPf	270	30	20		3	0,81 ± 0,03 ab	83 ± 4 a	52 ± 2 a	74 ± 1 ab
TPf	290		30		3	0,86 ± 0,03 a	91 ± 5 a	57 ± 3 a	77 ± 1 a
TPfV	290		15	15	3	0,84 ± 0,05 ab	104 ± 12 a	66 ± 7 a	79 ± 4 a
TAPfV	260	30	15	15	3	0,82 ± 0,04 ab	103 ± 8 a	65 ± 5 a	78 ± 3 a
TAPf	260	30	30		3	0,85 ± 0,05 a	95 ± 16 a	60 ± 10 a	77 ± 5 a
TPfV	280		20	20	3	0,80 ± 0,07 a	95 ± 20 a	59 ± 13 a	75 ± 4 a
TAPfV	250	30	20	20	3	0,82 ± 0,02 a	103 ± 18 a	65 ± 11 a	78 ± 4 a

(1) T = triticale, Pf = pois fourrager, V = vesce commune, A = avoine

(2) Densité de semis en grains par m<sup>2</sup> (3) Nombre d'années d'essais

<sup>11</sup> Mélange Céréales Protéagineux Immatures = méteil fourrage

<sup>12</sup> Méteil grains : autre forme d'exploitation d'un méteil, qui consiste à attendre la maturité des grains et à moissonner l'association pour faire consommer les grains aux animaux.

Concernant les résultats des essais zootechniques sur les vaches accompagnées de leurs veaux, aucune différence entre le régime à base d'ensilage de maïs et celui à base d'ensilage de MCPI n'a été constatée (niveaux d'ingestion par les vaches très proches, peu d'écart de poids et d'état corporel entre les deux lots, performances de reproduction semblables et croissance des veaux similaires). Il en est de même pour les résultats d'engraissement, avec tout de même des valeurs un peu meilleures pour le lot conduit avec l'ensilage de MCPI par rapport à celui conduit en foin de luzerne.

Si les résultats de l'étude précédente sont plutôt optimistes envers les méteils, une publication d'Arrigo (2014) juge la valeur des ensilages de méteil plutôt médiocre et la compare à celle d'un ensilage d'herbe récolté tardivement issu d'une prairie riche en graminées, soit autour de 0,70-0,75 UFL/kgMS.

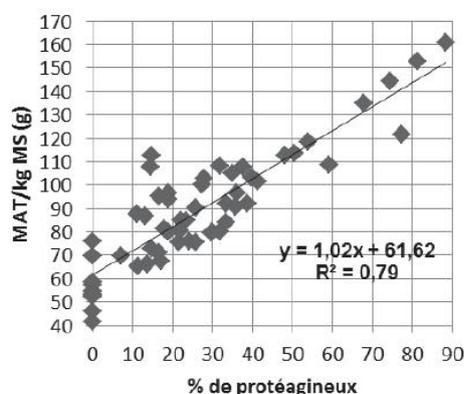
### 3.2.2) Valeur protéique

La présence de la légumineuse permet d'obtenir, comme attendu, des teneurs en matières azotées totales, en PDIN et en PDIE supérieures à un ensilage de maïs ou de céréales immatures (*tableau 6*). Pour exemple, dans l'étude réalisée à Thorigné-d'Anjou (Coutard et Fortin, 2014), dans des conditions similaires de cultures (même année, même parcelle), le méteil a permis d'obtenir un produit à 10,3% de protéines brutes contre 6% pour la culture pure de triticales. De la même façon, d'après Emile (2016 b) une amélioration nette de la valeur azotée du fourrage est permise grâce à la présence de la légumineuse par rapport à la valeur de la culture pure témoin (42% de plus pour le méteil par rapport à la culture pure).

Il ressort même que la teneur en protéines brutes de l'ensilage augmente d'autant plus que la proportion de protéagineux est importante (*tableau 5 ; figure 1*). Toutefois, d'importantes variations de la teneur en matières azotées totales sont constatées entre différents ensilages malgré une même proportion de protéagineux dans le mélange (*figure 1*). Les auteurs ont attribué ces différences aux conditions variables de nutrition azotée de la céréale (conditions météorologiques, efficacité de la légumineuse à mettre à disposition de l'azote, ...) (Coutard et Fortin, 2014).

Figure 1 : Variations de la teneur en matières azotées totales du fourrage en fonction de la proportion de protéagineux récoltés

(Coutard & Fortin, 2014)



D'un point de vue général, l'ensilage de MCPPI présente des teneurs en MAT, PDIE et PDIN supérieures à celles d'un ensilage de céréale pure, tout en restant plutôt modestes (autour de 65g de PDIN et 78 g de PDIE) (tableau 5).

### 3.2.3) Comparaison ensilage de méteil / ensilage de céréale pure

Une étude menée par Emile et al. (2008) avait pour objectif de comparer les valeurs alimentaires et les performances laitières permises par, soit un ensilage de céréale immature pure (triticale), soit des ensilages d'associations céréales-protéagineux immatures (triticale + pois fourrager ou bien triticale + avoine + pois fourrager + vesce).

Chacun de ces ensilages était distribué à trois groupes de huit vaches laitières à un stade de lactation de 67 jours en moyenne, sur une période de trois semaines. Des analyses de fourrages (taux de matière sèche, teneur en protéines brutes, NDF, ADF, digestibilité de la matière sèche *in vitro*), mais aussi les performances zootechniques (ingestibilité de l'ensilage, production laitière journalière, teneurs en matières grasses et protéiques du lait) ont été mesurées.

En plus de l'amélioration de la teneur en protéines brutes du fourrage, il a été mis en évidence de meilleures digestibilité de la matière sèche *in vitro* (+10%) et ingestibilité de la matière sèche (+17%) ainsi qu'une augmentation de la production laitière mesurée pour l'ensilage de méteil (+1,4 kg lait / j) par rapport à un ensilage de céréales immatures pures. *A contrario*, la teneur en NDF était moins élevée (-12%) et les teneurs en matières grasses et protéiques du lait plus faibles elles aussi (- 2 et - 0,7 points respectivement).

Dans cette même étude, lors d'une comparaison des trois ensilages (triticale pur VS triticale + pois fourrager VS triticale + pois fourrager + avoine + vesce), il s'est avéré que c'est l'association combinant quatre espèces végétales qui a donné les meilleurs résultats en terme d'ingestibilité et de productivité laitière.

Toujours dans le cadre d'une comparaison de résultats entre ensilage de MCPI et ensilage de céréale pure et pour corroborer les précédents résultats, la comparaison par Emile et al. (2016) des valeurs azotée et énergétique de différentes études permet de mettre en évidence cette amélioration. En effet, il en ressort une augmentation moyenne de la teneur en matières azotées totales et une légère augmentation de la valeur énergétique par rapport à la valeur de la culture pure de céréale (*tableau 6*).

*Tableau 6 : Productivité, valeurs protéique et énergétique de l'association par rapport à la céréale correspondante cultivée en pur (céréale en base 100)*

*(Emile et al., 2016)*

Association	Productivité (t MS/ha) (% de la céréale)	Valeur azotée (g MAT/kg MS) (% de la céréale)	Valeur énergétique UFL, DMS (% de la céréale)
Triticale - avoine - pois - vesce Coutard et Fortin (2014)	11,2 (101%)	93 (161%)	0,83 UFL (104%)
Triticale - avoine - pois - vesce Novak et al. (2011)	8,7 (116%)	109 (147%)	
Triticale - pois UNIP (2008)	8,2 (108%)	97 (151%)	
Avoine - vesce Ouknider et Jacquard (1986)	10,7 (97%)	84 (137%)	0,47 UFL (124%)
Triticale - pois et blé - pois Jacobs et Ward (2012)	13,7 (94%)	109 (114%)	62,9% DMS (100%)
Triticale - blé - avoine - pois - vesce Forel (2007)	11,9 (96%)	97 (145%)	

*DMS : digestibilité de la matière sèche*

#### 3.2.4) Incidence du stade de récolte sur la valeur alimentaire et le rendement

Quatre essais agronomiques (Coutard et al., 2016) réalisés sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (49) ont permis d'étudier l'incidence du stade de récolte, d'un ensilage d'association céréales-protéagineux sur sa valeur nutritive. Pour obtenir ces résultats, deux modalités de MCPI ont été testées. Les MCPI étaient respectivement composées de triticale, de pois fourrager et de vesce commune ou de triticale, de pois fourrager, de vesce commune et de féverole (mélange aussi nommé «riche en protéines»). Chacune de ces deux associations a été cultivée sur trois bandes de culture et récoltée à trois stades différentes : précoce (début mai soit début floraison des légumineuses, stade gonflement au tout début

épiaison des graminées), intermédiaire (fin mai) et enfin tardive (juin, à un stade laiteux-pâteux de la céréale))

Pour le mélange triticale + pois fourrager + vesce commune, il ressort de cette étude qu'une récolte précoce (début mai) entraîne une augmentation de la valeur énergétique et de la teneur en matières azotées (tableau 7).

*Tableau 7 : Incidence du stade de récolte (début mai / mi-mai / mi-juin) sur la composition du méteil et sa valeur alimentaire (Coutard et al., 2016)*

Stade (date)		P (5/5)	I (22/5)	T (16/6)		
Rendement	t MS	4,94	7,10	11,14		
Composition du fourrage récolté	Tr %	82,3	79,1	76,4		
	Pf %	7,7	10,2	8,5		
	Vc %	10,0	10,8	15,2		
MS	%	18,3	23,5	38,2		
dMb	%	73,0	66,6	67,6		
MAT	g/kg MS	104	93	84		
UFL	/ kg MS	0,91	0,81	0,84		
PDIN	PDIE	g/kg MS	66	81	60	76
			54	76		

P : précoce, I : intermédiaire, T : tardif

Tr : triticale, Pf : pois fourrager, Vc : vesce commune

*Les périodes de récolte correspondent aux stades physiologique suivant :*

- début mai → début floraison des légumineuses, stade gonflement au tout début épiaison des graminées
- mi-juin : stade laiteux-pâteux des grains de céréales

Ainsi, d'une manière générale les ensilages de méteils récoltés précocement avec quatre espèces (triticale, pois fourrager, vesce, féverole) ont de meilleures valeurs alimentaires (Emile et al., 2016 b), et une meilleure ingestibilité que les méteils à récolte tardive (+15%) (Emile al., 2016 a).

### 3.2.5) Incidence de la proportion de protéagineux sur la teneur en matières azotées du fourrage

Toujours d'après les essais terrains réalisés par Coutard et al. (2016) il semblerait que plus le mélange est riche en protéagineux, plus le fourrage obtenu est riche en matières azotées totales (*tableau 8*).

*Tableau 8 : Comparaison des valeurs alimentaires des deux ensilages de MCPI récoltés précocement (début mai) plus ou moins riches en protéagineux*

*(Coutard et al., 2016)*

Campagne		2014		2015	
Date de récolte		06-mai		04-mai	
association		C	RP	C	RP
Rendement	t MS/ha	3,86	4,33	6,02	5,09
Composition du fourrage récolté %	Tr %	81,8	36,4	82,8	50,9
	Pf %	7,1	16,1	8,2	16,0
	Vc %	11,0	7,5	9,0	7,4
	Fé %	-	39,9	-	25,7
MS	%	20,0	17,8	16,5	13,8
dMo	%	74,3	75,0	71,7	72,0
MAT	g/kg MS	88	145	119	183
UFL	/kg MS	0,94	0,98	0,87	0,89
PDIN	g/kg MS	56	83	92	92
PDIE	g/kg MS	76	78	117	92

C : classique, RP : riche en protéagineux

Tr : triticales, Pf : pois fourrager, Vc : vesce commune, Fé : Féverole

### 3.2.6) Bilan et comparaison ensilages de méteil / ensilages d'herbe

Le *tableau 9* fait la synthèse de quelques autres résultats de valeurs alimentaires d'ensilages d'association céréales-protéagineux immatures récoltés tardivement (en juin) obtenus dans différentes études. Il permet de confirmer l'importante variabilité de valeur alimentaire des méteils, tant sur le plan énergétique que protéique mais aussi sur la teneur en matière sèche du fourrage.

*Tableau 9 : Comparaison des valeurs obtenues au cours de plusieurs études sur la valeur alimentaire d'ensilages d'associations céréales-protéagineux immatures récoltés tardivement*

		Association triticale + pois fourrager + vesce commune ( <i>Coutard et al., 2016</i> )	Association triticale + avoine + pois fourrager ( <i>ARPEB SO, 2015</i> )	Association triticale + pois fourrager ( <i>Emile et al., 2008</i> )	Association triticale + avoine + pois + vesce ( <i>Emile et al., 2008</i> )	Association triticale + pois fourrager ( <i>Coutard et Fortin, 2014</i> )	Association triticale + avoine + pois fourrager + vesce ( <i>Coutard et Fortin, 2014</i> )
UFL	/kgMS	0,84	0,69	/	/	0,86	0,82
MAT	g/kgMS	84	133	103	94	91	103
NDF	g/100gMS	/	42,2	56,8	56,6	/	/
dMO	%	67,6	/	51,6	51,8	/	/
MS	%	38,2	23,9	28,2	26,5	/	/

Il semblerait donc que les valeurs énergétiques des méteils soient variables, du fait notamment de la complexité de la culture (multi-espèces) et de la sensibilité relative des légumineuses aux conditions environnementales (météorologiques, présence de maladies, ...). Il n'est donc pas possible d'extrapoler les valeurs alimentaires d'un ensilage de MCPI d'une année à une autre, même si la composition du mélange reste inchangée. Ceci implique qu'une estimation de la valeur énergétique est une étape primordiale, même si fastidieuse, afin d'adapter au mieux l'utilisation de ce fourrage aux besoins des animaux.

Le *tableau 10* présente une comparaison des valeurs alimentaires d'ensilages de méteils (obtenues lors d'essais terrains) à celles d'ensilages d'herbe (valeurs des tables d'alimentation de l'INRA). Concernant les valeurs d'enrubannés ou de foin, il n'est pas possible de réaliser une comparaison du fait de l'absence d'études terrain sur la réalisation de tels fourrages de méteil.

La comparaison des résultats entre les méteils et les ensilages d'herbe permet de mettre en évidence une valeur alimentaire supérieure (énergie, protéines, fibrosité, digestibilité de la matière organique) des ensilages d'herbe par rapport aux ensilages de méteil récoltés tardivement.

Les méteils récoltés précocement présentent quant à eux les résultats de valeur alimentaire les plus similaires à ceux d'un ensilage d'herbe.

Il existe toutefois un large panel de conditions de récolte des ensilages, d'herbe ou de méteil, (première ou deuxième coupe, coupe fine ou grossière, utilisation d'additifs ou non, conditions météorologiques lors de la récolte, etc, ...) qui peuvent influencer la valeur alimentaire des ensilages. Les résultats ne permettent donc de n'avoir qu'une idée générale.

*Tableau 10 : Comparaison de la valeur alimentaire d'ensilages d'associations  
céréales-protéagineux immatures récoltés tardivement (résultats terrains) par rapport  
aux valeurs d'ensilage d'herbe (tables INRA)*

		UFL	MAT	NDF	dMO	MS
Stade de récolte	Ensilages	/kgMS	g/kgMS	g/100gMS	%	%
Tardif (mi-juin), stade laiteux- pâteux	Triticale + pois fourrager + vesce commune <i>(Coutard et al., 2016)</i>	0,84	84	/	67,6	38,2
	Triticale + avoine + pois + vesce <i>(Emile et al., 2008)</i>	/	94	56,6	51,8	26,5
	Triticale + avoine + pois fourrager + vesce <i>(Coutard et Fortin, 2014)</i>	0,82	103	/	/	/
Précoce (début mai)	Triticale + pois fourrager + vesce <i>(Emile et al., 2016)</i>	0,94	104	/	73	18,3
2e coupe, directe, fine, sans additif	Prairie permanente de Normandie	0,91	150	526	72	19,1
	Prairie permanente d'Auvergne	1	196	505	74	20
	Trèfle violet	0,91	186	433	70	19,9
	Luzerne	0,88	204	455	68	20,8

### 3.2.7) Cas des méteils avec du maïs ou du sorgho

Moins fréquemment cultivées, les associations maïs ou sorgho avec une légumineuse (soja le plus fréquemment) ont des valeurs très proches de l'ensilage de la même graminée, cultivée en pur, du fait de la très faible importance de la légumineuse dans l'association au moment de la récolte (Emile et al., 2016 b).

## 4) Quels méteils pour quels animaux ?

### 4.1) Pour les vaches laitières en production

La valeur alimentaire d'un méteil fourrage est variable en fonction des proportions de chaque espèce constitutive, des conditions de culture, et du stade de récolte.

Un méteil récolté précocement aura une valeur alimentaire plutôt bonne et pourra donc être incorporé dans une ration de vaches laitières en lactation.

Un méteil récolté tardivement (récolté mi-juin) aura une moins bonne valeur alimentaire et sera plus fibreux, il pourra donc être incorporé lui aussi dans une ration pour vaches laitières en production mais dans un objectif d'apport de fibres et donc en proportion plus limitée.

#### 4.1.1) En substitution partielle d'un autre fourrage dans la ration

Une étude réalisée sur la ferme expérimentale des Trinottières (Brunschwig & Lamy, 2008), dans le Maine et Loire, a cherché à évaluer les résultats zootechniques permis par l'incorporation d'ensilages de mélanges immatures de céréales et protéagineux (puis d'ensilage de sorgho pur) en substitution partielle d'un ensilage de maïs dans l'alimentation de vaches laitières.

Le méteil testé a été semé le 03 novembre et était composé de triticale, avoine, pois et vesce (aux densités suivantes : 250-30-20-20 grains / m<sup>2</sup>). Le méteil a été récolté le 06 juin à un taux de matière sèche de 33% et à un rendement modeste de 7 tonnes / ha (du fait d'un mois d'avril sec). Les analyses fourragères du mélange ont données les résultats suivants (par kgMS) : 0,86 UFL, 66g PDIN , 66g PDIE, 28,2% de cellulose brute et 10,1% de matières azotées totales.

L'essai zootechnique a été réalisé sur une période de 9-10 semaines sur deux lots de 17 vaches de race Prim'Holstein en début de lactation (entre 5 et 14 semaines post-partum), après une période de transition alimentaire de trois semaines. La ration, distribuée à volonté une fois par jour, était composée soit d'ensilage de maïs («ration maïs») en majorité soit d'un mélange ensilage de maïs - ensilage de méteil («ration méteil») (tableau 11). La proportion de concentrés était identique pour les deux rations.

*Tableau 11 : Comparaison des compositions et valeurs nutritives des rations à base d'ensilage de maïs ou de méteil (Brunschwig et Lamy, 2008)*

		Ration «maïs»	Ration «méteil»
Composition de la ration (% MS)	Ensilage de maïs	73	38
	Ensilage de méteil	0	38,1
	Paille de blé	2,4	0
	Maïs grain	0	2,4
	Tourteau de colza	19,9	15,9
	Tourteau de colza tanné	3,5	5,1
	AMV +/- urée	1,2	0,5
Valeur nutritive	UFL (/kgMS)	0,92	0,91
	PDIN (g/kgMS)	93	94
	PDIE (g/kg MS)	89	90
	% de concentré	23	23
	% de MS de la ration	46	43

Les résultats zootechniques mesurés étaient les quantités individuelles de ration ingérées et la production laitière quotidiennement, les taux butyreux et protéiques bi-hebdomadairement et enfin le poids vif et la note d'état corporel en début, milieu et fin de l'essai.

*Tableau 12 : Résultats zootechniques de l'essai comparatif ration «maïs» et ration «méteil» (Brunschwig et Lamy, 2008)*

Lot	Ration	
	«Maïs»	«Méteil»
Ingestion totale (kgMS/j)	20,8 <sup>a</sup>	19,3 <sup>b</sup>
Lait brut (kg / j)	32,9 <sup>a</sup>	29,4 <sup>b</sup>
Lait 4%MG (kg / j)	31,8 <sup>a</sup>	29,9 <sup>b</sup>
MG (g / j)	1241 <sup>a</sup>	1209 <sup>a</sup>
MP (g / j)	1003 <sup>a</sup>	890 <sup>b</sup>
TB (g / j)	37,7 <sup>a</sup>	41,1 <sup>b</sup>
TP (g / j)	30,5 <sup>a</sup>	30,3 <sup>a</sup>
Urée (mg / l)	269 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>
Variation de poids (g / j)	- 117	- 75
Variation d'état (point)	- 0,35	- 0,41

*Des moyennes indicées par des lettres différentes sont significativement différentes au seuil  $\alpha = 0,10$ .*

La différence d'ingestion (*tableau 12*) entre les deux rations est justifiée par les auteurs par la plus forme grossière de l'ensilage de méteil (particules de 4-6 cm) ainsi que par l'avancement plus lent du silo de méteil, ce qui diminue donc l'appétence de la ration.

Ceci peut donc expliquer, par un apport énergétique inférieur, la plus faible production laitière et la diminution de la quantité de matières protéiques (*tableau 12*). *A contrario*, le taux butyreux serait plus élevé par un phénomène de concentration.

Les deux rations permettent un maintien du poids et des notes d'état corporel similaire. Les taux d'urée du lait et l'efficacité laitière<sup>13</sup> sont quasiment identiques (*tableau 12*).

Une seconde étude, réalisée par Messman et al (1992), dans l'Ohio, a permis de comparer deux rations atypiques, l'une à base d'ensilage de triticale - pois (78% de la part des fourrages) et ensilage de maïs (22%), et une autre à base d'ensilage de millet perlé (79%) associé à de l'ensilage de luzerne (21%), à une ration témoin à base d'ensilage de maïs (50%) et d'ensilage de luzerne (50%). L'objectif de l'étude était de vérifier la possibilité de remplacer partiellement les ensilages de maïs et de luzerne dans des rations pour vaches laitières.

La culture de triticale + pois a été semée en avril et récoltée le 19 juin aux stades floraison du pois et épiaison du triticale. Le fourrage a été préfané 24 heures au sol avant d'être ensilé. L'ensilage était composé à 67% de pois et 33% de triticale (proportions mesurées à la récolte, en pourcentage de la matière sèche).

---

<sup>13</sup> Efficacité laitière = quantité de lait produite / kilogramme de matière sèche ingérée (kg lait produit / kg MS ingérée)

*Tableau 13 : Valeurs alimentaires et profils de fermentations ruminales des ensilages de méteil et de millet perlé (extrait de Messman et al, 1992)*

	Triticale + pois	Millet perlé
Composition	en % MS	
MS	29,9	23,4
MAT	19	12
NDF	49,9	66,6
ADF	38,1	42,5
Cendres brutes	9,5	7,5
Acides gras	2,5	0,7
Acide acétique	4	3,3
Acide propionique	0,7	Trace
Acide butyrique	Trace	Trace
Acide lactique	2,8	4,2
Ammoniaque	8,9	13,2
pH	5,3	4,2

Les analyses de fourrage (*tableau 13*) ont permis de mettre en évidence une teneur en matière sèche de 29,9%, des teneurs plutôt élevées en protéines totales, NDF, ADF et des caractéristiques en acides gras volatils très proches d'un ensilage de luzerne (à l'exception de la teneur en acétate nettement supérieure pour le triticale + pois). L'ensilage de millet perlé est quant à lui plutôt proche d'un ensilage de maïs.

Les deux ensilages ont dû être respectivement comparés à des valeurs standards d'ensilages de luzerne et de maïs (pas de valeurs chiffrées présentées dans l'étude pour ces deux ensilages).

Le protocole expérimental, d'une durée de 64 jours, a été conduit sur 6 x 3 vaches laitières de race Prim'Holstein en milieu de lactation. La ration, après une transition alimentaire, était distribuée à volonté.

Les vaches ont été pesées à J0, J30 et J64 afin de réaliser un suivi de l'état corporel.

Des analyses hebdomadaires de matières grasses et protéiques du lait ont été mises en place. Des prélèvements de ration et de fèces (animaux en cage à métabolisme) ont été analysés avec évaluation de la matière sèche, de l'amidon, des protéines totales, des teneurs en NDF, ADF et ADL. Des analyses d'urine ont permis de doser l'azote excrété, et des prélèvements de jus de rumen par sondage oro-oesophagien ont servi à déterminer le pH ruminal.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence que la quantité de matière sèche ingérée (kg MSI/j), la production laitière (kg lait produit /j), la quantité de matière protéique du lait ne sont pas différentes lors de la comparaison des rations ensilage de méteil + ensilage de maïs et ensilage de maïs + ensilage de luzerne (la ration témoin).

La quantité de matière grasse et le taux butyreux ont été supérieurs pour la ration ensilage de méteil + ensilage de maïs (1,15kg/j et 45,9 g/l) que pour la ration témoin (0,82kg/j et 33,5 g/l). Une valeur supérieure est donc logiquement observée dans le calcul de la quantité de lait corrigé à 4%<sup>14</sup> produite (27,3 kg/j pour le méteil *versus* 22,1kg/j pour la ration témoin).

L'utilisation de l'énergie ingérée semble différente entre les rations ensilages de méteil + maïs et ensilages de maïs + luzerne. En effet la ration à base de méteil semble favoriser la production laitière au détriment de la reprise d'état corporel, contrairement à la ration témoin pour laquelle des résultats inverses sont observés (+ 400 g/j de poids vif pour le méteil contre +780 g/j pour la ration témoin).

La ration méteil présente une meilleure digestibilité de la matière sèche et des fibres (notamment NDF). Aucune différence n'a été constatée pour la digestibilité des

---

<sup>14</sup> Equation permettant d'obtenir la quantité théorique produite d'un lait composé de 4% de matières grasses, en fonction de la quantité réellement produite par vache d'un lait ayant une teneur en matière grasse variable et propre à chaque vache. (exemple : une vache produisant 20L de lait à 5,5% de matières grasses, produit 24,5 L de lait corrigé à 4% de matières grasses)

protéines par rapport à la ration témoin. Concernant les proportions ruminales d'acides gras volatils, celle de propionate est supérieure pour la ration témoin, alors que le butyrate est en proportion plus élevée pour la ration méteil. Aucune différence n'est constatée pour l'acétate.

En conclusion, il s'avère dans l'étude de Messman et al. (1992) que la substitution partielle d'un ensilage de maïs et la substitution d'un ensilage de légumineuse ne modifie pas la production laitière et améliore la teneur en matière grasse du lait produit. Toutefois, elle n'est pas optimale dans le cadre de la reprise d'état corporel après le pic de lactation.

Le maintien des résultats économiques et zootechniques après une substitution partielle d'ensilage de maïs et de concentrés protéiques est confirmé par d'autres essais (Beaumont et al., 2015 ; Chapuis et al., 2014).

Toutefois, afin de ne pas trop pénaliser les résultats zootechniques, Brunshwig (2008) préconise d'utiliser les méteils en n'excédant pas un tiers des fourrages de la ration pour vaches laitières car une proportion plus importante pénalise l'ingestion.

#### 4.1.2) En substitution totale d'un fourrage dans une ration classique

Il est alors possible de s'interroger sur la possibilité de distribuer un ensilage de méteil en fourrage exclusif à des vaches laitières en lactation.

Une étude réalisée par Adesogan et al (2004) au Royaume-Unis en 1999 a visé à comparer la distribution de trois rations, une à base d'ensilage d'herbe et deux à base d'ensilages de méteils (pois-blé) présentant chacun une variété de pois différente (à tige courte pour l'un et à tige haute pour l'autre). L'étude était constituée de deux expérimentations. La première visait à étudier le potentiel de production laitière permis par une ration avec ensilage de méteil et l'économie de concentrés permise par ce fourrage. La seconde expérimentation s'est penchée sur les effets sur la fonction ruminale, des rendements microbiens ruminiaux (production d'acides gras volatils : acétate, propionate, butyrate et lactate) et de la digestibilité en fonction de la nature du fourrage. Les mêmes fourrages ont été utilisés pour les deux

expérimentations, et les analyses de valeur alimentaire ont donné les résultats suivants (tableau 14).

*Tableau 14 : Valeurs alimentaires des différents ensilages de méteils et d'herbes comparés dans l'étude britannique (Adesogan et al., 2004)*

En % de la MS	Ensilage de méteil		Ensilage d'herbe
	Blé - pois variété haute	Blé - pois variété courte	
pH	4,36	4,06	3,75
Matière sèche	32,2	28,9	24,4
Cendres brutes	7,99	6,81	8,13
Protéines brutes	17,7	16,6	18,6
Azote soluble	0,48	0,41	0,38
Sucres solubles	0,99	1,06	1,94
Amidon	16,2	20	0,73
ADF	33,9	30,2	31,1
NDF	52	52	53,4
Acide lactique	4,88	6,76	11,2
Acide acétique	2,05	1,71	1,46
Acide propionique	0,094	0,051	0,034
Acide butyrique	0,23	0,022	0,031

Le pH et la teneur en matière sèche de l'ensilage de ray-grass sont inférieurs à ceux des ensilages de méteils. Les teneurs en acide acétique et en acide propionique des ensilages de méteils sont supérieures à celle de l'ensilage d'herbe, alors que la teneur en sucres solubles et en acide lactique est supérieure pour l'ensilage d'herbe (lui conférant un pouvoir acidogène supérieur). Les teneurs en protéines brutes et azote soluble sont similaires pour les deux types d'ensilages. Une particularité de l'ensilage de pois tige courte - blé est la présence de tannins apportés par cette variété de légumineuse.

L'expérimentation n°1 a été réalisée sur 4 lots de 10 vaches laitières de race Prim'Holstein, à 10-12 semaines de lactation, sur une période de 7 semaines. Chaque lot de vaches recevait une des rations suivantes (le concentré de production est le même pour les quatre rations) :

- ensilage de ray-grass (1<sup>e</sup> coupe, ray-grass anglais (*Lotium perenne*), sans conservateur) à volonté, plus 4 kg brut/vache/jour d'un concentré de production ;
- ensilage de ray-grass (1<sup>e</sup> coupe, ray-grass anglais (*Lotium perenne*), sans conservateur) à volonté, plus 8 kg brut/vache/jour du concentré ;
- ensilage de méteil blé + pois à tige courte (variété Setchey, semé en mai, récolté 14 semaines plus tard, à 31,3% de matière sèche au stade laiteux-pâteux du blé et au stade gousse rugueuse du pois, ensilé sans ressuyage et sans conservateur), avec 4 kg brut/vache/jour de concentré ;
- ensilage de méteil blé + pois à tige longue (variété Magnus, même condition de semis et de récolte que pour la variété Setchey), avec 4 kg brut /vache/jour de concentré.

Les paramètres évalués étaient l'ingestion quotidienne de la ration (matière sèche, amidon, protéines totales, NDF), la production laitière (quantité mesurée et en lait corrigé à 4% de matières grasses), ainsi que la composition du lait (taux butyreux, taux protéique et teneur en lactose, quantités quotidiennes de matières grasses, protéiques et de lactose).

*Tableau 15 : Résultats zootechniques permis par les différentes rations étudiées  
(Adesogan et al., 2004)*

		Ration			
		GS8	GS4	MW4	SW4
Fourrage ingéré	kgMS/j	10,7	11,8	14,0	15,8
MS totale ingérée	kgMS/j	17,5	15,4	17,2	19,3
Amidon ingéré	kg/j	2,39	1,47	3,38	4,33
Protéines totales ingérées	kg/j	3,58	3,01	3,23	3,43
NDF ingérées	kg/j	7,40	7,20	8,01	9,10
Rendement laitier	kg/j	24,5	20,1	20,8	24
Lait corrigé 4%	kg/j	24,1	20,4	22,3	26,5
Composition du lait					
Taux butyreux	g/kg	40,2	41,5	42,3	43,5
Taux protéiques	g/kg	32,4	31,1	31,5	31,7
Lactose	g/kg	47,1	46,1	46,7	46,9
Rendements en matières utiles					
Matières grasses	g/j	985	829	873	1037
Matières protéiques	g/j	792	620	651	758
Lactose	g/j	1151	933	977	1133

*GS4 : ration ensilage de ray-gras + 4 kg de concentrés ; GS8 : ration ensilage de ray-gras + 8 kg de concentrés ; MW4 : ration ensilage de méteil (pois variété haute) + 4 kg de concentrés ; SW4 : ration ensilage de méteil (pois variété courte) + 4 kg de concentrés*

Il s'avère que les rations les plus productives (meilleure quantité de lait quotidienne) sont la ration à base de ray-grass + 8 kg/VL/j de concentré («GS8») et celle à base de pois à tige courte + blé plus 4 kg/VL/j de concentré («SW4»). Ces deux rations sont aussi celles qui permettent d'obtenir les meilleurs rendements en matières utiles (grammes par jour de matière grasse, matière protéique, et de lactose) et d'apporter le plus de protéines totales aux animaux (*tableau 15*).

Les rations à base d'ensilage de méteils sont les plus riches en amidon et NDF.

Enfin, c'est la ration «pois tige courte - blé + 4 kg/VL/j de concentrés» («SW4») qui a donné les meilleurs résultats en terme de quantité de matière sèche ingérée quotidiennement et par la même occasion d'apports énergétique et protéiques quotidiens (*tableau 15*).

L'expérimentation n°2 a été conduite avec 3 lots de 3 vaches, de race Prim'Holstein, hors lactation, et possédant une canule ruminale. La ration était constituée de fourrages uniquement (chaque groupe consommant un des 3 ensilages), en deux distributions quotidiennes avec pesée des restes. L'essai a duré 21 jours (14 jours de transition et 7 jours de prélèvements et analyses).

Les paramètres mesurés étaient l'ingestion de fourrage individuelle quotidienne (utilisation du «Roughage Intake Control feeders»), la digestibilité, le fonctionnement ruminal (mesure toutes les deux heures sur les deux derniers jours du pH, de l'ammoniac et des acides gras volatils), ainsi que les synthèses protéiques par la flore ruminale. Des analyses d'urine (teneurs en matières azotées) et de fèces (teneur en matière sèche, matière organique, protéines totales, amidon, en NDF et ADF) ont été réalisées quotidiennement. Ces prélèvements et analyses ont permis de déterminer une digestibilité de chacun des composants des ensilages à partir d'une méthode *in vivo* (pesée et analyse des différents composants des fèces puis comparaison aux valeurs de l'ensilage pour obtenir une valeur de digestibilité).

Les ensilages de méteils ont montré, par rapport à l'ensilage de ray-grass, une meilleure ingestibilité (en kg MS/jour), et une meilleure digestibilité de la matière sèche et des protéines totales, une meilleure ingestion de matières azotées (du fait de la

plus forte ingestibilité de matière sèche) ainsi qu'un plus faible rejet de matières azotées ont aussi été constatés.

Cette meilleure digestibilité de la matière sèche et de la matière organique de l'ensilage de méteil peut se justifier par le fait que les légumineuses sont plus rapidement et mieux dégradées dans le rumen que les graminées.

La comparaison de deux variétés de pois a permis de mettre en évidence des différences de résultats zootechniques en faveur de la variété à tige courte. En effet, il s'est avéré dans cette étude que la variété de pois à tige longue serait moins bien fermentée (pH ruminal plus élevé, azote ammoniacal, butyrate et concentration en acide lactique inférieures), résultant en de moins bons résultats zootechniques pour une même complémentation.

Dans cette étude, il ressort que les ensilages de méteils pois + blé sont adaptés à une utilisation en tant que fourrage exclusif dans une ration pour vaches laitières en lactation en comparaison à un ensilage d'herbe.

#### 4.1.3) Comment exploiter les méteils sur des vaches en lactation ?

En conclusion, il semblerait que les ensilages de méteils puissent être utilisés dans le cadre de l'alimentation de vaches laitières en lactation en respectant toutefois certaines conditions : récolter au stade laiteux-pâteux avec une teneur en matière sèche autour de 30-35% (dans le cadre d'une récolte tardive) ainsi qu'une coupe fine du fourrage (comme dans le cadre d'un ensilage d'herbe), et enfin limiter l'incorporation de ce fourrage à un tiers voire la moitié des fourrages d'une ration (une seule étude qui valide une utilisation comme fourrage exclusif).

Les ensilages de méteils récoltés précocement présentent une valeur alimentaire relativement supérieure par rapport aux méteils récoltés tardivement, il est donc légitime de penser qu'il est possible de les incorporer en proportion plus importante dans la ration. Mais actuellement aucune étude n'a évalué les résultats zootechniques permis par l'exploitation d'un tel fourrage, et les coûts associés à ce

type d'exploitation limitent leur réalisation (rendements moindres pour un coût de semis identique à une récolte tardive).

#### 4.2) Pour les génisses laitières et les vaches laitières tarées

##### 4.2.1) Pour les génisses laitières

Une étude d'une durée de 4 mois, sur deux lots de 13 génisses de race Holstein, de 13 mois d'âge environ avait pour objectif de comparer l'efficacité de deux rations sur la croissance de génisses laitières avec pour objectif un vêlage à 24 mois (Brunschwig, 2010).

La première ration était composée d'un ensilage de méteil immature (triticale + pois + avoine + vesce, récolté en coupe directe sans préfanage à 25% de MS) au stade mi-tardif, distribué à volonté en trois fois par jour et accompagné de 100g d'un aliment minéral et vitaminé (AMV type 0/28/5). La valeur alimentaire de l'ensilage de méteil était la suivante (/kg MS) : 0,78 UFL, 74g PDIN, 60 g PDIE.

La seconde ration était composée d'ensilage de sorgho, distribué en quantité rationnée (0,75 kg MS d'ensilage de sorgho / 100kg de poids vif) deux fois par semaine, avec 100g du même AMV, 1kg de tourteau de colza et du foin de prairie naturelle à volonté. Les valeurs alimentaires de l'ensilage de sorgho étaient les suivantes (/kgMS) : 0,87 UFL, 38g PDIN, 62g PDIE.

Lors de l'essai le lot de génisses du lot ensilage de mélange céréale-protéagineux immatures a connu un léger retard de croissance (*tableau 16*), si bien qu'une complémentation à base de tourteau de colza a dû être mise en place pendant 2 mois. Ceci a été attribué à une ingestion trop faible du fait d'un taux de matière sèche de la ration globale trop bas (ensilage de méteil en plat unique). Les auteurs concluent donc sur la bonne adaptation de ce type d'ensilage, en utilisation exclusive dans la ration, dans le cadre de l'élevage des génisses. Il faut toutefois que l'ensilage présente une teneur en matière sèche suffisante, autour de 30% au moment de la récolte (si cela n'est pas le cas, il faut dans ce cas recourir à la technique de préfanage avant la récolte et envisager une complémentation avec un concentré) (Brunschwig et al., 2010).

*Tableau 16 : Résultats zootechniques de l'essai de comparaison ensilage de méteil / ensilage de sorgho sur la croissance de génisses laitières de renouvellement*

Lot	MCPI	Sorgho bmr
Ingestion (kg MS/gén/jour)	7,7	8,7
dont : fourrage MCPI / sorgho	7,0	3,3
foin PN	-	4,4
concentré	0,65	0,9
AMV	0,1	0,1
Poids : début essai (kg)	380,4 ± 35	381,8 ± 30
milieu essai (kg)	415,9 ± 45	429,7 ± 35
fin essai (kg)	472,7 ± 44	474,3 ± 34
Croissance : essai (g/j)	744 ± 178	747 ± 66
1 <sup>ère</sup> période 60 j (g/j)	592 ± 199	799 ± 145
2 <sup>ème</sup> période 64 j (g/j)	886 ± 284	698 ± 124

#### 4.2.2) Pour les vaches tarées

Aucune étude n'a été réalisée dans le cadre d'une utilisation d'ensilages de méteils sur des vaches tarées.

Au vu des résultats obtenus sur les génisses, il semblerait que les ensilages de méteils soient aussi adaptés à l'alimentation des vaches laitières en période sèche. Les objectifs alimentaires pour cette période sont les suivants : apports énergétiques à autour de 0,75 - 0,85 UFL/kgMS, apports protéiques lors du dernier mois de gestation à hauteur de 11-12% de la matière sèche, fourrage relativement fibreux qui permet un encombrement ruminal important pour garder du volume à la panse. Ces critères semblent effectivement remplis par les ensilages de méteil.

Leur utilisation en fin de période sèche peut toutefois poser problème sur le plan des apports en minéraux, car le risque d'apporter trop de calcium et de phosphore par rapport aux recommandations pour des vaches laitières proches du vêlage est réel du fait de la présence des légumineuses.

#### 4.3) Pour les bovins en croissance

Une étude ayant pour objectif d'estimer la valorisation d'un mélange céréale-protéagineux via la croissance de jeunes bovins, a testé sur une bande de 28 bœufs Holstein et une bande de 24 génisses Blonde d'Aquitaine plusieurs modalités de rationnement pendant 4 mois (Le Pichon & Guillaume, 2014) :

- un lot témoin recevant une ration à base d'ensilage de maïs rationné (+ tourteau de colza, paille à volonté et aliment minéral et vitaminé), avec un objectif de croissance de + 900 g / jour de poids vif ;

- un lot « expérimental » recevant une ration à base d'ensilage de méteil à volonté (+ tourteau de colza, blé aplati et aliment minéral et vitaminé)

L'ensilage de méteil, composé de blé + triticales + avoine + pois fourrager + vesce, a été récolté à 33% de MS au stade pâteux de la céréale (récolté tardivement), et présentait une valeur alimentaire de 0,71 UFL/kgMS, 60 g PDIN/kgMS, 62g PDIE/kgMS (*tableau 17*).

Les résultats obtenus (*tableau 17*) permettent de mettre en évidence une absence de différences significatives de croissance entre les deux rations. Le méteil, plus équilibré d'un point de vue énergie - azote est toutefois moins énergétique et implique obligatoirement une complémentation minimale, surtout sur de longues périodes d'alimentation avec ce type de ration, au risque d'obtenir de moins bonnes croissances (estimation de + 600 g PV/jour sans complémentation contre + 900 g PV/jour constaté avec la complémentation).

*Tableau 17 : Paramètres de réalisation de l'étude sur des animaux à l'engrais et résultats zootechniques obtenus (Le Pichon et Guillaume, 2014)*

Race	Bœuf Prim'holstein		Génisse blonde d'aquitaine	
	Maïs	MCPI	Maïs	MCPI
Effectif	14	14	12	12
Durée (j.)	121	121	121	121
Age début essai (mois)	11,9	11,9	17,5	17,5
Poids début essai (kg)	390,5	391,0	448,9	446,6
Poids fin essai (kg)	505,4	507,5	554,5	563,3
GMQ essai (g/j)	882	916	873	930
Conso. /ani / jour (kg)				
- Maïs ensilage (MS)	5,0	/	5,3	/
- MCPI (MS)	/	7,7	/	7,0
- Paille (brut)	1,5	/	0,7	/
- Tourteau colza (brut)	1,6	0,2	1,7	0,5
- Blé aplati (brut)	/	1,4	/	1,2
- CMV 0-30-5 (brut)	0,07	0,07	0,07	0,07
Kg MS / ani / jour	7,9	9,1	7,5	8,8
Kg de MS/100kg de PV	1,8	2,0	1,5	1,7

En conclusion, les ensilages de méteil restent adaptés à une utilisation sur des animaux en croissance, associés à une complémentation énergétique obligatoire. Toutefois, l'étude a été réalisée sur des animaux à croissance relativement lente et aucune étude n'a été faite sur une utilisation sur des taurillons par exemple.

## 5) Intérêts et inconvénients de l'utilisation des méteils dans l'alimentation des bovins

### 5.1) Intérêts

Les méteils conservés sont de plus en plus envisagés et mis en place dans les exploitations pour un ensemble de raisons économiques et zootechniques.

#### 5.1.1) Sécurisation des stocks fourragers

Une première raison est la possibilité de réaliser des stocks fourragers supplémentaires dans un contexte d'instabilité climatique grandissante. En effet, la réalisation d'un stock fourrager à base d'ensilage de maïs est directement lié au rendement (kgMS / ha ; kilogrammes de matière sèche de maïs obtenus par hectare de maïs cultivé) lors de la récolte. Or si une année est soumise à la sécheresse et que le rendement en maïs est faible, il est sécurisant de compléter le stock de fourrages par un ensilage de méteil, culture plus stable en terme de rendement et non soumise au risque de sécheresse puisque implantée en automne.

#### 5.1.2) Apports de fibres

Une seconde raison qui incite à l'incorporation de méteils sous forme de fourrages, notamment en élevage laitier, est l'apport de fibres qui en résulte. En effet, les rations à base d'ensilage de maïs sont des rations qualifiées d'acidogènes, c'est-à-dire qu'elles peuvent entraîner chez la vache un trouble digestif appelé acidose, sous sa forme subaiguë, et qui a des conséquences sanitaires (augmentation de la prévalence des mammites, des déplacements de la caillette, des abcès à localisation variée dans les organes abdominaux et thoraciques, des boiteries, ...) et

zootechniques (diminution de l'ingestion de la ration, chute de la production laitière, chute du taux butyreux, altération des résultats de reproduction, ...).

L'apparition de cette acidose subaiguë est due à la présence importante d'amidon et à un manque de fibres dans l'ensilage de maïs. Il en résulte un abaissement du pH ruminal, la sélection des bactéries amylolytiques au détriment des bactéries cellulolytiques, et ce jusqu'à la prolifération de bactéries productrices d'acide lactique qui accentuent d'autant plus l'abaissement du pH, entraînant l'altération de la muqueuse ruminale. En parallèle, le manque de fibres est à l'origine d'une diminution de la rumination et donc de la production de salive, qui joue un rôle de pouvoir tampon.

Les associations céréales-légumineuses fourragères sont donc intéressantes puisqu'elles apportent davantage de fibres et moins d'amidon que l'ensilage de maïs (les grains des céréales d'hiver sont riches en amidon mais les fourrages de méteil étant exploités à un stade immature, ce sont les tiges et les feuilles qui sont dominantes). Elles permettent donc de compenser, au moins en partie, les défauts d'une ration à base de maïs ensilage et donc de diminuer les risques d'acidose.

## 5.2) Inconvénients

Toutefois, les ensilages de méteils présentent aussi des inconvénients d'ordre alimentaire. En effet, par rapport au maïs les méteils sont nettement moins énergétiques. De plus, ils sont encombrants ce qui implique qu'une trop grande proportion de ce fourrage dans la ration impactera la production laitière (consommation en moindre quantité de fourrage, et donc moindre apport énergétique d'où une baisse de la production laitière).

De plus, il est impossible de prévoir la valeur alimentaire d'une association céréales-légumineuses avant récolte, du fait de sa grande variabilité d'une année sur l'autre. Il est donc nécessaire d'adapter l'utilisation du fourrage d'une année sur l'autre en fonction de sa valeur alimentaire estimée au moment de la récolte ce qui est finalement relativement contraignant (Emile et al., 2016b).

Certaines légumineuses qui peuvent constituer les associations peuvent contenir des substances anti-nutritionnelles qui leur donnent un goût amer et peuvent entraîner une diminution de la digestibilité et de la disponibilité des nutriments.

C'est le cas des alcaloïdes dans les lupins ou des tannins de la féverole ou du pois fourrager (Staniak et al., 2014).

## 6) Aspects agronomique et technico-économique des méteils

### 6.1) Intérêts agronomiques et techniques

Comme vu précédemment les méteils sont, en France, exploités très majoritairement en tant que cultures implantées en octobre - novembre qui permettent la couverture du sol pendant la période hivernale.

Le rôle du méteil est donc essentiel d'un point de vue agronomique car le maintien à nu du sol pendant l'hiver favorise (Montagnon, 2014) :

- le développement des adventices, et donc par la suite le renouvellement et une augmentation de la semence des mauvaises herbes sur la parcelle ;
- l'action du vent qui peut entraîner une érosion éolienne ;
- une mauvaise circulation de l'eau à la surface (augmentation des risques de ruissellement, d'érosion hydrique, ...) et dans le sol (phénomènes de lessivage et lixiviation du fait d'un manque d'absorption racinaire de l'eau en excès)

Un autre point fort agronomique, écologique mais aussi économique des méteils est leur capacité de production avec une utilisation d'intrants azotés très limitée à nulle. En effet, les légumineuses sont une famille végétale qui a la faculté de recycler l'azote déjà présent dans le sol et de capter celui présent dans l'air afin d'en synthétiser en plus grande quantité et de le mettre à disposition des autres espèces présentes sur la même parcelle (ici les céréales).

De plus, cette capacité des légumineuses à fixer l'azote aérien permet aussi un stockage d'azote pour les prochaines cultures implantées après le méteil. L'économie d'intrant azoté est donc d'autant plus importante.

En plus de couvrir le sol, l'occupation du sol permise par les différentes espèces constitutives des méteils, par rapport à une culture pure, est telle qu'elle permet de limiter fortement le développement des adventices et mauvaises herbes, mais aussi permet une plus grande résistance aux infestations parasitaires et fongiques. De la même façon que la limitation des intrants azotés, une réduction favorable est réalisée en matière d'utilisation d'herbicides, pesticides et fongicides (Emile et al., 2016 b).

Les méteils sont des cultures qui ne nécessitent aucune intervention mécanique entre le semis et la récolte. Cette caractéristique permet donc une diminution de consommation de carburant et donc d'émission des gaz (Mollier, 2014).

Du point de vue de la productivité, les avis des agriculteurs convergent vers l'obtention de rendements corrects (6,8 TMS/ha en récolte précoce contre 11,3 TMS/ha en récolte tardive pour des ensilages de méteils de blé ou triticale / pois / vesce dans l'étude de Emile et al. (2011), soit + 5 à 15% par rapport au rendement d'un ensilage de céréales immatures au même stade de récolte (Boudeau, 2006)). Il ressort des expériences terrain que les méteils présentent une meilleure stabilité de rendement d'une année sur l'autre par rapport aux cultures pures (Pelzer et al., 2014).

## 6.2) Inconvénients agronomiques et techniques

Malgré leurs avantages, les associations céréales-légumineuses présentent de nombreux inconvénients pratiques du point de vue des éleveurs (Emile et al., 2016 b ; Pelzer et al., 2014) :

- caractéristiques d'implantation parfois différentes selon les espèces choisies (date, profondeur, proportion de semis, taille des graines différentes, ...) qui compliquent la gestion du semis,
- absence de sélection de semences spécifiques à une utilisation en association,
- période d'intervention très restreinte au moment de la récolte,

- risques associés aux légumineuses (verse, gel, ...),
- grandes disparités de proportions des différentes espèces entre le semis et la récolte.

Ces disparités de proportions sont aussi associées à des variations souvent importante de la valeur alimentaire du fourrage obtenu d'une année sur l'autre, ne permettant pas une utilisation stable au cours du temps (par exemple, à l'année N le méteil fourrage obtenu sera satisfaisant pour l'alimentation de vaches laitières en lactation alors qu'à N+1 le fourrage ne sera pas adapté, et il faudra alors avoir d'autres fourrages disponibles pour combler l'impossibilité d'utiliser le méteil cultivé pour les vaches en lactation, et avoir des animaux adaptés à la consommation du méteil ensilage alors stocké (génisses, vaches allaitantes, ...)).

D'autres freins à leur utilisation sont la crainte de salissure des parcelles (du fait de l'impossibilité d'employer des produits phytosanitaires de par la présence concomitante de graminées et de légumineuses) et la méconnaissance actuelle des maladies associées aux méteils.

### 6.3) Intérêt et inconvénient économiques

Un réel intérêt qui incite à l'utilisation de méteils est la recherche de l'autonomie protéique des exploitations. En effet, les sources de protéines sont aujourd'hui très onéreuses (pour exemple : tourteau de soja à 310€/tonnes le 22/11/2017 (Marchés agricoles de l'élevage agricole, 2017) ; environ 940€/T pour un tourteau de soja bio (Tarifs de nos matières premières - Partner et co - Semences biologiques et Alimentation animale biologique, 2017). Les exploitations ont donc la volonté de limiter le recours aux matières premières habituellement utilisées (tourteaux de colza et soja) en exploitant les protéagineux inclus dans les méteils afin de limiter leur coût alimentaire.

## 7) Quel avenir pour les méteils ?

Après une diminution depuis le milieu des années cinquante en Europe, les méteils sont probablement en voie d'augmentation car ils semblent être une solution intéressante dans le but de réduire les coûts liés à l'achat de sources protéiques et de favoriser une production et une consommation locales des matières premières dans les rations des bovins.

Toutefois, du fait des freins technico-pratiques qui s'opposent à leur implantation, c'est du côté de l'agriculture biologique que les méteils sont les plus présents du fait de l'interdiction par le cahier des charges de l'utilisation d'intrants azotés à bas prix et de tourteaux de soja OGM. Cependant, les attentes et impératifs actuels de la société, avec une volonté de favoriser la biodiversité et les méthodes simplifiées de culture, sont en faveur des associations céréales-légumineuses qui présentent de nombreux atouts agronomiques et écologiques.

Un autre frein actuel à l'utilisation de ces associations est l'absence de statut légal des méteils. Dans le cadre des déclarations de cultures auprès de la PAC (Politique Agricole Commune), les associations céréales-légumineuses n'ont pas de statut à part entière et donc pas d'aides spécifiques. Les éleveurs doivent déclarer leurs cultures en tant que céréale ou légumineuse, selon l'espèce qui est la plus présente. Mais deux problèmes se posent, le choix de la période sur laquelle se base la déclaration (proportions au semis ou à la récolte très différentes) ainsi que la suffisance des aides financières (aides attribuées pour une culture considérée comme céréale alors que des légumineuses sont présentes, les semences de légumineuses étant nettement plus onéreuses).

En plus d'être exploitables pour l'alimentation des bovins, les associations céréales-légumineuses montrent plusieurs perspectives. La première est une utilisation dans le cadre de l'alimentation des ovins et des caprins. Plusieurs essais et études, coordonnées par l'Institut de l'élevage (IDELE) sont d'ailleurs en cours, notamment sur l'utilisation des méteils grains après un éventuel pâturage en sortie d'hiver.

La seconde utilisation est celle sous forme de grains dans le cadre de l'alimentation humaine, avec l'inconvénient du tri des grains à la récolte qui est encore le sujet de réflexion dans la filière.

## Conclusion

La conjoncture actuelle qui sévit le milieu agricole français (paiement du litre de lait bas, chute du prix de la viande, ...) oblige les éleveurs à atteindre l'objectif d'un coût de production le plus faible que possible. Cela passe, entre autre, par une diminution du coût de la ration. Actuellement, la matière la plus coûteuse dans les rations animales est la matière protéique. Les cultures pures de protéagineux étant sujettes à de nombreux aléas (rendement variable, risque de verse, sensibilité aux maladies, ...), une solution est la culture simultanée en association avec d'autres espèces végétales d'une autre famille : les céréales. D'une part cela permet d'augmenter la valeur protéique des produits obtenus, l'objectif premier, mais cela permet aussi de diversifier la nature des apports nutritionnels car les protéagineux utilisés dans le cadre des méteils sont des espèces peu utilisées dans un contexte d'utilisation classique actuelle (tourteau de soja ou éventuellement de colza très majoritairement). Les méteils permettent d'obtenir des fourrages relativement équilibrés utilisables chez les bovins en croissance ou allaitants, mais aussi chez les vaches laitières, sous réserve de respecter un certain nombre de règles.

Enfin, les avantages agronomiques d'une culture de méteil (pas d'apports azotés, de produits phyto-sanitaires ou de pesticides, ...) permettent d'une part de diminuer les coûts liés à la production de fourrages et concentrés sur les exploitations, et d'autre part de pouvoir être cultivés plutôt facilement dans le cadre d'une agriculture biologique.

Les méteils semblent donc être des cultures intéressantes sur de nombreux points et leur utilisation dans des proportions plus importantes sur nos territoires agricoles dans l'avenir permettra d'améliorer les techniques qui lui sont associées mais aussi peut-être de révéler certaines limites.

**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

**En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire**

Je soussigné, **Francis E NJALBERT**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Hélène FROMENT** intitulée « **Les fourrages de méteils dans l'alimentation des bovins** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 9 novembre 2018  
Professeur Francis E NJALBERT  
Enseignant chercheur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :  
La Directrice de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Isabelle CHMITELIN

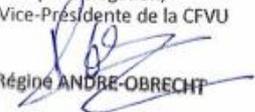


Vu :  
Le Président du jury :  
Professeur Florence TREMOLLIÈRES



Vu et autorisation de l'impression :  
Président de l'Université  
Paul Sabatier  
Monsieur Jean-Pierre VINEL

Le Président de l'Université Paul Sabatier  
par délégation,  
La Vice-Présidente de la CFVU



Régine ANDRE-OBRECHT

Mlle Hélène FROMENT  
a été admis(e) sur concours en : 2013  
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 04/07/2017  
a validé son année d'approfondissement le : 11/10/2018  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

## Bibliographie

- Adesogan, A. T., Salawu, M. B., Williams, S. P., Fisher, W. J., & Dewhurst, R. J. (2004). Reducing concentrate supplementation in dairy cow diets while maintaining milk production with pea-wheat intercorps. *Journal of Dairy Science*, p. 3398-3406.
- ARPEB SO. (2015). Méteils immatures, céréales immatures ou ray-Grass dérobés. Consulté 17 novembre 2017, à l'adresse [http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/meteils-immatures-cereales-immatures-ou-ray-grass-derobes.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/meteils-immatures-cereales-immatures-ou-ray-grass-derobes.html)
- Arrigo Y. (2014). Estimation de la valeur nutritive d'ensilages de mélanges protéagineux et céréales immatures. *Recherche Agronomique Suisse*, (5), 52-59.
- Beaumont B., Legarto J., & Cap G. (2015). Valorisation par les vaches laitières d'ensilage de méteil en complément d'ensilage de maïs plante entière. *Renc. Rech. Ruminants*, (22), 261.
- Biarnes V., Carrouee B., Bouttet D., Chaillet I., Hellou G., & Fontaine L. (2011). Cultiver les associations céréales / protéagineux en AB.  
Consulté à l'adresse [www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques\\_culture/fiche-association.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-association.pdf)
- Bottes enrubannées. (2018). Consulté à l'adresse <https://www.actis-location.com/accessoires/agriculture-environnement/accessoire-pince-balle>
- Boudeau, L. (2006). Ensilage de mélanges céréales - protéagineux : une solution sécurisante pour les stocks fourragers. *L'atout trèfle*, (45), 6-8.
- Brunschwig P., & Lamy J.M. (2008). Mélanges céréales-légumineuses immatures et sorghos ensilés, des alternatives fourragères pour vaches laitières en situation séchante. *Renc. Rech. Ruminants*, (15), 205-208.
- Brunschwig P., & Lamy J.M. (2011). Sources protéiques végétales alternatives au tourteau de soja pour l'alimentation des vaches laitières. *Renc. Rech. Ruminants*. Consulté à l'adresse <http://www.journees3r.fr/spip.php?article749>

- Brunschwig P., Plouzin D., & Leblay A. (2010). Alimentation simplifiée de génisses laitières avec des fourrages alternatifs à la sécheresse. *Renc. Rech. Ruminants*, (17), 330.
- Cabon G., Dersoir C., Soulard J., & Carrouee B. (1997). Utilisation du pois protéagineux (*Pisum sativum*) dans des rations pour vaches laitières déficitaires en PDI. Comparaison à des témoins connus. *Renc. Rech. Ruminants*, (4), 141.
- Cabon G., & Garreau R. (2007). Mélange de céréales et de légumineuses au stade immature : relation entre la composition chimique et la dégradation dans le rumen en 48 heures. Application à la prédiction de la valeur énergétique. *Renc. Rech. Ruminants*, (14), 257.
- Cabon, G., & Kardacz, J. (2005). Evolution du rendement et de la teneur en matière sèche des céréales plante entière au stade immature : des données pour raisonner le stade de récolte en ensilage. *Renc. Rech. Ruminants*, (12), 119.
- Cabon G., & Soulard J. (2006). Triticale immature associé au maïs dans la ration de vaches laitières : effet sur les performances et le bilan énergétique. *Renc. Rech. Ruminants*, (13), 129.
- Chambres d'agriculture de Basse-Normandie. (2011). Résultats de 3 ans d'essais sur l'autonomie alimentaire en AB. Essais du projet Reine Mathilde à Tracy-Bocage. (Résultats essais terrain). *Chambres d'agriculture de Basse-Normandie*, 80. Consulté à l'adresse [http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/reine-mathilde-resultats-de-3-ans-dessais-sur-lautonomie-alimentaire-en-ab.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/reine-mathilde-resultats-de-3-ans-dessais-sur-lautonomie-alimentaire-en-ab.html)
- Chapuis D., De Boutray J.B., Dupuits G., Rouille B., Rekow L., Fleury J., & Lavedrine F. (2014). Valorisation par des vaches laitières d'une association vesce-avoine cultivée en dérobée dans une ration à base d'ensilage de maïs. *Renc. Rech. Ruminants*, (21), 118.
- Chiffres FranceAgrimer Elevage. (2013, février). Consulté 27 novembre 2017, à l'adresse <https://www.google.fr/search?client=firefox-b-ab&dcr=0&ei=xjYcWvasl9K1kwWDvKOQCA&q=chiffres+%C3%A9levages+france+agrimer>

+2013&oq=chiffres+%C3%A9levages+france+agrimer+2013&gs\_l=psy-ab.3...28108.29230.0.29497.9.8.0.0.0.0.287.1040.0j3j2.5.0...0...1.1.64.psy-ab..6.0.0...0.A9FAD24bmC0

- Coutard J.P. (2010). Valeur nutritive des associations céréales-protéagineux cultivées en agriculture biologique et utilisées pour la complémentation des ruminants. *Renc. Rech. Ruminants*, 17, 285-288.
- Coutard J.P., & Fortin J. (2014). Les associations céréales protéagineux récoltées immatures : assemblages, valeurs nutritives et valorisation par les vaches allaitantes. *Renc. Rech. Ruminants*, (21), 93-96.
- Coutard J.P., Fortin J., & Jehan G. (2016). Associations céréales protéagineux : incidence du stade de récolte du fourrage. *Renc. Rech. Ruminants*, (23), 282.
- Corre-Hellou, G., Bédoussac, L., Bousseau, D., Chaigne, G., Chataigner, C., Celette, F., ... Tauvel, O. (2013). Associations céréale - légumineuse multi-services. *Innovations Agronomiques*, (30), 41-57.
- Da Silva M.S.J., Emile J.C., Audebert G., Walczak P., & Novak S. (2014). Associer une légumineuse au sorgho pour améliorer la qualité de la ration. *Renc. Rech. Ruminants*, 21, 128.
- Dictionnaire français Larousse. (2017). Consulté 27 novembre 2017, à l'adresse <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>
- Drogoul C., Gadoud R., Joseph M., Jussiau R., Lisberney M.J., Mangeol B., ... Tarrit A. (2004). *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage* (2e édition). Educagri.
- Emile J.C., Al Rifaï M., Le Roy P., Jacobs Dias F., & Rubi B. (2007). Des stocks fourragers pour économiser l'eau dans les systèmes fourragers laitiers de Poitou-Charentes. In *Productions fourragères et adaptations à la sécheresse*. Paris.

- Emile J.C., Al Rifai M., Le Roy P., & Faverdin P. (2008). Triticale and mixtures silages for feeding dairy cows. In *Grassland Science in Europe* (Vol. 13, p. 804-806).
- Emile, J. C., Audebert, G., & Novak, S. (2016). Le rendement et l'ingestibilité d'un ensilage d'associations céréales protéagineux dépendent de la date de récolte et du type de céréale. *Renc. Rech. Ruminants*, (18), 128.
- Emile J.C., Walczak P., Trillaud A., & Novak S. (2011). Pâture une céréale sans trop pénaliser le rendement grain : effet de la date d'exploitation et de l'espèce. *Renc. Rech. Ruminants*, (18), 166.
- Emile J.C., Audebert G., & Novak S. (2016 a). Le rendement et l'ingestibilité d'un ensilage d'associations céréales protéagineux dépendent de la date de récolte et du type de céréale. *Renc. Rech. Ruminants*, (18), 128.
- Emile, J. C., Coutard, J. P., Forel, E., & Stephany, D. (2016 b). Développer les associations annuelles céréales - protéagineux dans les systèmes fourragers. *Fourrages*, (226), 143-151.
- Eskandari H., Ghanbari A., & Javanmard A. (2009). Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Not. Sci. Biol.*, 1, 7-13.
- Forel, E. (2007). Méteils et céréales récoltés immatures : résultats de 4 années d'observations en Rhône-Alpes dans le cadre du PEP Bovins Lait (p. 4). *Chambre d'Agriculture Ardèche*.
- Froidmont E., & Bartiaux-Thill N. (2003). Utilisation du lupin et du pois dans l'alimentation des vaches laitières hautes productrices. *Fourrages*, 174, 285-292.
- Huyghe C., & Delaby L. (2013). *Prairies et systèmes fourragers* (France Agricole).
- IDELE, & CNE. (2017). Chiffres clés 2017 - Productions bovines lait et viande, 12. Consulté le 27/06/2018, à l'adresse : <http://idele.fr/domaines-techniques/economie/economie-des-filieres/publication/idelesolr/recommends/chiffres-cles-bovins-lait-et-viande-2017.html>

- INRA. (2007). *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments*. Quae.
- INRA. (2018). Forage feed values tables. Consulté à l'adresse [www.inra.fr](http://www.inra.fr)
- Jacobs, J. L., & Ward, G. N. (2012). Effect of intercropping forage peas (*Pisum sativum* L.) with winter wheat (*Triticum vulgare* L.) or triticale (triticale hexaploïde lart.) on dm yield, nutritive characteristics when harvested at different stages of growth. *Animal production science*, (52), 949-958.
- Jouffray-Drillaud. (2018). Consulté à l'adresse <https://www.jouffray-drillaud.com/nos-produits/varietes-fourrageres/melanges-fourragers-multi-especes/meteil-2-5-62-207-fr.html>
- Le Gall A., Delattre J.C., & Cabon G. (1998). Les céréales immatures et la paille : une assurance pour les systèmes fourragers. *Fourrages*, (156), 557-572.
- Le Guen J. (1996). Les protéagineux et les légumineuses à grosses graines. *Sauve qui peut !*, (8), 4.
- Le Pichon D., & Guillaume A. (2014). Performances des bovins en croissance alimentés avec un mélange céréales-protéagineux immatures ensilés. *Renc. Rech. Ruminants*, (21), 121.
- Marchés agricoles de l'élevage agricole. (2017). [Magazine]. Consulté 22 novembre 2017, à l'adresse [http://www.web-agri.fr/observatoire\\_marches/accueil.html](http://www.web-agri.fr/observatoire_marches/accueil.html)
- Maxin G. (2015). Quels sont les besoins de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants ? Analyse d'avis d'experts. *Fourrages*, (221), 69-76.
- Messman M.A., Weiss W.P., Henderlong P.R., & Schockey W.L. (1992). Evaluation of pearl millet and field peas plus triticale silages for midlactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, (75), 2769-2775.
- Ministère de l'Agriculture. (2016, juillet 12). Alim'agri | Nouvelle-Zélande. Consulté le 27 novembre 2017, à l'adresse <http://agriculture.gouv.fr/nouvelle-zelande>

- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. (2017, octobre). Chiffres AGRESTE - Données de production grandes cultures. Consulté le 28 novembre 2017, à l'adresse <http://agreste.agriculture.gouv.fr/conjoncture/grandes-cultures-et-fourrages/>
- Mollier, P. (2014). Les légumineuses nécessaires en agriculture bio. Consulté 21 novembre 2017, à l'adresse <http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Le-poids-des-legumineuses/Les-legumineuses-necessaires-en-agriculture-bio>
- Montagnon A.S. (2014). *La gestion de l'interculture* (Educ'Agri). Consulté à l'adresse <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=jS-1tuzqznQC&oi=fnd&pg=PA7&dq=r%C3%B4les+des+intercultures&ots=IJoBwX4nkK&sig=YHXcPIJ8GaJmYYFI2VrWHVLTu8s#v=onepage&q=r%C3%B4les%20des%20intercultures&=false>
- Mosimann, E., & Suter, D. (2003). Autonomie en protéines et environnement: le compromis helvétique. *Fourrages*, (175), 333-345.
- Niderkorn V., & Baumont R. (2009). Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal*, (3), 951-960.
- Novak S., Jacobs Dias F., Bumbieris V., & Emile J.C. (2011). Quelle place pour les ensilages d'associations céréales-protéagineux dans le système fourrager ? (p. 126-127). Présenté à Récolte et valorisation des fourrages conservés : les clés de la réussite !, Paris.
- Novak S., Walczak P., Trillaud A., & Emile J.C. (2012). Evaluation d'associations céréales-vesce pour leur exploitation au pâturage avant une récolte en grain. *Renc. Rech. Ruminants*, (19), 228.
- Ofori, F., & Stern, W. R. (1987). Cereal-legume intercropping systems. In *Advances in agronomy*. (41), 41-90. N.C. Brady Serial Editor, .
- Ouknider, M., & Jacquard, P. (1986). Production et valeur nutritive de l'association vesce avoine en zone méditerranéenne. *Fourrages*, (105), 39-62.

- Pelzer E., Bedoussac L., Corre-Hellou G., Jeuffroy M.H., Naudin C., & Métivier T. (2014). Association de cultures annuelles combinant une légumineuse et une céréale, retours d'expériences d'agriculteurs et analyse. *Innovations Agronomiques*, (40), 73-91.
- Peyrille, S., Bessonnet, S., Mauger, C., Rouher, L., Mouillet, A., Rubin, B., ... Bertrand, C. (2006). Sécuriser son système! Avec des céréales ou des mélanges immatures. Réseaux d'élevage ; Institut de l'élevage ; Chambre d'agriculture Poitou-Charentes, 8.
- Rougier P., Leray O., & Dougez E. (2015). Pois Féverole ensilé pour augmenter l'autonomie en protéine. *Renc. Rech. Ruminants*, (22), 272.
- Sagot L. (2013). Des protéagineux dans la ration des adultes. Consulté 28 novembre 2017, à l'adresse [http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/des-proteagineux-dans-la-ration-des-adultes.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/des-proteagineux-dans-la-ration-des-adultes.html)
- Sauvant D., Perez J.M., & Tran G. (2004). *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage* (2e édition revue et corrigée). INRA EDITIONS.
- Semences de France. (2018). Consulté à l'adresse <https://www.semencesdefrance.com/produits/melios-meteil/>
- Staniak M., Ksiezak J., & Bojarszczuk J. (2014). Mixtures of legumes with cereals as a source of feed for animals. In *Organic agriculture towards sustainability* (InTech, p. 123-145). Vytautas Pilipavicius. Consulté à l'adresse <https://www.intechopen.com/books/organic-agriculture-towards-sustainability>
- Stevens D.R., Platfoot G.J., Hyslop M.G., Knight T.L., Corson I.D., & Littlejohn R.J. (2004). Dairy cows production when supplemented with whole-crop cereal silages in spring and autumn. *Proceeding of the New Zealand Grassland Association*, (66), 75-82.

Tarifs de nos matières premières - Partner et co - Semences biologiques et Alimentation animale biologique. (2017). [Entreprise]. Consulté 22 novembre 2017, à l'adresse <http://www.partnerandco.fr/-Barometre-des-prix-matieres-premieres->

Ujttewaal A., Chapuis S., Crocq G., & Lepee P. (2016). Quoi de neuf en matière de récolte et conservation des légumineuses fourragères ? *Fourrages*, (227), 157- 166.

UNIP. (2008). Utiliser des associations céréales protéagineux. *CR projet CSADAR* n°431, 112.

Wolter, R., & Ponter, A. (2012). *Alimentation de la vache laitière* (4e édition). Editions France Agricole.

Toulouse, 2018

NOM : FROMENT

Prénom : Hélène

TITRE : Les fourrages de méteils dans l'alimentation des bovins. Définitions, connaissances et utilisations actuelles.

RESUME : Une des solutions envisagées face aux difficultés financières actuelles, et aux exigences environnementales et sociétales croissantes auxquelles sont confrontés les élevages français est l'utilisation des méteils, des associations de céréales et de légumineuses au sein de la même culture. La présence de légumineuses permet de sécuriser le système en terme d'apports protéiques et l'obtention d'un produit relativement équilibré sur le plan azote-énergie. L'utilisation raisonnée des méteils, selon le type de production, dans le rationnement des bovins permet l'obtention de bons résultats zootechniques. La production des protéines directement sur l'exploitation permet une réduction des coûts alimentaires. L'association d'espèces permet une plus grande résistance de la culture, ne nécessitant pas d'intrants et l'utilisation de produits phytosanitaires, rendant cette culture particulièrement adaptée à la production en agriculture biologique. Enfin, le large panel d'associations en fonction des attentes de chaque utilisateur permet l'obtention de produits variés et complets mais sujets à de nombreuses variations de qualité d'une année sur l'autre.

MOTS CLES : méteil(s), légumineuse(s), protéagineux, céréale(s), fourrages

---

ENGLISH TITLE : Legumes-cereals mixtures fodders in feeding cattle farming. Definitions, knowledge and current uses.

SUMMARY : Face of financial, environmental and societal difficulties in french breeding, one of solution is the use of cereals-legumes associations (seed of different cereals and different legumes in the same culture). Legumes allow the securing of proteins inputs and the obtention of a nitrogen - energy balanced product. Reasonable use of legumes-cereals association in cow feed allows good zootechnical results. Direct production of proteins on the farm decreases feed costs. Vegetal species association enables higher culture resistance, without chemical inputs and crop protection products. Is this way, this culture is adapted to organic farming. Finally the large diversity of associations enables production of various products, but the fodder quality is very variable from one year to another.

KEY-WORDS : mixtures, legumes, cereals, fodder