

# Quels sont les besoins de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants ?

## Analyse d'avis d'experts

G. Maxin<sup>1,2\*</sup>

**Afin de sécuriser leurs systèmes fourragers et/ou améliorer l'autonomie alimentaire de leurs élevages, certains éleveurs de ruminants modifient leurs stratégies fourragères et mettent en place des pratiques très diverses. La recherche scientifique est ainsi conduite à s'interroger sur les priorités de recherche concernant la valeur des fourrages pour les ruminants.**

### RÉSUMÉ

Vingt et une personnes spécialisées dans le domaine de la production fourragère et/ou de ruminants ont été interviewées afin d'identifier les priorités de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants. Les priorités citées concernent l'acquisition de connaissances sur la valeur alimentaire des fourrages, pour caractériser des ressources fourragères nouvelles mais également pour améliorer les méthodes de prévision de la valeur alimentaire des fourrages, notamment des mélanges. Par ailleurs, la majorité des personnes interrogées pensent qu'il serait intéressant d'ajouter de nouveaux critères d'évaluation des fourrages, par exemple pour évaluer les impacts sur la santé animale.

### SUMMARY

#### **Gaps in our knowledge of forage value in ruminant livestock systems: analysing the opinions of experts**

In order to increase forage system sustainability and/or feed autonomy, some ruminant farmers have modified their forage management strategies and implemented a variety of alternative practices. Consequently, it is opportune to identify gaps in our knowledge of the value of the forage types used in ruminant livestock systems. To this end, 21 experts in the fields of forage or ruminant production (scientists or farming advisors) were interviewed. In general, respondents underscored the need to acquire more information on forage nutritional value (i.e., the value of new types of resources or ways of improving the methods used to predict forage value, especially in the case of mixed feeds). Furthermore, most of the respondents suggested that additional criteria should be used when evaluating forage value; for example, the impact on animal health could be examined.

Les élevages d'herbivores doivent aujourd'hui aller vers l'adoption de méthodes de production plus durables, c'est-à-dire à la fois productives et dans une démarche agroécologique (DUMONT *et al.*, 2013). **Les éleveurs sont donc confrontés à des défis multiples** : maintenir ou augmenter leur production en s'adaptant au changement climatique tout en respectant l'environnement et le bien-être animal, et en limitant les coûts alimentaires. Pour faire face à ces défis, certains éleveurs modifient leurs stratégies fourragères, par exemple en implantant des cultures dérobées d'été ou d'automne (NOURY *et al.*, 2013 ; MESLIER *et al.*, 2014), en utilisant des

associations d'espèces (par ex. les mélanges graminées - légumineuses ou les prairies multispécifiques, PROTI *et al.*, 2014) et/ou des cultures à double fin (cultures pouvant être récoltées en grains ou ensilées, NOURY *et al.*, 2013). D'autres adaptations vont jusqu'à la modification du système fourragère en changeant le ratio entre les cultures fourragères et le pâturage dans la surface agricole utile (VERTÈS *et al.*, 2011 ; NOURY *et al.*, 2013). Ces nouveaux enjeux et la diversité des pratiques observées aujourd'hui conduisent à s'interroger sur les besoins actuels en matière de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants.

\* Avec la collaboration de D. Andueza, J. Aufrère, R. Baumont, C. Ginane et V. Niderkorn

#### AUTEUR

1 : INRA UMR 1213 Herbivores, Site de Theix, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

2 : Clermont Université, VetAgro Sup, UMR Herbivores, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand ; gaelle.maxin@clermont.inra.fr

**MOTS CLÉS** : Association végétale, évolution, fourrage, graminée, ingestibilité, légumineuse, mélange fourragère, méthane, prairie, prévision, qualité des produits, qualité organoleptique, recherche scientifique, toxicité, valeur alimentaire.

**KEY-WORDS** : Change in time, feeding value, forage, forage mixture, forecast, grass, grassland, legume, methane, organoleptic quality, plant association, product quality, scientific research, toxicity, voluntary intake.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE** : 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.

Plusieurs articles (MILNE, 2002 ; HUYGHE, 2005 ; BAUMONT *et al.*, 2009) ont déjà décrit, ces 15 dernières années, les orientations de la recherche à mettre en place sur les fourrages et les prairies pour répondre à l'évolution du contexte. Cependant, les modifications de plus en plus prégnantes des enjeux pour les éleveurs amènent à se questionner de nouveau sur les axes de recherche fourragère à développer ou à renforcer.

Pour répondre à cette question, 7 scientifiques de l'INRA, 7 ingénieurs d'instituts techniques et 7 conseillers agricoles, spécialisés dans le domaine des fourrages ou de l'alimentation des ruminants, ont accepté d'être interviewés. Ces entretiens visaient, *via* des questions ouvertes, à i) **identifier les besoins actuels de recherche sur la valeur des fourrages** pour les ruminants et ii) **évaluer l'intérêt d'aller vers une évaluation multicritère de la valeur des aliments**. Ce second point implique d'identifier des critères autres que ceux caractérisant la valeur alimentaire pour évaluer les aliments, en considérant par exemple des critères en lien avec la santé animale, l'environnement ou la qualité des produits. Ce texte présente les priorités de recherche identifiées sur la valeur des fourrages, à partir de la synthèse de ces entretiens (réalisés entre avril 2013 et juin 2014), enrichie de références bibliographiques récentes.

## 1. Les priorités de recherche identifiées sur la valeur alimentaire

A la question ouverte « *quels sont aujourd'hui les besoins de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants ?* », toutes les personnes interrogées ont évoqué spontanément des questions liées à la valeur alimentaire des fourrages. La valeur alimentaire d'un aliment associe sa valeur nutritionnelle (teneurs en énergie, protéines, minéraux...) et l'aptitude de cet aliment à être ingéré (INRA, 2007). Le tableau 1 présente la liste des questions de recherche citées en fonction de la composition du panel d'experts. Ces questions impliquent avant tout l'acquisition

de connaissances sur des fourrages ou des critères de composition chimique non référencés dans les *Tables* de valeurs des aliments (INRA, 2007), mais également l'amélioration des méthodes de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. Les principales questions de recherche citées sont analysées ci-dessous.

### ■ Caractériser la valeur alimentaire de ressources fourragères « nouvelles »

La caractérisation de la valeur alimentaire des « nouvelles » ressources fourragères cultivées aujourd'hui et non référencées dans les *Tables* est le premier besoin de recherche identifié par les personnes interrogées (cité par 72 % des personnes interrogées dont 100 % des conseillers agricoles, tableau 1). Ces nouvelles ressources fourragères permettent une disponibilité en ressources pâturables tout au long de l'année, et notamment durant les périodes délicates que sont l'été et l'automne-hiver, renforçant ainsi l'autonomie alimentaire des élevages. Les experts ont cité (tableau 2) des plantes résistantes à la sécheresse utilisées pendant la période estivale comme **les graminées en C4** (moha, millet...) associées ou non avec une légumineuse (par ex. le trèfle d'Alexandrie). Les plantes en C4 sont originaires des zones intertropicales et caractérisées par un type de photosynthèse où les premières molécules synthétisées comportent 4 atomes de carbone, contrairement aux plantes tempérées qui synthétisent des molécules à 3 atomes de carbone. Les graminées en C4 seraient mieux adaptées aux conditions de chaleur et d'aridité. Pendant la période d'automne-hiver, ce sont, par exemple, **des crucifères** (colza fourrager, chou fourrager, moutarde...) ou des cultures dérobées qui sont pâturées. **Les cultures dérobées** (trèfle incarnat, vesce, phacélie, sarrasin, avoine brésilienne...), utilisées comme couverts végétaux pendant les périodes d'intercultures, constituent un apport de fourrage complémentaire intéressant lorsque les prairies et les autres cultures fourragères ne produisent pas suffisamment ou pour constituer des stocks. Beaucoup des cultures dérobées sont consommées sous forme d'ensilage.

Question sur la valeur alimentaire des fourrages	Citée par*				
	N	%	Recherche	Institut	Conseil
La valeur alimentaire de « nouvelles » ressources fourragères utilisées aujourd'hui	15	72	++	+++	+++
La prévision de la valeur alimentaire des mélanges d'espèces	13	61	++	++	++
La précision de l'ingestion des fourrages	7	33	++	++	+
Les liens entre l'ingestion et la qualité organoleptique des fourrages.	5	24	++	+	++
Différence entre la valeur alimentaire mesurée aujourd'hui et les valeurs des tables INRA	6	29	+	+	++
Les sucres solubles : rôles, mesure, intérêts pour la formulation	5	24	+	+	++
Effet du changement climatique sur la valeur alimentaire des fourrages	3	14	-	+	+
Les légumineuses : intérêts pour l'animal et place dans le système fourrager	3	14	+	+	+
Nature de l'énergie apportée par les fourrages (amidon vs. fibres vs. sucres solubles)	3	14	-	++	-
Interprétation des valeurs NDF/ADF des fourrages	3	14	+	+	+
Conservation des fourrages et valeur alimentaire	2	10	+	-	+

\* Seules les questions citées par au moins 2 personnes sont présentées  
N : nombre de personnes parmi l'échantillon constitué de 7 scientifiques, 7 ingénieurs des instituts techniques et 7 conseillers agricoles  
+++ : question citée par plus de 5 personnes dans le groupe ; ++ : question citée par 3 ou 4 personnes ; + : question citée par 2 personnes ou moins

TABLEAU 1 : Liste des questions de recherche sur la valeur alimentaire des fourrages identifiées par les personnes interrogées.

TABLE 1 : Forage value research questions of interest identified by the respondents.

**Plantes résistantes à la sécheresse  
ou cultures de "soudure" d'été**

Moha (*Setaria italica*)  
Millet (*Panicum miliaceum*)  
Millet perlé (*Pennisetum glaucum*)  
Sorgho (*Sorghum bicolor*)  
Plantain (*Plantago lanceolata*)  
Chicorée (*Cichorium intybus*)  
Trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum*)  
Trèfle de Perse (*Trifolium resupinatum*)

**Cultures d'automne  
ou d'hiver**

Avoine brésilienne (*Avena strigosa*)  
Phacélie (*Phacelia tanacetifolia*)  
Trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*)  
Trèfle hybride (*Trifolium hybridum*)  
Colza fourrager (*Brassica napus oleifera*)  
Moutarde (*Sinapis alba*)  
Radis fourrager (*Raphanus sativus*)  
Navette (*Brassica rapa*)

**TABLEAU 2 : Les principales ressources fourragères à caractériser, mentionnées par les experts.**

**TABLE 2 : Main forage types that should be studied according to the respondents.**

Les **ressources ligneuses** (arbustes, feuilles d'arbre, lianes) ont également été mentionnées.

**Pour ces ressources, il n'existe ni références** dans les *Tables*, **ni équations de prévision** de leurs valeurs énergétique (exprimée en UF, unités fourragères), protéique (en PDI, gramme de protéines digestibles au niveau de l'intestin) et d'ingestibilité (en UE, unité d'encombrement), en partie à cause du manque de données de digestibilité et d'ingestion mesurées *in vivo*. Aujourd'hui, la valeur alimentaire de ces nouvelles ressources est généralement estimée en utilisant des équations existant pour d'autres fourrages ; par exemple, l'équation luzerne / trèfle violet est utilisée pour les trèfles d'Alexandrie et incarnat. Cependant, plusieurs des personnes interrogées rapportent un décalage entre les valeurs alimentaires prédites par cette méthode pour ces trèfles et les réponses zootechniques observées dans les troupeaux. Pour certaines ressources, des références sont disponibles dans les zones tropicales et méditerranéennes (<https://www.feedipedia.fr>) ou en Nouvelle-Zélande et Australie (FULKERSON *et al.*, 2007 ; BARRY, 2013). Cependant, les conditions d'obtention de ces références et l'utilisation des ressources sont différentes de celles observées en France.

**Ces ressources fourragères constitueraient des fourrages de qualité nutritive intéressante** (MORAND *et al.*, 2013 ; MESLIER *et al.*, 2014) et certaines pourraient également présenter **d'autres avantages pour l'animal** car elles contiennent des composés secondaires (tanins, polyphénols... ; OLESZEK *et al.*, 2007 ; PRATI *et al.*, 2007) susceptibles d'améliorer **la santé des ruminants** : le trèfle incarnat et le trèfle d'Alexandrie présenteraient peu de risque de météorisation en comparaison avec le trèfle violet et la luzerne (DUKE, 1981 ; SIMS *et al.*, 1991). Elles permettraient également de **limiter les rejets d'azote et de méthane et d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits animaux** : KÄLBER *et al.* (2011) ont observé une augmentation des teneurs en acides gras d'intérêt et en composés phénoliques dans le lait lorsque les vaches recevaient des rations à base de trèfle d'Alexandrie, de sarrasin ou de phacélie en comparaison avec une ration à base de ray-grass.

## ■ Prévoir la valeur alimentaire des associations d'espèces

De nombreux experts (61 % des personnes interrogées, tableau 1) ont également identifié le besoin de

**développer des équations de prévision de la valeur alimentaire des associations d'espèces** (mélanges céréales - protéagineux, associations graminées - légumineuses) **et des mélanges prairiaux complexes**. Cette demande est en partie liée à un **regain d'intérêt pour implanter des légumineuses en association** avec des graminées ou des céréales. En effet, l'augmentation de la part des légumineuses dans les rotations présente différents intérêts sur le plan agroécologique (par exemple, la réduction des apports d'intrants, la limitation des adventices et de certains ravageurs ou le maintien de la biodiversité *via* l'attrait d'insectes pollinisateurs), mais également économique en raison de la dépendance en concentrés protéiques de plus en plus coûteux (CAVAILLÈS, 2010 ; VERTÈS *et al.*, 2010 ; CORRE-HELLOU *et al.*, 2013). Les associations de graminées et de légumineuses « classiques » (par exemple, trèfle violet et ray-grass, luzerne et fétuque) sont utilisées, mais plusieurs des personnes interrogées ont mentionné l'utilisation aujourd'hui d'autres associations graminées - légumineuses (par exemple, l'avoine brésilienne ou le ray-grass hybride avec la vesce, le trèfle incarnat ou le trèfle hybride) ou des associations de crucifères (navet, colza) ou de chicorée avec une légumineuse ou une graminée...

Aujourd'hui, **la prévision de la valeur alimentaire des associations est basée sur les équations INRA établies pour des graminées et des légumineuses fourragères en faisant l'hypothèse d'additivité** de la digestibilité et de l'ingestibilité des différentes espèces constituant le mélange. Ce calcul nécessite de connaître la composition botanique du mélange. Il serait intéressant d'avoir des équations de prévision spécifiques à ces associations, ne nécessitant plus le tri manuel des espèces du mélange qui exige un grand investissement de temps. De plus, la valeur alimentaire réelle du mélange est parfois différente de celle calculée à partir de la valeur alimentaire de chaque espèce prise séparément car des **effets associatifs** entre les différentes espèces du mélange peuvent se produire sur la digestion et l'ingestion (synthèse de NIDERKORN et BAUMONT, 2009). De même, il n'existe pas de références solides dans les *Tables INRA* pour les prairies multispécifiques c'est-à-dire comprenant au moins trois espèces (DELABY *et al.*, 2007).

Dans une revue récente, LÜSCHER *et al.* (2014) détaillent **les avantages potentiels, au niveau de l'animal, de l'utilisation de légumineuses** : amélioration de l'ingestion et des performances, diminution des rejets de méthane... Certaines des personnes interrogées souhaiteraient la mise en place d'études sur l'utilisation des légumineuses pour

mieux connaître les effets sur les performances et la santé des animaux, les intérêts de nouvelles variétés (par exemple, pour la luzerne) ou de nouvelles espèces, notamment celles riches en composés secondaires (par exemple, le lotier ou la minette qui contiennent des tanins). Les légumineuses à tanins améliorent la valeur nutritive de la ration (AUFÈRE *et al.*, 2013).

## ■ Améliorer la prévision de l'ingestion des fourrages

Près d'un tiers des personnes interrogées (tableau 1), et notamment celles travaillant sur les bovins viande et les petits ruminants, ont relevé que **la prévision de l'ingestion des fourrages** par les animaux à partir des *Tables INRA manquait de précision*. Ceci peut être lié à l'estimation des valeurs d'encombrement des fourrages et/ou à l'estimation de la capacité d'ingestion de ces animaux. Certains ont aussi souligné qu'il serait intéressant d'**étudier les liens entre l'ingestion (valeur d'encombrement) et la qualité organoleptique des fourrages**. En effet, on sait que les caractéristiques sensorielles des aliments affectent le comportement alimentaire des ruminants et notamment l'ingestion, *via* à la fois la préférence intrinsèque de l'animal pour l'aliment et une modulation de cette préférence selon son expérience vis-à-vis de cet aliment (DISTEL *et al.*, 1996) et selon son état (état de faim notamment) (FAVREAU-PEIGNÉ *et al.*, 2013). Ces composantes de la palatabilité de l'aliment participent à créer de la variabilité dans l'acceptation d'un fourrage par l'animal et peuvent expliquer les observations faites par certains experts que, à même valeur nutritive, la motivation des animaux pour un fourrage donné varie.

## ■ Autres besoins de recherche cités

Six personnes ont mentionné que les valeurs alimentaires observées aujourd'hui sur le terrain pour certains fourrages sont plus variables et différentes de celles proposées dans les *Tables INRA*. Par exemple, la valeur azotée (MAT et PDI) de certains fourrages conservés (foins de prairie, ensilages d'herbe) mesurée aujourd'hui serait très inférieure aux valeurs des *Tables*. Les valeurs énergétiques (UF) de certains foins seraient aussi surévaluées dans les *Tables*. Des travaux récents ont montré que les valeurs alimentaires moyennes des prairies permanentes françaises « en vert » étaient conformes aux références INRA, mais avec une variabilité très importante entre parcelles qui peut être prise en compte par les typologies de prairies proposées (BAUMONT *et al.*, 2012). Par ailleurs, les pratiques de culture, de récolte et de conservation actuelles, et notamment la diminution de la fertilisation azotée et l'évolution du matériel de fanage, pourraient diminuer plus fortement la valeur alimentaire des fourrages conservés en comparaison avec les références proposées dans les *Tables INRA*. Le besoin d'études de l'évolution de la valeur alimentaire des fourrages conservés au cours de la durée de leur stockage (de quelques mois à deux ans lors de reports) a également été évoqué.

## 2. De nouveaux critères pour évaluer les ressources alimentaires et les rations des ruminants ?

Les enjeux actuels font que l'alimentation des ruminants ne peut plus être raisonnée uniquement comme la satisfaction des besoins nutritionnels pour maximiser les objectifs de production. Ils amènent à vouloir tenir compte d'autres critères pour évaluer les aliments et les rations comme des critères en lien avec la santé animale, l'environnement ou la qualité des produits.

A la question ouverte sur l'intérêt d'aller vers une évaluation multicritère de la valeur des aliments, la majorité des experts pensent qu'il serait **intéressant d'évaluer les aliments avec d'autres critères que ceux caractérisant leur valeur alimentaire**. Mais il n'y a pas, selon eux, de demande formulée sur le terrain pour une évaluation multicritère de la valeur des fourrages ou des rations. Selon les personnes interrogées, l'évaluation de l'impact des fourrages et des rations sur **la santé animale** susciterait pourtant aujourd'hui un intérêt fort auprès des agriculteurs. Au contraire, en l'absence de contraintes réglementaires ou d'incitations financières, l'évaluation des **impacts sur la qualité des produits animaux ou sur l'environnement** présenterait moins d'attente auprès des agriculteurs car leur objectif prioritaire est d'apporter une ration saine, équilibrée et en quantité suffisante à leurs animaux. L'étiquetage environnemental des produits animaux ou le conditionnement des aides pourraient amener les agriculteurs à s'intéresser plus fortement à ces deux critères. Quelques experts ont souligné l'importance du critère **coût de production** dans l'évaluation des aliments car, pour les éleveurs, un coût d'alimentation le moins élevé possible est un critère prioritaire de choix.

D'après les personnes interrogées, il serait pertinent d'**appliquer l'évaluation multicritère à la ration plutôt qu'aux aliments** car un outil d'évaluation des rations est plus approprié à une utilisation sur le terrain. De plus, des effets compensateurs ou des interactions entre les différents aliments d'une ration peuvent exister, modifiant les conclusions obtenues à l'échelle de la ration en comparaison avec celles obtenues en évaluant les aliments. Les phénomènes d'interactions digestives, par exemple, modifient la valeur d'un aliment dans une ration (SAUVANT et NOZIERE, 2013). L'évaluation multicritère à l'échelle des rations nécessite, cependant, de définir des indicateurs sur les fourrages et les aliments concentrés pour évaluer leurs impacts sur ces différents critères (santé animale, qualité des produits, environnement).

## ■ Impacts sur la santé

Pour l'évaluation des impacts des fourrages et des rations sur la santé animale, les personnes interrogées ont identifié comme critères les plus intéressants des **critères correspondant à des effets potentiels positifs ou négatifs** sur la santé animale : les risques d'intoxication,

Santé animale*	Environnement	Qualité des produits
- Évaluation du confort ou d'un inconfort digestif (risques d'acidose et de météorisation) (+++)	- Valeur méthanogène, rejets azotés (++)	- Lien entre les micro-constituants du fourrage et leurs teneurs dans le lait et la viande (+)
- Parasitisme, effet des plantes à tannins (+++)	- Rejets minéraux (+)	
- Risques d'intoxication (++)		
* Niveau d'intérêt : +++ : fort, ++ : moyen et + : faible		

TABLEAU 3 : Les principaux critères des dimensions de santé animale, environnement et qualité des produits cités par les experts et leur niveau d'intérêt.

TABLE 3 : Main criteria of interest related to animal health, the environment, and product quality, as well as their relative importance, according to the respondents.

les risques d'inconfort digestif et les effets antiparasitaires de certaines plantes (tableau 3).

### • Risque de toxicité

Certains aliments sont toxiques car ils entraînent des troubles du fonctionnement de l'organisme ou la mort après ingestion. La toxicité peut être directement **liée à certains composés secondaires des plantes**, comme par exemple, les glucosinolates présents dans certaines crucifères (BARRY, 2013), l' $\alpha$ -cyanoalanine dans certaines variétés de vesce (BELL, 2003), les phyto-œstrogènes dans certaines légumineuses (PONTER *et al.*, 2013). L'accumulation de ces composés dans la plante est souvent une réponse physiologique à un stress ou aux conditions climatiques (PAVARINI *et al.*, 2012). La toxicité peut aussi être due **à une mauvaise conservation du fourrage**, notamment sous forme d'ensilage, entraînant le développement de micro-organismes indésirables et de leurs métabolites (synthèse de DUNIÈRE *et al.*, 2013). Cependant, de bonnes pratiques agronomiques de récolte et de conservation permettent de minimiser les risques de contamination des ensilages (AFSSA, 2004). De plus, la mesure de certains indicateurs simples, comme le pH, peuvent renseigner sur la qualité de la conservation d'un ensilage (DULPHY et DEMARQUILLY, 1981).

### • Risque d'inconfort digestif

L'acidose et la météorisation au pâturage sont deux pathologies digestives liées à l'alimentation encore très répandues aujourd'hui dans les élevages de ruminants. D'après les personnes interrogées, il y a une attente sur le terrain de référentiels simples basés sur des caractéristiques des aliments et/ou des rations qui renseigneraient des risques potentiels de ces deux problèmes digestifs.

**La météorisation au pâturage** résulte d'une interaction entre l'animal, les microbes du rumen et des particules fines du fourrage, et se caractérise par l'accumulation de gaz dans le rumen qui altère les fonctions digestive et respiratoire. **La combinaison des facteurs responsables du météorisme n'a pas encore été clairement identifiée**, empêchant en effet de disposer d'un ou plusieurs indicateurs fiables du risque de météorisation. Les facteurs causaux potentiels sont une forte concentration en protéines solubles et/ou en glucides solubles, la

présence de saponines, l'absence de tanins ou une vitesse de dégradation rapide (COULMAN *et al.*, 2000).

**L'acidose ruminale** se produit lorsque le pH du rumen reste inférieur à 6 pendant un temps prolongé chaque jour. Cette pathologie affecte l'ingestion, la digestion et la production des animaux et peut entraîner des diarrhées, des inflammations ou des ulcères du foie et de la caillette. Bien que **de nombreux indicateurs du risque acidogène d'une ration soient disponibles** (SAUVANT et PEYRAUD, 2010), l'utilisation de ces indicateurs sur le terrain serait limitée d'après plusieurs des personnes interrogées du fait du grand nombre d'indicateurs potentiels et d'un manque d'information pour bien les interpréter.

### • Propriétés antiparasitaires des plantes à tanins

**Les tanins contenus dans certains fourrages présentent des propriétés antiparasitaires** contre les strongles digestifs (HOSTE *et al.*, 2006). Ces parasites, très répandus chez les ruminants qui pâturent, causent des pertes économiques importantes dans les élevages et ils sont de plus en plus résistants aux traitements chimiques. Les propriétés anthelminthiques des tanins concernent principalement **des légumineuses fourragères** comme le sainfoin, le lotier ou le sulla (PILUZZA *et al.*, 2014).

## ■ Impacts sur l'environnement et la qualité des produits de ruminants

### • Rejets animaux

Pour les critères d'environnement, **connaître la quantité de méthane et la quantité d'azote rejetées** par l'animal suite à la consommation d'une ration **a été évoqué** par plusieurs experts **comme un point clé** (tableau 2). L'élevage est responsable de plus de 90 % des émissions nationales d'ammoniac (PEYRAUD *et al.*, 2012) et de près de 75 % des émissions de méthane (CITEPA, 2014). Le choix des aliments qui constituent la ration peut influencer les rejets de méthane et d'azote, et la répartition de cet azote entre fèces et urine (DOREAU *et al.*, 2011 ; PEYRAUD *et al.*, 2012). D'ailleurs, de nombreux modèles ont été

développés ces dernières années pour estimer les quantités rejetées de méthane (synthèses de ELLIS *et al.*, 2009, et SEJIAN *et al.*, 2011) et d'azote urinaire et fécal (CUTULLIC *et al.*, 2013) à partir de la composition chimique des rations ou de leurs caractéristiques digestives.

#### • **Qualité nutritionnelle des produits de ruminants**

Quelques experts ont mentionné le lien entre **les micro-constituants des aliments** (acides gras, minéraux, vitamines, caroténoïdes, polyphénols...) et leur concentration dans les produits animaux (lait, viande) comme critères pour la qualité des produits. Ces composés ont un intérêt nutritionnel pour la santé humaine (BRAVO, 1998 ; BARCELÓ-COBLIJN *et al.*, 2009 ; GRAULET, 2014).

**Les consommateurs sont de plus en plus concernés par les relations entre l'alimentation et leur santé, ce qui accroît leur intérêt pour la valeur nutritionnelle des produits laitiers et carnés.** Le lait et la viande sont des sources potentielles d'acides gras polyinsaturés, de vitamines ou de caroténoïdes, nutriments intéressants pour la santé humaine et dont la teneur peut être influencée par l'alimentation des animaux. En effet, des relations positives entre les quantités ingérées par l'animal et les quantités dans le lait et la viande d'acides gras (MOLONEY, 2012), de  $\beta$ -carotène et de vitamine E (GRAULET, 2014) ont été établies. D'ailleurs, les *Tables d'alimentation* des pays du nord de l'Europe (NORFOR, 2011) proposent désormais des teneurs moyennes en acides gras polyinsaturés, en  $\beta$ -carotène et en vitamines A et E pour les principaux aliments des ruminants permettant de tenir compte de ces critères pour formuler les rations. Des valeurs de composition en acides gras des fourrages seront proposées dans la prochaine version des *Tables INRA* (MAXIN *et al.*, 2013).

### 3. Discussion, perspectives et conclusion

Malgré le petit nombre de personnes interrogées (21 personnes), **ces entretiens ont permis d'identifier plusieurs besoins de recherche sur les fourrages et dont l'importance est confirmée par la bibliographie française et internationale récente.** Les axes de recherche identifiés concernent d'abord l'acquisition de connaissances sur la valeur alimentaire des fourrages pour caractériser des ressources fourragères nouvelles permettant de sécuriser les systèmes fourragers et d'améliorer l'autonomie protéique des élevages, mais également pour améliorer les méthodes de prévision de la valeur alimentaire des fourrages, notamment en mélanges.

Ces entretiens ont souligné aussi la nécessité de mieux prendre en compte l'impact des fourrages et de leur utilisation dans les rations sur la santé des animaux. Ceci confirme que **l'évaluation des ressources alimentaires et des rations pour les ruminants doit évoluer pour intégrer de nouveaux critères** dont les impacts sur la santé animale. Mais des critères liés à l'impact sur l'environnement et la qualité des produits animaux sont aussi à prendre en compte, même si la majorité des personnes interrogées dans ce travail n'ont pas cité ces critères comme prioritaires pour évaluer les rations. Ce résultat peut s'expliquer par le panel d'experts, principalement composé de zootechniciens, et qui a pu orienter les réponses vers des critères à l'échelle de l'animal. Les systèmes d'évaluation des rations pour les ruminants ont déjà commencé à évoluer vers une évaluation multicritère, en particulier en France avec le projet Systali de rénovation des systèmes d'alimentation des ruminants (NOZIÈRE *et al.*, 2013). Plusieurs autres systèmes proposent aussi des réponses multiples des animaux sur les rejets ou certains aspects de santé animale, par exemple, les rejets d'azote et de phosphore (CNCPS : HIGGS *et al.*, 2012 ; NORFOR : KARLENGEN *et al.*, 2012) ou le risque d'acidose (CBV, 2011 ; NORFOR, 2011). Par ailleurs, MAKKAR (2013) a récemment introduit le concept de « rations durables » pour les animaux d'élevage basé sur un système qui intégrerait les dimensions de la durabilité pour évaluer les rations.

Enfin, l'analyse de ces entretiens et de la bibliographie permet de proposer quelques **axes de recherche prioritaires** à mettre en place ou à renforcer sur la valeur des fourrages pour les ruminants.

Finalment, l'analyse de ces entretiens et de la bibliographie permet de proposer quelques **axes de recherche prioritaires** à mettre en place ou à renforcer sur la valeur des fourrages pour les ruminants.

- **Prévision de la valeur alimentaire des associations fourragères.** Il semble nécessaire de développer une méthode de prévision de la valeur alimentaire spécifique aux mélanges afin de i) ne plus devoir déterminer la composition botanique du mélange et ii) tenir compte des effets associatifs entre espèces sur la digestion et l'ingestion. Cette méthode devra être générique afin de pouvoir s'adapter à tous les mélanges d'espèces plus ou moins complexes. Pour cela, les interactions entre les familles de plantes (graminées, légumineuses et autres dicotylédones) sur l'ingestion et la digestion doivent être étudiées et quantifiées, ainsi que le rôle des plantes qui contiennent des composés secondaires. Le développement de méthodes rapides et précises pour estimer la composition botanique des mélanges (proportion de graminées, légumineuses et d'autres dicotylédones) reste aussi un enjeu essentiel.

- **Améliorer la prévision de l'ingestibilité des fourrages.** Pour cela, il est indispensable de continuer à étudier les déterminants de l'ingestion et des choix alimentaires des ruminants. De plus, comme évoqué précédemment, la valeur sensorielle des fourrages doit être considérée dans la prévision de l'ingestion même si sa quantification est délicate compte tenu de sa variabilité interindividuelle et de son interaction avec les caractéristiques nutritionnelles de l'aliment. Une perspective consisterait à définir des critères de prévision spécifiques aux trois principales composantes déterminant l'ingestibilité des fourrages (encombrement du rumen, produits de la fermentation ruminale et caractéristiques sensorielles), et donc à réviser en profondeur le système des unités d'encombrement.

- **Construction d'indicateurs des fourrages pour une évaluation multicritère des rations.** Il s'agit tout d'abord de définir des critères adaptés aux besoins des

éleveurs pour évaluer les rations sur les dimensions de valeur alimentaire, santé animale, rejets et qualité des produits. Puis, de définir quels sont les indicateurs qui caractérisent les aliments et qui renseignent sur l'impact des rations sur ces différents critères.

- Enfin, c'est à la recherche d'**effectuer une veille sur la valeur alimentaire des ressources fourragères** utilisées afin de maintenir à jour les références.

Accepté pour publication,  
le 8 décembre 2014.

**Remerciements** à l'ensemble des personnes interrogées : A. Féraud, P.-V. Protin (ARVALIS-Institut du végétal, La Jaillière), E. Florel (Chambre d'Agriculture de l'Ardèche), J.-P. Coutard (Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire, Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou), P. Pierre (Chambre d'Agriculture de la Mayenne), B. Delmas (Chambre d'Agriculture de l'Aveyron), P. Andraud, B. Baumont, J. Zapata (EDE du Puy de Dôme), J.-C. Emile (INRA UE Ferlus, Lusignan), J. Agabriel, M. Doreau, P. Nozière (INRA UMR Herbivores, Clermont-Ferrand), L. Delaby, R. Delagarde, J.-L. Peyraud (INRA UMR Pegase, Rennes), P. Brunschwig, J. Devun, J.-P. Farrié, J. Pavie, E. Pottier (Institut de l'Élevage).

Je remercie également D. Andueza, R. Baumont et P. Nozière (INRA UMR Herbivores) pour leurs apports suite à la relecture de cet article.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFSSA (2004) : *Bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires*, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), 119 p.
- AUFRÈRE J., DUDILIEU M., ANDUEZA D., PONCET C., BAUMONT R. (2013) : "Mixing sainfoin and lucerne to improve the feed value of legumes fed to sheep by the effect of condensed tannins", *Animal*, 7, 82-92.
- BARCELÓ-COBLIJN G., MURPHY E.J. (2009) : "Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels", *Progress in Lipid Research*, 48, 355-374.
- BARRY T.N. (2013) : "The feeding value of forage brassica plants for grazing ruminant livestock", *An. Feed Sci. and Technology*, 181, 15-25.
- BAUMONT R., AUFRÈRE J., MESCHY F. (2009) : "La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation", *Fourrages*, 198, 153-173.
- BAUMONT R., MICHAUD A., DELABY L. (2012) : "Services fourragers des prairies permanentes : production d'herbe et valeur alimentaire pour les ruminants", *Fourrages*, 211, 219-228.
- BELL E.A. (2003) : "Nonprotein amino acids of plants: significance in medicine, nutrition, and agriculture", *J. Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2854-2865.
- BRAVO L. (1998) : "Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance", *Nutrition Reviews*, 56, 317-333.
- CAVAILLÈS E. (2010) : "Avantages environnementaux et économiques d'une relance des légumineuses en France", *Le Point sur*, n° 40, Commissariat général au développement durable, 4 p.
- CITEPA (2014) : *Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto*, édition de mars 2014.
- CORRE-HELLOU G., BÉDOUSSAC L., BOUSSEAU D., CHAIGNE G., CHATAIGNIER C., CELETTE F., COHAN J.P., COUTARD J.P., EMILE J.C., FLORIOT M., FOISSY D., GUIBERT S., HEMPTINNE J.L., LE BRETON M., LECOMPTÉ C., MARCEAU C., MAZOUÉ F., MÉROT E., MÉTIVIER T., MORAND P., NAUDIN C., OMON B., PAMBOU I., PELZER E., PRIEUR L., RAMBAUT G., TAUVEL O. (2013) : "Associations céréale-légumineuse multi-services", *Innovations Agronomiques*, 30, 41-57.
- COULMAN B., GOPLEN B., MAJAK W., MCALLISTER T., CHENG K. J., BERG B., HALL J., MCCARTNEY D., ACHARYA S. (2000) : "A review of the development of a bloat-reduced alfalfa cultivar", *Canadian J. Plant Science*, 80, 487-491.
- CUTULLIC E., FAVERDIN P., EDOUARD N., PEYRAUD J.L. (2013) : *Report of simulation to quantify the effect of the main factors affecting N balance at cow level*, Deliverable D7.3 of the Collaborative European Project FP7, Innovative and practical management approaches to reduce nitrogen excretion by ruminants (RedNex).
- CVB (2011) : *The Feed Tables*, Zoetermeer, The Netherlands.
- DELABY L., PECCATTE J.R., AUFRÈRE J., BAUMONT R. (2007) : "Description et prévision de la valeur alimentaire de prairies multi-espèces. Premiers résultats", *Rencontres Recherches Ruminants*, 14, 249.
- DISTEL R.A., VILLALBA J.J., LABORDE H.E., BURGOS M.A. (1996) : "Persistence of the effects of early experience on consumption of low-quality roughage by sheep", *J. Animal Sci.*, 74, 965-968.
- DOREAU M., MARTIN C., EUGÈNE M., POPOVA M., MORGAVI D.P. (2011) : "Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants", *INRA Productions Animales*, 24, 461-474.
- DUKE J. A. (1981) : *Handbook of legumes of world economic importance*, Plenum Press, New York, USA, 181-267.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C. (1981) : "Problème particuliers aux ensilages", *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, éd. INRA publications, Versailles, 81-104.
- DUMONT B., FORTUN-LAMOTHE L., JOUVEN M., THOMAS M., TICHIT M. (2013) : "Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century", *Animal*, 7, 1028-1043.
- DUNIÈRE L., SINDOU J., CHAUCHEYRAS-DURAND F., CHEVALLIER I., THÉVENOT-SERGENTET D. (2013) : "Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms", *An. Feed Sci. and Technology*, 182, 1-5.
- ELLIS J.L., KEBREAB E., ODONGO N.E., BEAUCHEMIN K., MCGINN S., NKUMAH J.D., MOORE S.S., CHRISTOPHERSON R., MURDOCH G.K., MCBRIDE B.W., OKINE E.K., FRANCE J. (2009) : "Modeling methane production from beef cattle using linear and nonlinear approaches", *J. Animal Sci.*, 87, 1334-1345.
- FAVREAU-PEIGNÉ A., BAUMONT R., GINANE C. (2013) : "Les rôles des caractéristiques sensorielles des aliments dans le comportement alimentaire des ruminants domestiques", *INRA Productions Animales*, 26, 25-34.
- FULKERSON W.J., NEAL J.S., CLARK C.F., HORADAGODA A., NANDRA K.S., BARCHIA I. (2007) : "Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: grasses and legumes", *Livestock Sci.*, 107, 253-264.
- GRAULET B. (2014) : "Ruminant milk: a source of vitamins in human nutrition", *Animal Frontiers*, 4, 24-30.
- HIGGS R.J., CHASE L.E., VAN AMBURGH M.E. (2012) : "Development and evaluation of equations in the Cornell Net Carbohydrate and Protein System to predict nitrogen excretion in lactating dairy cows", *J. Dairy Science*, 95, 2004-2014.
- HOSTE H., JACKSON F., ATHANASIADOU S., THAMSBORG S.M., HOSKIN S.O. (2006) : "The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants", *Trends in Parasitology*, 22, 253-261.
- HUYGUE C. (2005) : "Incidences des évolutions de la politique laitière sur les orientations de la recherche fourragère", *Fourrages*, 181, 163-177.

- INRA (2007) : *Alimentation des bovins, ovins et caprins – besoins des animaux et valeurs des aliments*, éd. Quae, Versailles, France, 307 p.
- KÄLBER T., MEIER J.S., KREUZER M., LEIBER F. (2011) : “Flowering catch crops used as forage plants for dairy cows: influence on fatty acids and tocopherols in milk”, *J. Dairy Science*, 94, 1477-1489.
- KARLENGEN I.J., VOLDEN H., RYGH A.J., HARSTAD O.M. (2012) : “Nitrogen and phosphorus excretion in manure from dairy cows calculated by using NorFor”, *Proc. 3<sup>rd</sup> Nordic Feed Sci. Conf.*, 140-142.
- LÜSCHER A., MUELLER-HARVEY I., SOUSSANA J.F., REES R.M., PEYRAUD J.L. (2014) : “Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review”, *Grass and Forage Sci.*, 69, 206-228.
- MAKKAR H.P.S. (2013) : “Towards sustainable animal diets”, *Optimization of feed use efficiency in ruminant production systems*, FAO Animal Production and Health Proc., n°16, Rome, FAO and Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.
- MAXIN G., GLASSER F., DOREAU M., BAUMONT R. (2013) : “Prévision de la teneur en matières grasses et de la composition en acides gras des fourrages”, *Rencontres Recherches Ruminants*, 20, 49-52.
- MESLIER E., FÉRARD A., CROCO G., PROTIN P.V., LABREUCHE J. (2014) : “Faire face à un déficit fourrager en valorisant des couverts végétaux de bonne valeur nutritive”, *Fourrages*, 218, 181-184.
- MILNE J. (2002) : “Forage plant characteristics: how to meet animal requirements”, *Multi-function grasslands. Quality forages, animal products and landscapes*, ed. *Grassland Sci. in Europe*, vol. 7 British Grassland Society, 31-36.
- MOLONEY A.P. (2012) : “Potential of animal nutrition to decrease the saturated fatty acids in meat and milk”, *Lipid Technology*, 24, 199-203.
- MORAND N., CHABALIER C., TENDILLE R., MOUNIER P., DUPIC G., FAURE P., LACOUR C., VIOLLEAU S., ZAPATA J., PIROT A. (2013) : *Guide cultures dérobées fourragères et Fiches cultures dérobées fourragères*, Commission Régionale Auvergne autonomie fourragère, <http://www.allier.chambagri.fr/>, 14 p.
- NIDERKORN V., BAUMONT R. (2009) : “Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants”, *Animal*, 3, 951-960.
- NORFOR (2011) : *The Nordic feed evaluation system*, <http://feedstuffs.norfor.info/>
- NOURY J.M., FOURDIN S., PAUTHENET Y. (2013) : “Systèmes d'élevage et changement climatique : perceptions d'éleveurs et stratégies d'adaptation aux aléas”, *Fourrages*, 215, 211-219.
- NOZIÈRE P., SAUVANT D., PEYRAUD J.L. (2013) : “The evolution of INRA feeding systems for ruminants based on absorbed nutrients and animal responses”, Oltjen J.W., Kebreab E., Lapierre H. eds., *Energy and Protein Metabolism and Nutrition in Sustainable Animal Production*, EAAP Publication, Wageningen, The Netherlands, 315-316.
- OLESZEK W., STOCHMAL A., JANDA B. (2007) : “Concentration of Isoflavones and other phenolics in the aerial parts of Trifolium species”, *J. Agric. and Food Chemistry*, 55, 8095-8100.
- PAVARINI D.P., PAVARINI S.P., NIEHUES M., LOPES N.P. (2012) : “Exogenous influences on plant secondary metabolite levels”, *Animal Feed Science and Technology*, 176, 5-16.
- PEYRAUD J.L., CELLIER P., DONNARS C., RÉCHAUCHÈRE O. (2012) : *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, INRA, 68 p.
- PILUZZA G., SULAS L., BULLITTA S. (2014) : “Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability : a review”, *Grass and Forage Sci.*, 69, 32-48.
- PONTER A., REMY D., GRIMARD B. (2013) : “Prévention nutritionnelle des troubles de reproduction chez la vache laitière”, *Le Point Vétérinaire*, 69, 32-48.
- PRATRI S., BARAVELLI V., FABBRI D., SCHWARZINGER C., BRANDOLINI V., MAIETTI A., TEDESCHI P., BENVENUTI S., MACCHIA M., MAROTTI I., BONETTI A., CATIZONE P., DINELLI G. (2007) : “Composition and content of seed flavonoids in forage and grain legume crops”, *J. Separate Sci.*, 30, 491-501.
- PROTIN P.V., PELLETIER P., GASTAL F., SURAULT F., JULIER B., PIERRE P., STRAÉBLER M. (2014) : “Les prairies multi-espèces, un levier pour des systèmes fourragers performants”, *Fourrages*, 218, 167-176.
- SAUVANT D., PEYRAUD J.L. (2010) : “Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose”, *INRA Productions Animales*, 23, 333-342.
- SAUVANT D., NOZIÈRE P. (2013) : “La quantification des principaux phénomènes digestifs chez les ruminants : les relations utilisées pour rénover les systèmes d'unités d'alimentation énergétique et protéique”, *INRA Productions Animales*, 26, 327-346.
- SEJIAN V., LAL R., LAKRITZ J., EZEJI T. (2011) : “Measurement and prediction of enteric methane emission”, *Int. J. Biometeorology*, 55, 1-16.
- SIMS J.R., SOLUM D.J., WESTCOTT M.P., JACKSON M.P., KUSHNAK G.D., WICHMAN D.M., WELTY L.E., BERG R.K., ECKHOFF J.L., STALLKNECHT G.F., GILBERTSON K.M. (1991) : “Yield and bloat hazard of berseem clover and other forage legumes in Montana”, *Montana AgResearch*, Montana State Univ. Agric. Exp. Station, Bozeman, 4-10.
- VERTÈS F., JEUFFROY M.H., JUSTES E., THIÉBEAU P., CORSON M. (2010) : “Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation”, *Innovations Agronomiques*, 11, 25-44.
- VERTÈS F., LEON A.S., AUSSEMS E., VAN TILBEURGH V., THENAIL C. (2011) : “Place du changement climatique parmi les facteurs d'adaptation des systèmes fourragers dans les élevages laitiers du grand ouest de la France”, *Rencontres Recherches Ruminants*, 18, 170.



Association Française pour la Production Fourragère

---

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33.01.30.21.99.59 – Fax : +33.01.30.83.34.49 – Mail : [afpf.versailles@gmail.com](mailto:afpf.versailles@gmail.com)

Association Française pour la Production Fourragère