

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

Mieux valoriser la production des prairies pâturées et réduire le gaspillage, c'est possible !

R. Delagarde¹

RESUME

En systèmes pâturés, une bonne valorisation des prairies consiste principalement à permettre aux animaux de récolter une fraction importante de l'herbe qui a été produite, sachant que la quantité d'herbe produite varie dans des conditions très importantes selon le contexte pédo-climatique, le type de prairies et les pratiques agronomiques appliquées (fertilisation, amendement, irrigation). Bien valoriser, c'est globalement faire pâturer les animaux assez ras, avec un pâturage dit « sévère », mais sans sur-pâturage. La légère baisse des performances individuelles qui découle de cette pratique est plus que largement compensée sur l'année par le gain de productivité à l'hectare. De nombreux indicateurs existent, sur l'animal et sur la prairie, pour définir le degré de sévérité du pâturage à chaque passage du troupeau dans une parcelle. Ce degré de sévérité est quasiment indépendant des modes de gestion du pâturage (système de pâturage, fréquence entre passages, nombre de parcelles), qui ont intrinsèquement peu d'effet sur la production et la valorisation des prairies dans la gamme d'intérêt pratique. Entre une stratégie de gestion du pâturage « libérale » qui vise à maximiser l'ingestion par animal et une stratégie « sévère » visant à bien maîtriser les refus et à maximiser l'ingestion par hectare, des écarts de valorisation annuelle d'herbe de 1 t MS/ha (saison de pâturage courte) à 3 t MS/ha (saison de pâturage longue) sont possibles. Des études récentes dans un réseau de fermes commerciales ont montré que, dans chaque région française étudiée (Est, Centre, Ouest), la gamme de valorisation d'herbe va de 4 à 13 t MS/ha selon les parcelles.

SUMMARY

Increasing utilisation rate of grazed grasslands

In grazing systems, a great utilisation rate of grasslands occurs when management practices allow animals to consume a large proportion of the grass produced. Grass production can vary greatly depending on pedoclimatic conditions, grassland type, and agricultural practices (e.g., fertilisation, amendment, irrigation). A high utilisation rate is primarily achieved thanks to a low post-grazing sward height (i.e., grazing intensity is severe), although overgrazing should be avoided. The slight decrease in milk yield per animal that occurs under severe grazing conditions is more than made up for by greater annual milk yield per hectare. Several grassland or livestock indicators exist to gauge grazing severity following each grazing rotation in a given paddock. Grazing severity is largely independent of grazing management strategy (e.g., grazing system, grazing rotation duration, paddocks number), which, from a practical perspective, rarely intrinsically affects milk yield and grassland utilisation rate. On the contrary, the grassland utilisation rate may differ by between 1 t DM/ha/year (short grazing season) and 3 t DM/ha/year (long grazing season) based on whether grazing is lax (i.e., seeks to maximise individual intake) or severe (i.e., seeks to maximise intake per hectare). Recent results from commercial farms have shown that grassland utilisation rates range between 4 and 13 t DM/ha/year, depending on the paddock, in each of the French regions studied (east, centre, west).

Pourquoi bien valoriser la production d'herbe des prairies ?

L'alimentation est le poste de dépenses le plus coûteux en élevage de ruminants. Les systèmes de production basés sur le pâturage permettent de réduire le coût alimentaire, en raison du faible coût de production d'une prairie et de la possibilité de faire pâturer les troupeaux avec un coût très réduit de complémentation. La croissance et la disponibilité en herbe étant variables au cours de l'année et selon les années, notamment dans un contexte d'aléas climatiques, les éleveurs cherchent naturellement des moyens pour sécuriser leur système fourrager. Avant d'accroître

significativement l'apport de compléments ou de diversifier les ressources fourragères, il semble nécessaire et utile, quel que soit le système, de bien valoriser l'herbe qui a été produite dans les prairies. Qu'elles soient temporaires ou permanentes, les prairies, comme toute culture (et tout animal en production !), ont un « potentiel de production », mais qui reste une notion toute relative. En effet, la production d'herbe dépend à la fois des caractéristiques :

- des prairies : nature et type de flore, semée ou naturelle, âge,
- du sol : profondeur, texture, hydromorphie, capacité à retenir l'eau ou à fournir de l'azote, pente, orientation, etc.

AUTEURS

1 : PEGASE, INRAE, Institut Agro – Agrocampus Ouest, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France. remy.delagarde@inrae.fr

MOTS CLEFS : valorisation, prairie, pâturage

KEY WORD : utilisation rate, grasslands, grazing

REFERENCE DE L'ARTICLE : Delagarde R. (2020). Mieux valoriser la production des prairies pâturées et réduire le gaspillage, c'est possible !, *Fourrages*, 241, 1-10

- des conditions climatiques : type de climat, région, altitude, pluviométrie et température annuelles, répartition mensuelle et aléas des précipitations et des températures, etc.

A cela il faut ajouter les effets des interventions agronomiques et du degré d'intensification des prairies, qui affectent directement et parfois fortement le rendement potentiel et les équilibres entre familles botaniques et/ou espèces, comme les pratiques de fertilisation azotée minérale et/ou organique, la fertilisation P et K, le chaulage ou l'aération du sol (Reid, 1972; Delaby et Peyraud, 1998; Pierre et *al.*, 2013; Crocq et *al.*, 2015; Vericel et *al.*, 2020).

Pourquoi s'intéresser autant à la valorisation ?

En premier lieu parce qu'elle dépend directement des pratiques des éleveurs, avec des effets très importants sur l'efficacité de l'utilisation des ressources fourragères, sur l'efficacité technique de l'atelier, le besoin en surface, la capacité des prairies à nourrir les troupeaux, et au final sur l'efficacité économique et le revenu de l'éleveur (Delaby et Peyraud, 2009; Ramsbottom et *al.*, 2015; Romera et Doole, 2015). **Il ne s'agit pas de chercher à maximiser la production par hectare à tout prix**, avec les conséquences négatives que l'on connaît pour l'environnement, mais bien de valoriser l'existant, ce qui a poussé, ce qui est présent dans les parcelles, disponible, gratuit, et souvent de bonne valeur alimentaire, quel que soit le contexte pédo-climatique. C'est évidemment plus facile quand la croissance et la production d'herbe sont relativement stables sur de long mois, car cela implique moins de changements de stratégie, de modifications de surfaces, de fauches, de chargement. Pâture, c'est s'adapter à chaque paddock, à chaque cycle, en commençant bien l'année pour bien la finir. Enfin, sous tous les climats et quelle que soit la filière de production considérée, il est connu que **la gestion du pâturage est un compromis permanent** entre l'ingestion par animal, à qui il faut offrir beaucoup d'herbe pour qu'il ingère beaucoup, et l'ingestion par hectare, qui nécessite au contraire une offre par animal restreinte, afin de limiter la quantité d'herbe résiduelle après pâturage (ou la hauteur d'herbe en sortie de parcelle), ce qui a pour effet de réduire légèrement les performances individuelles (Hoden et *al.*, 1991; Delagarde, 2009).

Après avoir défini la valorisation de l'herbe et décrit les principales méthodes pour l'estimer, nous aborderons les indicateurs pratiques d'une bonne valorisation de l'herbe en systèmes pâturés, les principaux facteurs de gestion du pâturage affectant cette valorisation, ainsi que quelques gammes de variation observées en France dans des travaux récents.

1. Que signifie bien valoriser les prairies ?

1.1. Définitions :

Le vocabulaire usité autour de cette notion de valorisation des prairies est souvent multiple, pas toujours explicite, et plusieurs sens peuvent lui être donnés. On parle de rendement en herbe, de rendement moyen valorisé, d'herbe valorisée, d'herbe disparue, d'herbe ingérée, etc. Valoriser, c'est étymologiquement donner de la valeur. Dans le cas des prairies destinées à l'élevage d'herbivores, il faut partir du principe que produire de l'herbe ne sert à rien si au final elle n'est pas consommée par les troupeaux. Nous définissons donc ici la valorisation comme la quantité d'herbe consommée par les animaux, que ce soit par parcelle, par hectare, par jour, par cycle ou par an. Connaître ou estimer quantitativement la valorisation, en kg MS/ha/an, est intéressant et nécessaire pour raisonner globalement l'alimentation du troupeau, le planning prévisionnel ou le bilan fourrager. Cette quantité peut être estimée au travers de la consommation estimée des animaux sans connaître la quantité d'herbe présente ou produite (Chapitre 1.2). Connaître ou estimer le ratio entre la quantité d'herbe produite et celle valorisée permet en plus de définir un taux d'utilisation donc une efficacité d'utilisation de l'herbe, et donc d'analyser l'effet des pratiques sur les pertes, le gaspillage, ou au contraire le surpâturage. Raisonner ainsi nécessite cependant d'estimer à la fois l'herbe produite ou présente à l'entrée des animaux dans les parcelles et l'herbe consommée par les animaux, ce qui est plus complexe, très chronophage, et rarement réalisable en dehors de fermes expérimentales.

En systèmes de cultures avec récoltes, on parle plus de production que de valorisation, en considérant que la machine récolte tout et que la remorque pèse ce qui a été produit. Les pertes potentielles surviennent plus tardivement, lors de la conservation (fanage, pressage, ensilage, enrubannage) ou de l'alimentation du troupeau (distribution, refus). Ainsi, on attribue souvent au pâturage un gaspillage plus important (par exemple 20%) que dans le cas de récoltes mécaniques, comme si les animaux étaient moins efficaces qu'une barre de coupe, alors que la différence principale est un décalage dans le temps de ces pertes. Ainsi, dans le Grand Ouest, on compare fréquemment les rendements des prairies à ceux du maïs ensilage en ne comparant pas les mêmes chiffres. Pour l'herbe, il s'agit du rendement moyen valorisé à l'échelle de l'exploitation (méthode Réseau d'élevages, PraiCos, 2014), incluant bonnes et mauvaises parcelles, et intégrant toutes les pertes possibles), alors que pour le maïs, il s'agit souvent du rendement moyen mis au silo, donc avant pertes. De plus, le maïs n'a été généralement semé que dans les bonnes parcelles de l'exploitation. Ainsi, dans le Grand Ouest, si le maïs semble produire 60% de MS/ha de plus qu'une prairie moyenne (Tableau 1), l'écart n'est plus que de 30% si l'on compare les rendements valorisés en

MS. Et si l'on tient compte des énormes écarts de teneur en MAT entre les deux fourrages, c'est la prairie qui permet de valoriser 60% de plus de MAT/ha que le maïs (Tableau 1) !

	Prairie d'association pâturée	Maïs ensilage
Rendement à la parcelle tMS/ha	Inconnu	13
Pertes entre le champ et le silo	0%	5%
Pertes entre le silo et l'animal	0%	8%
Pertes à l'ingestion (refus)	0%	5%
Rendement valorisé (t MS/ha)	8	10,8
Teneur en MAT g/kg MS	150	70
MAT valorisées (kg/ha)	1200	756

TABLEAU 1: Estimation de la quantité de fourrage (prairies d'association ou maïs ensilage, en MS et en MAT) valorisé par hectare dans les conditions moyennes du Grand Ouest.

Table 1: Estimated per-hectare forage utilisation rate in western France under average conditions (mixed grasslands or maize silage, expressed in terms of DM and CP).

1.2. Méthodes de calcul de l'herbe valorisée

Au pâturage, l'herbe valorisée exprimée en kg MS/ha peut être estimée par de nombreuses méthodes, différant par leur échelle d'approche (du jour à l'année), par les variables nécessaires aux calculs (complexité plus ou moins importante), et par leur précision.

A l'échelle d'une parcelle et d'un passage (cycle), il est possible d'estimer l'herbe consommée :

- de manière simplifiée à partir des mesures de hauteurs d'herbe avant et après pâturage, grâce à un herbomètre à plateau, de la croissance de l'herbe, et en estimant ou mesurant la densité du couvert en kg MS/ha/cm. C'est la méthode « herbe disparue » (Delaby et Peyraud, 1998). Pour les vaches laitières, il est également possible d'utiliser les hauteurs avant et après pâturage pour estimer l'ingestion *via* le modèle simplifié INRA (Delagarde et al., 2006; INRA, 2010). La méthode « herbe disparue » est relativement imprécise, parfois biaisée, pour de multiples raisons, et ne doit pas être considérée comme la méthode de mesure de référence.

- en utilisant des modèles prévisionnels tenant compte d'un grand nombre de facteurs (biomasse ou

hauteur avant pâturage, caractéristiques complètes des animaux, analyse chimique de l'herbe, quantité ingérée de tous les compléments, quantité d'herbe offerte et temps d'accès au pâturage) (Delagarde et al., 2011; INRA 2018). Cette méthode n'est évidemment pas utilisable sur le terrain sans outil de calcul et sans de nombreuses mesures (<https://www.inration-ruminal.fr/>).

A l'échelle de l'année, il est possible d'estimer l'herbe consommée :

- pour chaque parcelle, à partir du produit entre le nombre de journées de pâturage (effectif du troupeau × nombre de jours de présence enregistrés à chaque passage) et d'une estimation moyenne de l'herbe ingérée par animal et par jour, tenant compte de plus ou moins de facteurs, comme dans la méthode HerbValo (Delagarde et al., 2017), mais aussi dans de nombreux outils de gestion du pâturage (Pâtur'In, Herb'Evol, PaturPlan, PaturNet), avec une approche calculatoire encore plus simplifiée. Toutes ces méthodes restent simples et applicables en fermes commerciales, car ne nécessitant pas de mesures spécifiques dans les prairies. Elles requièrent cependant l'enregistrement des pratiques à chaque utilisation de la parcelle (temps de séjour, effectif, complémentation, etc).

- pour la totalité de la surface en herbe de l'exploitation, en calculant un bilan fourrager annuel tenant compte des effectifs UGB totaux, de leurs besoins totaux en fourrages, des fourrages complémentaires, des variations de stock fourragers annuels, et de la surface totale des prairies. C'est la méthode du rendement moyen valorisé (PraiCos, 2014), utilisée notamment pour les fermes suivies dans les réseaux d'élevage.

Pour une parcelle et un passage donnés, le calcul du taux d'utilisation de l'herbe (= herbe ingérée / herbe présente) nécessite de mesurer ou d'estimer en plus la quantité d'herbe présente avant pâturage (biomasse, kg MS/ha). La difficulté d'interprétation de ce taux d'utilisation provient du fait que la valeur absolue de la biomasse présente dépend énormément de la hauteur à laquelle la quantité d'herbe présente est estimée (ou fauchée), en raison d'une grande densité du couvert dans les strates inférieures (2,5 t MS/ha en dessous de 5 cm; Delagarde et al., 2000). Ainsi, dans la gamme classique de gestion du pâturage (de libéral à très sévère, Delagarde et al., 2017), le taux d'utilisation de l'herbe, pour un cycle donné, varie dans une gamme très large : de 30% à 60% si l'on considère toute l'herbe présente au ras du sol, de 50% à 100% si l'on considère l'herbe présente au-dessus de 2 à 3 cm du sol, et de 70% à 130% si l'on considère uniquement l'herbe présente au-dessus de 5 cm du sol (Figure 1).

Il serait encore plus difficile d'estimer la part d'herbe consommée sur la quantité d'herbe réellement produite depuis le dernier passage, en raison de la très grande difficulté à mesurer la croissance d'herbe réelle entre 2 passages, tenant compte à la fois de la sénescence possible et de l'accumulation de biomasse dans les strates inférieures, souvent non mesurable.

2. Indicateurs de la valorisation à court terme et à l'échelle du paddock

A l'échelle d'un paddock, il existe de nombreux indicateurs pratiques du taux d'utilisation de l'herbe. Mais la plupart nécessitent souvent de la part de l'éleveur ou du conseiller quelques années d'expérience, du recul, voire des mesures dans les prairies (à l'herbomètre ou à la règle graduée) ou sur les animaux (production laitière, comportement). Avec le temps, l'expérience acquise permet souvent de faire un lien direct entre une stratégie de sévérité du pâturage et des observations dans les parcelles en cours de pâturage ou juste pâturées : c'est bien pâturé, c'est râpé, c'est rasé, il reste de l'herbe, etc...

2.1. Indicateurs animaux

L'indicateur « animal » sans doute le plus facile à comprendre et à utiliser est **l'évolution de la courbe de production laitière au cours du temps de séjour**, étudiée, modélisée et utilisée avec succès depuis les années 1980 à la ferme INRA du Pin-au-Haras pour mettre au point le pâturage tournant simplifié, avec un temps de présence moyen par parcelle de 10 jours et un temps de retour de 25 à 50 jours selon les saisons. Ce système de pâturage conduit à des performances par animal et par hectare similaires à celles d'un pâturage au fil (Hoden et al., 1986 ; Hoden et al., 1991). Dans ce système, c'est l'amplitude de la baisse de production laitière moyenne du troupeau en fin de parcelle qui sert à gérer le pâturage, avec une baisse acceptée (-10 à 20% par rapport au pic) d'autant plus grande que le pâturage souhaité est sévère. La baisse de production laitière en fin de parcelle résulte en premier lieu de la réduction d'ingestion d'herbe, qui est d'autant plus forte qu'on laisse les animaux longtemps dans la parcelle. Ils pâturent alors plus ras, avec des difficultés croissantes de préhension de l'herbe (proximité du sol et présence des gaines foliaires), réduisant l'ingestion. Ce système nécessite cependant un parcellaire très regroupé et de grands paddocks, de l'ordre de 10 ha par paddock pour 100 vaches. Récemment, et pour aider à mieux gérer la sévérité du pâturage dans des systèmes plus classiques (1 à 8 jours par paddock), nous avons voulu déterminer l'intérêt potentiel de mesures fréquentes et automatisées d'autres variables animales comme le poids des animaux (pesée à chaque traite) ou leur comportement alimentaire (enregistrement en continu des activités de pâturage) (Robic, 2018 ; Delagarde et Robic, 2020). Le poids vif des animaux, la durée de pâturage journalière et la répartition jour/nuit des activités de pâturage montrent bien des variations cycliques nettes et proportionnelles en intensité au temps de séjour par parcelle. Mais il semble encore difficile aujourd'hui d'imaginer ces données comme de potentiels outils d'aide à la gestion du pâturage, en raison notamment de **l'absence de « rupture » dans le comportement animal**, excepté en toute fin de paddock avec des temps

de séjour longs et un pâturage très sévère (Delagarde et al., 2010).

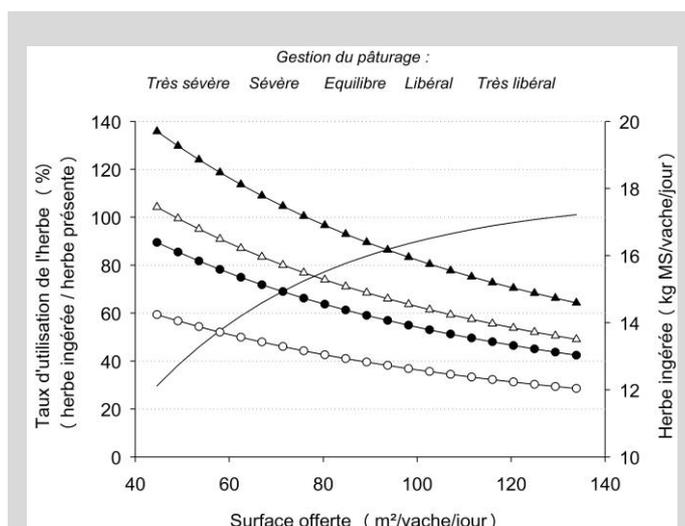


FIGURE 1: Effet de la sévérité du pâturage (via la surface offerte) sur la gamme de variation du taux d'utilisation de l'herbe au pâturage, selon la hauteur à laquelle la biomasse présente est mesurée (\blacktriangle , \triangle , \bullet , \circ : hauteur de coupe de 5, 3, 2 et 0 cm, respectivement). Simulations pour des vaches laitières en pâturage rationné sur une prairie de 13 cm de hauteur herbomètre en entrée de parcelle. Courbe sans symbole : herbe ingérée par vache et par jour.

Figure 1: *Effect of grazing severity (based on changes of offered area) on the per-hectare grassland utilisation rate, according to the height at which biomass is measured (\blacktriangle , \triangle , \bullet , \circ : cutting height of 5, 3, 2, and 0 cm, respectively). In the simulations, dairy cows are strip-grazing in a grassland with a pre-grazing sward height of 13 cm (plate meter). The curve without any symbols indicates herbage intake per cow per day.*

2.2. Indicateurs prairiaux

La sévérité du pâturage, que l'on peut assimiler à la difficulté des animaux à pâturer et donc à la réduction d'ingestion par animal liée à la gestion du pâturage, est en lien direct avec la profondeur de défoliation de l'herbe (Delagarde et al., 2001a et 2001b). Il est donc possible de caractériser la sévérité du pâturage à partir de mesures de hauteur d'herbe en sortie de parcelle. Pour une hauteur en entrée de parcelle donnée, la sévérité est d'autant plus grande que la hauteur de sortie est faible, ce qui est obtenu en pratique en laissant le troupeau plus longtemps dans une parcelle, ou en donnant moins de surface par jour lorsque le pâturage est au fil (INRA, 2010). L'indicateur le plus robuste de la sévérité est la hauteur relative de l'herbe en sortie de parcelle, exprimée en pourcentage de la hauteur en entrée de parcelle (Delagarde et al., 2006). En effet, en raison des relations proportionnelles entre les hauteurs de gaines et de limbes foliaires, et de la difficulté qu'ont les animaux à pâturer dans les strates de gaines (Delagarde

et *al.*, 2001a), la hauteur de sortie doit être d'autant plus grande que la hauteur en entrée est élevée, notamment en plein printemps lors de la montaison des graminées. Dans les phases de croissance strictement végétatives (automne, hiver, début de printemps), il est possible de pâturer ras en pénalisant peu la production individuelle en raison d'une proportion de feuilles très importante dans le couvert, les animaux n'ayant pas la possibilité physique d'atteindre la strate de gaines foliaires, qui restent courtes, même en pâturage sévère. C'est alors la hauteur absolue du couvert qui peut limiter l'ingestion, comme en pâturage continu (INRA, 2010), lorsque la hauteur du couvert devient inférieure à 4 ou 3,5 cm herbomètre en sortie de parcelle.

La hauteur résiduelle de limbes foliaires (après pâturage), ainsi que la proportion de talles dont le limbe central a été totalement défolié, sont également de bons indicateurs de la sévérité de pâturage, indépendamment de la hauteur du couvert en entrée de parcelle (Delagarde et *al.*, 2001a). Une hauteur résiduelle moyenne de limbes (hauteur étirée) de 0-1 cm, 2-3 cm, 4-5 et >6 cm indiquent un pâturage très sévère, sévère, équilibré et libéral, respectivement. Ces situations correspondent à des proportions de talles dont le limbe

central a totalement disparu de 100-75%, 75-50%, 50-25% et 25-0%, respectivement. L'intérêt de ce dernier critère est qu'il ne nécessite aucun outil de mesure, mais seulement une observation visuelle.

Attention toutefois à ces repères morphologiques (limbes, gaines), qui nécessitent un nombre d'observations ou de mesures important pour être fiables en raison de la grande variation de la défoliation observée à l'échelle de la mesure (talle par talle). Par exemple, nous avons montré que, en moyenne sur une parcelle, la strate des gaines foliaires commence à être défoliée, à certains endroits, quand la hauteur moyenne des limbes au-dessus du dernier point d'insertion des gaines est encore de 5 cm (hauteur étirée, Delagarde et *al.*, 2010). Ce n'est donc pas parce qu'il reste des feuilles que la strate des gaines foliaires n'est pas entamée. En pleine période de fin de printemps et de montaison (mai-juin), il est même impossible de ne pas toucher à la strate des gaines (Figure 2), car cela signifierait un sous-pâturage très important, et surtout une montée à épis garantie, une perte de qualité et de grosses difficultés de pâturage au cycle suivant, sauf en cas de fauche des refus.

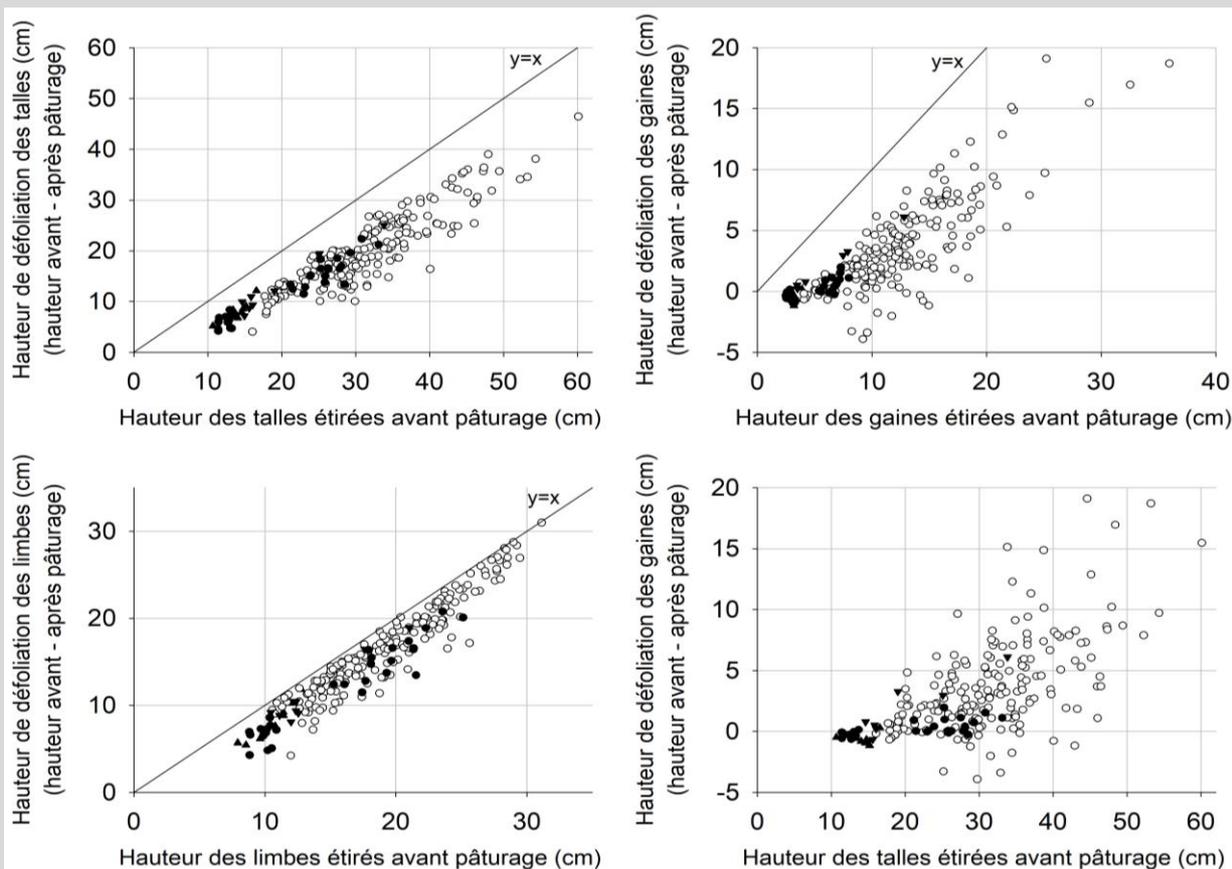


FIGURE 2 : Relations entre les hauteurs étirées de talles, de limbes et de gaines foliaires et la profondeur de défoliation des talles, gaines et limbes (différence entre leur hauteur avant et après pâturage), selon les saisons (○ printemps, ● été; ▼ automne, ▲ hiver). Base de données expérimentales INRA 1993-2018, ferme de Méjusseume, Le Rheu, Bretagne).

Figure 2: Relationships between the pre-grazing height and defoliation depth (i.e., pre-grazing minus post-grazing heights) of tillers, laminae, and sheaths according to season (○ spring, ● summer, ▼ autumn, ▲ winter).

Ainsi, à partir d'une synthèse de nos données expérimentales, nous avons pu établir que, quelles que soient la saison et la hauteur du couvert, pâturer efficacement c'est défolier environ 90% de la hauteur initiale de limbes (Figure 2). Les gaines ne sont pas pâturées (car pas pâturables) durant les saisons de

croissance végétative (fin d'été, automne, hiver), même en pâturage sévère (pâturage hivernal : Pérez-Prieto et al., 2011), mais environ 30% de la hauteur initiale des gaines l'est au printemps durant la phase de montaison (Figure 2). Cela correspond à des profondeurs de défoliation de 3 à 10 cm au printemps (hauteur étirée).

3. Valorisation des prairies : quelles pratiques à l'échelle de l'année ?

3.1. Pâturage ou fauche ? Alternier pâturage et fauche ?

Il est légitime de se poser la question du meilleur mode de conduite des prairies pour maximiser sa valorisation, et en particulier de l'équilibre à trouver entre pâturage et fauche. Cette question a été relativement peu traitée expérimentalement en termes d'effet global sur la quantité valorisée à l'année. Dans le projet européen Multisward (2011-2014), nous avons comparé la production d'herbe en système de fauche (surfaces mises en défens) à un rythme strictement identique au rythme de pâturage (Roca-Fernández et al., 2016). Nous n'avons observé aucune différence de valorisation (rendement) entre le système fauche et le système pâturage. Il est par ailleurs établi que la fréquence des fauches ou des coupes affecte l'équilibre entre quantité et qualité du fourrage récolté, en pâturage comme en fauche. Ainsi, des coupes ou des pâturages fréquents limitent la quantité valorisée annuellement, mais augmentent la qualité, permettant, au stade pâturage par exemple, de produire de façon économe en réduisant fortement les besoins ou les apports en concentrés. A l'inverse, des récoltes ou fauches peu fréquentes permettront de maximiser quantitativement la production, mais en acceptant de réduire la qualité (UF, PDI, ingestibilité), induisant donc des baisses de performances individuelles, sauf à accroître la part de concentrés dans la ration. Dans de bonnes conditions de croissance, il est connu que la hauteur de coupe a autant, sinon plus, d'effet sur la quantité récoltée que la fréquence de coupe (entre 15 et 30 jours) (Leconte, 2002).

L'alternance fauche-pâturage a par ailleurs de multiples autres intérêts et objectifs, sans doute primordiaux par rapport à la question de la valorisation globale en kg MS/ha/an : gestion globale du calendrier fourrager, maîtrise des refus, moyen de lutte contre le parasitisme, adaptation au climat, gestion des excédents d'herbe, constitution des stocks hivernaux...

3.2. Quelles pratiques au pâturage pour bien valoriser l'herbe ?

– La sévérité du pâturage ou le chargement

Même si les interrogations récurrentes autour des effets de la gestion du pâturage sur la valorisation de l'herbe sont nombreuses, il existe des travaux, la plupart déjà anciens (années 1960-1990), qui permettent de faire le lien entre pratiques de gestion et valorisation de l'herbe au pâturage. **La sévérité ou pression de pâturage est le facteur clé déterminant d'une bonne valorisation de l'herbe au pâturage**, ce qui a été dit, montré et prouvé sous tous les climats et dans tous les pays du monde. Ceci est lié au fait que, lorsque l'on change le chargement ou la quantité d'herbe offerte aux animaux, les variations relatives de l'ingestion d'herbe, de la production laitière ou de la production de viande sont huit fois plus faibles par animal que par hectare, en milieu tempéré comme en milieu tropical (McCarthy et al., 2011; Boval et al., 2015; Delagarde, 2009; Charpentier et al., 2019). Ainsi, **vouloir maximiser l'ingestion d'herbe par animal au pâturage nécessite d'offrir beaucoup d'herbe aux animaux**, donc d'en laisser beaucoup sur les parcelles, de perdre beaucoup de journées de pâturage et de fortement limiter la valorisation ou le taux d'utilisation de l'herbe (Delagarde, 2009; Romera et Doole, 2015).

Bien entendu, il s'agit dans tous les cas d'adapter le chargement à la production d'herbe, au cours des saisons, ou lorsque le niveau de fertilisation azotée des prairies est modifié. Ainsi, accroître le chargement proportionnellement à l'augmentation de production d'herbe liée à un accroissement de la fertilisation minérale azotée des prairies de 0 à 100 kg N/ha/an permet d'augmenter le nombre de journées de pâturage et la production laitière autonome par hectare d'environ 20%, sans modification de la production individuelle (Delaby et Peyraud, 1998).

– Les systèmes de pâturage

Tout ce qui touche de près ou de loin au système de pâturage, comme l'intervalle entre deux passages, le nombre de paddocks, le temps de séjour par paddock, la taille des paddocks, a très peu ou pas d'effet sur la valorisation annuelle de l'herbe et/ou les performances par hectare, lorsque ces facteurs sont comparés à même chargement, et avec un chargement adapté à la production d'herbe (Journet et Demarquilly, 1979; Béranger et Micol, 1981; Leaver, 1985; Hoden et al.,

1991; Delagarde et *al.*, 2001b). Une des raisons principales est que, à l'instar des animaux qui ont de fortes capacités d'adaptation, l'herbe s'adapte également très bien et très rapidement en termes de structure, densité et poids des talles, proportion limbes/gaines, etc., dans une très large gamme de pratiques. Ainsi, « contrairement aux théories établies concernant l'indice foliaire, l'activité photosynthétique et la croissance des plantes, **l'accumulation de biomasse est relativement insensible aux variations de gestion du pâturage** ou aux variations de chargement dans la gamme d'intérêt pratique » (Leaver, 1985).

– Bien pâturer toute l'année

Pour que le résultat soit tangible à l'échelle d'un bilan annuel, **c'est toute l'année qu'il faut maîtriser le pâturage et sa sévérité**. Adopter un pâturage sévère permet de valoriser en moyenne 300 kg MS/ha de plus à chaque cycle qu'un pâturage qui viserait à maximiser l'ingestion d'herbe par animal, soit environ une tonne de MS/ha tous les 3 mois, soit jusqu'à 2 tonnes ou même 3 tonnes lorsque la saison de pâturage est de 6 mois ou de 9 mois (Delagarde, 2009).

Pour cela, il faut pâturer tôt en sortie d'hiver, notamment en système laitier, dès que le sol est portant, et ne pas attendre le démarrage de croissance d'herbe du printemps (Delaby et Peyraud, 2009). En sortie d'hiver, pâturer ras (3-4 cm herbomètre) n'est pas un problème, ni pour l'herbe, ni pour les animaux, en raison d'une très faible hauteur des gaines foliaires (Pérez-Prieto et *al.*, 2011; Figure 2). La hauteur en sortie de parcelle va ensuite augmenter peu à peu au cours de la saison, en suivant la hauteur d'herbe à l'entrée dans les parcelles, et en respectant la phénologie de l'herbe, dont la hauteur d'implantation des gaines monte, jusqu'au stade montaison où il faudra sectionner l'épi. **On peut ainsi recommander des hauteurs en sortie de parcelle égales au mois de l'année jusqu'en fin de printemps (3, 4, 5 et 6 cm de mars à juin, respectivement)**. Les repousses d'automne (quand il pleut...) sont feuillues, sans gaines et de bonne valeur alimentaire, et méritent donc un pâturage « de printemps » quand l'herbe est présente, avec 1 ou 2 cycles possibles avant l'hiver. Selon la date de retour des pluies, 1 à 2,5 t MS/ha sont ainsi à valoriser à l'automne, et souvent de façon plus simple par le pâturage que par des fauches. Il est bien sûr recommandé de ne pas pâturer lorsque la croissance de l'herbe est nulle, donc d'éviter les parcelles parking en été et le surpâturage d'été/automne pour limiter la disparition des espèces fourragères d'intérêt. En fin d'automne ou en hiver, **il peut être pertinent de pâturer l'herbe présente avant de grosses gelées**, qui conduisent généralement à une disparition d'herbe non négligeable par sénescence. En cas de nécessité, pâturer de l'herbe gelée n'a par ailleurs jamais été démontré comme un souci pour les vaches ni pour la reprise de croissance de l'herbe, et nous n'avons observé aucun effet délétère sur le troupeau d'un pâturage d'herbe

gelée tous les matins de 8 h à 11 h, pendant 10 jours consécutifs (Pérez-Prieto et *al.*, 2011).

4. Quelques exemples de quantités d'herbe valorisées en France

Nous présentons ci-dessous quelques exemples d'ordre de grandeur des quantités d'herbe valorisée par hectare à partir de mesures ou de calculs obtenus dans des projets récents, en fermes expérimentales ou en fermes commerciales, notamment grâce à la méthode HerbValo. Cela permet de faire le lien entre des conditions initiales, notamment en cm herbomètre, et des kg d'herbe réellement valorisés, c'est-à-dire ingérés par les troupeaux directement au pâturage.

4.1. Herbe valorisée par parcelle et par cycle

La valorisation de l'herbe au pâturage se construit durant toute la saison de pâturage, cycle après cycle, par une pression de pâturage et un temps de séjour adaptés, laissant aux vaches le temps de récolter l'herbe et de pâturer ras, mais sans surpâturage. Ceci permet d'accroître fortement la quantité d'herbe prélevée ou la production animale par hectare, en pénalisant seulement à la marge l'ingestion et les performances individuelles (Delaby et Peyraud, 2003; Delagarde, 2009; McCarthy et *al.*, 2011; INRA 2018). Il est difficile *a priori* d'avoir des repères d'herbe valorisée avant l'entrée dans la parcelle ou le passage des animaux. A partir d'un jeu de données obtenu sur 16 parcelles uniquement pâturées par des vaches laitières en pâturage plat unique pendant 2 années complètes (projet Multisward, Septembre 2011 à Août 2013), avec une gestion en pâturage sévère quelles que soient la saison et la hauteur d'herbe en entrée de parcelle (Roca-Fernández et *al.*, 2016), il est possible de proposer quelques repères entre hauteur d'herbe à l'entrée dans la parcelle et la valorisation de cette herbe (Figure 3), dans une très large gamme de hauteur (5 à 35 cm mesurés à l'herbomètre à plateau). Ainsi, en un seul passage (cycle), la quantité d'herbe valorisée peut varier de 0,5 à plus de 5 t MS/ha, avec des valeurs moyennes de 0,5, 1,5 et 2,5 t MS/ha valorisées au pâturage pour des hauteurs en entrée (corrigées de la croissance pendant le temps de séjour des animaux) de 5, 10 et 15 cm d'herbe sur des prairies d'association classiques de qualité (graminées + trèfles). Valoriser plus de 800 kg MS/ha avec des vaches laitières et une hauteur d'herbe en entrée de parcelle de 5,8 cm est possible en février (hauteur en sortie de parcelle de 2,9 cm, Pérez-Prieto et *al.*, 2011). Si des hauteurs d'herbe beaucoup plus élevées (20 à 30 cm) ne sont pas recommandables - et rarement observées lorsque le circuit de pâturage et le nombre de jours d'avance sont maîtrisés - ces données montrent qu'il reste possible de faire pâturer ce type de prairies en situation de crise, et que les vaches sont capables de pâturer assez ras (Figure 3) et de valoriser ainsi jusqu'à 4 ou 5 t MS/ha en un seul passage. S'il est recommandé de pâturer 50

à 60% de la hauteur initiale d'une prairie, pour des hauteurs classiques de 10-12 cm (Delagarde, 2009, INRA, 2018), la figure 3 montre bien que, **pour ces hauteurs très élevées, c'est jusqu'à 75% de la**

hauteur initiale que les vaches peuvent pâturer, et qu'il faut se limiter à 30-40% de défoliation pour les hauteurs initiales faibles (5-6 cm).

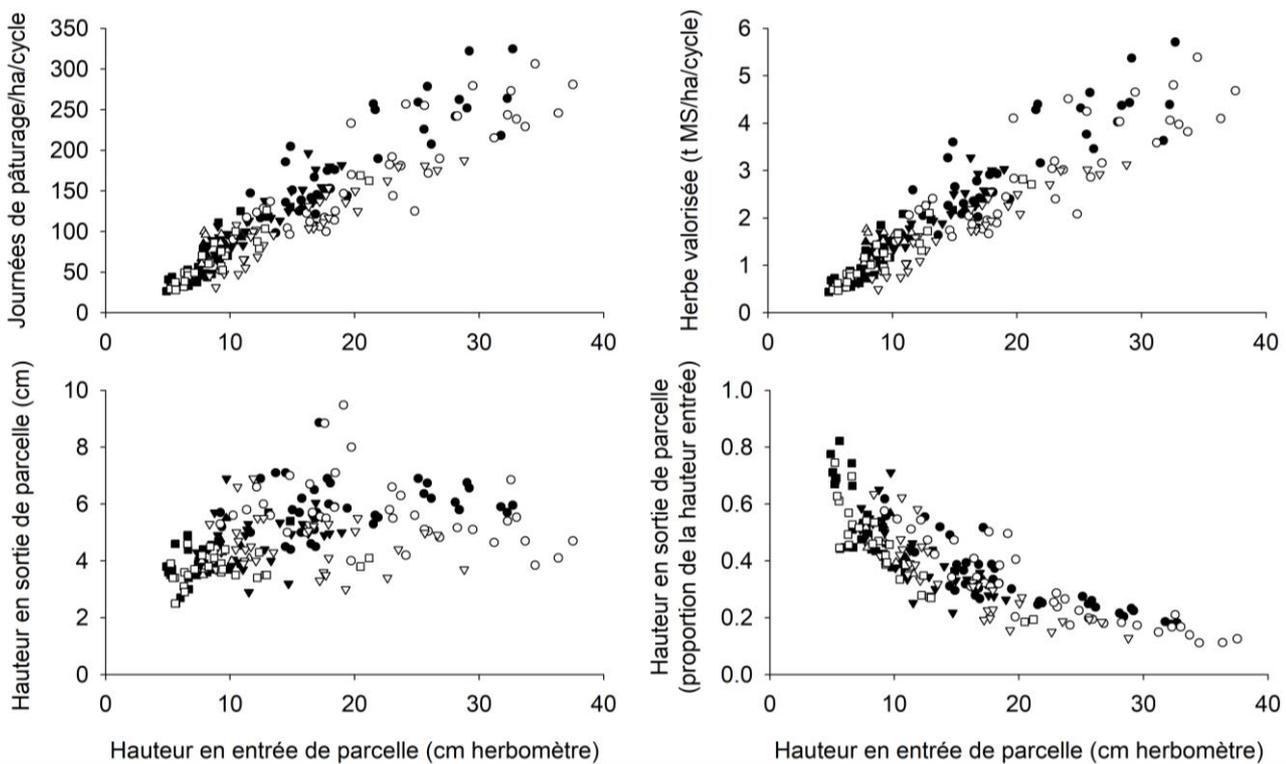


FIGURE 3 : Relation entre la hauteur d'herbe en entrée de parcelle et le nombre de journées de pâturage par hectare, la quantité d'herbe valorisée et la hauteur d'herbe en sortie de parcelle (absolue et relative), en système de pâturage sévère de vaches laitières (sans complémentation), sur 2 années complètes (13 cycles \times 16 parcelles). Sur la figure, 1 point = 1 parcelle et 1 cycle. Saisons : ▲ hiver, ● printemps, ▼ été, ■ automne. Symboles pleins : prairies d'associations RGA+TB+TV, Symboles vides : prairies multi-spécifiques RGA+TB+TV+chicorée+fétuque élevée.

FIGURE 3: Relationship between pre-grazing sward height and the number of grazing days per hectare (top left), grassland utilisation rate (top right), and post-grazing sward height (in absolute terms [bottom left] and relative terms [bottom right]) under severe grazing conditions involving unsupplemented dairy cows for a period of 2 full years (13 grazing cycles \times 16 paddocks). On the figure, 1 point = 1 cycle within a paddock. Seasons: ▲ winter, ● spring, ▼ summer, ■ autumn. Filled symbols: simple mixed grasslands (perennial ryegrass, white clover, red clover); empty symbols: complex mixed grasslands (perennial ryegrass, white clover, chicory, and tall fescue).

4.2. Herbe valorisée par parcelle et par an

Il existe encore peu de référentiels sur les quantités d'herbe valorisées par parcelle et par an dans les systèmes pâturés, hormis ceux établis avec la méthode globale du rendement d'herbe valorisée à l'échelle de l'exploitation, et sur des bases calculatoires peu adaptées à des calculs précis rapportés à la parcelle (PraiCos, 2014). En fermes expérimentales, grâce à une forte pression de mesures (Manteaux et Fichepoil, 2014; Fiorelli et al., 2014; Delagarde et al., 2017; Delagarde et al., 2018), mais aussi maintenant en fermes commerciales, grâce à la méthode HerbValo utilisée dans des projets de recherche (PERPeT, HerbValo), quelques référentiels à la parcelle, et quelques sources

de variation commencent à être identifiés. L'ensemble des données disponibles montrent évidemment une forte variabilité entre régions, liées bien sûr au potentiel pédoclimatique, mais également une très forte variabilité entre parcelles au sein d'une même région, au sein d'une même exploitation, et entre années pour une même parcelle (Tableau 2; Robic, 2015; Woiltock, 2019). En 2018, année sèche dès le début de l'été, surtout dans le Centre et l'Est de la France, la valorisation au pâturage peut ne pas dépasser 4 à 5 t MS/ha/an en moyenne, mais atteindre 6 à 8 t MS/ha/an dans des régions plus océaniques. En revanche, l'approche à la parcelle permet de montrer des minima faibles (1 à 3 t MS/ha/an) et des maxima très élevés (11 à 16 t MS/ha/an) quelle que soit la région (Tableau 2). D'autres jeux de données montrent que dans des sols

profonds, en années climatiques favorables, notamment durant l'été (Bretagne, Delagarde et al., 2017), ou en irriguant (Drôme, Manteaux et Fichepoil, 2014), des valorisations au pâturage de plus de 13 t MS/ha/an sont possibles en moyenne sur l'ensemble du circuit de pâturage, ce qui représente plus de 800 journées de pâturage autonomes par hectare (6 à 7 cycles de pâturage/an). A la ferme expérimentale INRA du Pin-au-Haras, la valorisation moyenne des prairies permanentes pâturées par les vaches laitières entre 1992 et 2010 a atteint 9,3 t MS/ha/an, allant de 7 à 14 t MS/ha/an selon les parcelles et les années (Delagarde et al., 2018).

Le challenge des projets en cours et à venir sera d'établir en fermes commerciales des liens de cause à effet entre des pratiques et des quantités d'herbe valorisée, afin de promouvoir les bonnes pratiques, notamment dans les régions, les contextes de production ou les filières dans lesquelles les données expérimentales sont peu nombreuses et donc pas assez convaincantes pour les éleveurs ou les conseillers fourragers.

Région	Quantité d'herbe valorisée (kg MS/ha/an)				
	Moyenne	Min	Max	ETR	CV
Bourgogne-Franche-Comté	4,1	1,3	11,7	2,62	64%
Auvergne	4,8	1,2	12,8	2,32	49%
Bretagne	6,2	2,8	11,2	1,75	28%
Pays de la Loire	6,8	1,9	14,0	2,30	34%
Normandie	7,5	1,8	16,4	2,64	35%

TABLEAU 2 : Quantité d'herbe valorisée (kg MS/ha/an) dans un réseau inter-régional de 281 parcelles pâturées en élevages bovins laitiers et bovins allaitants (Casdar HerbValo, année 2018, Woiltock, 2019).

TABLE 2 : Grassland utilisation rate (kg DM/ha/year) for an cross-regional network of 281 grazed paddocks used by commercial dairy and suckling farms (HerbValo project, 2018; Woiltock, 2019).

Conclusion

Toutes les études techniques et économiques montrent l'intérêt de bien piloter le pâturage pour accroître la valorisation de l'herbe en système pâturant, et **le rôle déterminant des décisions des éleveurs dans cette valorisation**, au travers de leur stratégie globale de sévérité du pâturage. Une légère baisse des performances individuelles doit être acceptée (1 à 2 kg lait/jour en vache laitière), car elle permet un gain important des performances et de la valorisation de l'herbe par hectare. Entre une stratégie libérale qui vise

à maximiser l'ingestion par animal et une stratégie sévère qui vise à bien valoriser l'herbe, un gain de 1 t MS/ha d'herbe valorisée, en faveur de la stratégie sévère, peut être attendu pour une saison de pâturage de 3 mois, et donc un gain de 2 ou 3 t MS/ha lorsque la saison atteint 6 mois ou 9 mois. C'est bien la sévérité du pâturage sur chacun des paddocks, objectivable par des observations visuelles sur la présence/absence de limbes en sortie de parcelle, ou sur la hauteur résiduelle du couvert, qui détermine en premier lieu le niveau de valorisation. La façon d'enchaîner ou d'organiser les paddocks n'a en revanche que peu d'effet sur la valorisation si le chargement global est adapté. Cette stratégie se construit durant toute la saison de pâturage, depuis la sortie d'hiver et jusqu'au pâturage d'automne, pour arriver à un résultat positif à l'échelle de l'année.

Nous remercions le FEADER et les régions Bretagne-Pays de la Loire pour le financement du projet SOS-Protein-4Ageprod-SP3 PERPeT (2016-2020). Nous remercions le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation pour son soutien financier du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » concernant le projet HerbValo (2017-2021).

Accepté pour publication le 30 mars 2020

REFERENCES

- BERANGER C., MICOL D. (1981) : "Utilisation de l'herbe par les bovins au pâturage. Importance du chargement et du mode d'exploitation", *Fourrages*, 85, 73-93.
- BOVAL M., EDOUARD N., SAUVANT D. (2015) : "A meta-analysis of nutrient intake, feed efficiency and performance in cattle grazing on tropical grasslands", *Animal*, 9, 973-982.
- CHARPENTIER A., CAILLAT H., GASTAL F., DELAGARDE R. (2019) : "Intake, milk yield and grazing behaviour of strip-grazing Alpine dairy goats in response to daily pasture allowance", *Animal*, 13, 2492-2500.
- CROCQ G., GUIBERT S., COUTARD J.P., PROTIN P.V. (2015) : "Le chaulage des prairies de longue durée", *Journées de printemps AFPP, La fertilité des sols dans les systèmes fourragers*, AFPP, Versailles, 150-151.
- DELABY L., PEYRAUD J.L. (1998) : "Effet d'une réduction simultanée de la fertilisation azotée et du chargement sur les performances des vaches laitières et la valorisation du pâturage", *Ann. Zootech.*, 47, 17-39.
- DELABY L., PEYRAUD J.L. (2003) : "The effect of two contrasting grazing managements and level of concentrate supplementation on the performance of grazing dairy cows", *Anim. Res.*, 52, 437-460.
- DELABY L., PEYRAUD J.L. (2009) : "Valoriser les fourrages de l'exploitation pour produire du lait", *Fourrages*, 198, 191-210.
- DELAGARDE R. (2009) : "Outils et indicateurs pour calculer et concilier ingestion des vaches laitières et valorisation de l'herbe au pâturage", *Fourrages*, 198, 175-190.
- DELAGARDE R., ROBIC Y. (2020) : "Pattern of milk production and grazing behaviour of dairy cows according to the residence time per paddock", *EGF Meeting, Helsinki, Grassld. Sci. Europe*, 25, in press.
- DELAGARDE R., PEYRAUD J.L., DELABY L., FAVERDIN P. (2000) : "Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day", *Anim. Feed Sci. Technol.*, 84, 49-68.
- DELAGARDE R., PEYRAUD J.L., PARGA J., RIBEIRO FILHO H.M.N. (2001a) : "Caractéristiques de la prairie avant et après un pâturage: quels indicateurs de l'ingestion chez la vache laitière?", *Renc. Rech. Rum.*, 8, 209-212.
- DELAGARDE R., PRACHE S., D'HOOR P., PETIT M. (2001b) : "Ingestion de l'herbe par les ruminants au pâturage", *Fourrages*, 166, 189-212.
- DELAGARDE R., DELABY L., FAVERDIN P. (2006) : "Le calcul de ration pour vaches laitières au pâturage", *Renc. Rech. Rum.*, 13, 89-92.
- DELAGARDE R., PEYRAUD J.L., WADE M. (2010) : "Daily pattern of feeding activities of dairy cows in an 8-d rotational grazing system", *Grassl. Sci. Europe*, 15, 931-933.

- DELAGARDE R., FAVERDIN P., BARATTE C., PEYRAUD J.L. (2011) : "Grazeln: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 2. Prediction of intake under rotational and continuously stocked grazing management", *Grass For. Sci.*, 66, 45-60.
- DELAGARDE R., CAILLAT H., FORTIN J. (2017) : "HerbValo, une méthode pour estimer dans chaque parcelle la quantité d'herbe valorisée par les ruminants au pâturage", *Fourrages*, 229, 55-61.
- FIORELLI J.L., COQUIL X., TROMMENSCHLAGER J.M., ECHAMPARD L., LAVE R., GODFROY M., BLOUET A. (2014) : "L'autonomie à l'épreuve du temps: le cas du système herbager en agriculture biologique de Mirecourt", *Journées de printemps AFPF, Concilier productivité et autonomie en valorisant la prairie*, AFPF, Versailles, 136-137.
- HODEN A., MULLER A., JOURNET M., FAVERDIN P. (1986) : "Pâturage pour vaches laitières. I. Comparaison des systèmes de pâturage "rationné" et "tournant simplifié" en zone normande" *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 64, 25-35.
- HODEN A., MULLER A., PEYRAUD J.L., DELABY L., FAVERDIN P. (1991) : "Pâturage pour vaches laitières. Effets du chargement et de la complémentation en pâturage tournant simplifié", *INRA Prod. Anim.*, 4, 229-239.
- INRA (2010) : "Alimentation des bovins, ovins, caprins", Editions Quæ, Versailles, France, 312 p.
- INRA (2018) : "Alimentation des ruminants". Editions Quæ, Versailles, France, 728 p.
- JOURNET M., DEMARQUILLY C. (1979) : "Grazing", In: Broster W.H. and Swan H.(Eds), *Feeding strategy for the high yielding dairy cow*. Granada Publishing, London, 295-321.
- LEAVER J.D. (1985) : "Milk production from grazed temperate grassland", *J. Dairy Res.*, 52, 313-344.
- LECONTE D. (2002) : "Importance du rythme et de la hauteur de défoliation du ray-grass anglais sur la composition morphologique des repousses", *Fourrages*, 169, 47-63.
- MANTEAUX J.P., FICHEPOIL G. (2014) : "Pâturage bio innovant de prairies multi-espèces irriguées", *Journées de printemps AFPF, Concilier productivité et autonomie en valorisant la prairie*, AFPF, Versailles, 150-151.
- MCCARTHY B., DELABY L., PIERCE K.M., JOURNOT F., HORAN B. (2011) : "Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems", *Animal*, 5, 784-794.
- PÉREZ-PRÍETO L.A., PEYRAUD J.L., DELAGARDE R. (2011) : "Pasture intake, milk production and grazing behaviour of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter", *Livest. Sci.*, 137, 151-160.
- PIERRE P., DELEAU D., OSSON, B. (2013) : "Quel entretien pour les prairies permanentes ? de l'amélioration par les pratiques à la rénovation totale", *Fourrages*, 213, 45-54.
- PRAICOS (2014) : "*Optimiser le potentiel productif des prairies – Démarche de conseil n°4 du casdar PraiCos*". Institut de l'Élevage, Paris ; <http://afpf-asso.org/index/action/page/id/99/title/praiicos>.
- REID D. (1972) : "The effect of long-term application of a wide range of nitrogen rates on the yields from perennial ryegrass swards with and without white clover", *J. Agric. Sci. Camb.*, 79, 291-301.
- ROBIC Y. (2015) : "Herb'Valo, un outil simple et robuste pour estimer la quantité d'herbe valorisée des prairies en fermes laitières ", *Mémoire de Fin d'Etudes*, IUT Angers.
- ROBIC Y. (2018) : "Etude de l'utilisation du comportement d'ingestion des vaches laitières au pâturage comme indicateur dans les décisions de changement de parcelle ", *Mémoire de Fin d'Etudes, ESA Angers*.
- RAMSBOTTOM G., HORAN B., BERRY D.P., ROCHE J.R. (2015): "Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms", *J. Dairy Sci.*, 98, 3526-3540.
- ROCA-FERNANDEZ A.I. PEYRAUD J.L., DELABY L., DELAGARDE R. (2016) : "Pasture intake and milk production of dairy cows rotationally grazing on multi-species swards ", *Animal*, 10, 1448-1456.
- ROMERA A.J., DOOLE G.J. (2015): "Optimising the interrelationship between intake per cow and intake per hectare ", *Anim. Prod. Sci.*, 55, 384-396.
- VERICEL G. (2020) : "La fertilisation, un levier pour assurer l'autonomie des systèmes d'élevage", *Fourrages*, 241, 11-19.
- WOILTOCK A. (2019) : " La quantité d'herbe valorisée par les vaches laitières et allaitantes au pâturage ", *Mémoire de Fin d'Etudes, Agrocampus Ouest Rennes*.