

Gérer les variations des apports alimentaires des vaches laitières au pâturage

R. DELAGARDE^{1,2}, J.-L. PEYRAUD^{1,2}

¹ INRA, UMR1348, PEGASE, F-35590 Saint-Gilles, France

² Agrocampus Ouest, UMR1348, PEGASE, F-35000 Rennes, France

Courriel : remy.delagarde@rennes.inra.fr

Le pâturage peut constituer la base de systèmes bovins laitiers économes et durables dans de nombreuses régions du monde. La maîtrise de la gestion de ces systèmes dynamiques est la clé de leur efficacité. La nutrition du troupeau laitier au pâturage est un des points difficiles à gérer, mais désormais suffisamment connu en milieu tempéré pour raisonner simultanément la production par vache et la valorisation de l'herbe par hectare¹.

Les systèmes laitiers herbagers peuvent combiner performances techniques, économiques et environnementales. La comparaison entre pays du coût de production du lait moyen calculé sur une échelle annuelle montre clairement que ce coût décroît lorsque la proportion d'herbe pâturée dans le régime alimentaire des vaches laitières augmente (Dillon *et al* 2008). Augmenter la proportion de prairies dans la surface agricole utile permet par ailleurs de réduire l'utilisation des pesticides (Raison *et al* 2008). Les prairies permettent également de préserver différentes composantes de la biodiversité même si les pratiques de gestion de ces prairies affectent largement la diversité floristique et faunistique (Dumont *et al* 2007). Le lessivage d'azote sous prairies est variable, mais peut être inférieur à 50 kg N/ha/an dans de nombreux systèmes (Ledgard *et al* 2009). Enfin, la consommation d'énergie fossile par litre de lait peut être divisée par trois dans les systèmes laitiers très herbagers en comparaison de systèmes peu herbagers (Le Gall *et al* 2009).

Cette synthèse est principalement centrée sur l'alimentation des vaches laitières au pâturage et les déterminants des performances animales. La production laitière dépend largement des facteurs qui contrôlent l'ingestion et la digestion des nutriments dans le rumen. Ainsi, des vaches laitières Holstein de potentiel génétique élevé produisent au pâturage beaucoup moins de lait que lorsqu'elles reçoivent une ration complète à base d'ensilage de maïs et comprenant 45% de

concentrés (30 vs 44 kg lait/jour, Kolver et Muller 1998). De plus, la dynamique de la croissance de l'herbe et la gestion du pâturage modulent fortement la quantité et la qualité de la ressource alimentaire pâturée, qui peuvent être très variables aussi bien entre années qu'au cours de la saison de pâturage. Les fluctuations parfois importantes de la production laitière qui en résultent ne sont généralement pas bien acceptées par les éleveurs. L'objectif de cet article est de passer en revue les principaux facteurs déterminant les apports de nutriments des vaches laitières au pâturage afin de mettre en évidence les points clé d'amélioration de l'efficacité de la production laitière par vache et de la valorisation de l'herbe par hectare. Les interactions entre le type de vaches (besoins alimentaires), le type de prairies (nature et qualité), la gestion du pâturage (disponibilité en herbe et en temps pour pâturer) et la complémentation en concentrés seront particulièrement mises en avant. Cette revue est basée sur une analyse descriptive de la littérature, mais aussi sur des méta-analyses quantitatives et des modèles de prévision de l'ingestion et de la digestion adaptés au cas des vaches laitières au pâturage.

1 / Variation des apports nutritifs en relation aux besoins des animaux

La question de la gestion des apports nutritifs au pâturage est directement

reliée à celle de la proportion des besoins couverts par l'herbe ingérée et les nutriments digérés. En effet, un même apport nutritif, exprimé par exemple en UFL/jour, peut être largement suffisant pour couvrir les besoins d'une vache de potentiel laitier moyen en fin de lactation, mais tout à fait insuffisant pour couvrir les besoins d'une vache de potentiel élevé dans son premier tiers de lactation.

1.1 / Besoins alimentaires et capacité d'ingestion des vaches laitières

La quantité d'énergie ingérée résulte de la combinaison des caractéristiques animales, de la qualité de l'herbe pâturée et de la gestion du pâturage. Les vaches peuvent être caractérisées très schématiquement par leurs besoins en énergie et en protéines, ainsi que par leur capacité à ingérer. Les besoins en énergie et en protéines des vaches laitières sont déterminés par leurs besoins d'entretien, de production, de gestation et de croissance (pour les animaux jeunes) (Faverdin *et al* 2007). La capacité d'ingestion d'une vache laitière dépend de la parité, de la production laitière potentielle, du poids vif, de la note d'état corporel, du stade de gestation et de l'âge (Faverdin *et al* 2011). La production laitière potentielle est celle que pourrait produire une vache à un moment donné de sa lactation, quand elle n'est soumise à aucune restriction alimentaire. Elle dépend essentiellement du potentiel génétique que l'on peut approcher

¹ Ce texte est adapté d'un article publié en langue anglaise dans la revue *Animal* (Peyraud et Delagarde 2013).

Tableau 1. Effets de la parité, de la race et de la souche intra-race sur les besoins énergétiques, la capacité d'ingestion et la densité énergétique minimale de la ration nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques chez la vache laitière en milieu de lactation (calculs d'après INRA 2007).

Type de vaches	Poids vif (kg)	Production laitière potentielle (kg/j)	Besoins énergétiques (UFL/j)	Capacité d'ingestion (UEL)	Densité énergétique minimale (UFL/UEL)
Primipares					
Jersey	350	15	10,9	11,7	0,94
HF-NZ ⁽¹⁾	450	20	13,9	13,7	1,01
Normande	700	25	17,8	17,9	0,99
HF-HP ⁽²⁾	650	30	19,7	17,5	1,13
Multipares					
Jersey	400	20	13,0	13,6	0,95
HF-NZ	520	27	17,0	16,4	1,03
Normande	800	33	21,5	21,4	1,00
HF-HP	750	40	24,3	21,7	1,12

⁽¹⁾ HF-NZ : type Holstein-Friesian de Nouvelle-Zélande.

⁽²⁾ HF-HP: type Holstein-Friesian nord-américaine.

par la production laitière au pic de lactation, du stade de lactation, du stade de gestation et de la parité (Faverdin *et al* 2007). Par définition, le rapport entre les besoins énergétiques (en UFL/j) et la capacité d'ingestion (en UEL/j) constitue la Densité Énergétique minimale de la Ration (DERm, en UFL/UEL) nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques de l'animal (INRA 2007). Cette DERm constitue un excellent indicateur synthétique des besoins des vaches, facile à comparer à la Densité Énergétique (DE) des fourrages exprimée dans la même unité (voir ci-dessous).

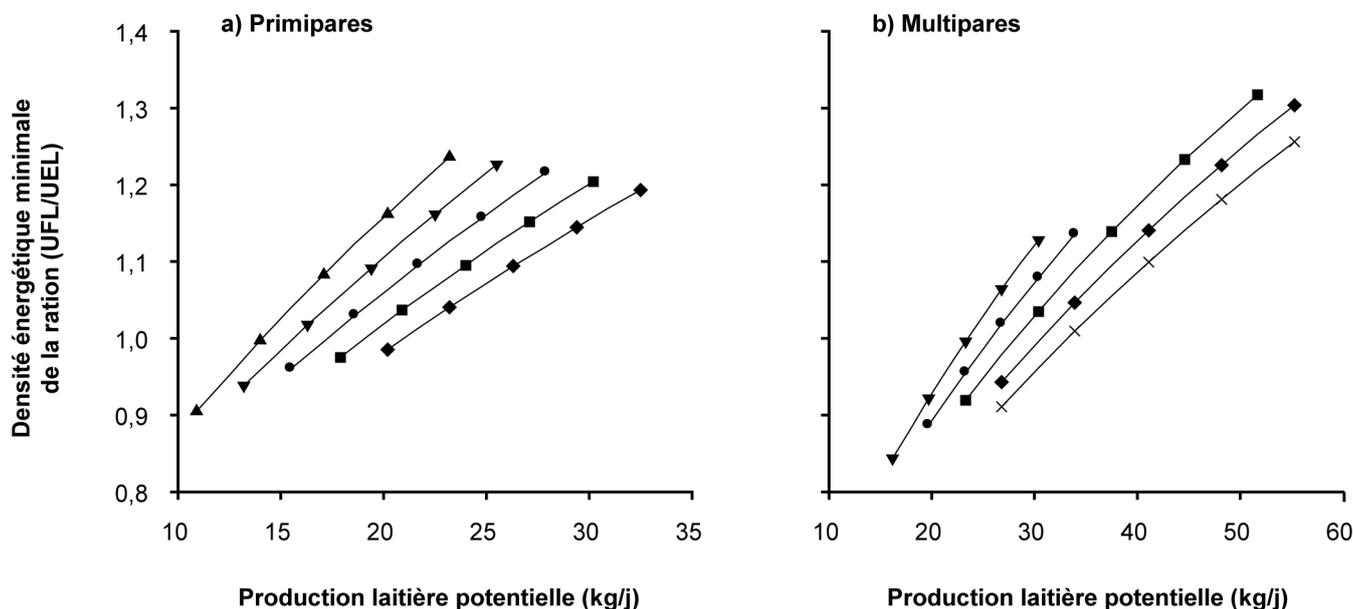
Lorsque la production laitière potentielle augmente, les besoins énergétiques

augmentent globalement trois fois plus rapidement que la capacité d'ingestion, ce qui rend plus difficile la couverture des besoins énergétiques des vaches de fort potentiel laitier. Ceci signifie que les vaches de fort potentiel nécessitent une ration de DE plus importante que les vaches de faible potentiel pour couvrir leurs besoins. Au contraire, lorsque le poids vif augmente, les besoins d'entretien augmentent moins vite que la capacité d'ingestion, ce qui rend plus facile la couverture des besoins énergétiques des vaches de grand format pour un potentiel de production laitière donné. En conséquence, le rapport entre la production laitière potentielle et le poids vif des vaches détermine grandement la DERm, expliquant l'influence

majeure de la race, de la souche, de la parité et du stade de lactation sur la capacité des vaches à couvrir leurs besoins énergétiques pour un régime donné. Quelques valeurs typiques de besoins énergétiques, de capacité d'ingestion et de DERm pour différents types de vaches sont données au tableau 1. Les DERm pour une gamme de variation importante de poids vif et de production laitière potentielle sont également données dans la figure 1. Des vaches laitières de potentiel génétique élevé et de poids vif intermédiaire (type Holstein-Friesian européenne ou nord-américaine) nécessitent clairement une DERm plus élevée que des vaches de potentiel laitier plus faible, que les vaches soient plus légères (Jersey ou type Holstein

Figure 1. Effet théorique de la production laitière potentielle et du poids vif (▲ 300 kg, ▼ 400 kg, ● 500 kg, ■ 600 kg, ◆ 700 kg, × 800 kg) sur la densité énergétique minimale de la ration nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques d'une vache laitière.

Les simulations sont réalisées à 20 semaines de lactation. La densité énergétique minimale de la ration est le rapport entre les besoins énergétiques (UFL) et la capacité d'ingestion (UEL) (INRA 2007).



Néo-Zélandaise) ou évidemment plus lourdes (type Normande) (tableau 1). En pratique, la DERm varie selon le type de vaches (race, souche, stade de lactation) de 0,85 à 1,35 UFL/UFL, soit une variation relative importante, de plus de 50%.

L'accroissement des besoins nutritifs des vaches laitières fortes productrices se traduit par un accroissement de leur capacité à ingérer (+ 0,15 UEL/kg lait potentiel, Faverdin *et al* 2011) et une augmentation de la quantité d'herbe réellement ingérée au pâturage (+ 0,18 kg MS/kg lait au pic, Peyraud *et al* 1996, Kennedy *et al* 2002). A l'échelle d'une lactation complète réalisée au pâturage, la production laitière de vaches de haut potentiel est ainsi de 2 à 3 kg/jour plus élevée que celle de vaches de potentiel moyen, soit 600 à 1000 kg lait supplémentaires par vache et par an (Buckley *et al* 2000).

1.2 / Valeur alimentaire de l'herbe pâturée

La valeur alimentaire d'un aliment pour vache laitière dépend de ses concentrations en énergie nette (UFL) et en protéines digestibles (PDI) par kg MS, mais aussi de son ingestibilité (UEL) (INRA 2007). Pour maximiser l'ingestion d'énergie (et de protéines) *via* les

Encadré 1. La Densité Énergétique (DE) d'un fourrage, définie par le rapport de ses valeurs UFL et UEL, indique directement la quantité d'énergie (UFL) qu'un ruminant laitier nourri à volonté avec ce fourrage peut ingérer par jour si sa Capacité d'Ingestion (CI, en UEL/j) est connue (UFL ingérées = (CI/UFL) × UFL = CI × DE).

Le graphique ci-dessous illustre la relation entre la DE, les UFL ingérées par jour et la production laitière permise sans variation d'état corporel pour une vache laitière standard (600 kg de poids vif, 25 kg de production laitière potentielle, capacité d'ingestion de 17 UEL).

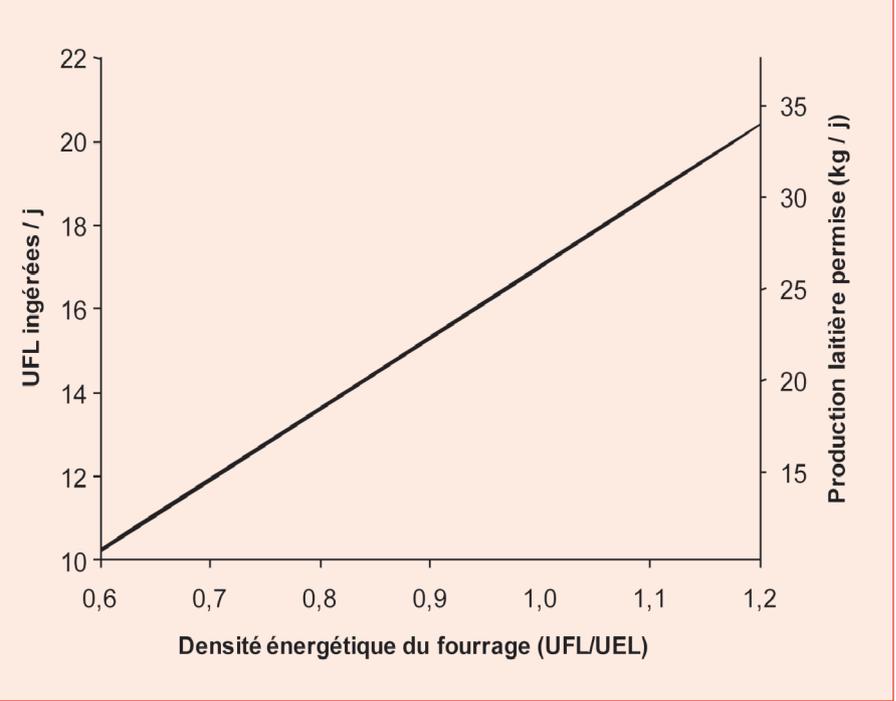


Tableau 2. Gamme de valeur alimentaire de quelques prairies exploitées à des stades différents, avec ingestion volontaire et apports énergétiques pour une vache laitière standard alimentée à volonté (600 kg de poids vif, 25 kg de production laitière potentielle).

Qualité de l'herbe	Exemple	Digestibilité matière organique	Valeur encombrement (UEL/kg MS)	Valeur énergétique (UFL/kg MS)	Densité énergétique (UFL/UFL)	Ingestion volontaire (kg MS/j)	Energie ingérée (UFL/j)
Excellente	Ray-grass anglais-trèfle blanc au début du printemps	0,81 - 0,84	0,90	1,00	1,1	18,9	18,9
Bonne	Ray-grass anglais végétatif au printemps	0,77 - 0,80	0,95	0,95	1,0	17,9	17,0
Moyenne	Prairie permanente de plaine en début d'été	0,73 - 0,76	1,00	0,90	0,9	17,0	15,3
Faible	Fétuque élevée au stade reproducteur	0,69 - 0,72	1,05	0,85	0,8	16,2	13,8
Très faible	Prairie permanente de montagne au stade floraison	0,65 - 0,68	1,10	0,80	0,7	15,5	12,4

fourrages, ceux-ci doivent contenir une concentration en énergie par kg MS élevée, mais aussi être très ingestibles, car un fourrage contenant beaucoup d'énergie mais peu ingéré n'est pas forcément intéressant. Ainsi, la DE d'un aliment, définie par le rapport entre ses valeurs UFL et UEL, est un excellent indicateur de sa valeur énergétique réelle qui exprime bien sa capacité à couvrir tout ou partie des besoins des vaches (INRA 2007, encadré 1).

La digestibilité de la Matière Organique (dMO) est le facteur déterminant de la DE en raison de son effet positif et multiplicatif sur la concentration énergétique (UFL/kg MS) et sur l'ingestibilité des fourrages. La gamme de variation de la dMO, des valeurs UFL, UEL, et de la DE pour des types de prairies très contrastés est montrée au tableau 2. Dans les conditions françaises, avec une gamme de dMO de 0,65 à 0,85 pour des fourrages verts au stade pâturage, des DE de 1,1, 1,0, 0,9, 0,8 et 0,7 UFL/UEL peuvent être considérées comme de qualité excellente, bonne, moyenne, faible et très faible, respectivement, pour des vaches laitières. Des valeurs de DE encore plus faibles peuvent cependant être rencontrées avec des prairies en sénescence comprenant beaucoup de matériel mort (automne par exemple), ou bien sûr avec des prairies tropicales, avec des digestibilités alors comprises entre 0,50 et 0,60 (Moran et Croke 1993, Aroeira *et al* 1999). L'ingestion volontaire d'une vache laitière entre une prairie d'excellente qualité et une prairie de très faible qualité décroît de 3 à 4 kg MS/j (tableau 2), ce qui conduit à une diminution très importante des UFL ingé-

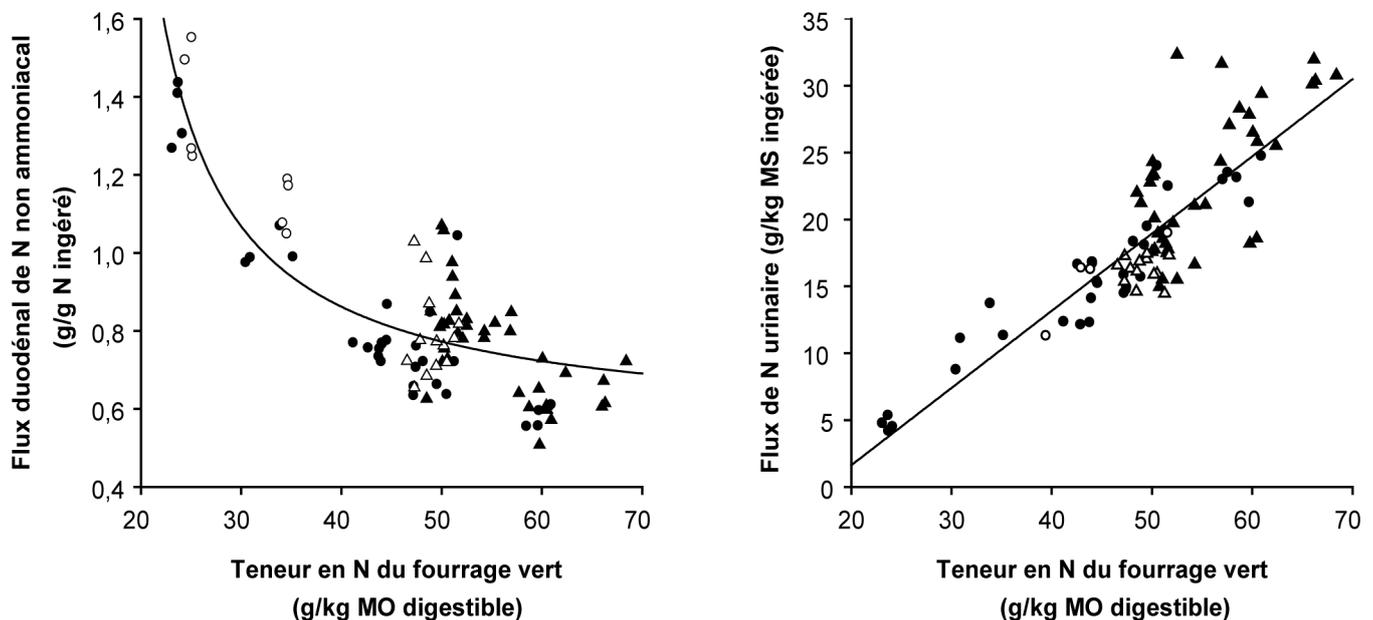
rées (de 19 à 12 UFL/j), et donc de la production laitière par vache (de 7 à 8 kg de lait/j). Tous facteurs confondus, stade de maturité de l'herbe, saison, espèce végétale, perdre un point de dMO sur l'herbe offerte induira ainsi une réduction de l'ordre de 0,5 à 1 kg de lait par vache et par jour. De plus, la digestibilité de l'herbe est négativement corrélée à la température moyenne pendant la repousse de l'herbe, avec une réduction de 0,6 point de dMO/°C à la fois en milieu tempéré et tropical (Wilson *et al* 1991). Cet effet négatif de la température explique pourquoi, même avec des pâturages bien conduits et des croissances estivales suffisantes, les performances des vaches sont souvent inférieures en été et durant les périodes chaudes qu'au printemps et durant les périodes plus fraîches. Il est également connu que l'ingestion volontaire des légumineuses prairiales est 10 à 15% plus élevée que celle des graminées de même digestibilité (INRA 2007). Cette capacité des légumineuses à être mieux ingérées est attribuée en partie à leur faible teneur en fibres, leur faible résistance à la mastication et leur plus grande vitesse de digestion, qui accélère la vidange ruminale et le transit des particules (Steg *et al* 1994).

Pour couvrir l'ensemble des besoins, la DE de la ration doit augmenter avec la production laitière potentielle puisque la capacité d'ingestion augmente beaucoup moins vite que les besoins (figure 1). La DE de la ration nécessaire pour couvrir les besoins est d'ailleurs souvent plus élevée que celle des fourrages de bonne qualité, y compris au pâturage.

1.3 / Les fourrages verts de qualité sont très fermentescibles

La digestion ruminale des graminées et du trèfle blanc au stade végétatif a été étudiée dans une série d'expérimentations (Peyraud 1993). Ces études ont montré que le niveau d'ingestion avait un effet déterminant sur les fermentations dans le rumen. Ainsi, lorsque l'ingestion augmente de 15 à 20 kg MS/j, la concentration en AGV augmente de 110 à 135 mMoles/L tandis que le pH du rumen et le rapport acétate/propionate décroissent respectivement de 6,3 à 5,8 et de 3,4 à 2,6. De fortes concentrations en AGV dans le rumen ont également été rapportées par Stakelum et Dillon (2003). En pâturage rationné, le pH ruminal passe chaque jour sous le seuil de 6,0 environ 3 à 4 h après l'entrée dans une nouvelle parcelle, et reste inférieur à 6,0 durant au moins 12 h (Delagarde et Peyraud 2000, Stakelum et Dillon 2003, McEvoy *et al* 2010). Des pH de 5,5 voire moins sont fréquents en fin de journée sur des prairies feuillues. Cela démontre l'intensité des fermentations ruminales des vaches laitières au pâturage. Cependant, aucun des risques connus et associés aux bas pH ruminiaux ne sont observés au pâturage (McEvoy *et al* 2010). Il semblerait que, dans les conditions du pâturage, les vaches puissent supporter de faibles pH et de fortes concentrations en AGV dans le rumen sans les effets délétères observés sur des régimes conservés à forte proportion de concentrés. Une des premières raisons est sans doute la faible vitesse d'ingestion d'herbe (1,5 à 2,5 kg MS/h) et la durée importante des repas qui évitent une chute rapide de pH. Au

Figure 2. Relation entre la teneur en azote du fourrage et le flux duodéal d'azote non ammoniacal ou le flux d'azote urinaire chez la vache laitière alimentée avec des fourrages verts (● graminées, ray-grass anglais ou dactyle, ○ graminées + concentré, ▲ trèfle blanc, △ trèfle blanc + concentré).



final, la durée unitaire de mastication est toujours élevée au pâturage (50-60 min/kg MS ingéré), limitant ainsi les variations intra-journalières du pH dans le rumen. La forte concentration des fourrages verts en potassium comparativement à l'ensilage de maïs ou aux concentrés à base de céréales (30-40, 10 et 5 g/kg MS, respectivement) est également un facteur de prévention de l'acidose métabolique puisque l'absorption de potassium permet d'accroître la concentration sanguine en bicarbonates. Ces bicarbonates sanguins sont en partie recyclés dans le rumen, limitant les chutes de pH (Apper-Bossard *et al* 2010).

La présence de trèfle blanc dans le régime, espèce ingestible et fermentescible, augmente généralement la concentration en AGV dans le rumen, et particulièrement en propionate (Ribeiro Filho *et al* 2012), avec des effets généralement limités sur le pH. Le trèfle blanc peut donc être considéré comme plus efficace que les graminées pour tamponner le milieu ruminal. Ceci peut être lié à sa plus faible teneur en sucres et à sa concentration plus élevée en protéines et en calcium, considérés comme des tampons du milieu ruminal.

Les pertes d'azote au niveau du rumen chez les ruminants alimentés avec des fourrages verts peuvent être élevées en raison d'un excès fréquent d'azote dégradable par rapport à l'énergie fermentescible, conduisant à une utilisation incomplète de l'azote du fourrage et à des pertes azotées urinaires élevées sous forme d'urée (figure 2). Au pâturage, ces pertes d'azote à l'échelle de l'animal ne représentent pas forcément un risque pour l'environnement en raison d'une réutilisation très rapide de cet azote excrété par les plantes en croissance (Peyraud et Delaby 2008). Le flux duodénal d'azote est inférieur à la quantité d'azote ingérée dès que la teneur en azote du fourrage est supérieure à 35 g N/kg MO digestible, soit environ 120 g MAT/kg MS. Même si le flux duodénal d'azote est plus important avec le trèfle qu'avec les graminées (42 vs 34 g N/kg MO digestible), il ne représente en moyenne que 75% de l'azote ingéré dans le cas du trèfle blanc contre 93% dans le cas des graminées. En conséquence, l'excrétion d'azote dans les fèces et l'urine est largement plus élevée avec le trèfle qu'avec les graminées (30 vs 20 g N/kg MS ingéré). Les données montrent également qu'un recyclage très important d'azote est possible lorsque les vaches reçoivent un fourrage carencé en azote, que ce soit en raison d'un faible niveau de fertilisation ou en raison d'un stade de maturité avancé de l'herbe (figure 2). Finalement, les variations d'apport de protéines métaboliques à l'animal sont toujours beaucoup plus

faibles que celles de la teneur en protéines des fourrages.

1.4 / Gestion du pâturage : un compromis entre performances par animal et valorisation de l'herbe à l'hectare

En pâturage rationné, la disponibilité en herbe est principalement déterminée par la Quantité d'herbe Offerte (QO, en kg MS/animal/jour), mais aussi par la biomasse (kg MS/ha) ou la hauteur de l'herbe (cm). Sur une plage de variation importante de QO, la relation entre la quantité ingérée et la QO est généralement curvilinéaire, l'ingestion d'herbe n'augmentant plus avec la QO à partir d'une valeur proche de 50 kg MS/vache/jour mesurée au ras du sol (figure 3, Delagarde et O'Donovan 2005). Les valeurs seuil permettant de dire si la QO limite l'ingestion sont toutefois très variables selon la méthodologie de mesure et

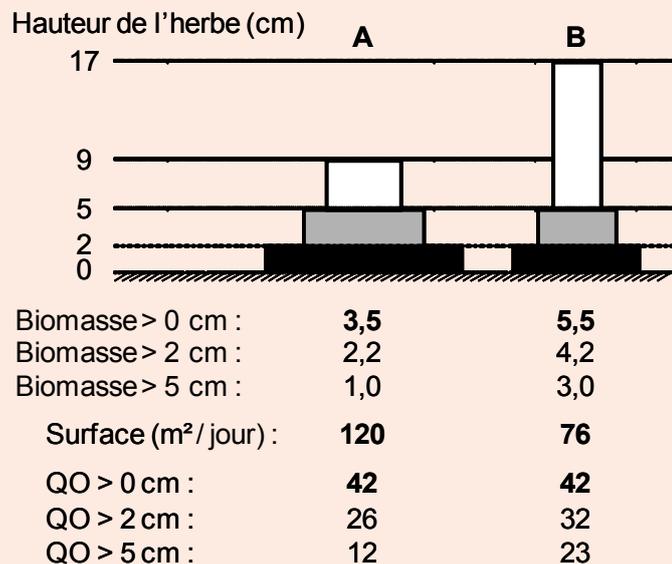
notamment la hauteur à laquelle l'herbe est coupée pour estimer la biomasse. En effet, la densité des strates inférieures du couvert végétal étant très élevée (Baudracco *et al* 2010, Delagarde *et al* 2011b), la biomasse mesurée varie fortement avec la hauteur de coupe et la hauteur de l'herbe (encadré 2). Ainsi, quand seules la biomasse et la QO au dessus de 4-5 cm sont considérées, le plafonnement de l'ingestion est observé dès une valeur de 20-25 kg MS/vache/jour (Delagarde *et al* 2011b). Quand la QO est élevée, les conditions de pâturage ne limitent pas l'ingestion et celle-ci peut être similaire à l'ingestion volontaire mesurée à l'auge, avec de l'herbe fauchée et distribuée à volonté. Lorsque la QO est plus faible, l'ingestion est limitée par la QO et les vaches n'atteignent pas leur capacité d'ingestion. Dans la gamme de QO pratiquée en élevage (environ 25-40 kg MS/vache/j au ras du sol), l'ingestion augmente d'environ 0,10-0,15 kg MS/kg MS d'herbe offerte

Encadré 2 . Biomasse et quantité d'herbe offerte : interpréter les valeurs en fonction de la méthodologie de mesure.

La hauteur d'estimation de la biomasse (t MS/ha) est importante à connaître pour interpréter les valeurs absolues et les variations de la Quantité d'herbe Offerte (QO, en kg MS/j) entre prairies de différentes biomasses pâturées par des vaches laitières.

Dans l'exemple ci-dessous, une prairie A de biomasse faible est comparée à une prairie B de biomasse élevée, à même quantité d'herbe offerte au ras du sol. Les rectangles Noir, Gris et Blanc représentent respectivement la strate non pâturable (comprise entre 0 et 2 cm du sol), la strate partiellement pâturable (comprise entre 2 et 5 cm du sol) et la strate pâturable (au dessus de 5 cm du sol). La largeur des rectangles est proportionnelle à la surface offerte par vache et par jour qui est logiquement plus faible pour la prairie B que pour la prairie A. La surface des rectangles est proportionnelle à la biomasse. En valeur absolue et pour une surface donnée, la quantité d'herbe offerte est toujours beaucoup plus élevée mesurée au ras du sol qu'à 5 cm, avec un rapport variant de 1,8 à 3,5 selon la biomasse d'herbe. En prairies tempérées, la quantité d'herbe offerte mesurée au dessus de 2 cm semble un bon indicateur de la disponibilité en herbe car l'ingestion est alors indépendante de la biomasse d'herbe (Pérez-Prieto et Delagarde 2012).

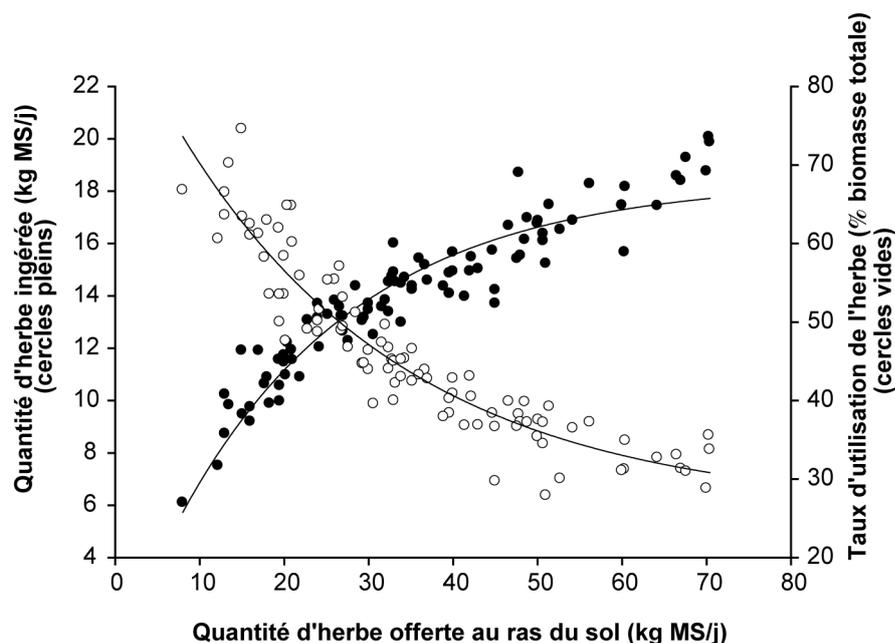
Dans cet exemple, bien que les QO mesurées au ras du sol soient identiques pour les deux prairies, les vaches pâturant la prairie B ingéreront plus d'herbe que celles pâturant la prairie A.



au ras du sol et d'environ 0,20-0,30 kg MS/ kg MS d'herbe offerte au dessus de 5 cm. Ceci signifie que le taux marginal d'utilisation de l'herbe, c'est-à-dire pour chaque kg supplémentaire d'herbe offerte, est toujours faible (15-25%), expliquant pourquoi la production laitière individuelle est beaucoup moins sensible à la QO que la production laitière par hectare. Une analyse quantitative de la littérature (figure 3) a permis de montrer que, en moyenne, diminuer la quantité d'herbe offerte de 20% entre 40 et 32 kg MS/vache/j n'entraîne qu'une diminution de 8% de la quantité d'herbe ingérée par vache et par jour mais augmente la quantité d'herbe ingérée (ou valorisée) par hectare de 15%. Ces résultats, bien qu'observés à court terme dans des études de type analytique, sont totalement cohérents avec les réponses de production laitière observées à long terme dans des études globales de comparaison de niveaux de chargement (McCarthy *et al* 2011). Ces derniers auteurs ont montré qu'une augmentation du chargement de une vache par hectare entraînait une réduction de 7% de la production de lait par vache et par jour (soit - 1,2 kg/j ou - 202 kg/vache durant les 164 jours d'essai en moyenne) mais une augmentation de 20% de la production laitière par hectare (+ 1 657 kg). En valeurs absolues, la variation de production laitière par hectare est donc huit fois plus importante que la variation de production laitière par vache (Delagarde 2009).

Ces résultats totalement « asymétriques » rapportés soit à la vache, soit à l'hectare, impliquent qu'une gestion du pâturage visant à maximiser les performances individuelles sera inefficace pour maximiser la valorisation de l'herbe et la production laitière par hectare. De plus, une gestion libérale du pâturage en début de saison offrant beaucoup d'herbe aux vaches et maximisant les performances individuelles conduit très fréquemment à une détérioration de la qualité de la prairie au printemps puis en été, avec pour conséquence une diminution de production par vache (Hoogendoorn *et al* 1992, O'Donovan *et al* 2004). Ainsi, la possibilité d'augmenter sur le long terme l'ingestion quotidienne par un accroissement de la quantité d'herbe offerte est relativement limitée en pratique, et des pratiques alternatives doivent être mises en œuvre pour accroître l'apport de nutriments au pâturage. Augmenter la pression de pâturage par une limitation de la quantité d'herbe offerte de manière à ce que les vaches ne couvrent que 90-92% de leur ingestion volontaire peut être considéré comme un bon repère de règle de gestion du pâturage car cela permet d'atteindre un bon compromis entre production laitière par vache et production

Figure 3. Relation entre la quantité d'herbe offerte, la quantité d'herbe ingérée et le taux d'utilisation de l'herbe chez la vache laitière en pâturage tournant ou rationné (revue de la littérature, Delagarde *et al* 2001).



laitière par hectare. En pratique, comme la quantité d'herbe offerte n'est pas un critère facile à utiliser en ferme, ce compromis peut être atteint *via* la gestion de la hauteur en sortie de parcelle, qui constitue un très bon indicateur à la fois de la quantité d'herbe offerte et de la quantité d'herbe ingérée lorsqu'elle est exprimée en proportion de la hauteur de l'herbe en entrée de parcelle (Faverdin *et al* 2007, Delagarde 2009). A titre d'exemple, l'ingestion d'herbe par vache est maximale si les vaches prélèvent moins de 50% de la hauteur de l'herbe en entrée de parcelle, et diminue fortement lorsqu'elles prélèvent au moins 60 à 70% de cette hauteur initiale.

Le fait qu'au pâturage l'ingestion d'herbe soit limitée par la quantité d'herbe offerte renforce l'importance de la notion de DE minimale de la ration comparativement aux rations distribuées à volonté. En effet, en pâturage sévère (90% de la capacité d'ingestion couverte), pour atteindre les mêmes apports quotidiens de nutriments, la DE minimale de l'herbe pâturée doit être supérieure de 10% à celle d'une herbe fauchée distribuée à volonté (100% de la capacité d'ingestion couverte). Comme cela est rarement le cas, les apports énergétiques provenant de l'herbe sont souvent limités, expliquant la réponse assez élevée de la production laitière à l'apport de concentrés au pâturage (Delaby *et al* 2003). Il faut également noter que, à l'échelle d'une saison de pâturage, la quantité d'herbe offerte affecte relativement peu la qualité de l'herbe sélectionnée en raison d'une adaptation morphologique de la prairie et de la relative constance dans la qualité

de la strate défoliée à chacune des rotations (Stockdale *et al* 2001), excepté bien sûr lorsque le chargement est trop faible où la qualité peut être dégradée (Hoogendoorn *et al* 1992).

1.5 / Variation du bilan énergétique des vaches laitières au pâturage selon leurs caractéristiques, la qualité de la prairie et la gestion du pâturage

Il est possible de combiner sur une large gamme de variation les caractéristiques animales, la qualité de la prairie et la sévérité du pâturage. Ces combinaisons permettent de mettre en évidence les situations d'équilibre énergétique et les situations de fort déficit énergétique en regard de la production laitière potentielle des vaches (tableau 3). Ces simulations montrent que des vaches au pâturage peuvent couvrir l'ensemble de leurs besoins jusqu'à un potentiel de production de 35 kg de lait uniquement lorsqu'elles pâturent des prairies d'excellente qualité et à quantité d'herbe offerte très élevée, ce qui ne correspond pas à une gestion efficace du pâturage. Dans la plupart des situations, les vaches fortes productrices au pâturage ne peuvent couvrir leurs besoins à partir de l'herbe pâturée en plat unique et ne peuvent atteindre leur production laitière potentielle (Delaby *et al* 2003). Il est également clair que la quantité d'herbe offerte ne peut être utilisée que très marginalement comme un outil de pilotage pour réduire le déficit énergétique des vaches laitières au pâturage, en raison de l'effet majeur et incontrôlable de la qualité de l'herbe (tableau 3). Ainsi, le bilan énergétique théorique de

vaches laitières de potentiel de production moyen, environ 25 kg de lait, est très dépendant de la qualité de la prairie, les besoins n'étant pas couverts en situation standard de pâturage. À l'inverse, les vaches à faible potentiel de production sont capables de couvrir leurs besoins à partir de l'herbe seule dans une gamme assez large de qualité d'herbe et de gestion du pâturage. Toutefois, bien que les systèmes laitiers basés sur le pâturage seul durant la majorité de l'année (Irlande, Nouvelle Zélande) ne permettent pas aux vaches d'exprimer leur potentiel de production, plusieurs essais ont montré que des productions de l'ordre de 7 000 kg lait par lactation (300 jours) peuvent être atteintes avec des vaches de bon potentiel (Buckley *et al* 2000).

2 / Leviers pour gérer les variations des apports nutritifs au pâturage

2.1 / Complémentation à base de concentrés

Les effets d'un apport de concentré sur les performances des vaches laitières au pâturage ont déjà été décrits (Peyraud et Delaby 2001, Delaby *et al* 2003, Baudracco *et al* 2010). Chez des vaches Holstein de potentiel génétique élevé, l'accroissement de production laitière est de l'ordre de 1 kg de lait pour chaque kg de concentré supplémentaire ingéré, avec une relation linéaire jusqu'à 6 kg

de concentré par jour. Cette réponse de production laitière au concentré dépend cependant largement du type de vache et du potentiel de production qui détermine notamment la partition de l'énergie ingérée vers la production laitière ou les réserves corporelles (Friggens *et al* 2013). La réponse de la production laitière à la complémentation est d'autant plus élevée que le bilan énergétique des vaches est faible, celui-ci ayant un effet déterminant sur le taux de substitution herbe/concentrés (Faverdin *et al* 1991, Stockdale 2000). Ainsi, l'efficacité d'un apport de concentré sera plus élevée chez des vaches fortes productrices, avec des prairies de faible qualité ou avec des quantités d'herbe offertes réduites. L'apport de concentrés permet également d'augmenter le ratio matières protéiques/matières grasses du lait puisque le taux protéique du lait augmente et que le taux butyreux diminue (+ 0,2 g/kg et - 0,6 g/kg lait par kg de concentré, respectivement) (Delaby *et al* 2003).

Des modèles robustes de prévision de l'ingestion au pâturage peuvent être utilisés pour simuler les interactions entre le type de vaches, la qualité de la prairie, la gestion du pâturage et la complémentation (Delagarde *et al* 2011a). Les apports de concentré nécessaires pour couvrir les besoins énergétiques des vaches laitières au pâturage peuvent ainsi être calculés dans une gamme très large de situations, comme celles décrites au tableau 3. Dans cette gamme, entre 0 et 12 kg MS de concentré par jour

sont ainsi nécessaires pour couvrir les besoins, la dose maximale étant atteinte pour des vaches fortes productrices sur des prairies de faible qualité et à faible quantité d'herbe offerte (tableau 4). Ces simulations montrent que les vaches laitières peuvent atteindre au pâturage leur production laitière potentielle sans aucun apport de concentré dans de nombreuses situations, particulièrement en deuxième moitié de lactation et sur des prairies de bonne valeur alimentaire. En revanche, des vaches de bon potentiel ne peuvent recevoir que des fourrages de très bonne qualité pour obtenir des performances individuelles satisfaisantes sans un apport massif de concentrés (Baumont *et al* 2009). Lorsque l'apport réel de concentrés est inférieur aux doses calculées au tableau 4, la production laitière réelle est inférieure à la production laitière potentielle. Avec une réponse moyenne de 1 kg de lait supplémentaire par kg de concentré jusqu'à au moins 6-8 kg de concentré (Delaby *et al* 2003), la production laitière des vaches ne recevant pas de concentré ou recevant une dose de concentré assez faible peut ainsi être estimée. Ainsi par exemple, 11 kg de concentré sont nécessaires à des vaches de 600 kg et 40 kg de production laitière potentielle pour atteindre cette production sur des prairies de qualité moyenne et à quantité d'herbe offerte moyenne. Par conséquent, des productions laitières de 29 kg et 34 kg seront réalisées pour des complémentations de 0 et 5 kg de concentré par jour, respectivement. Dans les mêmes conditions, des vaches dont la production

Tableau 3. Bilan énergétique théorique, exprimé en pourcentage des besoins énergétiques calculés sur la base de la Production Laitière potentielle (PL_{pot}) et du poids vif, chez une vache laitière multipare au pâturage et non complémentée.

Le bilan énergétique est donné pour une gamme large de qualité de l'herbe et de Quantité d'herbe Offerte (QO, en kg MS/vj au ras du sol). Les simulations sont réalisées avec le logiciel INRAtion. Dans ces simulations, la biomasse initiale d'herbe est de 4 t MS/ha au ras du sol (environ 10-12 cm de hauteur de l'herbe mesurée à l'herbomètre), soit des surfaces offertes de 125, 100 et 75 m²/j pour les quantités d'herbe offerte élevée, moyenne et faible, respectivement.

	Poids vif (kg)	400			600		
	PL _{pot} (kg/j)	10	20	30	20	30	40
Qualité de l'herbe ⁽¹⁾	QO						
Excellente	50	147	115	95	122	100	86
	40	142	112	91	115	94	81
	30	134	104	83	105	85	72
Bonne	50	133	106	86	111	91	79
	40	130	102	83	106	86	74
	30	122	95	76	97	78	66
Moyenne	50	121	96	79	101	83	72
	40	118	93	76	97	79	68
	30	112	87	70	89	72	-
Faible	50	109	87	71	92	76	-
	40	107	85	69	88	72	-
	30	102	80	64	81	66	-

⁽¹⁾ les quatre catégories de qualité d'herbe correspondent à celles définies au tableau 2.

Tableau 4. Quantité de concentré (kg MS/j) à apporter pour couvrir la totalité des besoins énergétiques de vaches laitières multipares en pâturage tournant, en fonction de leur poids vif, de leur production laitière potentielle (PLpot), de la qualité de la prairie et de la quantité d'herbe offerte (QO, en kg MS/v/j au ras du sol).
Les conditions des simulations sont décrites précisément au tableau 3.

	Poids vif (kg)	400			600		
	PLpot (kg/j)	10	20	30	20	30	40
Qualité de l'herbe⁽¹⁾	QO						
Excellente	50	0	0	1,6	0	0	5,3
	40	0	0	2,7	0	1,7	6,8
	30	0	0	4,4	0	3,9	9,0
Bonne	50	0	0	4,0	0	2,8	7,9
	40	0	0	4,9	0	4,0	9,1
	30	0	0,9	6,2	0,7	5,8	10,9
Moyenne	50	0	1,0	6,3	0	5,1	10,2
	40	0	1,6	6,8	0,8	6,1	11,2
	30	0	2,6	7,9	2,3	7,6	-
Faible	50	0	3,0	8,2	2,0	7,3	-
	40	0	3,3	8,6	2,7	8,0	-
	30	0	4,1	9,4	3,9	9,2	-

⁽¹⁾ les quatre catégories de qualité d'herbe correspondent à celles définies au tableau 2.

laitière potentielle est de 20 kg et qui n'ont besoin que d'1 kg de concentré pour couvrir leurs besoins produiront 19 kg de lait sans cet apport de concentré. Apporter du concentré est aussi un moyen efficace pour maintenir un chargement élevé et une gestion efficiente du pâturage si l'objectif est d'atteindre simultanément des productions par vache et par hectare élevées. Outre les effets négatifs possibles sur les excédents azotés à l'hectare en cas de chargement très élevé, les inconvénients majeurs d'une telle pratique résident dans une augmentation très forte du coût de production global et marginal du litre de lait, mais aussi parfois par un accroissement important des soucis et des coûts liés au maintien de la santé des vaches (Portier *et al* 2003).

La nature du concentré énergétique (amidon ou fibres, vitesse de dégradation de l'amidon) a peu d'effet sur la production de lait, sa composition, ainsi que sur l'ingestion d'herbe, particulièrement pour des doses modérées (3-4 kg/j). Comparé au blé rapidement dégradé, des concentrés plus fibreux de type coques de soja ou pulpes de betteraves entraînent une légère augmentation du taux butyreux du lait (+ 1,3 g/kg) et une légère diminution du taux protéique du lait (- 0,5 g/kg) (Delaby et Peyraud 1994). La nature du concentré énergétique ne semble pas affecter le taux de substitution chez des vaches alimentées à l'auge avec de l'herbe fraîche (Schwartz *et al.* 1995). De même, en conditions de pâturage sévères, la nature du concentré énergétique n'a pas d'effet sur l'ingestion d'herbe ni sur la production laitière (Delagarde *et al* 1999). Ces résultats

montrent qu'il y a peu à attendre d'une modification de la nature du concentré énergétique chez la vache laitière au pâturage pour des niveaux faibles à modérés de complémentation, et ce quelles que soient les conditions de pâturage. Les effets des concentrés très riches en glucides rapidement fermentescibles sont en revanche plus marqués à fort niveau de complémentation. Sayers *et al* (2000) ont comparé au pâturage des concentrés riches en amidon ou en fibres, à 5 et 10 kg MS/j. Ils ont observé une chute importante du taux butyreux du lait à la dose élevée de complémentation avec le concentré amylicé (29,9 vs 36,6 g/kg), mais pas avec le concentré fibreux (36,2 vs 39,4 g/kg). Ce résultat peut être associé aux fortes modifications des profils fermentaires dans le rumen en cas de forte complémentation (van Vuuren *et al* 1986).

Apporter un concentré riche en protéines peu dégradables ne semble pas affecter la digestion ni l'ingestion d'herbe lorsque la teneur en protéines des prairies est supérieure à 150 g MAT/kg MS (Delagarde *et al* 1997), avec peu d'effet de la teneur en PDIE du concentré sur la production laitière (Delaby *et al* 1996). En revanche, en cas de déficit important d'azote comme par exemple sur des graminées pures peu fertilisées (110 g MAT/kg MS), l'ingestion d'herbe et la production laitière peuvent être améliorées par un concentré de type tourteau tanné comparativement à un concentré de type énergétique (Delagarde *et al* 1999). Cet effet peut être relié à une amélioration de la digestion ruminale et du statut protéique de l'animal puisque le flux duodénal de protéines est alors largement augmenté. Bien que d'amplitude assez

faible (*i.e.* 5%, Peyraud et Astigarraga 1998), la diminution de l'apport de protéines métabolisables pour des vaches de potentiel de production élevé pâturant des prairies de graminées peu fertilisées n'est pas négligeable. En cas de déficit en azote de l'herbe, l'effet positif d'un apport de protéines par le concentré sur l'ingestion et la digestion peut être lié à une meilleure disponibilité en azote dégradable pour les bactéries du rumen *via* le recyclage d'urée, qui permet d'augmenter fortement la teneur en ammoniac et l'activité fibrolytique du contenu ruminal (Delagarde *et al* 1999).

2.2 / Pâturage à temps partiel et complémentation à base de fourrages

Les vaches laitières n'ont parfois accès au pâturage que quelques heures par jour. Les raisons de ce faible temps d'accès journalier au pâturage peuvent être nombreuses : peu de disponibilité en herbe à pâturer en automne et en hiver avec complémentation en fourrages la nuit, conditions climatiques humides et risque de dégradation des prairies par piétinement, obligation légale de sortir les animaux au pâturage malgré une très faible surface accessible dans les pays d'Europe du Nord, amélioration du bien-être animal, recherche de réduction des stocks d'effluents à gérer. En pratique, une réduction du temps d'accès au pâturage peut aussi être utilisée par l'éleveur comme un outil de gestion du pâturage si l'animal peut accroître l'efficacité du pâturage au travers d'une modification de son comportement alimentaire (Chilibroste *et al* 2007). Les adaptations à court terme du comportement des

vaches laitières suite à une période imposée de jeûne plus ou moins long sont maintenant connues (Chilibroste *et al* 2007). Comment cette contrainte de temps d'accès affecte les activités alimentaires, l'ingestion d'herbe et les performances des vaches laitières a également été quantifiée à l'échelle journalière dans des contextes variés de disponibilité en herbe et de complémentation.

Pour des complémentations faibles à modérées à base de fourrages ou de concentrés, la production laitière est généralement réduite de 1 à 2 kg/j lorsque le temps d'accès au pâturage est de moins de 8 h/j, en une seule session par jour, à la fois en pâturage continu (Kristensen *et al* 2007) et en pâturage rationné (Delaby *et al* 2009). Il a été clairement montré que les vaches ont une forte capacité d'adaptation comportementale à cette contrainte de temps, en augmentant d'abord et fortement la proportion de temps passé à pâturer dans la période d'accès au pâturage, en décalant les horaires des repas en fonction des heures d'accès et de rentrée à l'étable, mais aussi en augmentant leur vitesse d'ingestion (Delagarde *et al* 2008, Kennedy *et al* 2009, Pérez-Ramírez *et al* 2009). Dans ces études, en cas de restriction importante de temps d'accès au pâturage, jusqu'à 90-95% du temps de présence dans les parcelles peut être ainsi passé à pâturer, avec une vitesse d'ingestion d'herbe jusqu'à 30-40% supérieure à celle observée dans les mêmes conditions mais avec un pâturage jour et nuit. Au final, l'efficacité du pâturage, exprimée en kg MS d'herbe ingérée par heure de présence ou d'accès, est de l'ordre de 0,4 en pâturage jour et nuit (18-20 h d'accès), 1,5 pour un temps d'accès restreint de 8-9 h/jour (entre les traites par exemple), et de 2,0 à 2,5 pour des temps d'accès journaliers de 4 h en une session ou de 6 h en 2 sessions de 3 h après chaque traite (Delagarde *et al* 2008, Kennedy *et al* 2009). Pour profiter au maximum des capacités d'adaptation comportementale des vaches laitières et maximiser ainsi l'efficacité du pâturage

pendant leur temps de présence dans les parcelles, il est particulièrement recommandé de diviser le temps d'accès en 2 sessions par jour, par exemple après chacune des traites, surtout si le niveau de complémentation est faible et qu'une ingestion d'herbe élevée est attendue. En effet, les vaches laitières semblent incapables de maintenir une activité de pâturage soutenue pendant une période continue de 8-9 h (Pérez-Ramírez *et al* 2009, Pérez-Prieto *et al* 2011), alors qu'elles y arrivent parfaitement lors de chacune des 2 périodes de pâturage de 3-4 h offertes chaque jour (Kennedy *et al* 2009, Pérez-Ramírez *et al* 2009). La quantité d'herbe offerte ou la hauteur de l'herbe, qui déterminent en partie la préhensibilité et donc la vitesse d'ingestion d'herbe, sont également des facteurs à considérer car pouvant affecter la capacité des ruminants à s'adapter à une contrainte de temps d'accès au pâturage (Iason *et al* 1999, Pérez-Ramírez *et al* 2009, Pérez-Prieto *et al* 2011).

Un temps d'accès réduit au pâturage combiné avec une complémentation en fourrages maîtrisée peut être considéré comme une alternative intéressante aux systèmes d'alimentation conservée durant une partie de l'année. Une telle stratégie devrait permettre de bien valoriser l'herbe disponible tout en réduisant les besoins en stocks fourragers, toujours de coût de production plus élevé que l'herbe pâturée. En combinant l'ensemble des résultats des études récentes, des recommandations sur les temps d'accès au pâturage minimum pour les vaches laitières peuvent être proposées selon le niveau de complémentation et la hauteur d'herbe (tableau 5). Ces temps d'accès permettent de maximiser l'efficacité du pâturage (kg MS d'herbe ingérée/heure de présence), les vaches atteignant au moins 90% de leur ingestion maximale et produisant 1 à 2 kg de lait/j en moins qu'en pâturage jour et nuit. Pour atteindre la production permise sans restriction de temps d'accès, il faut ajouter au moins 2 h aux valeurs de temps d'accès journalier rapportées dans le tableau 5. La

quantité de fourrages apportés en complément doit évidemment être adaptée au temps d'accès. Ainsi, quand le temps d'accès n'est que de 4 h, un apport de 15 kg MS d'un mélange équilibré ensilage de maïs/tourteau de soja est nécessaire pour atteindre la production de lait maximale. Lorsque le temps d'accès est de 8 h, la production laitière n'augmente plus au-delà d'un apport de 10 kg MS de ce mélange (Delaby *et al* 2009). Dans tous les cas, il est primordial d'adapter le chargement ou le temps de séjour par parcelle pour maintenir une bonne valorisation de l'herbe et éviter une dégradation de la qualité de l'herbe pour les cycles de pâturage suivants.

2.3 / Adapter la composition botanique des prairies

Les travaux originaux de Demarquilly (1963) ont bien montré des variations reproductibles de la production laitière journalière lorsque les vaches laitières pâturent successivement des prairies de nature différente, et particulièrement lorsque graminées et légumineuses alternent. De même, l'ingestion de MS d'herbe et la production laitière sont réduites de 1 à 2 kg/j lorsque les vaches pâturent du dactyle comparativement au ray-grass anglais (Greenhalgh et Reid 1969). Il a aussi été montré qu'un apport de 2 kg de concentré était nécessaire pour maintenir la production laitière à un niveau équivalent sur du dactyle que sur du ray-grass (Hoden et Peyraud, non publié).

Au pâturage, il est connu depuis longtemps que l'ingestion d'herbe sur prairies de légumineuses pures (trèfles) est de 15 à 20% supérieure à celle observée sur prairies de graminées pures (Alder et Minson 1963). Les effets bénéfiques de l'introduction de trèfle blanc dans des prairies de graminées sur l'ingestion et les performances animales ont été démontrés par Wilkins *et al* (1994). Cet effet positif du trèfle sur l'ingestion augmente logiquement avec la proportion de trèfle dans le couvert végétal,

Tableau 5. Temps d'accès journalier minimal (en heures, h) recommandé au pâturage pour des vaches laitières en fonction de la complémentation reçue à l'auge et de la hauteur de l'herbe.

Complémentation (fourrages + concentrés, kg MS/j)	0 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	10	15
Hauteur de l'herbe non limitante (> 8-10 cm) ⁽²⁾	8 - 10 h	4 - 6 h	3 - 4 h	2 - 3 h
Hauteur de l'herbe faible (< 8-10 cm) ⁽²⁾	10 - 12 h	6 - 8 h	5 - 6 h	3 - 4 h

⁽¹⁾ A faible apport de compléments, diviser le temps d'accès journalier en 2 périodes, par exemple après chaque traite, permet de réduire le temps d'accès total de 1 - 2 h par rapport aux valeurs du tableau, sans effet négatif sur l'ingestion et la production laitière journalières.

⁽²⁾ Hauteur mesurée à l'herbomètre.

mais le maximum d'ingestion et de production laitière est observé dès que la proportion de trèfle atteint 50-60% de la biomasse totale, suggérant une synergie et une meilleure ingestibilité des prairies de mélange comparativement à celle des espèces pures (Harris *et al* 1998). En pâturage rationné, il semble que cet effet positif de l'introduction de trèfle dans les prairies sur l'ingestion et la production laitière soit indépendant de la quantité d'herbe offerte (Ribeiro-Filho *et al* 2005). En plus de la faible teneur en fibres du trèfle, il est probable que l'effet positif du trèfle sur l'ingestion soit lié en partie à une meilleure facilité de préhension des feuilles et pétioles de trèfle que des tiges et gaines de graminées. Une vitesse d'ingestion d'herbe supérieure sur prairies de ray-grass-trèfle que sur ray-grass pur a été rapportée par Ribeiro-Filho *et al* (2003).

Un des atouts principaux du trèfle blanc est sa faible perte de valeur nutritive au cours du vieillissement, plus faible que celle des graminées. A titre d'exemple, des digestibilités de plus de 0,75 ont été rapportées après 7 semaines de repousses ou au stade floraison au cours du premier cycle chez le trèfle blanc (Peyraud 1993, Delaby et Peccatte 2003). Au pâturage, cela permet de maintenir de bons niveaux d'ingestion sur des prairies d'association d'âge de repousses élevé. Ainsi, entre 19 et 35 jours de repousses, l'ingestion quotidienne des vaches laitières décroît de 2,0 kg MS sur du ray-grass anglais pur et seulement de 0,8 kg MS sur une association ray-grass/trèfle (Ribeiro-Filho *et al* 2003). La gestion des prairies d'association apparaît donc facilitée, permettant notamment une bonne valorisation de ces prairies à des stades avancés en fin de printemps ou en été (reports sur pied).

A l'échelle annuelle, des prairies d'association graminées-trèfle peu ou pas fertilisées en azote produisent autant que des prairies de graminées seules moyennement fertilisées. Ainsi, des études à long terme conduites sur plusieurs années montrent des performances globales par hectare comparables entre les deux types de prairies (Peyraud *et al* 2009), les études à court terme montrant parfois un avantage aux prairies d'association. Au delà des associations binaires simples, un effet positif de la diversité floristique des prairies sur la productivité par hectare peut être attendu grâce à une complémentarité entre espèces au cours de l'année selon les conditions climatiques. Une vaste étude conduite sur 28 sites dans 17 pays d'Europe a ainsi montré des bénéfices clairs des prairies d'association graminées-trèfle comprenant 4 espèces en comparaison des mêmes espèces semées en pur (Lüscher *et al* 2008). En Amérique

du Nord, Deak *et al* (2010) ont montré qu'accroître la diversité botanique des prairies permettait de réduire la variabilité inter-annuelle de la production de MS, avec des productions totales de MS supérieures aux prairies simples durant les années sèches. Ces meilleures performances agronomiques des prairies multispécifiques ne se traduisent pas toujours par des avantages zootechniques en termes de production par animal, notamment si la valeur alimentaire des prairies n'est pas modifiée (Soder *et al* 2007). Des interactions digestives ou ingestives positives (stimulation de l'ingestion) entres espèces sont toutefois possibles avec des prairies multispécifiques (Cortes *et al* 2006, Niderkorn et Baumont 2009). Davantage d'études sont nécessaires pour déterminer les intérêts des prairies multiespèces comprenant graminées, légumineuses voire d'autres dicotylédones sur les performances globales des systèmes pâturés, à l'échelle de l'animal et à l'échelle des surfaces. Pour les prairies temporaires semées, l'intérêt d'une très grande diversité d'espèces n'est pas démontré, notamment en raison de la disparition rapide de certaines de ces espèces et de la difficulté plus grande à gérer cette complexité.

2.4 / Mieux valoriser l'azote de l'herbe

En raison du faible taux de conversion de l'azote de la ration en azote du lait chez la vache laitière pâturant des prairies de qualité, de nombreuses études ont visé à améliorer ce taux d'utilisation de l'azote au travers de la composition des plantes. Réduire la fertilisation azotée minérale sur prairies de graminées est par exemple un moyen très efficace pour limiter les rejets azotés des ruminants. La plupart des mesures de bilans digestifs indiquent dans ce cas une chute de l'excrétion azotée urinaire, et principalement de l'azote uréique urinaire, en raison d'une réduction drastique des pertes d'azote ammoniacal dans le rumen (Peyraud et Astigarraga 1998). L'accroissement de la teneur en sucres solubles ou l'introduction de tannins sont deux pistes qui ont également été étudiées pour mieux valoriser l'azote de l'herbe.

a) Accroître la teneur en sucres des graminées

L'hypothèse sous-jacente est que la fourniture d'énergie rapidement fermentescible (sucres) de manière simultanée à l'azote va permettre une meilleure valorisation de cet azote dans le rumen et ainsi limiter les rejets. Par le biais des pratiques (réduction de la fertilisation azotée, augmentation de l'âge de repousses), l'accroissement de la teneur en sucres solubles est classiquement associé à

une réduction de la teneur en azote (Peyraud et Astigarraga 1998, Delagarde *et al* 2000), ce qui n'est pas forcément bénéfique à long terme. Par le biais des variétés, il semblerait possible d'augmenter la teneur en sucres *via* une réduction de la teneur en fibres sans baisse majeure de la teneur en protéines. Cela permettrait théoriquement d'augmenter la digestibilité de la MO, l'ingestion de fourrage et la production laitière, ainsi que de réduire la proportion de l'azote ingéré perdu sous forme urinaire. Des variétés de ray-grass sélectionnées pour leur richesse en sucres ont ainsi été étudiées sur vaches laitières (Miller *et al* 2001, Moorby *et al* 2006). Dans ces essais, la teneur en MAT était cependant très basse (110 g MAT/kg MS), ce qui a limité la digestibilité de la MO et des parois végétales. Tas *et al.* (2005) et Taweel *et al.* (2005) ont comparé 6 cultivars de ray-grass anglais différant par leur teneur en sucres solubles (gamme de 90 à 160 g/kg MS), la teneur en MAT n'étant pas limitante (> 150 g/kg MS). Ces auteurs n'ont observé aucun effet de la teneur en sucres solubles sur l'ingestion volontaire, la production laitière ou le métabolisme azoté. Dans ces études, la quantité d'azote urinaire excrétée a été beaucoup plus liée à la teneur en azote qu'à la teneur en sucres solubles de l'herbe. Les bénéfices d'une sélection variétale sur la richesse en sucres ne sont donc pas clairement démontrés, notamment pour les ray-grass anglais dont la teneur en sucres est déjà élevée. Cela pourrait s'avérer plus prometteur pour des graminées comme la féruque ou le dactyle, moins riches en sucres et moins digestibles. Des études restent nécessaires pour tester ces variétés à l'échelle du système de production et évaluer leurs performances annuelles par hectare (production d'herbe et de lait).

b) Protéger la dégradation de l'azote dans le rumen grâce aux tannins

L'utilisation de plantes riches en tannins condensés doit permettre de réduire la dégradabilité de l'azote dans le rumen. Ces tannins condensés sont des polyphénols de poids moléculaire élevé, présents dans de nombreuses dicotylédones et notamment chez plusieurs légumineuses (lotier, sainfoin, minette). L'ajout de tannins ou l'utilisation de plantes riches en tannins permet ainsi d'accroître le flux de protéines intestinales par unité d'azote ingérée, avec un effet proportionnel à la dose de tannins ingéré (Min *et al* 2003). L'efficacité des tannins condensés sur cette protection ruminale de l'azote dépend de leur structure biochimique et donc des espèces de légumineuses (Aufrère *et al* 2012). Si les bénéfices sont réels en termes de métabolisme azoté, il n'y a en revanche aucune démonstration d'un

effet positif de ces légumineuses riches en tannins sur la production laitière par vache dans les conditions européennes, peut-être en partie parce que ces légumineuses ont des digestibilités et des ingestibilités identiques ou plus faibles que celles du trèfle blanc. Comparé au ray-grass anglais, le lotier (*Lotus corniculatus*) permet en revanche une augmentation de l'ingestion d'herbe et de la production laitière, comme cela est classiquement observé avec les légumineuses (Woodward *et al* 1999). Ces légumineuses riches en tannins comportent également d'autres avantages fonctionnels, comme leur activité anthelminthique permettant une gestion durable du parasitisme, particulièrement chez les petits ruminants (Hoste *et al* 2006) ou leur rôle anti-météorisation. La présence de tannins condensés est également une voie de réduction de la production de méthane entérique par kg de lait produit chez la vache laitière (Woodward *et al* 2004). Encore une fois, des approches globales à l'échelle annuelle et par unité de surface doivent être conduites avant de conclure à des effets positifs durables,

notamment concernant les émissions azotées dans le milieu.

Conclusion

La prairie pâturée constitue la ressource alimentaire la plus économique et devrait être la base de systèmes de production laitière économes dans de nombreuses régions d'Europe. La gestion de l'alimentation des troupeaux de fort potentiel génétique au pâturage est donc un challenge dans de nombreux pays, sachant que l'efficacité des systèmes est globalement élevée uniquement lorsque l'herbe est bien valorisée. Il est clair que des vaches de fort potentiel de production ne peuvent couvrir leurs besoins de production et exprimer leur potentiel à partir de l'herbe pâturée seule. Il est toutefois possible d'identifier les conditions de pâturage favorables ou défavorables à la production individuelle, ceci en interaction avec le type de vaches, la qualité de l'herbe et la complémentation. Il reste aujourd'hui une marge de manœuvre importante pour mieux gérer

la nutrition des vaches laitières au pâturage en prenant en compte les connaissances récentes sur les facteurs déterminant l'ingestion et la digestion de l'herbe pâturée. Ainsi, des stratégies ciblées de complémentation en concentrés ou de réduction du temps d'accès au pâturage associées à un apport maîtrisé de fourrages conservés peuvent être très efficaces pour concilier la gestion du système pâturé et la nutrition des vaches laitières. L'utilisation plus systématique des légumineuses *via* les prairies d'association ou les prairies multispécifiques apparaissent aussi comme des stratégies efficaces pour accroître les apports de nutriments aux vaches tout en minimisant les fluctuations inter-saisonnières ou inter-annuelles de la production d'herbe. Les équilibres de flore de la prairie, même s'ils restent difficiles à contrôler, permettent également un meilleur équilibre de la ration (azote, sucres, énergie, minéraux) et une réduction des risques d'émissions azotées dans le milieu, tout en maintenant un niveau satisfaisant de production par vache et par hectare.

Références

- Alder F.E., Minson D.J., 1963. The herbage intake of cattle grazing lucerne and cocksfoot pasture. *J. Agric. Sci. Camb.*, 60, 359-369.
- Apper-Bossard E., Peyraud J.L., Faverdin P., Meschy F., 2010. Changing dietary cation-anion difference for dairy cows fed with two contrasting levels of concentrate in diets. *J. Dairy Sci.*, 93, 4196-4210.
- Aroeira L.J.M., Lopes F.C.F., Deresz F., Verneque R.S., Dayrell M.S., de Matos L.L., Maldonado-Vasquez H., Vittori A., 1999. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Anim. Feed Sci. Technol.*, 78, 313-324.
- Aufrère J., Theodoridou K., Baumont R., 2012. Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tannins condensés en milieux tempérés. *INRA Prod. Anim.*, 25, 29-44.
- Baudracco J., Lopez-Villalobos N., Holmes C.W., McDonald K.A., 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. *NZ J. Agric. Res.*, 53, 109-133.
- Baumont R., Aufrère J., Méschy F., 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, 198, 153-173.
- Buckley F., Dillon P., Rath M., Veerkamp R.F., 2000. The relationship between genetic merit for yield and live weight condition score, and energy balance of spring calving Holstein Friesian dairy cows on grass based systems on milk production. *J. Dairy Sci.*, 83, 1878-1886.
- Chilibroste P., Soca P., Mattiauda D.A., Bentancur O., Robinson P.H., 2007. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Aust. J. Exp. Agric.*, 47, 1075-1084.
- Cortes C., Damasceno J.C., Jamot J., Prache S., 2006. Ewes increase their intake when offered a choice of herbage species at pasture. *Anim. Sci.*, 82, 183-191.
- Deak A., Hall M.H., Sanderson M.A., Rotz A., Corson M., 2010. Whole-farm evaluation of forages mixtures and grazing strategies. *Agron. J.*, 102, 1201-1209.
- Delaby L., Peyraud J.L., 1994. Influence de la nature du concentré énergétique sur les performances des vaches laitières au pâturage. *Renc. Rech. Rum.*, 1, 113-116.
- Delaby L., Peccatte J.R., 2003. Valeur alimentaire des prairies d'association ray grass anglais/ trèfle blanc utilisées entre 6 et 12 semaines de repousse. *Renc. Rech. Rum.*, 10, 389.
- Delaby L., Peyraud J.L., Vérité R., Marquis B., 1996. Effect of protein content in the concentrate and level of nitrogen fertilization on the performance of dairy cows in pasture. *Ann. Zootech.*, 45, 327-341.
- Delaby L., Peyraud J.L., Delagarde R., 2003. Faut-il compléter les vaches laitières au pâturage ? *INRA Prod. Anim.*, 16, 183-195.
- Delaby L., Delagarde R., Peyraud J.L., 2009. Which level of supplementation for limited access time grazing dairy cows? *Renc. Rech. Rum.*, 16, 50.
- 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., Peyraud J.L., 2000. Cinétique journalière des fermentations ruminales et du comportement alimentaire chez la vache laitière en pâturage rationné. *Renc. Rech. Rum.*, 7, 196.
- Delagarde R., O'Donovan M., 2005. Les modèles de prévision de l'ingestion journalière d'herbe et de la production laitière des vaches au pâturage. *INRA Prod. Anim.*, 18, 241-253.
- Delagarde R., Peyraud J.L., Delaby L., 1997. The effect of nitrogen fertilisation level and protein supplementation on herbage intake, feeding behaviour and digestion in grazing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 66, 165-180.
- Delagarde R., Peyraud J.L., Delaby L., 1999. Influence of carbohydrate or protein supplementation on intake, behaviour and digestion in dairy cows strip grazing low nitrogen fertilized perennial ryegrass. *Ann. Zootech.*, 48, 81-96.
- 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., Prache S., D'Hour P., Petit M., 2001. Ingestion de l'herbe par les ruminants au pâturage. *Fourrages*, 166, 189-212.
- Delagarde R., Pérez-Ramírez E., Delaby L., Peyraud J.L., 2008. Adaptations comportementales et ingestion des vaches laitières soumises à une restriction du temps d'accès journalier au pâturage. *Renc. Rech. Rum.*, 15, 323-326.
- Delagarde R., Faverdin P., Baratte C., Peyraud J.L., 2011a. GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 2. Prediction of intake under rotational and continuously stocked grazing management. *Grass Forage Sci.*, 66, 45-60.
- Delagarde R., Valk H., Mayne C.S., Rook A.J., González-Rodríguez A., Baratte C.,

- Faverdin P., Peyraud J.L., 2011b. GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model. *Grass Forage Sci.*, 66, 61-77.
- Demarquilly C., 1963. Influence de la nature du pâturage sur la production laitière et la composition du lait. *Ann. Zootech.*, 12, 69-104.
- Dillon P., Hennessy T., Shalloo L., Thorne F., Horan B., 2008. Future outlook for the Irish dairy industry: a study of international competitiveness, influence of international trade reform and requirement for change. *Int. J. Dairy Technol.*, 61, 16-29.
- Dumont B., Farruggia A., Garel J.P., 2007. Pâturage et biodiversité des prairies permanentes. *Renc. Rech. Rum.*, 14, 17-24.
- Faverdin P., Dulphy J.P., Coulon J.B., Vérité R., Garel J.P., Rouel J., Marquis B., 1991. Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 27, 137-156.
- Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., Meschy F., 2007. Alimentation des vaches laitières. In: *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux. Valeurs des aliments*, Tables INRA 2007. Agabriel J. (Ed). QUAE Editions, Versailles, France, 23-55.
- Faverdin P., Baratte C., Delagarde R., Peyraud J.L., 2011. GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 1. Prediction of intake capacity, voluntary intake and milk production during lactation. *Grass Forage Sci.*, 66, 29-44.
- Friggens N.C., Martin O., Brun-Lafleur L., Sauvant D., Faverdin P., 2013. La partition des nutriments entre fonctions physiologiques chez les vaches laitières dépend du génotype et de son expression dans le temps. In: *Numéro spécial, La vache et le lait*. Faverdin P., Leroux C., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 26, 2, 95-110.
- Greenhalgh J.F.D., Reid G.W., 1969. The herbage consumption and milk production of cows grazing ST24 ryegrass and ST37 cocksfoot. *J. Br. Grass. Soc.*, 24, 98-103.
- Harris S.L., Auldred M.J., Clark D.A., Jansen E.B., 1998. Effects of white clover content in the diet on herbage intake, milk production and milk composition of New Zealand dairy cows housed indoors. *J. Dairy Res.*, 65, 389-400.
- Hoogendoorn C.J., Holmes C.W., Chu A.C.P., 1992. Some effects of herbage composition as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass / white clover pastures. 2. Milk production in late spring / summer: effect of grazing intensity during the preceding spring period. *Grass Forage Sci.*, 47, 316-325.
- Hoste H., Jackson F., Athanasiadou S., Thamsbord S.M., Hoskin S., 2006. The effect of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends Parasitol.*, 22, 253-261.
- Iason G.R., Mantecon A.R., Sim D.A., Gonzalez J., Foreman E., Bermudez F.F., Elston D.A., 1999. Can grazing sheep compensate for a daily foraging time constraint? *J. Anim. Ecol.*, 68, 87-93.
- INRA, 2007. *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux. Valeurs des aliments*, Tables INRA 2007. Editions QUAE, Paris, France, 307p.
- Kennedy J., Dillon P., Delaby L., Faverdin P., Stakelum G., Rath M., 2002. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86, 610-621.
- Kennedy E., McEvoy M., Murphy J.P., O'Donovan M., 2009. Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behavior, and dry matter intake. *J. Dairy Sci.*, 92, 168-176.
- Kolver E.S., Muller L.D., 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.*, 81, 1403-1411.
- Kristensen T., Oudshoorn F., Munksgaard L., Soegaard K., 2007. Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behaviour in dairy cows. *Animal*, 1, 439-448.
- Ledgard S., Schils R., Eriksen J., Luo J., 2009. Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. *Irish J. Agric. Res.*, 91, 91-107.
- Le Gall A., Béguin E., Dollé J.B., Manneville V., Pflimlin A., 2009. Nouveaux compromis techniques pour concilier efficacité économique et environnementale en élevage herbivore. *Fourrages*, 198, 131-151.
- Lüscher A., Finn J.A., Connolly J., Sebastia M.T., Collins R., Fothergill M., Porqueddu C., Brophy C., Huguenin-Elie O., Kirwan L., Nyfeler D., Helgadottir A., 2008. Benefits of sward diversity for agricultural grasslands. *Biodiversity*, 9, 29-32.
- 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.
- McEvoy M., Delaby L., Murphy P., Boland T.M., O'Donovan M., 2010. Effect of herbage mass and allowance on sward characteristics, milk production, intake and rumen volatile fatty acid concentration. *Grass Forage Sci.*, 65, 335-347.
- Miller L.A., Moorby J.M., Davies D.R., Humphreys M.O., Scollan N.D., McRae J.C., Theodorou M.K., 2001. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass Forage Sci.*, 56, 383-394.
- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C., 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 106, 3-19.
- Moorby J.M., Evans R.T., Scollan N.D., Macraet J.C., Theodorou M.K., 2006. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. *Grass Forage Sci.*, 61, 52-59.
- Moran J.B., Croke D.E., 1993. Maize silage for the pasture-fed dairy cows 5. A comparison with wheat while grazing low quality perennial pastures in the summer. *Aust. J. Exp. Agric.*, 33, 541-549.
- Niderkorn V., Baumont R., 2009. Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal*, 3, 951-960.
- O'Donovan M., Delaby L., Peyraud J.L., 2004. Effect of time of initial grazing date and subsequent stocking rate on pasture production and dairy cow performance. *Anim. Res.*, 53, 489-502.
- Pérez-Prieto L.A., Delagarde R., 2012. Meta-analysis of the effect of pregrazing pasture mass on pasture intake, milk production, and grazing behavior of dairy cows strip-grazing temperate grasslands. *J. Dairy Sci.*, 95, 5317-5330.
- Pérez-Prieto 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.
- Pérez-Ramírez E., Peyraud J.L., Delagarde R., 2009. Restricting daily time at pasture at low and high pasture allowance: Effects on pasture intake and behavioral adaptation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 3331-3340.
- Peyraud J.L., 1993. Comparaison de la digestion du trèfle blanc et des graminées prairiales chez la vache laitière. *Fourrages*, 135, 465-473.
- Peyraud J.L., Astigarraga L., 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 72, 235-259.
- Peyraud J.L., Delaby L., 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows – Response to concentrates in interaction with grazing management and grass quality. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy P.G., Wiseman J. (Eds). University of Nottingham University Press, Nottingham, UK, 203-220.
- Peyraud J.L., Delaby L., 2008. Maîtrise des flux d'azote dans la gestion des prairies et du pâturage en systèmes laitiers intensifs. *INRA Prod. Anim.*, 21, 167-180.
- Peyraud J.L., Delagarde R., 2013. Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. *Animal*, 7, 57-67.
- Peyraud J.L., Comerón E.A., Wade M.H., Lemaire G., 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.*, 45, 201-217.
- Peyraud J.L., Le Gall A., Lüscher A., 2009. Potential food production from forage legume-based-systems in Europe: an overview. *Irish J. Agric. Food Res.*, 48, 115-135.
- Portier B., Brocard V., Le Meur D., Lopez C., 2003. Effets du niveau de complémentation sur les performances et le coût alimentaire des vaches laitières. *Renc. Rech. Rum.*, 10, 361-367.
- Raison C., Chambault H., Le Gall A., Pflimlin A., 2008. Impact du système fourrager sur la qualité des eaux. Enseignements issus du projet Green Dairy. *Fourrages*, 193, 3-18.
- Ribeiro-Filho H.M.N., Delagarde R., Peyraud J.L., 2003. Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass pastures: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of pasture regrowth. *Anim. Sci.*, 77, 499-510.
- Ribeiro-Filho H.M.N., Delagarde R., Peyraud J.L., 2005. Herbage intake and milk yield of dairy cows grazing perennial ryegrass pastures or white-clover/perennial rye grass pastures at low and medium herbage allowance. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 119, 13-27.

Ribeiro-Filho H.M.N., Peyraud J.L., Delagarde R., 2012. Foraging behavior and ruminal fermentation of dairy cows grazing ryegrass pasture alone or with white clover. *Pesc. Agropec. Bras., Brasília*, 47, 358-365.

Sayers H.J., Mayne C.S., Bartram C.G., 2000. The effect of level and type of supplement and change in the chemical composition of herbage as the season progresses on herbage intake and animal performance of high yielding dairy cows. In: *Grazing management*. Rook A.J., Penning P.D. (Eds). Institute of Grassland and Environmental Research, Okehampton, UK, 85-90.

Schwartz F.J., Haffner J., Kirchgessner M., 1995. Supplementation of zero-grazed dairy cows with molassed beet pulp, maize or a cereal-rich concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 54, 237-248.

Soder K.J., Rook A.J., Sandeson M.A., Goslee S.C., 2007. Interaction of plant species diversity on grazing behavior and performance of livestock grazing temperate regions pastures. *Crop Sci.*, 47, 416-425.

Stakelum G., Dillon P., 2003. The effect of supplement type on the rumen fermentation pattern of cows fed fresh grass and in sacco

disappearance of grass in the rumen. *Irish J. Agric. Food Sci.*, 42, 213-228.

Steg A., Van Straalen W.M., Hindle V.A., Wensink W.A., Dooper F.M.H., Schils R.L.M., 1994. Rumen degradation and intestinal digestion of grass and clover at two maturity levels during the season in dairy cows. *Grass Forage Sci.*, 49, 378-390.

Stockdale C.R., 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.*, 40, 913-921.

Stockdale C.R., Cohen D.C., Doyle P.T., 2001. Nutritive characteristics of irrigated perennial pastures in northern Victoria and the selection of nutrients by grazing dairy cows. *Aust. J. Exp. Agric.*, 41, 601-609.

Tas B.M., Taweel H.Z., Smit H.J., Elgersma A., Dijkstra J., Tamminga S., 2005. Effects of perennial ryegrass cultivars on intake, digestibility, and milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 88, 3240-3248.

Taweel H.Z., Tas B.M., Smit H.J., Elgersma A., Dijkstra J., Tamminga S., 2005. Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of

dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 121, 243-256.

van Vuuren A.M., van der Koelen C.J., Vroons-De Bruin J., 1986. Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentations patterns of grazing dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.*, 34, 457-467.

Wilkins R.J., Gibb M.J., Huckle C.A., Clements A.J., 1994. Effect of supplementation on production by spring calving dairy cows grazing pastures of differing clover content. *J. Agric. Sci. Camb.*, 77, 531-537.

Wilson J.R., Deinum B., Engels F.M., 1991. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Neth. J. Agric. Sci.*, 39, 31-48.

Woodward S.L., Auldrist M.J., Laboyrie P.J., Jansen E.B.L., 1999. Effect of *Lotus corniculatus* and condensed tannins on milk yield and milk composition of dairy cows. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.*, 59, 152-155.

Woodward S.L., Waghorn G.C., Laboyrie P.G., 2004. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.*, 64, 160-164.

Résumé

La prairie pâturée, source de nutriments la plus économique pour les vaches laitières, devrait constituer la base de systèmes économiques et durables. Dans ces systèmes, la gestion de l'alimentation des troupeaux laitiers au pâturage est un challenge majeur. L'objectif de cet article de synthèse est de présenter et de hiérarchiser les principaux facteurs déterminant des apports énergétiques et azotés des vaches laitières au pâturage en milieu tempéré, afin de mettre en évidence les voies d'actions possibles permettant des performances par vache élevées tout en maximisant l'utilisation et la valorisation de l'herbe par hectare. La gamme de variation possible des besoins alimentaires des vaches et de leur capacité d'ingestion est comparée avec celle de la valeur alimentaire des prairies pâturées et des effets induits par la gestion du pâturage. Ces comparaisons montrent que les vaches fortes productrices ne peuvent pas atteindre leur potentiel de production laitière lorsqu'elles sont nourries à l'herbe seule. Les bilans énergétiques théoriques des vaches peuvent cependant être estimés dans une large gamme de disponibilité et de qualité de prairies. Des modèles prévisionnels permettent aussi de calculer les apports de concentrés nécessaires pour couvrir ces besoins dans une large gamme de pratiques. Les effets de la pression de pâturage, de la complémentation, de l'utilisation des légumineuses ou de la gestion du temps d'accès journalier au pâturage sont notamment présentés et discutés. Il est conclu que les connaissances acquises en termes de régulation de l'ingestion et de la digestion des vaches laitières au pâturage permettent aujourd'hui de définir les voies de maîtrise de l'alimentation du troupeau et des performances des systèmes laitiers bovins herbagers.

Abstract

Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing

Grazed pasture is the cheapest source of nutrients for dairy cows and should form the basis of profitable and low input animal production systems. Management of high producing dairy cows at pasture is thus a major challenge in most countries. The objective of the present paper is to review the factors affecting nutrient supply for grazing dairy cows in order to point out areas with scope for improvement on managing variations in nutrient supply to achieve high animal performance while maintaining efficient pasture utilisation per hectare. Reviewing the range in animal nutrient requirements, intake capacity and pasture nutritive values shows that high producing cows cannot satisfy their energy requirements from grazing alone. Favourable to unfavourable situations for grazing dairy cows may be defined according to pasture quality and availability. Predictive models also enable to calculate supplementation level required to meet energy requirements in various situations. Solutions to maintain acceptable level of production per cow and high output per ha are discussed. Strategies of concentrate supplementation and increasing use of legumes in mixed swards are the most promising. It is concluded that there is scope for improving animal performance at grazing given recent developments in our understanding of factors influencing pasture intake and digestion.

DELAGARDE R., PEYRAUD J.-L., 2013. Gérer les variations des apports alimentaires des vaches laitières au pâturage. *INRA Prod. Anim.*, 26, 3, 263-276.