

Le calcul de ration pour vaches laitières au pâturage

R. DELAGARDE, L. DELABY, P. FAVERDIN

INRA, UMR Production du Lait - 35590 Saint-Gilles - France

RESUME - Le calcul de ration pour vaches laitières au pâturage n'est pas facile en pratique car les modèles fiables de prévision de l'ingestion intégrant les conditions de pâturage restent complexes et basés sur des variables difficilement quantifiables en fermes. Cet article montre les opportunités de calcul de ration permises par un système d'équations empiriques successives développées dans le cadre de la réédition de l'ouvrage "Alimentation des bovins, ovins et caprins" de l'INRA. Ces équations, issues du modèle pâturage inclus dans le logiciel INRAtion, sont basées sur des notions classiques des systèmes d'alimentation de l'INRA (capacité d'ingestion du troupeau, valeurs UFL et UEL des aliments), sur la notion de production laitière potentielle et, pour les conditions de pâturage, sur les hauteurs mesurées à l'herbomètre en entrée et en sortie de parcelle. Ce système d'équations se veut robuste et utilisable directement en fermes à partir d'une simple feuille de calcul. Il permet de calculer et de raisonner simultanément l'alimentation du troupeau (ingestion par vache, apport et bilan UFL) et la valorisation de l'herbe produite (ingestion par hectare, surface à offrir, temps de séjour). A titre d'exemple, il permet de calculer l'effet d'un apport de complément sur l'ingestion d'herbe ou la quantité de concentré à apporter pour couvrir la production laitière potentielle en fonction des conditions de pâturage, de la qualité de l'herbe et du potentiel laitier du troupeau.

Diet formulation for grazing dairy cows

R. DELAGARDE, L. DELABY, P. FAVERDIN

INRA, UMR Production du Lait - 35590 Saint-Gilles - France

SUMMARY - Formulating the diet for grazing dairy cows is still a problem in practice because the predictive models of herbage intake at grazing are often complex and based on inputs difficult to measure on the farm. This paper shows the opportunities for diet formulation of a series of empirical equations published recently in the INRA book "Alimentation des bovins, ovins et caprins". These equations, derived from the grazing intake model of the INRAtion software, are based on the classical concepts of the INRA feeding systems for ruminants (intake capacity, feed UFL and UEL values), on the concept of potential milk yield and, for the grazing conditions, on the pre-grazing and post-grazing sward heights measured with a platometer. This system of calculations is simple enough to be used on farm from a spreadsheet. It allows to manage the feeding of the herd (intake per cow, energy balance) and the rate of pasture utilisation (intake per ha, area to be offered, residency time per paddock). As an example, the effect of any supplementation on herbage intake or on the amount of concentrate to be fed to produce the potential milk yield can be calculated whatever the grazing conditions, the quality of the pasture and the potential milk yield of the herd.

INTRODUCTION

L'alimentation du troupeau laitier au pâturage est difficile à raisonner car il n'existe pas de repères techniques simples permettant d'estimer la quantité d'herbe ingérée par les vaches laitières. Un modèle de prévision de l'ingestion au pâturage a été développé récemment (GrazeIn, Delagarde *et al.*, 2004). Il est compatible avec les systèmes INRA et sa validation avec des données indépendantes a montré qu'il était suffisamment robuste et précis pour le calcul de ration (Delagarde et O'Donovan, 2005). En raison des algorithmes de calcul relativement compliqués, ce modèle n'est cependant pas directement utilisable en ferme. En pratique, il pourra être utilisé *via* le logiciel INRAtion qui comportera dans sa prochaine version un module pâturage basé sur GrazeIn. En parallèle, une méthode simplifiée de calcul de ration pour les vaches laitières au pâturage vient d'être élaborée dans le cadre de la réédition de l'ouvrage "Alimentation des Bovins, Ovins, Caprins" (Faverdin *et al.*, 2006a). L'objectif de cet article est de décrire cette méthode de calcul de ration, ses liens avec GrazeIn et de présenter quelques applications pratiques.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. UNE PREVISION DE L'INGESTION BASEE SUR LES HAUTEURS D'HERBE EN ENTREE ET EN SORTIE DE PARCELLE

Pour raisonner sur la base de repères techniques de terrain, GrazeIn a été adapté. Dans la méthode simplifiée, les conditions de pâturage sont décrites par les hauteurs mesurées à l'herbomètre en entrée (HE) et en sortie (HS) de parcelle

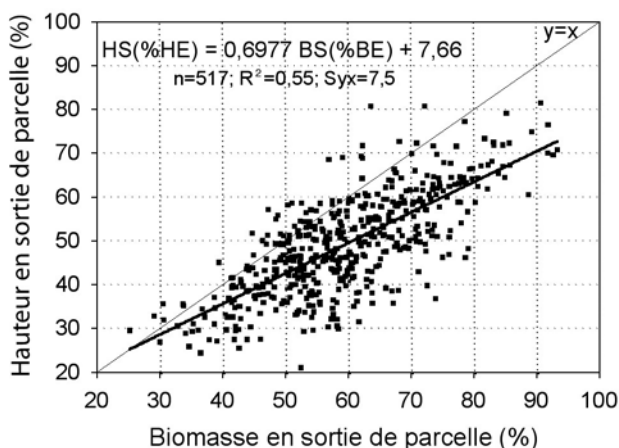
plutôt que par la biomasse (/ha), la surface et la quantité d'herbe offerte par vache dans GrazeIn. Cette modification est possible car le rapport HS/HE, qui correspond à la proportion de hauteur non consommée, est un très bon estimateur de la quantité d'herbe offerte et de l'ingestion (Delagarde *et al.*, 2001), presque indépendamment de la hauteur en entrée de parcelle. Dans le cas du pâturage tournant avec des temps de séjour supérieurs à 3 jours, il convient de corriger HE de la croissance d'herbe pendant le temps de séjour (HE_C). Cette correction représente jusqu'à 2 cm lorsque la croissance est élevée (100 kg MS/ha par jour) et que le temps de séjour est long (10 jours).

Pour passer d'un raisonnement sur la biomasse (GrazeIn) à un raisonnement sur la hauteur (méthode présentée), il est nécessaire de connaître la relation hauteur/biomasse, notamment en sortie de parcelle où la biomasse résiduelle n'est jamais mesurée expérimentalement. Pour établir ce lien entre hauteur et biomasse en sortie de parcelle, nous avons utilisé les données de 517 parcelles provenant de 20 essais réalisés de 1995 à 2004 dans les fermes expérimentales INRA du Pin-au-Haras (Orne) et de Méjusseau (Ille-et-Vilaine). Dans chaque essai, la biomasse initiale, HE et HS ont été mesurées, tandis que l'ingestion d'herbe et la biomasse résiduelle ont été calculées par GrazeIn. La biomasse et la hauteur résiduelles ont été exprimées en proportion de la biomasse et de la hauteur initiales, afin de s'affranchir au moins partiellement des fortes variations de densité (biomasse/hauteur herbomètre) (figure 1). De cette façon, des analyses de covariance n'ont montré aucun effet quantitativement

signifiant du site, du type de prairie (*ray-grass* anglais, *ray-grass* anglais/trèfle blanc, permanentes) ou de la saison (printemps, été, automne) sur cette relation.

Pour prévoir l'ingestion d'herbe, les taux de substitution herbe/compléments et les surfaces à offrir directement à partir des hauteurs en entrée et en sortie de parcelle, nous avons : 1/ réalisé des milliers de simulations avec GrazeIn afin de couvrir une large gamme de situations de pâturage, 2/ calculé la hauteur en sortie de parcelle à partir de la biomasse résiduelle et de l'équation de la figure 1 pour chaque simulation, 3/ développé des régressions multiples empiriques précises basées sur HE et HS. Les autres variables explicatives utilisées sont : la production laitière potentielle et la capacité d'ingestion du troupeau (Faverdin *et al.*, 2006b), les valeurs UEL et UFL de l'herbe offerte, la quantité ingérée et les valeurs UEL et UFL de chaque fourrage complémentaire distribué, la quantité ingérée et la valeur UFL de chaque concentré distribué.

Figure 1 : relation entre la biomasse en sortie de parcelle BS calculée par le modèle GrazeIn (en pourcentage de la biomasse en entrée de parcelle BE, au ras du sol) et la hauteur en sortie de parcelle HS mesurée à l'herbomètre (en pourcentage de la hauteur en entrée de parcelle HE). Synthèse de données INRA.



1.2. DEMARCHE DE CALCUL DE L'INGESTION

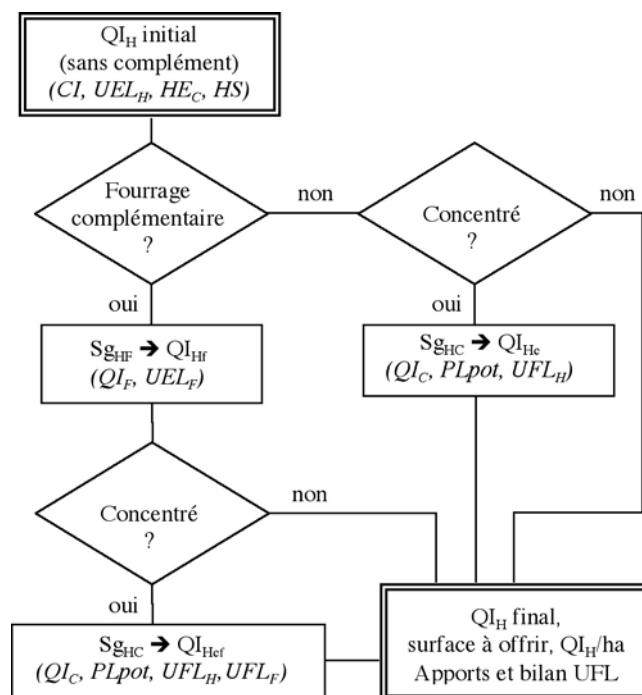
L'objectif de la méthode est de calculer l'ingestion d'herbe quelles que soient les conditions de pâturage (HE, HS) et de complémentation (concentré et/ou fourrage). La quantité d'herbe ingérée est calculée en une à trois étapes successives selon le nombre et la nature des compléments distribués (figure 2). Les équations de calcul ne sont pas présentées dans cet article car elles sont publiées intégralement dans le chapitre "Alimentation des vaches laitières" de l'ouvrage "Alimentation des Bovins, Ovins, Caprins" (Faverdin *et al.*, 2006a). Seule la démarche de calcul est ici présentée.

La première étape consiste à calculer la quantité d'herbe ingérée sans apport de complément (Q_{IH} initial), en ne tenant compte que des caractéristiques des vaches (capacité d'ingestion CI), de l'herbe (U_{ELH}) et des conditions de pâturage (HE_C et HS). La deuxième étape consiste à calculer, lorsqu'un fourrage complémentaire est distribué, le taux de substitution herbe/fourrage (S_{GHF}) et la quantité d'herbe ingérée en présence de ce fourrage (Q_{IHF}), à partir de l'ingestion d'herbe calculée à l'étape 1, de la quantité de fourrage ingérée (Q_{IF}) et de la valeur UEL du fourrage complémentaire (U_{ELF}). La troisième étape consiste à calculer, lorsqu'un concentré est distribué, le taux de substitution herbe/concentré (S_{GHC} sans fourrage

complémentaire ou S_{GHCf} avec un fourrage complémentaire), à partir de l'ingestion calculée à l'étape 1 (pour S_{GHC}) ou à l'étape 2 (pour S_{GHCf}), ainsi que de la quantité de concentré ingérée (Q_{IC}), de la production laitière potentielle du troupeau (PL_{pot}) et de la densité énergétique (UFL/UFL) de l'herbe (pour S_{GHC}) ou du mélange herbe-fourrage (pour S_{GHCf}). Cette étape permet finalement de calculer la quantité d'herbe ingérée (Q_{IH} final), donc les apports et le bilan UFL des vaches laitières au pâturage, en tenant compte des interactions digestives, quels que soient le nombre, le type et la quantité de compléments ingérés.

Pour la gestion pratique du pâturage, la surface nécessaire à faire pâturer chaque jour (pâturage rationné) ou le temps de séjour par parcelle (pâturage tournant) pour atteindre réellement l'objectif de hauteur en sortie de parcelle peut être calculée à partir de l'ingestion par vache calculée précédemment. Finalement, la quantité d'herbe ingérée par hectare peut être calculée à partir de l'ingestion par vache et de la surface offerte, ce qui permet de raisonner simultanément l'alimentation du troupeau et la valorisation de l'herbe produite.

Figure 2 : calcul par étapes de l'ingestion d'herbe (Q_{IH}) au pâturage selon les compléments ingérés (voir signification des abréviations dans le texte)



2. RESULTATS : EXEMPLES D'APPLICATION

2.1. REPOSE D'INGESTION AUX VARIATIONS DE HAUTEUR EN ENTREE ET EN SORTIE DE PARCELLE

L'ingestion d'herbe au pâturage est d'abord déterminée par le rapport HS/HE (figure 3.a). Ce rapport sera appelé hauteur résiduelle relative, car exprimé en proportion de la hauteur initiale. Globalement, la capacité d'ingestion des vaches est atteinte lorsque la hauteur résiduelle relative est proche de 50 % et ce presque indépendamment de la hauteur en entrée de parcelle. Les vaches sont donc d'autant plus capables de pâturer ras sans pénaliser leur ingestion journalière que la hauteur en entrée de parcelle est faible. Une hauteur en entrée de parcelle de 10 à 12 cm permet ainsi de concilier pâturage ras, nécessaire pour maîtriser la qualité des repousses et performances individuelles. Les situations

de pâturage difficiles pour la vache, c'est-à-dire lorsque son ingestion représente moins de 90 % de sa capacité d'ingestion, correspondent à une hauteur résiduelle relative inférieure à 40 %. La sévérité du pâturage ne peut donc être définie seulement par la hauteur en sortie de parcelle, ni seulement par la hauteur en entrée de parcelle (figure 3.a). Le taux de substitution herbe/concentré au pâturage s'accroît avec le taux de couverture des besoins énergétiques des vaches nourries à l'herbe seule, donc lorsque la hauteur résiduelle relative augmente (figure 3.b). En moyenne, le taux de substitution herbe/concentrés est de l'ordre de 0,2, 0,4 et 0,6 pour des conditions de pâturage sévères, classiques et libérales, respectivement. Comme à l'auge, il diminue fortement lorsque la production laitière potentielle augmente (environ -0,10/5 kg de lait potentiel) et augmente légèrement avec la quantité de concentré ingérée (+0,03/kg MS concentré).

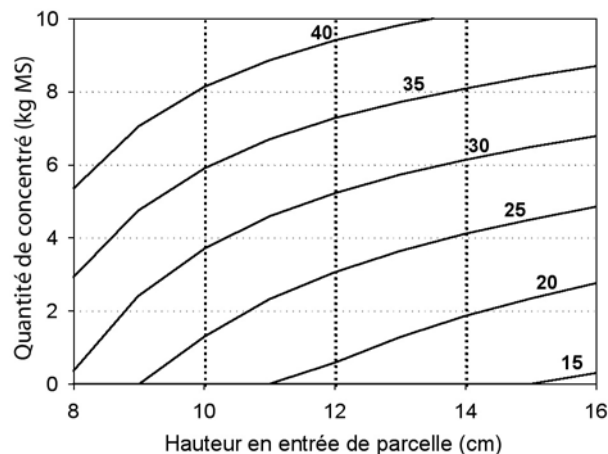
L'effet d'un apport de fourrage complémentaire sur l'ingestion d'herbe varie avec les conditions de pâturage, ce qui signifie que le taux de substitution herbe/fourrage complémentaire est variable. Cette spécificité du rationnement au pâturage est liée au fait que la capacité d'ingestion des vaches n'est pas toujours couverte. Comme dans le cas du concentré, le taux de substitution herbe/fourrage complémentaire augmente avec la hauteur résiduelle relative (figure 3.c). Il reste cependant très élevé en raison de la valeur UEL élevée du fourrage complémentaire, ce qui explique les réponses de production laitière généralement très faibles à nulles lors d'un apport de foin ou d'ensilage au pâturage.

2.2. QUANTITE DE CONCENTRE A APPORTER POUR COUVRIR LES BESOINS ENERGETIQUES

Pour un éleveur qui souhaite exprimer le potentiel de production des vaches au pâturage, le système d'équations permet de calculer l'apport de concentré nécessaire à la couverture des besoins énergétiques. Dans la simulation proposée à la figure 4 (hauteur sortie fixe), la quantité de concentré à apporter pour couvrir la production laitière potentielle augmente de l'ordre de 2 kg MS de concentré/5 kg de lait potentiel. Pour une situation classique de pâturage (HE = 12 cm), cette quantité à apporter est de l'ordre de 1, 5 et 9 kg MS pour des vaches à 20, 30 et 40 kg de lait potentiel, respectivement. Des doses importantes de concentré sont donc à distribuer au pâturage pour couvrir les besoins énergétiques des vaches de fort potentiel, comme c'est d'ailleurs le cas avec des régimes conservés à l'auge. Cependant, au pâturage, la couverture des besoins énergétiques du troupeau est rarement un objectif en soi puisque l'intérêt économique de l'éleveur est souvent de limiter les apports de concentrés afin de diminuer les coûts de production (Brunschwig *et al.*, 2001). La quantité de concentré à apporter à une vache laitière au pâturage est à raisonner globalement en fonction de la stratégie de l'éleveur et de ses contraintes d'élevage (Delaby *et al.*, 2003). Lorsque la quantité de concentré distribuée est inférieure à celle calculée précédemment, il est possible d'estimer la production laitière réalisée. En effet, la réponse de production laitière à l'apport de concentré est proche de 1 kg lait/kg concentré quelle que soit la production laitière potentielle (Delaby *et al.*, 2003). Dans l'exemple ci-dessus, la suppression totale du concentré permettra aux vaches à 20, 30 et 40 kg de lait potentiel de produire environ 19, 25 et 31 kg de lait respectivement, ce qui est proche des valeurs

observées sur des vaches non complémentées au pâturage (Delaby *et al.*, 1999).

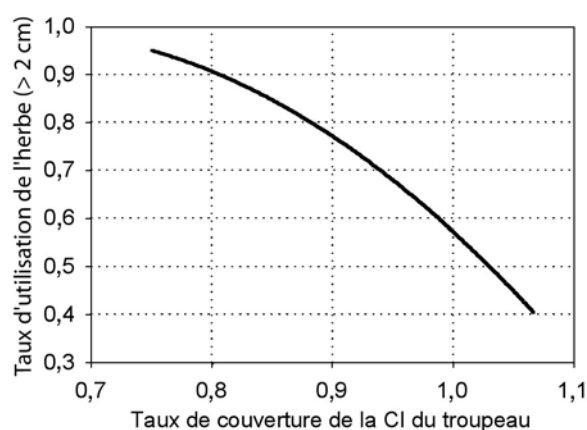
Figure 4 : quantité de concentré (1,05 UFL/kg MS) à apporter à une vache laitière au pâturage pour qu'elle atteigne sa production laitière potentielle, selon la hauteur en entrée de parcelle. Conditions de la simulation : herbe à 1 UEL et 0,95 UFL/kg MS, hauteur en sortie de parcelle fixée à 5,5 cm par adaptation des surfaces (temps de séjour) offertes. Courbes = différentes productions laitières potentielles (kg/jour)



2.3. EQUILIBRE ENTRE INGESTION PAR VACHE ET INGESTION PAR HECTARE

L'alimentation des vaches au pâturage ne doit pas être raisonnée indépendamment de l'herbe pâturée par hectare ou du taux de valorisation de l'herbe sous peine de conduire à des pratiques incohérentes. La relation inverse qui existe entre l'ingestion par vache et l'ingestion par hectare est indépendante de la hauteur en entrée de parcelle lorsque le taux de valorisation est calculé à 2 cm du sol (figure 5). En effet, la hauteur du couvert n'affecte pas la quantité d'herbe ingérée lorsque la quantité d'herbe offerte est raisonnée à 2 cm du sol (Delagarde *et al.*, 2004).

Figure 5 : taux de couverture de la capacité d'ingestion (CI) du troupeau et taux d'utilisation de l'herbe (> 2 cm) au pâturage



Couvrir la capacité d'ingestion des vaches au pâturage ne peut être obtenu qu'en contrepartie d'un taux de valorisation de l'herbe faible, souvent incompatible avec une optimisation économique à l'échelle du système. Les possibilités d'accroître le taux de valorisation de l'herbe en augmentant le chargement sont très importantes puisque les variations relatives du taux de couverture de la CI sont environ deux fois plus faibles que celles du taux de valorisation de l'herbe. Par exemple, accepter de ne nourrir

les vaches qu'à 90 % de leur CI permet d'atteindre un taux de valorisation de l'herbe de 77 % contre 58 % seulement pour une CI couverte à 100 %.

Il est également possible de raisonner l'alimentation du troupeau et la gestion du pâturage au cours de la saison. Quelques situations type de pâturage de mars à juillet sont présentées au tableau 1, avec réduction de la qualité de l'herbe et de la production laitière potentielle liée à l'avancée du stade de lactation moyen du troupeau au cours de la saison. Dans tous les cas simulés, une réduction de la hauteur en sortie de parcelle entraîne une réduction d'ingestion par vache, un gain relatif beaucoup plus important sur l'ingestion (valorisation) par hectare et une économie importante de surface pâturée. L'apport de concentré permet de réduire nettement le déficit énergétique théorique par rapport au potentiel de production. En revanche, un apport supplémentaire d'ensilage de maïs ne modifie pas ce déficit énergétique mais permet d'économiser beaucoup de surface. Dans toutes les situations présentées, les apports UFL restent inférieurs aux besoins UFL théoriques calculés par rapport au lait potentiel. En pratique, cela ne signifie pas que les vaches vont perdre beaucoup d'état mais plutôt que la production de lait sera inférieure à la production de lait potentielle.

CONCLUSION

Ce système d'équations empiriques permet de calculer sous tableur des rations pour vaches laitières au pâturage, c'est-à-dire d'estimer les apports énergétiques à partir d'une description simple du troupeau, de la prairie, de l'objectif de hauteur en sortie de parcelle et de la stratégie de complémentation. Il permet de raisonner en élevage les pratiques de gestion du pâturage et de la complémentation selon des objectifs prédéfinis de production par vache, tout en intégrant le taux de valorisation des prairies pâturées.

Brunschwig P., Veron J., Perrot C., Faverdin P., Delaby L., Seegers H., 2001. Renc. Rech. Rum., 8: 237-244

Delaby L., Peyraud J.L., Delagarde R., 1999. Renc. Rech. Rum., 6: 123-126

Delaby L., Peyraud J.L., Delagarde R., 2003. INRA Prod. Anim., 16: 183-195

Delagarde R., O'Donovan M., 2005. INRA Prod. Anim., 18: 241-253

Delagarde R., Peyraud J.L., Parga J., Ribeiro Filho H.M.N., 2001. Renc. Rech. Rum., 8: 209-212

Delagarde R., Faverdin P., Baratte C., Peyraud J.L., 2004. Renc. Rech. Rum., 11: 295-298

Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., Meschy F., 2006a. In: Alimentation des bovins, ovins, caprins. Editions QUAE

Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., 2006b. Renc. Rech. Rum., 13: Ce volume

Figure 3 : abaques reliant les performances animales aux variations de hauteurs en entrée et en sortie de parcelle (cm herbomètre). Les différentes courbes représentent : (a) la quantité d'herbe ingérée (kg MS/vache/jour) d'une vache non complétementée, (b) le taux de substitution herbe/concentré, (c) le taux de substitution herbe/fourrage. Principales conditions de la simulation : PL potentielle du troupeau 25 kg lait, CI troupeau 17 UEL, herbe offerte à 1 UEL et 0,95 UFL/kg MS, concentré à 1,05 UFL/kg MS, fourrage complémentaire (ensilage de maïs) à 0,96 UEL et 0,91 UFL/kg MS.

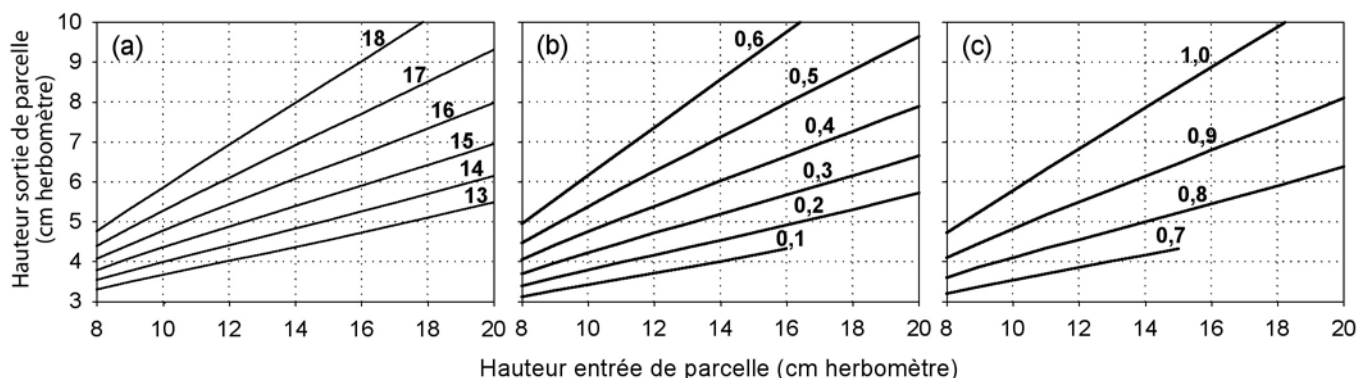


Tableau 1 : exemples de simulations pour un troupeau de vaches laitières vêlant en décembre et pâturant en mars (transition), mai (plein pâturage) et juillet (reports sur pied). Pour chaque mois, deux hauteurs en sortie de parcelle et deux niveaux de complémentation sont simulés.

Mois	Mars				Mai				Juillet			
Principales variables d'entrée												
PL potentielle (kg)	35				30				25			
UEL herbe (/kg MS)	0,95				1,00				1,03			
UFL herbe (/kg MS)	1,00				0,95				0,90			
Hauteur entrée (cm)	8				12				16			
Hauteur sortie (cm)	3,5	4	3,5	4	5	6	5	6	6	7	6	7
Ens. Maïs ingéré (kg MS/vache)	5	5	10	10	-				-			
Concentré ingéré (kg MS/vache)	3				0	0	3	3	0	0	3	3
Résultats												
Herbe ingérée (kg MS/vache)	11,3	12,4	7,0	7,7	15,9	17,6	15,1	16,5	14,6	15,8	13,8	14,8
Déficit théorique (UFL/vache) ¹	-2,8	-1,7	-2,6	-1,9	-4,3	-2,8	-2,0	-0,8	-4,0	-2,9	-1,6	-0,8
Surface à offrir (m ² /vache)	77	105	48	65	74	107	70	100	48	61	45	57
Herbe ingérée (kg MS/ha)	1460	1190	1460	1190	2150	1650	2150	1650	3070	2590	3070	2590

¹ Apports UFL – Besoins UFL théoriques calculés à partir de la production laitière potentielle