

Performances du système d'alimentation suisse «Livre vert» pour le bovin à l'engrais

Sylvain Lerch, Jean-Luc Oberson, Paolo Silacci et Isabelle Morel
Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Sylvain Lerch, e-mail: sylvain.lerch@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs11-252> Date de publication: 10. Décembre 2020



En Suisse, les taurillons élevés pour la production de viande de bœuf sont issus majoritairement des troupeaux laitiers à partir d'une grande diversité de croisement raciaux. (Photo: Isabelle Morel, Agroscope)

Résumé

Un système de recommandations alimentaires adapté et précis est nécessaire afin de formuler des rations couvrant au plus près les besoins des animaux en fonction des objectifs de production et ainsi permettre d'optimiser les performances économiques et environnementales des élevages. En Suisse, la référence correspondante pour les bovins à l'engrais est le chapitre consacré du «Livre vert», qui propose un système d'équations empiriques basées sur d'anciennes données (années 70 et 80). L'objectif de cette étude est de comparer observations biologiques et estimations du «Livre vert» pour les quantités ingérées d'énergie nette et de protéines absorbables chez des taurillons engraisés selon trois rations de densité énergétique variable. Un écart de l'ordre de 20% pour les besoins

en énergie et de 2% pour les protéines absorbables a pu être relevé entre les estimations du «Livre vert» et les observations expérimentales. L'écart concernant les besoins en énergie peut s'expliquer en partie par des différences en termes de poids vif final en fin d'essai, d'intensité du croît, de composition corporelle et d'activité physique des taurillons. Une refonte et une rénovation du chapitre «Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais» du «Livre vert» grâce à l'acquisition de nouvelles données expérimentales, en particulier celles concernant la composition corporelle, sont nécessaires.

Key words: feeding system, net energy, absorbable protein, young cattle, growth.

Introduction

En Suisse, la production de viande de bœuf d'égal provient à 35 % d'exploitations d'engraissement de jeunes bovins nés de vaches laitières (sources: statistiques Proviande et communications personnelles P. Python, Agri-dea et M. Schneider, Proviande). Afin d'améliorer leurs performances économiques et environnementales, ces élevages doivent maximiser l'autonomie de leur système d'alimentation, tout en réduisant leurs émissions polluantes (gaz à effet de serre, effluents). À l'échelle de l'animal, cette amélioration repose en grande partie sur l'augmentation de l'efficacité alimentaire. Elle repose également sur sa caractérisation optimale dans le cadre d'un système de normes d'alimentation adapté.

En Suisse, le système de normes alimentaires pour le bovin à l'engrais est consigné dans le chapitre «Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais» du «Livre vert» (Morel *et al.* 2018). Les recommandations qui y figurent sont basées essentiellement sur les anciens modèles français (Inra 1978 et 1988), validés et adaptés entre 1975 et 1986 pour les conditions d'élevage suisses (Wyss et Lehmann 1988). Seule une révision concernant l'estimation de l'ingestion de matière sèche (MSI) a été effectuée en 2018 (Morel *et al.* 2018). Depuis lors, le secteur de l'engraissement bovin suisse a évolué sur de nombreux plans: génétique, système de production et contexte politico-économique. Il est dès lors indispensable d'évaluer les recommandations du système de normes suisse et de les comparer aux performances

observées expérimentalement pour des taurillons à l'engrais selon des itinéraires de production actuels.

Cette étude a pour objectif de comparer observations biologiques et estimations issues des modèles empiriques du «Livre vert». La comparaison porte sur les quantités ingérées d'énergie nette pour la production de viande (NEV) et de protéines absorbables dans l'intestin (PAI), pour trois groupes de taurillons engraisés avec des rations de densité énergétique variable. En plus des cinétiques de poids vif (PV) et de gain moyen quotidien (GMQ), des paramètres d'ordre physiologique (composition corporelle) ou comportemental (comportement alimentaire et activité physique) ont été recueillis afin d'expliquer de présumées différences entre observations biologiques et estimations issues du chapitre «Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais» du «Livre vert» (Morel *et al.* 2018).

Matériel et méthodes

Animaux et régimes

L'expérimentation animale (autorisation 2013_48_FR) a été conduite à la ferme d'Agroscope Posieux (620m d'altitude, Suisse). Elle comprenait 87 taurillons issus de mères laitières (Holstein, Red Holstein, Tachetée rouge, Simmental, Montbéliarde ou Brune) croisées avec un père de race laitière (Holstein, Red Holstein, Tacheté rouge ou Montbéliard, $n=23$), mixte (Simmental, $n=25$)

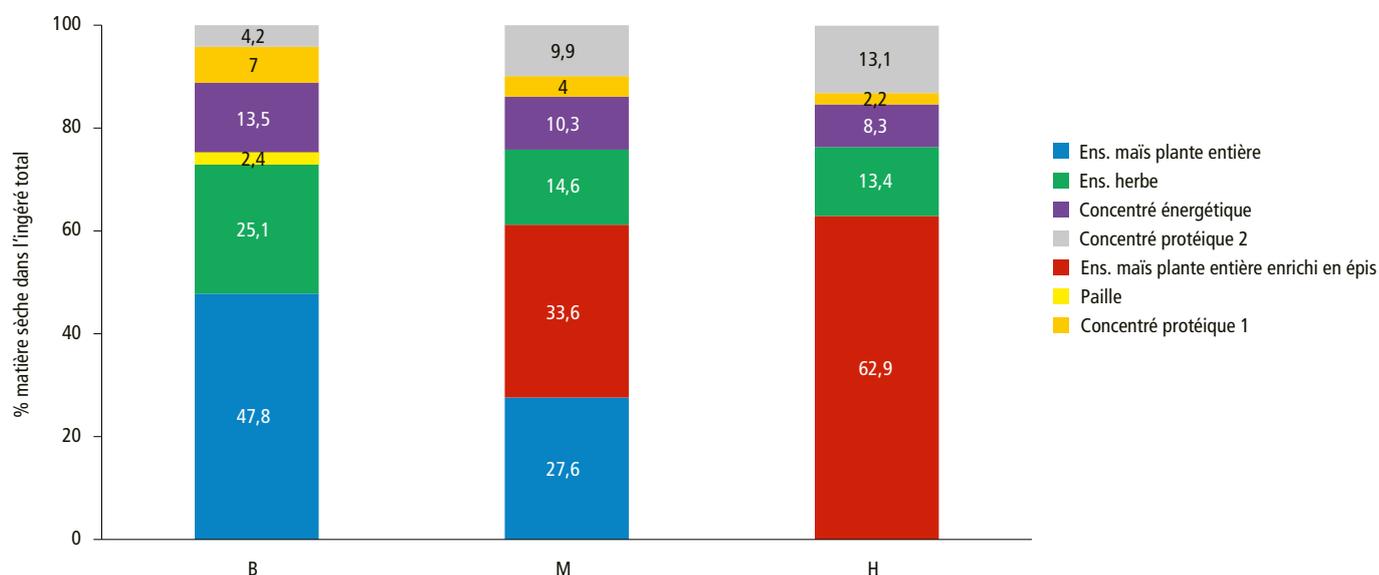


Figure 1 | Composition des rations ingérées par les taureaux en croissance. Niveaux énergétiques bas (B), moyen (M) ou haut (H).

Tableau 1 | Composition chimique et valeurs nutritives des fourrages, concentrés et rations d'engraissement.

g/kg MS	Fourrages			Concentrés			Rations ¹		
	Ensil. maïs plante ent.	Ensil. maïs enr. en épis	Ensil. herbe	Énergie	Protéine 1	Protéine 2	Bas	Moyen	Haut
Cendres	30	25	118	69	164	123	71	62	61
Protéines	73	75	165	150	466	452	149	150	154
Cellulose	180	135	228	27	32	59	161	136	123
NDF ²	367	294	416	118	98	168	329	293	274
ADF ²	214	163	264	54	75	105	198	171	158
Extrait étheré	36	39	43	63	52	48	43	43	43
Amidon	391	496	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NEV (MJ/kg MS) ³	6,95	7,53	6,19	9,08	7,53	7,78	7,04	7,36	7,52
PAIE ⁴	68	73	79	107	206	176	99	100	100
PAIN ⁴	45	46	104	98	305	294	102	100	102

¹Niveaux énergétiques bas, moyen et haut. Tient compte de l'ingestion des rations complètes partielles ainsi que des concentrés offerts au distributeur automatique.

²Fibres insolubles dans un détergent neutre (NDF) ou acide (ADF).

³Énergie nette pour la production de viande (Morel *et al.* 2018).

⁴Protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible (PAIE) ou de la matière azotée dégradée (PAIN) (Morel *et al.* 2018).

nd: non déterminé.

ou viande (Limousin, Angus, Piémontais, Bleu-Blanc-Belge ou Blond d'Aquitaine, $n=39$). Les animaux ont été achetés auprès de marchands à un âge moyen de $44,6 \pm 13,3$ jours et un PV moyen de $72,7 \pm 6,8$ kg. À partir de 150 kg de PV, les animaux ont été répartis en trois groupes expérimentaux selon le PV, le GMQ réalisé durant la période d'élevage et le type racial. Chacun des groupes a reçu une des trois rations complètes à base d'ensilage de maïs plante entière ou plante entière enrichi en épis, d'ensilage d'herbe, de paille et de trois aliments concentrés minéralisés et vitaminés distribués en proportions variables permettant d'obtenir des rations iso-protéiques mais de densité énergétique distincte (rations Bas, Moyen et Haut, respectivement 7,04, 7,36 et 7,52 MJ NEV / kg MS; fig. 1). Ces rations étaient préparées quotidiennement à l'aide d'une mélangeuse et distribuées à 9 h dans des auges à portillons électroniques permettant la mesure individuelle de l'ingestion. Une partie des aliments concentrés (environ 500 g/j par animal) était distribuée au distributeur automatique. Les taurillons étaient logés en stabulation libre sur aire paillée, avec accès à une aire d'exercice extérieure bétonnée et avaient à disposition de l'eau d'abreuvement à volonté. Trois bovins recevant la ration Bas ont dû être écartés de l'essai suite à des troubles sanitaires. Les données issues de ces animaux n'ont pas été incluses dans le jeu de données final ($n=84$). En fin d'essai, les animaux ont été abattus à l'abattoir commercial Marmy Viande SA (Estavayer-le-Lac, Suisse) aux PV de 535 ($n=41$) ou 605 kg ($n=43$).

Prélèvements, mesures et analyses chimiques

Aliments et rations

La teneur en MS de chaque ration a été déterminée par dessiccation (103 °C, 24 h) à trois reprises chaque semaine. Un échantillon de chaque fourrage a été prélevé chaque semaine, ainsi que trois de chaque aliment concentré au cours de l'essai. L'ensemble de ces échantillons ont été séchés (60 °C, 24 h), broyés (1 mm) et regroupés proportionnellement par périodes de quatre semaines dans le cas des fourrages, avant analyses chimiques (MS: 105 °C, 3 h, cendres: 550 °C, 6 h, protéines: ISO 16634-1, cellulose: ISO 6865:2000, fibres ADF et NDF: VDLUFA, Methodenbuch III, 6.5., extrait étheré après hydrolyse acide: ISO 6492:1999 et amidon: ISO 6493 Ed. 2000-02-01).

Les teneurs en NEV et en PAI synthétisées à partir de l'énergie disponible (PAIE) ou de la matière azotée dégradée (PAIN) ont été estimées pour les fourrages à partir des programmes de calcul des valeurs nutritives d'Agroscope (2020) et pour les concentrés à partir des données d'étiquetage du fournisseur (Melior AG).

Animaux

Le PV a été mesuré pour l'ensemble des taurillons tous les mois à 8 h. Trente-quatre taurillons ($n=12$, 12 et 10 respectivement pour les rations Bas, Moyen et Haut) ont été équipés du système de mesure du comportement alimentaire RumiWatch® (Itin+Hoch Fütterungstechnik, Liestal, Suisse), ainsi que de pedomètres (RumiWatch®, uniquement onze taurillons pour la classe de PV de 550 kg) au cours de périodes de sept jours à trois reprises

Tableau 2 | Ingestions et performances de taurillons recevant des rations de densité énergétique variable.

	Ration			Croisement			SEM	Significativité (valeur P)			
	Bas	Moyen	Haut	Lait	Mixte	Viande		Ration	Croisement	Poids vif	Ration × PV
Durée d'engraissement (j)	292	277	281	284	277	290	5,0	0,09	0,17	–	–
Matière sèche ingérée (kg/j)	6,6 ^c	7,1 ^b	7,3 ^a	7,0	6,9	7,0	0,10	<0,001	0,88	<0,001	<0,001
Gain moyen quotidien (kg/j)	1,47 ^b	1,55 ^a	1,54 ^a	1,53	1,54	1,49	0,049	0,05	0,28	<0,001	<0,001
Indice de consommation ¹	4,7	4,7	4,9	4,8	4,6	4,8	0,14	0,09	0,18	<0,001	0,06
Indice de consommation énergétique (MJ/kg) ¹	32,7 ^c	34,6 ^b	36,6 ^a	35,1	33,9	35,0	1,05	<0,001	0,18	<0,001	<0,01
Énergie nette ingérée pour le croît (NEV, MJ/j)											
NEV observée	46,0 ^c	47,7 ^b	54,4 ^a	51,0	50,6	50,6	0,75	<0,001	0,80	<0,001	<0,001
NEV estimée ²	39,3 ^b	41,4 ^a	41,8 ^a	41,4	41,4	40,2	1,09	<0,01	0,26	<0,001	<0,001
Différence NEV ³	-6,7 ^{c*}	-10,5 ^{b*}	-13,0 ^{a*}	-10,5 [*]	-9,2 [*]	-10,5 [*]	1,05	<0,001	0,22	<0,001	<0,001
Protéines absorbables dans l'intestin ingérées (PAI, g/j)											
PAIN observées	673 ^c	719 ^b	750 ^a	720	711	711	10,8	<0,001	0,57	<0,001	<0,001
PAIE observées	655 ^c	712 ^b	736 ^a	705	697	700	10,3	<0,001	0,66	<0,001	<0,001
PAI estimées ²	684 ^b	705 ^a	703 ^a	699	703	690	12,4	0,03	0,24	<0,001	<0,001
Différence PAIN ³	13 ^c	-14 ^{b*}	-47 ^{a*}	-21 [*]	-9	-19 [*]	12,8	<0,001	0,37	<0,001	<0,001
Différence PAIE ³	30 ^{c*}	-6 ^b	-34 ^{a*}	-7	5	-8	12,6	<0,001	0,26	<0,001	<0,001

^{a-c} Les moyennes ajustées sont différentes à $P < 0,05$ au sein d'un effet fixe (ration, croisement).

* Différence entre observation et estimation significativement différente de 0 ($P < 0,001$).

¹ Indice de consommation ou *feed conversion ratio*: matière sèche ingérée (kg/j) / gain moyen quotidien (kg/j) et indice de consommation énergétique: NEV ingérées (MJ/j) / gain moyen quotidien (kg/j).

² Estimations à partir des équations du « Livre vert » (Morel *et al.* 2018) et des poids vifs et gains moyens quotidiens observés par classe de 50 kg au cours de la phase d'engraissement (150 à 600 kg de poids vif).

³ NEV ou PAI estimées - NEV ou PAI observées.

durant l'essai, correspondant à trois classes de PV (350, 450 et 550 kg).

Après abattage, la carcasse a été pesée et notée sur une échelle de 1 à 5 selon le système CH-TAX (Proviande, 2015) par un opérateur entraîné pour la charnure (développement musculaire) et la couverture grasseuse. Après refroidissement de la carcasse (4 °C, 24 h), une 11^e côte a été prélevée, puis disséquée (proportions muscles, tissus adipeux et os, Geay et Béranger 1969).

Calculs et analyses statistiques

Ingestion, gain moyen quotidien et indice de consommation

Les performances ont été distribuées individuellement en neuf classes de PV de 50 kg, de 150 à 600 kg. Pour chacune des classes, les ingestions moyennes de MS, NEV, PAIN et PAIE, le GMQ et les indices de consommation de MS [IC ou *feed conversion ratio* = MSI (kg/j) / GMQ (kg/j)] et de NEV [NEV ingérées (MJ/j) / GMQ (kg/j)] ont été calculés pour chaque individu.

Pour chaque individu et classe de PV, les NEV et PAI in-

gérées ont été estimées *a posteriori* à partir des données observées de PV et GMQ qui ont été incluses comme variables prédictives dans les équations pour les taurillons du chapitre « Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais » du « Livre vert » (Morel *et al.* 2018).

Pour les NEV:

$$\text{NEV (MJ/j)} = 0,495 \times \text{PV}^{0,75} + k \times (\text{EC} - 0,165 \times \text{PV}^{0,75}) \quad [1]$$

avec,

$$k (\text{rendement utilisation énergie métabolisable}) = (0,831 + 0,4305 \times q) / (0,283 + 0,9235 \times q) \quad [2]$$

$$\text{EC (énergie fixée dans le croît, MJ/j)} = (4,453 + 0,01407 \times \text{PV}) \times \text{GMQ} / (1000 - 0,30 \times \text{GMQ}) \quad [3]$$

$$\text{et } q (\text{métabolisabilité de l'énergie: énergie métabolisable/énergie brute}) = 0,36 + 0,0002 \times \text{GMQ} \quad [4]$$

Pour les PAI:

$$\text{PAI (g/j)} = 3,25 \times \text{PV}^{0,75} + \text{ProC} / 0,6 \quad [5]$$

avec,

$$\text{ProC (croît en protéines, g/j)} = 1,06 \times 0,1541 \times (\text{GMQ}_{\text{Corr}} - \text{LipC}) \times (\text{PV}_{\text{Corr}} - \text{Lip})^{0,06} \quad [6]$$

$$\text{LipC (croît en lipides, g/j)} = (\text{GMQ}_{\text{Corr}}^{1,78} \times 1,5352 \times 1200 \times \text{LipC}) / (1200^{1,78} \times \text{PV}_{\text{Corr}}) \quad [7]$$

$$\text{Lip (quantité de lipides dans le corps vide, kg)} = \exp(-5,433 + 1,5352 \times \ln(\text{PV}_{\text{Corr}})) \quad [8]$$

$$\text{GMQ}_{\text{Corr}} \text{ (gain moyen quotidien corrigé, g/j)} = \text{PV}_{\text{Corr}} / \text{PV} \times 1,024 \times \text{GMQ} \quad [9]$$

$$\text{PV}_{\text{Corr}} \text{ (poids vif corrigé, kg)} = \exp(-0,2704 + 1,024 \times \ln(\text{PV})) \quad [10]$$

Les différences entre NEV et PAI ingérées observées et estimées ont ensuite été calculées.

Estimation de la composition anatomique et chimique de la carcasse à partir de la dissection de la 11^e côte

La dissection de la 11^e côte a permis d'estimer les proportions de tissus adipeux, muscles et os de la carcasse à partir des équations développées par Geay et Béranger (1969) et les proportions de lipides, protéines et énergie à partir des équations de Robelin *et al.* (1975).

Analyses statistiques

Les données ont été traitées par analyse de variance à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS 9.4. Le modèle en données répétées pour les performances au cours de la période d'engraissement inclut les effets fixes de la ration (Bas, Moyen ou Haut), du type de croisement (lait, mixte ou viande), de la classe de PV (9 classes de 50 kg) et l'interaction ration × classe PV (les autres interactions n'étaient jamais significatives, $P > 0,10$),

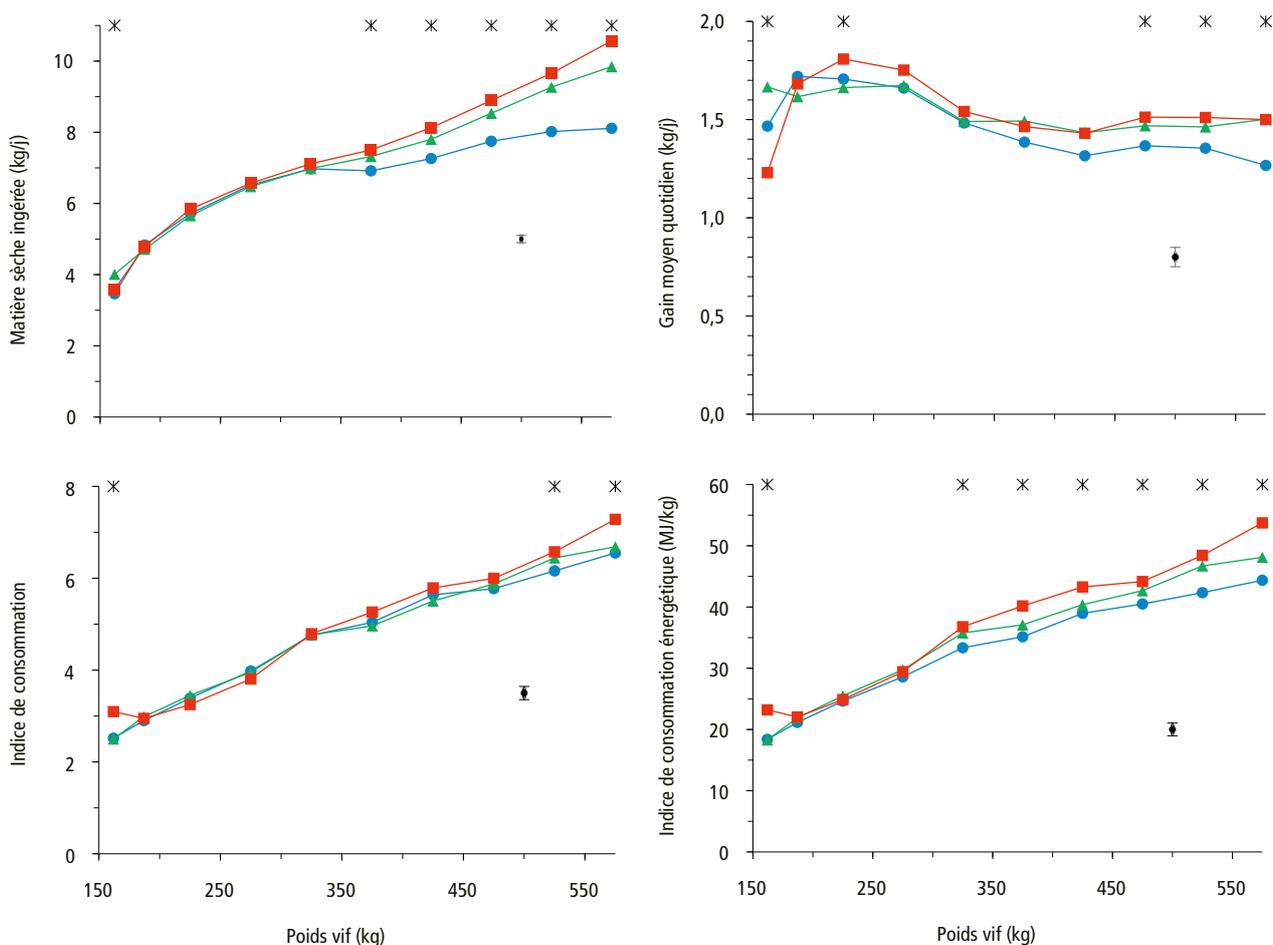


Figure 2 | Cinétiques de la matière sèche ingérée, du gain moyen quotidien et des indices de consommation en fonction de la classe de poids vif de taurillons croisés recevant des rations d'engraissement de densité énergétique basse (—●—), moyenne (—▲—) ou haute (—■—). La barre d'erreur indique l'erreur standard des moyennes du modèle. Le symbole * indique un effet significatif ($P < 0,05$) de la ration pour la classe de poids considérée.

ainsi que l'effet aléatoire taurillon. La répétition classe de PV est incluse en utilisant une matrice de variance-covariance *spatial power*.

Le modèle pour les caractéristiques et la composition chimique des carcasses et les paramètres de comportement inclut les effets fixes de la ration, du type de croisement et du PV d'abattage ainsi que l'effet aléatoire taurillon.

Les différences entre rations, croisements et classes de PV ont été déterminées à partir d'un ajustement de Tukey et ont été déclarées significatives à la valeur $P \leq 0,05$. Les tendances ont été considérées entre $0,05 < P \leq 0,10$. Les données reportées sont les moyennes ajustées et les erreurs standards issues des modèles.

Résultats

Performances observées et estimées à partir du «Livres vert»

En moyenne pour la totalité de la période expérimentale, la MSI était plus élevée ($P < 0,001$) pour la ration Haut (7,5 kg/j), suivie de Moyen (7,3 kg/j) et Bas (6,8 kg/j), alors que le GMQ a eu tendance à être plus faible ($P = 0,06$) pour la ration Bas (1,43 kg/j) que pour les rations Moyen (1,50 kg/j) et Haut (1,51 kg/j). Le tableau 2 et les figures 2 et 3 présentent les résultats d'ingestion et de croissance des taurillons observées et estimées issus du traitement statistique par classes de PV. Les ingestions de MS, NEV et PAI ainsi que le GMQ observés pour les rations Moyen et Haut étaient supérieurs à ceux de la ration Bas pour les classes de PV égales ou supérieures à 350–400 kg (uniquement 450–500 kg pour le GMQ). L'IC de MS était plus faible pour les rations Bas et Moyen que pour la ration Haut pour la classe de PV 550–600 kg, et l'IC énergétique était plus faible pour la ration Bas, en comparaison de Haut à partir de 300 kg de PV et en comparaison de Moyen à partir de 500 kg.

Dans le cas des équations du chapitre «Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais» du «Livres vert», les écarts étaient réduits entre rations, se limitant à des estimations de NEV et PAI ingérés plus faibles pour la ration Haut en comparaison de Bas et Moyen à l'initiation de la période expérimentale (PV 150–200 kg), ou plus élevés pour les rations Haut et Moyen en fin d'expérimentation (PV de 450–600 kg pour NEV et 550–600 kg pour PAI). Lorsque comparées aux mesures expérimentales, les estimations du «Livres vert» pour la NEV ingérée sont toujours plus faibles, à l'exception de la ration Bas en fin de période expérimentale (gamme de PV 500–600 kg) où les valeurs sont comparables. Pour la totalité de la période expérimentale, ces écarts étaient plus

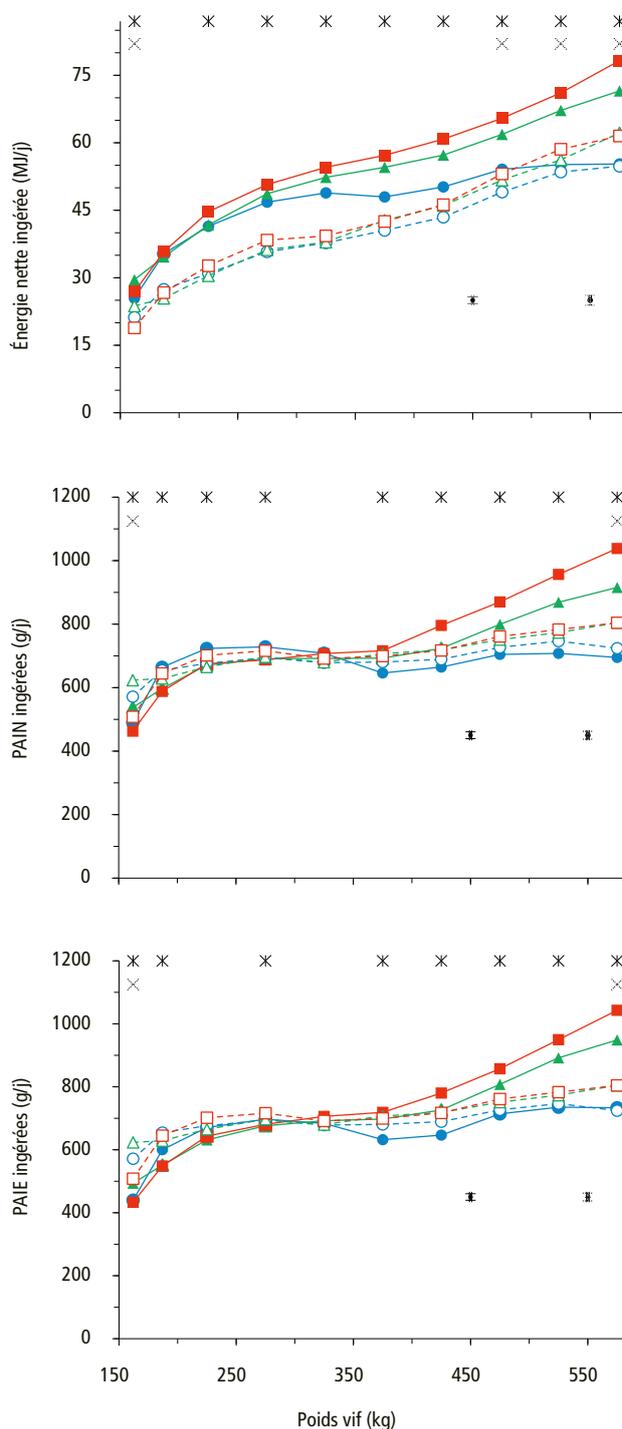


Figure 3 | Cinétiques des ingestions d'énergie nette pour le croît, des protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de de la matière azotée dégradée (PAIN) ou de l'énergie disponible (PAIE) observées (symboles et traits pleins) ou estimées à partir du «Livres vert» (symboles vides et traits pointillés) en fonction de la classe de poids vif de taurillons recevant des rations de densité énergétique basse (● et ○), moyenne (▲ et △) ou haute (■ et □). La barre d'erreur indique l'erreur standard des moyennes du modèle. Le symbole * indique un effet significatif ($P < 0,05$) de la ration pour la classe de poids considérée.

marqués dans le cas de la ration Haut (-24 %), suivies des rations Moyen (-22 %) et Bas (-15 %). *A contrario* de la NEV, les estimations de PAI ingérées étaient proches et seulement inférieures aux observations pour les rations Moyen et Haut au-delà de 450 kg de PV (sous-estimation maximale de -31 % pour les PAIE de la ration Haut, classe de PV 550–600 kg). Ainsi, pour la totalité de la période expérimentale, les écarts sont plus élevés pour la ration Haut (-6 et -5 % pour PAIN et PAIE, respectivement) que pour les rations Moyen (-2 et -1 %) et Bas (+2 et +5 %).

Caractéristiques et compositions des carcasses

Le tableau 3 présente le poids, le rendement, la classification CH-TAX et les estimations des compositions anatomique et chimique des carcasses. Le poids de carcasse était plus élevé et le rendement a eu tendance à être plus élevé pour la ration Haut que pour la ration Moyen. La couverture grasseuse ainsi que les proportions de tissus adipeux, de lipides et d'énergie de la carcasse étaient supérieures dans le cas de la ration Moyen que dans le cas de la ration Bas.

Les animaux issus d'un croisement «viande» étaient associés à un poids et un rendement de carcasse supérieurs que les animaux croisés «lait» et «mixtes». Les croisés «lait» avaient des carcasses moins charnues et moins riches en muscles que les autres croisements, et étaient plus riches en os que les croisés «viande». Un PV d'abat-

tage de 605 kg impliquait un poids et un rendement de carcasse supérieurs et une charnure tendanciellement plus élevée, en comparaison d'un PV de 535 kg

Comportement alimentaire et activité physique

Le tableau 4 présente les paramètres d'activité physique. Les taurillons recevant la ration Bas ont eu un temps de rumination et un nombre de bols alimentaires quotidiens supérieurs aux autres ($P < 0,01$; données non présentées), alors que ceux recevant la ration Haut ont eu un temps de marche et un nombre de pas quotidiens supérieurs. Les taurillons issus d'un croisement «mixte» ont eu un temps de marche et un nombre de pas supérieurs à ceux issus d'un croisement «lait».

Discussion

Effets des rations alimentaires et du génotype

Les teneurs en fibres plus faibles et les densités énergétiques plus élevées des rations Moyen et Haut peuvent expliquer l'ingestion et le GMQ plus importants et le temps de rumination plus faible comparés à la ration Bas. Cette moindre rumination dans le cas des rations Moyen et Haut peut également expliquer la plus faible efficacité énergétique, caractérisée par un IC énergétique plus élevé. En effet, l'altération de la robustesse digestive et par conséquent de l'efficacité dans le cas

Tableau 3 | Caractéristiques et composition des carcasses de taurillons recevant des rations de densité énergétique variable.

	Ration			Croisement			Poids vif abattage (kg)		SEM	Significativité (valeur <i>P</i>)		
	Bas	Moyen	Haut	Lait	Mixte	Viande	535	605		Ration	Croisement	Poids vif abat.
Poids carcasse (kg)	318 ^{ab}	316 ^b	322 ^a	315 ^b	317 ^b	324 ^a	298	339	1,8	0,05	<0,001	<0,001
Rendement carcasse (%)	55,7	55,6	56,4	55,3 ^b	55,6 ^b	56,8 ^a	55,6	56,2	0,25	0,09	<0,001	0,02
Charnure (1–5)	4,2	4,2	4,3	3,9 ^b	4,4 ^a	4,5 ^a	4,1	4,4	0,11	0,72	<0,001	0,08
Couverture (1–5)	2,9 ^b	3,1 ^a	3,0 ^{ab}	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,03	0,01	0,96	0,25
Composition anatomique (%)¹												
Tissus adipeux	11,5 ^b	13,4 ^a	12,1 ^{ab}	12,9	11,9	12,2	12,4	12,3	0,49	0,02	0,38	0,86
Muscles	70,7	69,0	69,7	68,5 ^b	70,4 ^a	70,5 ^a	69,5	70,1	0,57	0,13	0,03	0,43
Os	14,4	14,1	14,6	14,9 ^a	14,3 ^{ab}	13,9 ^b	14,5	14,2	0,20	0,15	<0,01	0,17
Composition chimique (%)¹												
Lipides	11,3 ^b	12,6 ^a	11,7 ^{ab}	12,3 ^a	11,6 ^b	11,8 ^{ab}	11,9	11,8	0,37	0,02	0,02	0,82
Protéines	19,4 ^a	19,1 ^b	19,3 ^{ab}	19,2	19,4	19,3	19,3	19,3	0,07	0,02	0,38	0,86
Énergie (MJ/kg)	8,9 ^b	9,4 ^a	9,0 ^{ab}	9,2	9,0	9,1	9,1	9,1	0,12	0,02	0,38	0,86

^{a,b} Les moyennes ajustées sont différentes à $P < 0,05$ au sein d'un effet fixe (ration, croisement).

Dans le cas du poids vif à l'abattage, les lettres ne sont pas mentionnées (cf. valeur *P* générale pour l'effet fixe poids vif abattage).

¹ Estimées à partir de la dissection tissulaire de la 11^e côte et les équations de Geay et Béranger (1969; anatomique) ou Robelin *et al.* (1975; chimique).

d'un régime intensif pauvre en fibre et permettant un haut rendement productif, a également été mis en évidence chez le ruminant laitier (Sauvant 2020).

Le GMQ plus élevé de la ration Moyen peut expliquer en partie les carcasses plus grasses que celles de la ration Bas. Une telle relation positive entre l'intensité du croît et l'adiposité est bien documentée (revue par Micol *et al.* 1993). Cette observation n'a toutefois pas pu être relevée pour la ration Haut, malgré un GMQ comparable à celui de la ration Moyen. Dans ce cas, l'activité physique accrue des taurillons, caractérisée par un nombre de pas 1,6 fois plus élevé que chez les autres rations, pourrait avoir limité l'accrétion de dépôt adipeux et de lipides au cours de la croissance.

Les taurillons croisés «viande» ont eu de meilleurs poids et rendement de carcasse, alors que les croisés «mixte» et «viande» avaient des carcasses plus riches en muscles que les croisés «lait». Cet effet était attendu, en lien avec un fort potentiel de croissance musculaire dans le cas des génotypes «viande» et «mixte», comparé au génotype «lait» plus précoce (Micol *et al.* 1993).

Explications des différences entre observations biologiques et estimations du «Livres vert» à partir de la physiologie et du comportement

Les écarts modérés de GMQ entre rations expliquent les faibles différences d'estimations d'ingestion de NEV et PAI à partir des équations du chapitre «Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais» du «Livres vert» (Morel *et al.* 2018), pour lesquelles le GMQ intervient comme variable prédictive (équations [3] et [4] pour NEV et [6] et [9] pour PAI).

Quelle que soit la ration, de larges sous-estimations des quantités de NEV ingérées calculées à partir du «Livres vert» sont mises en évidence en comparaison des observations expérimentales. *A contrario*, les estimations étaient proches des observations dans le cas des PAI. La sous-estimation à partir du «Livres vert» de la NEV

ingérée était plus marquée dans le cas de la ration Haut, vraisemblablement en raison de l'activité physique plus importante de ces taurillons (synonyme de dépenses énergétiques non productives / non fixées dans le croît plus intenses).

Cette inadéquation des recommandations du «Livres vert» pour les besoins énergétiques peut s'expliquer, au moins pour partie, en raison de gammes de i) PV, GMQ et ii) composition corporelle distinctes entre les données ayant servi à la calibration des équations du «Livres vert» et celles issues de la présente étude. En effet, les équations du «Livres vert» ont été calibrées pour des taurillons élevés dans les années 70 et 80 pour lesquels:

- i) le PV d'abattage et le GMQ ne dépassaient pas les 510 kg et 1,1 kg/j, respectivement (Wyss et Lehmann, 1988). *A contrario*, les taurillons du présent essai avaient tous des PV d'abattage et des GMQ supérieurs à 530 kg et 1,5 kg/j, respectivement,
- ii) la proportion de tissus adipeux (et par conséquent de lipides et d'énergie) des carcasses était en moyenne de 10,5 % (Wyss et Lehmann 1988). *A contrario*, la teneur en tissus adipeux des carcasses du présent essai, estimée par dissection d'une côte, était en moyenne de 12,3 %. Les animaux plus riches en lipides et en énergie du présent essai requièrent ainsi plus de NEV ingéré pour un même gain de PV que les animaux plus maigres et riches en protéines ayant servi à la calibration des équations du «Livres vert» (valeurs calorifiques de 39,2 et 22,9 MJ/kg de lipides et de protéines, respectivement).

Conclusions

Cette étude a permis de relever d'importants écarts entre observations biologiques et estimations du chapitre «Apports alimentaires recommandés pour le bovin

Tableau 4 | Paramètres d'activité physique de taurillons recevant des rations de densité énergétique variable.

	Ration			Croisement			SEM	Significativité (valeur P)	
	Bas	Moyen	Haut	Lait	Mixte	Viande		Ration	Croisement
Activité physique (% temps total, pédomètre, n=11)									
Debout	37,6	37,0	40,0	36,8	38,3	39,4	2,38	0,61	0,61
Couché	58,5	59,0	53,5	59,6	55,6	55,8	2,53	0,27	0,38
Marche	4,0 ^b	4,1 ^b	6,5 ^a	3,6 ^b	6,1 ^a	4,8 ^{ab}	0,38	<0,01	0,02
Nombre de pas (/j)	1282 ^b	1352 ^b	2165 ^a	1173 ^b	2042 ^a	1584 ^{ab}	134,0	<0,01	0,02

^{a,b} Les moyennes ajustées sont différentes à $P < 0,05$ au sein d'un effet fixe (ration, croisement).

à l'engrais» du «Livre vert» pour l'ingestion de NEV chez le bovin à l'engrais. Ces écarts peuvent s'expliquer en partie par des différences de PV d'abattage, de GMQ, de composition corporelle et d'activité physique des taurrillons. Les équations du «Livre vert» pour l'estimation des besoins énergétiques apparaissent ainsi inadaptées pour un usage au-delà des gammes de PV, de GMQ et de composition corporelle ayant servi à leur calibration. Une actualisation du système est nécessaire, en particulier en mettant à jour les données de composition corporelle pour des animaux représentatifs de ceux élevés en Suisse, afin d'affiner l'estimation des besoins énergétiques pour l'entretien et la croissance. ■

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de la ferme expérimentale de Posieux pour la conduite de l'expérimentation, C. Willi et S. Rossier (Melior AG) pour l'aide à la planification des rations expérimentales, l'interprofession Proviande pour la taxation des animaux, l'abattoir Marmy Viande SA pour l'abattage et l'aide à la collecte des 11^e côtes, Bernard Dougoud (Agroscope) pour la dissection des côtes et le personnel du groupe chimie des aliments pour animaux (Agroscope, Posieux) pour les analyses chimiques des rations.

Bibliographie

- Agroscope, 2020. Programmes de calcul des valeurs nutritives des fourrages. Accès: https://www.db-agroscope.ch/member/fmdb/FourragesCalculdesrationsGrueB_106.xlsm [26.08.2020]
- Geay Y. & Beranger C., 1969. Estimation de la composition de la carcasse de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal au niveau de la 11^e côte. *Annales de Zootechnie* **18** (1), 65–77.
- Inra., 1978. Alimentation des ruminants. Inra Publications (Ed.), Versailles, France. 597 p.
- Inra., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Inra (Ed.), Paris, France. 471 p.
- Micol D., Robelin J. & Geay Y., 1993. Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais. *Inra Productions Animales* **6** (1), 61–69.
- Morel I., Oberson J.-L., Schlegel P., Chassot A., Lehmann E. & Kessler J., 2018. 10. Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais. Agroscope (Ed.), 27 p. Accès: <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/39203> [26.08.2020].
- Proviande, 2015. Système d'estimation pour le bétail de boucherie et les carcasses (bovins, ovins). Proviande (Ed), Berne, Suisse. 19 p.
- Robelin J., Geay Y. & Beranger C., 1975. Estimation de la composition chimique des carcasses de jeunes bovins mâles à partir de la proportion de dépôts adipeux d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11^e côte. *Annales de Zootechnie* **24** (2), 323–326.
- Sauvaut D., 2020. Modélisation de l'efficacité et de la robustesse chez les ruminants, le point de vue nutritionnel. *INRAE Productions Animales* **33** (1), 53–64. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.1.3128>.
- Wyss U. & Lehmann B., 1988. Wiesenfutter in der Mast von Jungmuni aus Gebrauchskreuzungen. *Landwirtschaft Schweiz* **1** (6), 331–336.