

ALIMENTATION DES RUMINANTS

La coordination scientifique de cet ouvrage a été assurée par P. Nozière, D. Sauvant, à contribution égale, et L. Delaby.

Pour citer l'ouvrage :

Inra, 2018. *Alimentation des ruminants*, Éditions Quæ, Versailles, France, 728 p.

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2018
ISBN papier : 978-2-7592-2867-6
ISBN PDF : 978-2-7592-2868-3
ISBN ePub : 978-2-7592-2869-0

Cet ouvrage a été mis à jour en janvier 2024.

Couverture : dessins © Guillaume Duris – Fotolia.com

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

ALIMENTATION DES RUMINANTS

INRA, 2018

Éditions Quæ

Remerciements

Cet ouvrage a été rédigé par un collectif de chercheurs et ingénieurs de l'Inra, enseignants-chercheurs d'AgroParisTech et de Montpellier SupAgro, et ingénieurs de l'AFZ, spécialistes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. Il n'aurait cependant pas pu voir le jour sans la contribution efficace et amicale d'un grand nombre d'autres collègues, que les auteurs tiennent à remercier :

- la direction du Département Inra-Phase, qui a initié, financé et soutenu le projet Systali depuis 2009, ainsi que les directions des cinq unités Inra qui ont soutenu l'implication de leurs agents dans ce projet transversal ;
- les nombreux autres collègues qui ont contribué aux discussions scientifiques, au traitement des données, au développement des outils de calcul et de simulation, et à la relecture critique des chapitres ;
- les équipes des différentes installations et domaines expérimentaux de l'Inra, qui assurent l'élevage, les soins et les mesures sur les animaux, ainsi que le prétraitement des données, sur les sites suivants : Le Pin-au-Haras (Normandie), Herbipôle Marcenat, Laqueuille, Theix (Auvergne), La Fage, Montpellier (Occitanie), Méjusse, Le Rheu (Bretagne), Grignon (Île-de-France), Lusignan (Poitou-Charentes), Duclos, Gardel (Guadeloupe, Antilles) ;
- les étudiants en master et les doctorants dont les travaux de recherche conduits dans les unités Inra ont été intégrés dans le projet, et qui sont cités à différents chapitres de cet ouvrage ;
- les entreprises qui ont contribué à la mise à jour des tables de valeurs des aliments. Elles sont citées et remerciées plus spécifiquement au chapitre 25 ;
- les utilisateurs du système Inra d'alimentation des ruminants rénové, qui ont participé aux séminaires d'informations proposés au cours du projet, et ont fait part de leurs avis constructifs ;
- enfin, les pionniers qui à l'Inra, sous l'impulsion de Robert Jarrige, ont posé les fondations du système d'alimentation Inra : auteurs de la première édition du « Livre rouge » (Inra, 1978), ou impliqués dans ses différentes mises à jour (Inra, 1988 ; 1989 ; 2007), ils ont ouvert la voie à nos recherches et nous ont donné envie de continuer sur le chemin tracé.

Sommaire

Remerciements	4
Glossaire	13
Avant-propos	23

J.-L. Peyraud (Direction scientifique Agriculture, Inra)

1	La révision du système d'alimentation : démarche et innovations	25
	<i>P. Nozière, L. Delaby, J.-L. Peyraud, D. Sauvant</i>	
1.1.	Contexte et objectifs	25
1.2.	Méthodes	25
1.3.	Principales avancées	27
1.4.	Contenu de l'ouvrage	29

PARTIE I LES APPORTS ALIMENTAIRES ET EN NUTRIMENTS

2	Ingestion des aliments	33
	<i>P. Faverdin, R. Baumont, M. Boval, J. Agabriel, R. Delagarde</i>	
2.1.	Prévision de la matière sèche volontairement ingérée	34
2.2.	Spécificités et prévision de l'ingestion au pâturage	41

3	Digestion et apports en nutriments énergétiques	47
	<i>D. Sauvant, P. Chapoutot, I. Ortigues-Marty, P. Nozière</i>	
3.1.	De l'énergie brute à l'énergie nette	47
3.2.	Les nutriments métabolisables	57

4	Digestion et apports en nutriments protéiques	65
	<i>D. Sauvant, S. Lemosquet, P. Chapoutot, P. Nozière</i>	
4.1.	Les protéines digestibles dans l'intestin	65
4.2.	Les teneurs en acides aminés digestibles dans l'intestin (AADI) des aliments et des rations	75

5	Les apports en minéraux, en vitamines et en eau	85
	<i>A. Boudon, B. Graulet, S. Giger-Reverdin, H. Archimède, F. Meschy</i>	
5.1.	Minéraux	85
5.2.	Vitamines	90
5.3.	Eau	93
5.4.	Conclusion	96

PARTIE II

LES BESOINS DES ANIMAUX ET LEURS RÉPONSES AUX RATIONS

6	Dépenses, efficacité métabolique et besoins en énergie	99
	<i>D. Sauvant, P. Nozière, I. Ortigues-Marty</i>	
6.1.	Paramètres de base de l'utilisation de l'énergie par les ruminants	100
6.2.	Traitement des résultats de calorimétrie indirecte pour évaluer les besoins en énergie et les réponses	102
6.3.	Dépenses et besoins en énergie chez les femelles laitières	107
6.4.	Équivalent énergétique des variations de poids chez les femelles en lactation	111
6.5.	Dépenses et besoins en énergie des animaux en croissance et en engraissement	120
6.6.	Dépenses et besoins en énergie des ruminants en gestation	128
6.7.	Production de chaleur	129

7	Dépenses, efficacité métabolique et besoins en protéines et en acides aminés	133
	<i>D. Sauvant, G. Cantalapiedra-Hijar, S. Lemosquet, P. Nozière, V. Berthelot, P. Favardin</i>	
7.1.	Actualisation des pertes de N et des besoins PDI non productifs	134
7.2.	Des dépenses productives aux besoins PDI	139
7.3.	Efficacité de la synthèse et production de protéines chez l'animal en lactation	140
7.4.	Efficacité des PDI pour la production de protéines chez l'animal en croissance	146
7.5.	Recommandations en acides aminés digestibles (AADI) chez la vache laitière	150

8	Besoins en minéraux, en vitamines et en eau	157
	<i>A. Boudon, B. Graulet, S. Giger-Reverdin, H. Archimède, F. Meschy</i>	
8.1.	Minéraux	157
8.2.	Vitamines	164
8.3.	Besoins en eau	166
8.4.	Conclusion	167

9	Réponses de l'ingestion et de la production de lait aux variations d'apports alimentaires	169
	<i>P. Faverdin, D. Sauvant, L. Delaby, S. Lemosquet, J.-B. Daniel, P. Schmidely</i>	
9.1.	Réponses de l'ingestion aux changements de rations	170
9.2.	Réponses de la production et de la composition du lait à des changements de rations	182
9.3.	Conclusion	202
10	Réponse de la croissance aux variations d'apports alimentaires en phase d'élevage ou en finition	205
	<i>J. Gabriel, V. Berthelot, G. Cantalapiedra-Hijar, D. Sauvant</i>	
10.1.	Effets des différences de niveaux d'ingestion d'énergie	206
10.2.	Effets de différences dans les niveaux d'apports protéiques	213
10.3.	Effets de la nature de l'énergie apportée par les régimes	215
11	Taux butyreux et composition de la matière grasse laitière	217
	<i>P. Schmidely, A. Ferlay, G. Maxin, C. Hurtaud, J.-L. Peyraud</i>	
11.1.	Digestion et métabolisme des lipides chez les ruminants laitiers	217
11.2.	Réponse de la sécrétion de la matière grasse et du profil en AG du lait à certains facteurs alimentaires	219
11.3.	Vers des modèles de prédiction basés sur les flux de nutriments	223
12	Composition en acides gras des muscles	225
	<i>V. Berthelot, D. Gruffat</i>	
12.1.	Effets du type de régime	227
12.2.	Lois de réponse aux acides gras alimentaires	231
12.3.	Conclusion	235
13	Excrétion azotée fécale et urinaire	237
	<i>D. Sauvant, P. Faverdin, J.-L. Peyraud, P. Nozière</i>	
13.1.	Azote fécal	237
13.2.	Azote urinaire	238
14	Émissions de méthane entérique	243
	<i>D. Sauvant, S. Giger-Reverdin, M. Eugène</i>	
14.1.	Prédiction de la production de CH ₄	243
14.2.	Stratégies de diminution	245

15	Bien-être digestif et acidose ruminale	249
	<i>D. Sauvant, S. Giger-Reverdin, J.-L. Peyraud</i>	
15.1.	Description globale de l'acidose ruminale	249
15.2.	Bien-être digestif, activités de mastication et acidose ruminale	250
15.3.	Influence de la composition des rations	252
15.4.	Influence des additifs alimentaires	254
15.5.	Recommandations pour la formulation d'un régime	255

PARTIE III LE RATIONNEMENT DES ANIMAUX

16	Principes généraux de rationnement	259
	<i>L. Delaby, J. Agabriel, R. Delagarde</i>	
16.1.	Prévision des besoins des animaux et de leur capacité d'ingestion	260
16.2.	Caractéristiques et valeur nutritive des aliments	262
16.3.	Calcul de la ration	264
16.4.	Lois de réponse des performances animales	268
16.5.	Stratégies d'alimentation	270

17	Vaches laitières	273
	<i>P. Faverdin, R. Delagarde, S. Lemosquet, A. Boudon, L. Delaby</i>	
17.1.	Dynamique de la lactation : production de lait potentielle et variation des réserves corporelles	274
17.2.	Besoins	279
17.3.	Réponses de production laitière	283
17.4.	Ingestion	288
17.5.	Ingestion au pâturage	293
17.6.	Quantité d'eau bue	299
17.7.	Stratégies d'alimentation	301
17.8.	Conclusion	314

18	Vaches allaitantes et leurs veaux	315
	<i>J. Agabriel, A. De La Torre</i>	
18.1.	Besoins pour la production et les fonctions non productives	318
18.2.	Ingestion	329
18.3.	Stratégies d'alimentation et apports alimentaires recommandés pour les vaches allaitantes	332
18.4.	Le veau allaitant	338
18.5.	Conclusion	338

19	Bovins en croissance et à l'engrais	341
	<i>J. Agabriel, B. Sepchat, G. Cantalapiedra-Hijar, I. Ortigues-Marty</i>	
19.1.	Croissance et composition corporelle	343
19.2.	Composition du gain et sa modélisation	346
19.3.	Besoins et apports recommandés	351
19.4.	Ingestion volontaire	359
19.5.	Apports recommandés et stratégies d'alimentation et de rationnement	362
19.6.	Conclusion	374
20	Ovins en lactation, en croissance et à l'engrais	377
	<i>P. Hassoun, V. Berthelot, F. Bocquier</i>	
20.1.	Brebis laitières et allaitantes	378
20.2.	Agneaux en croissance/à l'engraissement et agnelles de renouvellement	393
20.3.	Conclusion	398
21	Caprins en lactation et en croissance	399
	<i>D. Sauvart, S. Giger-Reverdin</i>	
21.1.	Dépenses et besoins des chèvres en lactation	400
21.2.	Dépenses et besoins de gestation	412
21.3.	Dépenses et besoins pour la croissance des chevrettes de renouvellement et des jeunes mâles	417
21.4.	Ingestion	424
21.5.	Lois de réponses multiples des chèvres laitières aux apports d'aliments et de nutriments autour du niveau de la satisfaction des besoins	426
21.6.	Alimentation en lots	432
21.7.	Pâturages et parcours	433
21.8.	Conclusion	440
22	Spécificités de l'alimentation des ruminants en régions chaudes	443
	<i>H. Archimède, C. Marie-Magdeleine, M. Boval, D. Sauvart</i>	
22.1.	Composition chimique des ressources alimentaires dans les régions chaudes	443
22.2.	Valeur alimentaire	450
22.3.	Spécificité du cheptel dans les régions chaudes	455
22.4.	Besoins nutritionnels en milieux chauds	458
22.5.	Réponses animales aux aliments et aux nutriments	463
22.6.	Spécificités de l'alimentation au pâturage en régions chaudes	468
22.7.	Conclusion	472

PARTIE IV

LES VALEURS DE RÉFÉRENCE DES ALIMENTS : TABLES ET PRÉVISION

23	Méthodes d'évaluation de la valeur des aliments et bases de données	477
	<i>R. Baumont, D. Sauvant, G. Maxin, P. Chapoutot, P. Nozière</i>	
23.1.	Mesure <i>in vivo</i> de la digestibilité et de l'ingestibilité	477
23.2.	Mesure <i>in situ</i> de la dégradabilité des aliments dans le rumen et de leur digestibilité dans l'intestin	480
23.3.	Méthodes enzymatiques pour prévoir la digestibilité et la dégradabilité	482
23.4.	Bases de données de composition et de valeurs nutritives des aliments	483
24	Calcul de la valeur des aliments pour les ruminants : tables et équations de prévision	487
	<i>R. Baumont, D. Sauvant, G. Maxin, P. Chapoutot, G. Tran, A. Boudon, S. Lemosquet, P. Nozière</i>	
24.1.	Principes de construction des tables de la valeur alimentaire	488
24.2.	Principes de calcul et de prévision de la valeur alimentaire	490
24.3.	Constituants organiques	493
24.4.	Digestibilité de la matière organique et des parois végétales	499
24.5.	Ingestibilité et valeurs d'encombrement	504
24.6.	Valeur énergétique (UFL, UFV)	508
24.7.	Valeur azotée (PDI et AADI)	510
24.8.	Détermination des valeurs minérales (Ca, P et Mg)	517
25	Tables Inra de la valeur des aliments utilisés en France et dans les régions tempérées	521
	<i>R. Baumont, G. Tran, P. Chapoutot, G. Maxin, D. Sauvant, V. Heuzé, S. Lemosquet, A. Lamadon</i>	
25.1.	Brève description du contenu des tables	521
25.2.	Classification des aliments	522
25.3.	Terminologie et abréviations utilisées	523
25.4.	Définition des stades de végétation des fourrages	524
25.5.	Tableaux de la valeur des aliments	525
Annexe 25.1.	Valeurs repères des teneurs en sucres solubles et en amidon des fourrages (g/kg MS)	612
Annexe 25.2.	Caractéristiques fermentaires moyennes des principaux ensilages conservés correctement	613
Annexe 25.3.	Correction de la dMO des ensilages réalisés en coupe directe en fonction de leur teneur en MS et conséquences sur les valeurs d'encombrement (UE) et énergétiques (UF)	616
Annexe 25.4.	Valeurs des principales sources inorganiques d'apport minéral	616

26	Tables Inra de la valeur des aliments utilisés dans les régions chaudes	617
	<i>D. Sauvart, H. Archimède, A. Lamadon, G. Tran, R. Baumont</i>	
26.1.	Contexte : les conditions agroclimatiques	617
26.2.	Origines des résultats	618
26.3.	Composition chimique	619
26.4.	Ingestion et valeur d'encombrement	619
26.5.	Valeur énergétique	620
26.6.	Valeur azotée	621
26.7.	Tableaux de la valeur des aliments des régions chaudes	625
	Description des bases de données	661
1.	La base BoviDig	661
2.	La base OviDig	662
3.	La base AADlg	663
4.	La base Rumener	664
5.	La base Methafour	665
6.	La base BodyCompCow	665
7.	La base MoSARCO	666
8.	La base LysMetINRAreq	667
9.	La base DairyCow ExN	668
10.	La base Beef Cows	669
11.	La base BeefBox	670
12.	La base Inra Theix Abattoir	671
13.	La base LambGrowth	672
14.	La base Caprinut	673
15.	La base URZ-1	674
16.	La base URZ-2	674
17.	La base URZ-3	675
	Références bibliographiques	677
	Index	723
	Liste des auteurs	725

Glossaire

Préfixe ou suffixe

Flux digestifs et digestibilités

_duo	Au duodénum (ex. : Ami_duo)
_ig	Dans l'intestin grêle (ex. : AmiD_ig ; dAmi_ig)
_ile	À l'iléon (ex. : Ami_ile)
_int	Dans les intestins (ex. : AmiD_int)
_ru	Dans le rumen (ex. : AmiD_ru ; dAmi_ru)

Apports, besoins, bilans, réponses

bes	Besoins (ex. : besPDI)
bil	Bilan = apports – besoins (ex. : bilUFL)
bil _{th}	Bilan théorique = apports + variation potentielle des réserves corporelles – besoins au potentiel (ex. : bilUFL _{th})
dispo	Disponible = apports – besoins pour l'azote endogène urinaire (PDI, ex. : PDI _{dispo}) ou pour l'entretien (UF, ex. : UFV _{dispo})
rec	Apports recommandés (ex. : recEN_ent)
rep	Réponses par rapport au potentiel ou à un pivot nutritionnel (ex. : rep_PL)

Fonctions

_act	Activité (ex. : besUFV_act)
_ent	Entretien (ex. : besUFL_ent)
_gain	Gain (ex. : besPDI_gain)
_gest	Gestation (ex. : besPDI_gest)
_laine	Production de laine (ex. : besPDI_laine)
_NP	Fonctions non productives (ex. : besPDI_NP)
_PL	Production de lait (ex. : besPDI_PL)
_VRC	Variation des réserves corporelles (ex. : UFL_VRC)

Produits

_lait	Dans le lait (ex. : C18:3 n-3_lait)
_mu	Dans le muscle (ex. : C18:2 n-6_mu)

Autres

cor	Corrigé (ex. : AADI _n _cor)
Pot	Potentiel (ex. : PL _{pot})
Th	Théorique (ex. : bilUFL _{th})
Δ	Variation de (ex. : ΔgainPV)

Variable (ordre alphabétique)		
a (a_N; a_Ami)	Fraction soluble ; de l'N ; de l'amidon (<i>in situ</i>)	%
AA	Acides aminés	—
AADI	Acides aminés digestibles dans l'intestin	% PDI
AAI	Acides aminés indispensables	—
AA _n endo_duo	Concentration du n ^{ième} AA dans les protéines endogènes au duodénum	% 16 AA
AANI	Acides aminés non indispensables	—
AA _n Mic	Concentration du n ^{ième} AA dans les protéines microbiennes	% 16 AA
ACE	Acétate dans le jus de rumen	mol/100 mol AGV
ADF	Fibre insoluble dans le détergent acide	g/kg MS
ADL	Lignine insoluble dans l'acide sulfurique	g/kg MS
AG	Acides gras	g/kg MS
AG_abs	Acides gras absorbés dans l'intestin grêle	g/kg MS
AGD	Acides gras digestibles	g/kg MS
Age	Age	ans ; mois ; jours
AGL	Acides gras longs	—
AGMI	Acides gras mono-insaturés	—
AGPI	Acides gras poly-insaturés	—
AGS	Acides gras saturés	—
AGV	Acides gras volatils	—
AGVmin	Acides gras volatils mineurs dans le jus de rumen	mol/100 mol AGV
Ala	Alanine	% 16 AA
Ami	Amidon	g/kg MS
AmiD	Amidon digestible	g/kg MS
AmiND	Amidon non digestible (fécal)	g/kg MS
Arg	Arginine	% 16 AA
ArgDI	Arginine digestible dans l'intestin	% PDI
Asp	Acide aspartique	% 16 AA
b (b_N; b_Ami)	Fraction potentiellement dégradable ; de l'N ; de l'amidon (<i>in situ</i>)	%
BACA	Bilan cations-anions	mEq/kg MS
BE	Bilan électrolytique	mEq/kg MS
bilProt	Bilan protéique corporel (6,25 × bilN)	g/j
Biom ₂ ; Biom ₄ ; Biom ₅	Biomasse (avant pâturage) au-dessus de 2; 4; 5 cm	kg MS/ha
Biom _{sort} ; Biom _{ent}	Biomasse en sortie ou en entrée de parcelle, mesurée au ras du sol	kg MS/ha
BPR; BPRref	Balance protéique du rumen ; de référence	g/kg MS
BUT	Butyrate dans le jus de rumen	mol/100 mol AGV
bVEc	Valeur basale d'encombrement de l'aliment concentré	UEL/kg MS
c (ou <i>cis</i>)	Isomère de type <i>cis</i>	—
CA	Coefficient d'absorption (pour les minéraux)	g/g
Ca	Calcium	g/kg MS
Ca _{abs}	Calcium absorbable	g/kg MS
CB	Cellulose brute	g/kg MS

CD	Contenus digestifs	kg
Ch	Chargement	nb chèvres/ha
CH ₄	Méthane	g/j
CI	Capacité d'ingestion	UE/j
CI ₍₁₋₃₎ ; CI ₍₄₋₆₎ ; CI ₍₇₋₂₀₎	Capacité d'ingestion des brebis allaitantes entre les semaines de lactation (x-x)	UEM/j
CI _{gest}	Capacité d'ingestion en fin de gestation (brebis)	UEM/j
CI _{veau}	Capacité d'ingestion du veau	UEB/j
Cl	Chlore	g/kg MS
CLA	Acide linoléique conjugué	% AG totaux
Co	Cobalt	mg/kg MS
COR	Facteur de correction (du taux de substitution global en début de lactation)	—
CPDI	Coefficient de réponse de la production de lait aux PDI et UFL (fonction de bilPDI ₁₀)	—
Cr	Chrome	mg/kg MS
CR	Contractions du rumen	nb/j
CroissH	Croissance de l'herbe	kg MS/ha/j
CroissP	Dépenses protéiques pour la croissance	g/j
CRT	Contenu ruminal total	kg
Cu	Cuivre	mg/kg MS
CV _{IL} ; CV _{IL1}	Coefficient de variation de la production de lait à un jour de lactation donné ; au premier contrôle	%
CXX	Acide gras avec XX C (tous les isomères sauf indication contraire)	g/kg MS; % AG totaux
CXX:Y	Acide gras avec XX C et Y doubles liaisons (tous les isomères sauf indication contraire)	g/kg MS; % total FA
Cys	Acide cystéique	% 18 AA
D(t)	Dégradé au temps t (<i>in situ</i>)	%
dADF	Digestibilité apparente de l'ADF	%
dAmi	Digestibilité apparente de l'amidon	%
DAT	Dépôts adipeux totaux	kg
dCB	Digestibilité apparente de la cellulose brute	%
DCS, DCO	Digestibilité pepsine-cellulase	% MS, % MO
dE	Digestibilité apparente de l'énergie	%
DH	Distance horizontale	km/j
dMAT	Digestibilité apparente des matières azotées totales	%
dMO	Digestibilité apparente de la matière organique	%
dMOc	Digestibilité apparente de la matière organique corrigée	%
dMOm	Digestibilité apparente de la matière organique mesurée	%
DMSiv	Dégradabilité <i>in vitro</i> de la matière sèche	%
dNDF	Digestibilité apparente du NDF	%
dr (ou dr_N)	Digestibilité réelle de l'azote	%
DT (DT_N; DT_Ami)	Dégradabilité théorique; de N; de l'amidon (<i>in situ</i>)	%
DT ₆ (DT _{6_N} ; DT _{6_Ami})	Dégradabilité théorique calculée avec un taux de passage des particules de 6%/h; de N; de l'amidon (<i>in situ</i>)	%
DuRec	Durée de la période de reconstitution	jour
DV; DV _{asc} ; DV _{desc}	Distance verticale; ascendante; descendante	km/j

ALIMENTATION DES RUMINANTS

E_part	Partition de l'énergie entre le lait et les réserves	kcal/kcal
EB	Énergie brute	kcal/kg MS
Ebue	Eau bue	l/j
EBueTH	Eau nécessaire pour la thermorégulation	l/j
ECH ₄	Énergie du méthane	kcal/kg MS
ED	Énergie digestible	kcal/kg MS
EE	Extrait éthéré (matière grasse totale)	g/kg MS
EF	Énergie des fèces	kcal/kg MS
EffMargPDI	Efficacité marginale des PDI	g/g
EffPDI	Efficacité des PDI	g/g
EffPDI100	Efficacité des PDI à PDI = 100 g/kg MS	g/g
EM	Énergie métabolisable	kcal/kg MS
EMI	Énergie métabolisable ingérée	kcal/j
EN	Énergie nette	kcal/kg MS
EN _{Lact + Ret}	Énergie nette ingérée liée à la lactation et à la rétention	kcal/j
ENL	Énergie nette pour la lactation	kcal ou Mcal
ENV	Énergie nette pour la production de viande	kcal ou Mcal
Ep	Énergie sous forme de protéines dans l'énergie du gain	kcal/kcal
ET ; ETR	Écart-type ; Écart-type résiduel	—
EU	Énergie urinaire	kcal/kg MS
FC _{MS}	Facteur de correction de la teneur en matière sèche des ensilages lié aux pertes de produits volatils au séchage	%/%
FCPat	Facteur de condition de pâturage	kg MS/kg MS
Fduo _i	Flux duodéal du constituant i	g/kg MS
Feu	Pourcentage de feuilles du régime	% MS
Ffec _i	Flux fécal du constituant i	g/kg MS
Fliq	Flux de liquide dans le rumen	l/kg MS
FV	Pourcentage de fourrage vert	% MS
gainLip	Gain de lipides corporels	kg/j
gain _{max}	Gain maximal	kg
gainNEC	Variation de la note d'état corporel	entre 0 et 5
gainProt	Gain de protéines corporelles	kg/j
gainProt _{foetus}	Gain de protéines du foetus	kg/j
gainPV ; gainPV _{fec-part}	Gain de poids vif ; entre la fécondation et la mise bas	kg/j
gainPVV	Gain de poids vif vide	kg/j
GestP	Dépenses protéiques pour la gestation	g/j
Glu	Acide glutamique	% 16 AA
Gly	Glycine	% 16 AA
GMQ ; GMQ _{portée}	Gain moyen quotidien ; de la portée	kg/j
H ; HS ; HE	Hauteur d'herbe mesurée à l'herbomètre ; en sortie ; en entrée de parcelle	cm
HC	Hauteur du couvert végétal mesurée au <i>sward stick</i>	cm
HI	Herbe ingérée	kg MS/j

HI _p ; HI _{p1} ; HI _{p2}	Herbe ingérée au pâturage; limitée par la disponibilité de l'herbe; par le temps d'accès au pâturage	kg MS/j
HI _{R-TAP} ; HI _{R-Q0} ; HI _{R-HC}	Limitation relative de l'ingestion d'herbe; due au temps d'accès au pâturage; aux quantités offertes; à la hauteur du couvert	—
His	Histidine	% 16 AA
HisDI	Histidine digestible dans l'intestin	% PDI
HR	Hygrométrie relative	%
I	Iode	mg/kg MS
I _{act}	Index d'activité (pour les besoins énergétiques)	—
ID	Interactions digestives	—
I _{HV}	Ingestion volontaire d'herbe (à l'auge)	kg MS/j
Ile	Isoleucine	% 16 AA
IleDI	Isoleucine digestible dans l'intestin	% PDI
IM	Indice de mastication	min/kg MS
Ind _{Cl_{PDI}} ; mat; gest; lact; MAT; NEC; race; par; statut	Index de correction de la capacité d'ingestion due à : PDI; maturité (vache laitière, UEL); gestation; lactation (vache et chèvre laitières, UEL); matières azotées totales (chèvre laitière, UEL); note d'état corporel; race; parité; statut autour du vêlage (vache allaitante, UEB)	UE/UE
Ind _{MSI_{AG}}	Index de correction de la matière sèche ingérée due aux acides gras	kg/kg
Int _{esp}	Ordonnée à l'origine qui diffère selon l'espèce animale	g MSlfo/j/kg PV
Ipente	Index de pente (pour les besoins énergétiques)	1 ou 2
IRA	Index de risque d'acidose	de 0 (sans risque) à 2 (risque élevé)
Itype	Coefficient d'ajustement de la capacité d'ingestion (UEB) au poids vif des bovins viande	—
JG	Jour de gestation	jour
JL	Jour de lactation	jour
JL ₀	Paramètre d'échelle de temps (cf. variation de poids vif des chèvres laitières)	jour
JL1	Jour de lactation au premier enregistrement de la production de lait (brebis)	jour
K	Potassium	g/kg MS
k (kl; kls; ktg; kg; km; kmf; kf; kmf; kpf; kgest)	Efficacité d'utilisation de l'EM en EN (tableau 6.1)	kcal/kcal
kct	Taux de transit du concentré	%/h
kd	Taux de dégradation de la fraction potentiellement dégradable b (<i>in situ</i>)	%/h
kft	Taux de transit du fourrage	%/h
klt	Taux de transit de la phase liquide	%/h
kpt	Taux de transit des particules	%/h
Lact	Lactose	g/j
Leu	Leucine	% 16 AA
LeuDI	Leucine digestible dans l'intestin	% PDI
Lip (ou Lip _{corp})	Lipides corporels	kg
LR	Liquide du rumen	kg
Lys	Lysine	% 16 AA
LysDI	Lysine digestible dans l'intestin	% PDI
MAendo	Matières azotées endogènes	g/kg MS
MAF	Matières azotées alimentaires fermentescibles	g/kg MS

ALIMENTATION DES RUMINANTS

MAmic	Matières azotées microbiennes	g/kg MS
MAND	Matières azotées non digestibles (fécales)	g/kg MS
MAnMic	Matières azotées non microbiennes non ammoniacales	g/kg MS
MArD_ru	Matières azotées réellement digestibles dans le rumen	g/kg MS
MAT	Matières azotées totales ($N \times 6,25$) ou protéines brutes	g/kg MS
MATb	Matières azotées du régime de base	g/kg MS
MATf	Matières azotées totales du fourrage	g/kg MS
MAT _{Feu}	Matières azotées totales ingérées provenant des feuilles	g/j
Mdel	Masse délipidée	kg
Met	Méthionine	% 16 AA
MetDI	Méthionine digestible dans l'intestin	% PDI
MG	Matières grasses	g/j
Mg	Magnésium	g/kg MS
MM	Matières minérales	g/kg MS
Mn	Manganèse	mg/kg MS
Mo	Molybdène	mg/kg MS
MO	Matière organique	g/kg MS
MOaD_ru	Matière organique apparemment digestible dans le rumen	g/kg MS
MOD	Matière organique digestible	g/kg MS
MODc	Matière organique digestible corrigée des interactions digestives	g/kg MS
MOdegco	Matière organique dégradable du concentré	g/kg MS
MOF	Matière organique fermentescible	g/kg MS
MOND	MO non digestible (fécale)	g/kg MS
MOrD_ru	Matière organique réellement digestible dans le rumen	g/kg MS
MP	Matières protéiques	g/j
mPL _{JL} ; mPL _{JL1}	Production de lait moyenne du lot à un jour de lactation donné; au 1 ^{er} contrôle (brebis)	l/j
MP _{Lys + Met}	Production prédite de matières protéiques intégrant les réponses à LysDI et MetDI	g/j
MP _{Moy}	Production moyenne de matières protéiques	g/j
MP _{obs}	Production observée de matières protéiques	g/j
MP _{pred}	Production prédite de matières protéiques	g/j
MS	Matière sèche	%
MSDI	Matière sèche digestible ingérée	g/j
MSI; MS _{lco} ; MS _{lfo} ; MS _{lR_{pco}}	Matière sèche ingérée; de concentré; de fourrage; correspondant à R _{pco}	kg/j
MSV _I ; MSV _B ; MSV _L ; MSV _M	MS volontairement ingérée; par les bovins (pour UEB); par les vaches laitières (pour UEL); par les moutons (pour UEM)	g MS/kg PV ^{0,75}
n	Nombre de traitements	
n-3; n-6	Omega 3; omega 6 (acides gras)	% total FA
Na	Sodium	g/kg MS
Nb _{agn}	Nombre d'agneaux nés	1, 2, 3
Nb _{chev}	Nombre de chevreaux nés	1, 2, 3
ND	N digestible	g/kg MS

NDF	Fibre insoluble dans le détergent neutre	g/kg MS
NDFD	NDF digestible	g/kg MS
NDFfo	NDF de fourrage long	g/kg MS
NDFI	NDF ingéré	g/j
NDFND	NDF non digestible (fécal)	g/kg MS
NEC	Note d'état corporel	entre 0 et 5
nexp	Nombre d'expériences	
NH ₃ -N	N ammoniacal dans le rumen	mg/l
NI; Nlref	Niveau d'ingestion; de référence	%PV
Nmic	Azote microbien	g/kg MS
NND	N non digestible (fécal)	g/kg MS
NU	N urinaire	g/j
NUendo	Azote urinaire endogène	g/j
NUNPMic	N non protéique microbien dans l'urine	g/j
N _{vaches}	Nombre de vaches dans le troupeau	Nb
P	Phosphore	g/kg MS
P _{abs}	Phosphore absorbable	g/kg MS
PANDI	Protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin (fécales)	g/kg MS
PAR	Parité	1, 2, 3...
PC	Production de chaleur	kcal
PCO	Proportion de concentré	g MS/g MS
PDI	Protéines (alimentaires + microbiennes) digestibles dans l'intestin	g/kg MS
PDIA	Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire	g/kg MS
PDIE	Protéines digestibles dans l'intestin quand l'énergie limite la synthèse microbienne (Inra, 1978; 2007)	g/kg MS
PDIM	Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne	g/kg MS
PDIN	Protéine digestible dans l'intestin quand l'N dégradable limite la synthèse microbienne (Inra, 1978; 2007)	g/kg MS
PEF	Protéines endogènes fécales	g/kg MS
PF	Produits de fermentation des ensilages	g/kg MS
PFO	Proportion de fourrage	g MS/g MS
pH	pH ruminal	unité pH
Phe	Phénylalanine	% 16 AA
PheDI	Phénylalanine digestible dans l'intestin	% PDI
P _i	Proportion de l'aliment i	g MS/g MS
PIA	Protéines alimentaires entrant dans l'intestin	g/kg MS
pivMSlco	Valeur pivot de MS ingérée de concentré (MSlco à bilUFL _{Th} = 0)	kg/j
PL; PL ₃₅	Production de lait; standardisée à 35 g/kg MG	kg/j (l/j, brebis)
PL _{Max}	Production de lait au pic de lactation	kg/j
PL _{obj}	Production de lait objectif	l/j (brebis)
PL _{PotLact}	Production lait potentielle totale sur la lactation	kg/lactation
PLs	Production de lait standardisée	l/j (brebis)
PMO _i	Proportion de la MO de l'aliment i	g MO/g MO

ALIMENTATION DES RUMINANTS

PPha	Protéines des phanères	g/j
PRO	Propionate dans le rumen	mol/100 mol AGV
Pro	Proline	% 16 AA
ProdAGVT	Production d'AGV totaux dans le rumen	mol/kg MS
Prot (ou Prot__corp)	Protéines corporelles	kg
PUendo	Protéines urinaires endogènes	g/j
PV; PV _{portée}	Poids vif; de la portée à la mise bas	kg
PVt	Poids vif au temps t	kg
PVV	Poids vif vide	kg
q; q'	Métabolisabilité de l'énergie (EM/EB)	kcal/kcal
QO; QO ₂ ; QO _{indiv}	Quantité d'herbe offerte; à 2 cm au-dessus du sol; par animal	kg MS/j
QO _R ; QO _{R-vac_i}	Quantité d'herbe offerte relative (en proportion de IHv); pour la vache i	—
rep_MP _{Lys}	Réponse de la production de matières protéiques à la LysDI	g/j
rep_MP _{Lys+Met}	Réponse de la production de matières protéiques à la LysDI et à la MetDI	g/j
rep_MP _{Met}	Réponse de la production de matières protéiques à la MetDI	g/j
rep_MP _{UFLnonlimit}	Réponse de la production de matières protéiques aux apports PDI quand les apports UFL ne sont pas limitants	g/j
rep_TP _{Lys}	Réponse du taux protéique à la LysDI	g/j
rep_TP _{Lys(Lys+Met)}	Réponse du taux protéique à la LysDI (établi à LysDI < 6,7 % PDI et utilisé pour calculer Rep_TP _{Lys+Met})	g/kg
rep_TP _{Lys+Met}	Réponse du taux protéique à la LysDI et la MetDI	g/kg
rep_TP _{Met} ou rep_TP _{Met(Lys+Met)}	Réponse de taux protéique à la MetDI (utilisé pour calculer Rep_TB _{Lys+Met})	g/kg
Rmic	Indicateur du niveau d'N dégradable (Inra, 2007)	g PDI/UF
RNU	Ratio N urinaire : de BPR/de l'inefficacité des PDI	g/g
R _{PCO}	Proportion de concentré requise pour couvrir les besoins UFL au potentiel (bilUFL _{Th} = 0)	g MS/g MS
S	Soufre	g/kg MS
SaA	Semaine avant agnelage	semaine
SaV	Semaine avant vêlage	semaine
Se	Sélénium	mg/kg MS
Ser	Sérine	% 16 AA
SG	Semaine de gestation	semaine
SL	Semaine de lactation	semaine
SUA	Système d'unités d'alimentation	—
Surf	Surface de la parcelle	ha
T	Température	°C
t (ou <i>trans</i>)	Isomère <i>trans</i>	—
TAN	Tanins	g/kg MS
TAP	Temps d'accès au pâturage	h/j
TB	Taux butyreux	g/kg (g/l, brebis)
TB _{MoyPot}	Taux butyreux potentiel moyen	g/kg
THI	Indices de température-humidité	—
Thr	Thréonine	% 16 AA