

INRA 2018

ALIMENTATION DES RUMINANTS

Apports nutritionnels – Besoins et réponses des animaux
Rationnement – Tables des valeurs des aliments



éditions
Quæ

2-636-6-1

2-636-6-1

ALIMENTATION DES RUMINANTS

INRA, 2018

Éditions Quæ

Sommaire

Remerciements	4
Glossaire	13
Avant-propos	23
<i>J.-L. Peyraud (Direction scientifique Agriculture, Inra)</i>	

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. Faverdin</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. Agabriel, 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

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. Sauvant, 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. Sauvant</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	47
	<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	47
23.2.	Mesure <i>in situ</i> de la dégradabilité des aliments dans le rumen et de leur digestibilité dans l'intestin	48
23.3.	Méthodes enzymatiques pour prévoir la digestibilité et la dégradabilité	48
23.4.	Bases de données de composition et de valeurs nutritives des aliments	48
24	Calcul de la valeur des aliments pour les ruminants : tables et équations de prévision	48
	<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 AADig	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