

Actualisation des besoins et réponses en énergie et protéines pour la croissance des agneaux de boucherie

BERTHELOT V. (1), SAUVANT D. (1)

(1) UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005, Paris, France

RESUME

Dans le cadre de la révision des systèmes d'unités d'alimentation des ruminants (Systali), les besoins et lois de réponses énergétiques et protéiques sont revisités pour les agneaux de boucherie en post-sevrage. Cette actualisation est effectuée à partir d'une méta-analyse conduite sur 46 expériences et 164 traitements, avec 2429 agneaux de 16 à 61 kg de poids vif (PV) et ayant des croissances (GMQ ou gain moyen quotidien) compris entre 13 et 475 g/j. Dans cette base de données, les agneaux ont en moyenne un PV de 30,2 kg, un GMQ moyen de 256 g/j et sont nourris avec des régimes riches en concentrés (71%). La valeur énergétique (UFV) des rations est peu modifiée dans le nouveau système. En revanche, la valeur PDI des rations est en général inférieure à celle issue de 2007 à partir d'une valeur PDI 2007 de 74 g/kg MS. Le besoin d'entretien énergétique est estimé à 0,018 UFV/kg PV. Le besoin protéique non productif est estimé, dans la base, à $1,6 \pm 0,3$ g PDI/kg PV. Les besoins pour 1 kg de gain sont estimés respectivement à 2 UFV et 267 g PDI. Autour de la couverture des besoins, pour un GMQ/PV moyen de 8,5 g/j/kg PV, la réponse du GMQ/PV aux variations d'UFV ingérées/PV et de PDI ingérées/PV est linéaire sur notre base de données. La réponse marginale est de 224 g de GMQ /UFV et de 70 g de GMQ /100g PDI. Dans cette base de données, l'efficacité des PDI varie en fonction du stade de développement de l'agneau, ou de son gain de poids mais aussi de la concentration en PDI du régime. L'efficacité des PDI correspondant à une ration ayant 100 g PDI/kg MS est estimée à 50,7 %, valeur inférieure au 55 % utilisé précédemment pour les agneaux et très inférieure au 67 % des animaux laitiers. Cette plus faible efficacité pourrait être due au fait que le gain de protéines corporelles est associé à un turn-over protéique qui n'existe pas pour les protéines du lait.

Updating of energy and protein requirements and response laws to dietary supplies in post-weaning lambs

BERTHELOT V. (1), SAUVANT D. (1)

(1) UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005, Paris, France

SUMMARY

As part of the revision of ruminant feed unit systems (INRA "Systali" project), it was decided to update post-weaning lamb energy and protein requirements as well as response laws to changes in energy and protein supply. This updating was based on a meta-analysis of a database which includes a set of 46 references with 164 treatments representing 2,429 lambs from 16 to 48 kg of body weight (BW) and with growth (ADG or average daily gain) from 13 to 475 g/d. Lamb diet energy values were not modified in the new system. Above 74 g/kg DM, diet PDI values would be generally lower in the new system. The UFV requirement for maintenance was 0.018 UFV/kg BW. Digestible protein requirement for non-productive functions was estimated in our data base at 1.6 ± 0.3 g PDI/kg BW. The requirement for 1 kg of gain was estimated at 2 UFV and 267 g PDI. Around the maintenance requirement, responses of ADG/BW to variations of UFV and PDI intake per BW were linear in our BW and ADG range. The marginal response was 224 g/UFV and 120 g/100g PDI. In the database, PDI efficiency depends on the maturity of lambs and on their ADG but also on the PDI concentration of the diet. The PDI efficiency corresponding to a diet of 100g PDI/kg DM was estimated at 50.7 %, which was inferior to the 55 % used previously in lambs and very inferior to the 67 % of dairy cattle and goats. This low efficiency could be related to the associated turn-over gain of body protein.

INTRODUCTION

Les tables de besoins pour les agneaux de boucherie n'ont que peu évolué depuis 1978 (INRA, 1978). La révision des systèmes d'unités d'alimentation des ruminants entrepris en 2010 (projet Systali) a été l'occasion de revisiter les besoins des agneaux de boucherie en post-sevrage et de proposer, par une approche de type méta-analyse, des lois de réponses du gain des agneaux aux variations d'apports énergétiques et protéiques autour de la satisfaction des besoins.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. BASE DE DONNEES

Cette actualisation des besoins des agneaux a été effectuée à partir d'une méta-analyse conduite sur une base de données comprenant 46 expériences, 164 traitements, et représentant 2429 agneaux. Pour élaborer la base de données, la majorité des expériences (33 / 46) est issue d'une sélection d'articles dans les "Web of science" ou "PubMed" sur mots clés (« lamb », « feed », « diet », « growth »). A cela ont été ajoutés des essais (13 / 46) non publiés issus de comptes rendus de différentes fermes expérimentales (AgroParisTech, SupAgro Montpellier, Institut de l'Élevage). Pour être inclus dans la base de données, il

était nécessaire de disposer d'une description exhaustive du régime alimentaire (fourrages et concentrés), des mesures d'ingestion des agneaux en post-sevrage ainsi que des gains moyens quotidiens (GMQ) associés et du poids vif (PV). Les autres informations disponibles ont été également intégrées dans la base de données, notamment les durées d'engraissement, le sexe des animaux... Chaque traitement a fait l'objet d'un codage permettant de caractériser la nature du facteur expérimental mis en œuvre. De plus, pour chaque traitement, les apports journaliers en UFV et PDI de ces expériences ont été calculés selon la méthode systali avec le calculateur systool web 1.2 (Chapoutot *et al.*, 2014) en utilisant les estimations tables des valeurs des aliments quand l'information n'était pas disponible dans la publication. Le poids vif adulte des agneaux ayant été estimé selon la bibliographie (standard de races ou informations des organismes de sélection disponibles sur internet, France génétique élevage pour les races françaises...), le degré de maturité des agneaux (poids vif moyen/poids vif adulte) a ainsi été renseigné dans la base de données.

1.2. ANALYSES STATISTIQUES

Pour l'établissement des besoins, les données de chaque expérience ont été moyennées. Les régressions inter-publiques entre le GMQ (variable dépendante) et les UFV et PDI ingérées (variables indépendantes) ont été effectuées : la constante à l'origine de ces relations correspond à l'estimation du besoin d'entretien et la pente à l'estimation du besoin pour le gain de poids moyen associé au jeu de données. Pour l'établissement des lois de réponses, les régressions intra-essais entre les UFV et PDI ingérées (variables dépendantes) et le GMQ (variable indépendante) ont été effectuées.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNEES

Les races présentes dans la base de données sont très nombreuses (26), issues de zones tempérées et réparties sur différents continents. 40 % des expérimentations ont été effectuées avec des races françaises notamment Romane, Berrichon du Cher, Mouton Vendéen, Préalpes du Sud ou Lacaune lait ou viande. Les groupes d'agneaux sont essentiellement des mâles (53%) ou constitués d'un mélange de mâles et femelles (31%). Très peu de mesures ont été effectuées sur femelles (5%), mâles castrés (5%) ou mélange de femelles et mâles castrés (3%). Les mesures zootechniques ont été effectuées sur des animaux majoritairement jeunes à un degré de maturité de l'ordre de $30 \pm 7\%$ (Tableau 1).

Tableau 1 Performances zootechniques des agneaux

	Moy- enne	ET	min	Q1 ²	Q3 ²	max
Poids vif initial (kg)	23,1	6,9	12,6	16,9	29,0	40,5
Poids vif final (kg)	37,4	9,0	18,8	30,6	44,4	61,3
Poids moyen (kg)	30,2	7,4	15,7	24,3	36,6	48,0
Maturité ¹	0,32	0,07	0,18	0,27	0,34	0,59
GMQ (g/j)	256	89	13	220	311	475
MSI (kg/j)	1,15	0,31	0,30	0,90	1,32	1,96
IC	4,9	2,0	2,2	3,7	5,5	14,2
% concentré	71	26	0	63	90	100

¹ (poids vif moyen/poids vif adulte)

² Q1 et Q3 correspondent au 1^{er} et 3^{ème} quartile.

Les agneaux ont majoritairement été engraisés avec des régimes riches en concentrés (71%) de concentrations énergétique et azotée élevées (0,94 UFV/kg MS et 16,4 % de MAT respectivement) (Tableau 2).

Tableau 2 Composition et valeur nutritionnelle des rations des agneaux dans la base de données

	Moy- enne	Ecart- type	min	Q1 ³	Q3 ³	max
MO ¹ (g/kg MS)	913	33	727	899	927	967
NDF ¹ (g/kg MS)	325	109	131	250	388	716
Amidon (g/kg MS)	271	158	0	163	414	560
MAT ¹ (g/kg MS)	164	27	76	155	180	229
EE ¹ (g/kg MS)	36	25	10	20	43	128
UFV ² (/kg MS)	0,94	0,16	0,43	0,86	1,03	1,28
PDI ² (g/kg MS)	102	12	66	95	112	126

¹ MO = matière organique, NDF = neutral detergent fiber, MAT = matières azotées totales, EE = extrait éthérée

² Valeur calculée avec le calculateur systool 1.2 (Chapoutot *et al.*, 2014)

³ Q1 et Q3 correspondent au 1^{er} et 3^{ème} quartile

2.2. RELATIONS ENTRE LES VALEURS ENERGETIQUES ET AZOTEES SELON INRA 2007 ET SYSTALI

On observe une relation linéaire positive entre les valeurs UFV et PDI des rations des agneaux calculées selon le système INRA (INRA, 2007) et selon systali (Figures 1 et 2). Sachant que la valeur UFV de l'orge de référence est légèrement diminuée dans le nouveau système (1760 ENV/kg brut vs 1820 ENV/kg brut dans le système 2007) (Sauvant *et al.*, 2015b), on observe une pente de 1,05, non significativement différente de 1, entre les valeurs UFV ration systali et 2007 des rations. La valeur énergétique des rations n'est donc que peu modifiée dans le nouveau système. La pente entre les valeurs PDI systali et 2007 est de 0,84. La valeur PDI de la ration dans le nouveau système est inférieure à celle de 2007 dès lors que la valeur PDIE dans le système 2007 est supérieure à 74 g/kg MS. Ces équations ont une valeur indicatrice et ne peuvent donc pas être utilisées à des fins de passage direct du système 2007 au système systali.

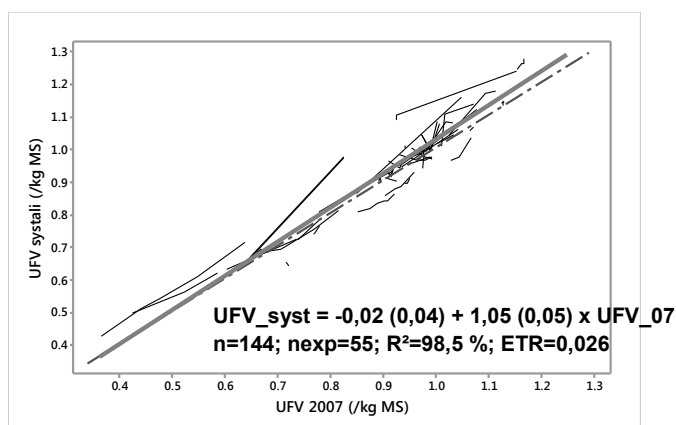


Figure 1 Relation entre les valeurs UFV des rations d'agneaux dans le système 2007 et les valeurs systali

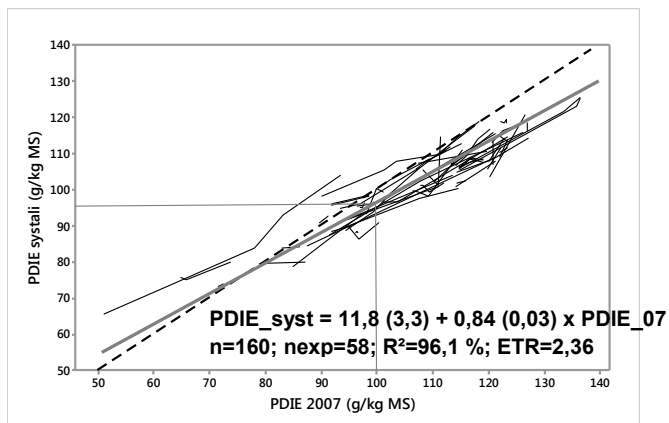


Figure 2 Relation entre les valeurs PDIE des rations d'agneaux dans le système 2007 et les valeurs systali

2.3. INGESTION

La base de données est constituée majoritairement d'agneaux nourris *ad libitum* avec des régimes très riches en concentrés et nous disposons de peu de données avec des rations à base de fourrages majoritaires. Il nous est impossible de calculer des coefficients de substitution et donc d'utiliser le système des unités d'encombrements comme pour les autres espèces. La matière sèche ingérée (MSI, en g) ramenée au PV (kg) dépend du GMQ (g/j) de l'animal. Avec ces régimes riches en concentrés, les agneaux présentent, non pas une régulation physique liée à l'encombrement de la ration, mais une régulation métabolique, qui conduit à une réduction de leur ingestion pour maintenir la quantité d'énergie ingérée constante. Pour prévoir la matière sèche ingérée, nous avons établi l'équation suivante :

$$MSI/PV = 37,6 + 2,0x \text{ GMQ/PV} - 18,1 \times \text{UFV}$$

(n = 162, nex = 58, RMSE = 1,72)

avec la concentration énergétique de la ration (UFV, /kg MS) et le GMQ/PV des agneaux (g /j/kg PV).

2.4. REACTUALISATION DES BESOINS ENERGETIQUES ET PROTEIQUES

2.4.1. Besoins énergétiques

En utilisant une régression inter-publication entre les UFV ingérés et le GMQ, les besoins énergétique d'entretien et de gain de poids, exprimés en UFV/kg PV, sont estimés selon l'équation :

$$\text{Besoins(UFV)} = 0,0180 + 0,0021 \times \text{GMQ/PV}$$

(nex = 56, RMSE = 0,0054)

avec le GMQ exprimé en g/j.

Le besoin pour un gain nul est donc fixé à 0,018 UFV/kg PV et celui pour 1 kg de gain a été estimé à 2 UFV. Les besoins obtenus pour un gain nul et pour le GMQ sont relativement proches des 0,025-0,028 UFV /kg PV et 0,0013-0,0015 UFV / g gain quotidien recommandés par Hassoun et Bocquier (2010). Du fait du déséquilibre actuel de la base de données en termes de sexe, il n'a pas été possible de distinguer des besoins d'entretien différents notamment entre mâles et femelles ou mâles castrés ou selon le niveau de précocité de races.

2.4.2. Besoins protéiques

Depuis 1978, les besoins PDI d'entretien sont proportionnels au $PV^{0,75}$, et donc indépendants du niveau de production. Avec systali, ce principe a été remplacé par la détermination d'un besoin protéique non productif, dépendant des 3 principales pertes azotées obligatoires (pertes endogènes fécales, pertes azotées urinaires et pertes de protéines par les phanères) et de l'efficacité des PDI attachée aux pertes (Sauvant *et al.*, 2015a). Dans notre base, le pourcentage de protéines dans le gain a été estimé selon le pourcentage de maturité de l'animal avec des équations issues du CSIRO (2007). Avec un pourcentage moyen de protéines dans le gain de $15,2 \pm 1,2$ % (min = 10,7, max = 17,2), l'efficacité

moyenne des PDI à PDI=100g/kg MS est estimé à $50,8 \pm 9,1$ % (min = 33,1, max = 74,6), inférieure à la valeur de 55% utilisée jusqu'à présent chez les agneaux (INRA, 1978). Cette valeur est également très inférieure au 67% utilisé chez les vaches et chèvres laitières en lactation (Sauvant *et al.*, 2015a). Cette plus faible efficacité peut être due au fait que le gain de protéines corporelles est associé à un turn-over protéique élevé qui est inexistant en production laitière. Nous avons également fixé les pertes de protéines par les phanères à 5,6 g/j (CSIRO, 2007). Ainsi, le besoin protéique non productif est estimé, dans notre base de données, à $1,6 \pm 0,3$ g PDI/kg PV, valeur plus élevée que le besoin d'entretien protéique de 1,1 g/kg PV utilisé jusqu'à présent. En étudiant la relation entre les PDI disponibles pour la croissance (PDI ingérées - PDI nécessaires pour les dépenses non productives) et le gain de poids (Figure 3), le besoin PDI est de 267 g pour 1 kg de gain, proche des 250 g recommandés par Hassoun et Bocquier (2010).

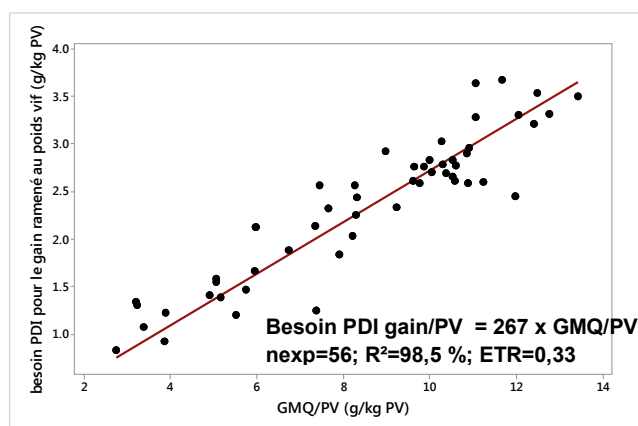


Figure 3 Relation entre les PDI disponibles pour la croissance (PDI ingérées - PDI nécessaires pour les dépenses non productives) et le gain de poids

2.4.3. Facteurs de variation de l'efficacité protéique

Vingt-quatre expérimentations ayant étudié différents niveaux d'apport protéiques ont été sélectionnés. Comme pour les autres espèces, on observe en intra-expérience une décroissance de l'efficacité des PDI (EffPDI en %) avec l'augmentation de la teneur en PDI du régime (g/kg MS) (Figure 4).

$$\text{EffPDI} = 50,7 - 0,56 (\text{PDI} - 100)$$

(n = 70, nex = 24, RMSE = 1,9)

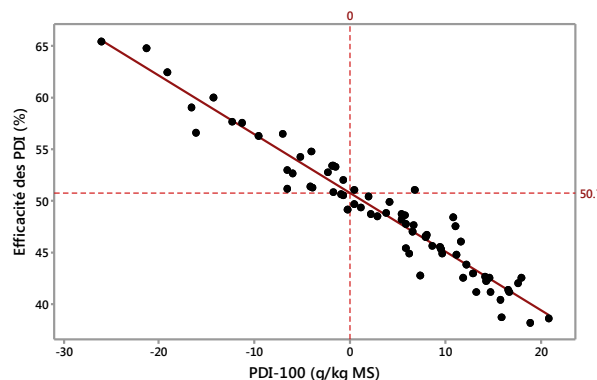


Figure 4 Relation entre la concentration en PDI-100 et l'efficacité des PDI

La pente de 0,56 est du même ordre de grandeur que chez les animaux laitiers. En plus du niveau de PDI dans la ration, le stade de maturité de l'agneau et ses performances de croissance modifient l'efficacité des PDI.

$$\text{EffPDI} = 78,1 - 0,60 (\text{PDI}-100) + 0,94 \text{ GMQ/PV} - 1,08 \text{ Maturity}$$

(ntrt = 69, nexpe = 24, RMSE = 1,5) avec PDI en g/kg MS, le GMQ/PV en g/j/kg BW et la maturité caractérisée comme le PV actuel/PV adulte.

Ainsi, pour un même niveau de PDI, les agneaux à un stade de maturité plus précoce, avec un fort GMQ/PV sont plus efficaces dans l'utilisation des protéines.

2.5. LOIS DE REPONSES DE LA CROISSANCE AUX VARIATIONS D'APPORTS EN ENERGIE ET PROTEINES

Seules les expérimentations qui présentent respectivement des variations d'énergie ou de protéines ingérées sont conservées soit 23 expériences pour la variation d'énergie et 24 pour la variation de PDI. Comme les réponses du GMQ aux apports d'UFV ou de PDI sont valables autour de la réalisation des besoins en UFV et en PDI pour cette croissance, les variations du GMQ/PV ($\Delta\text{GMQ/PV}$, en g/j/kg PV) et des UFV ingérées/PV ($\Delta\text{UFVing/PV}$, /kg PV) ou PDI ingérées/PV ($\Delta\text{PDIing/PV}$, en g/kg PV) centrées sur zéro (obtenues en retirant les effets moyens des expériences pour GMQ/PV, UFV/PV et PDI/PV), sont utilisées pour obtenir les réponses moyennes aux variations d'UFV ou de PDI. Dans le sous ensemble de données choisies, il n'y a pas de relation entre les variations d'UFV ingérées et de PDI ingérées, et donc on a une indépendance entre les variations d'UFV ingérées et de PDI ingérées.

Pour la réponse à l'énergie (Figure 5), la régression intra-expérimentation est la suivante :

$$\Delta\text{GMQ/PV} = 224 \Delta\text{UFVing/PV}$$

(ntrt = 65, nexpe = 23, RMSE = 0,56)

L'efficacité marginale des UFV ingérées pour le GMQ est de 224 ± 20 g/UFV : autour de la satisfaction des besoins, l'augmentation de 0,1 UFV se traduit par une augmentation du GMQ de 22 g/j. Cette réponse n'est valable pour une plage de variation comprise entre -0,010 UFV ingérée/kg PV et 0,010 UFV ingérée/kg PV.

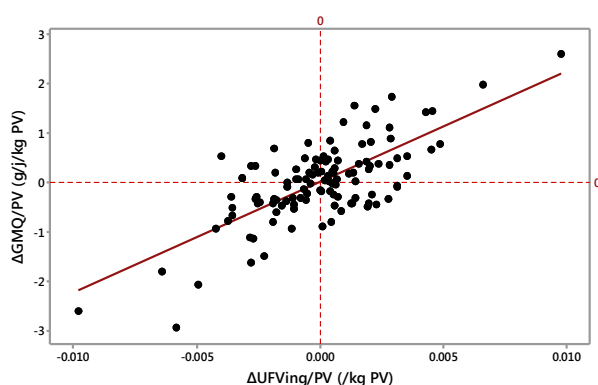


Figure 5 Relation entre la variation de GMQ/PV et la variation des UFV ingérées

Pour la réponse aux protéines (Figure 6), la régression intra-expérimentation est la suivante :

$$\Delta\text{GMQ/PV} = 0,7\Delta\text{PDIing/PV}$$

(ntrt = 72, nexpe = 24, RMSE = 0,50)

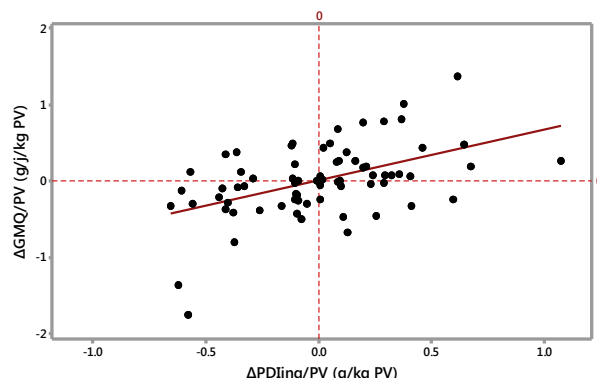


Figure 6 Relation entre la variation de GMQ/PV et la variation des PDI ingérées

Autour de la satisfaction des besoins, l'efficacité marginale des PDI ingérées pour le GMQ est de 70 ± 17 g/100 g PDI. Cette réponse n'est valable pour la plage de variation comprise entre -0,5 g PDI ingérées/kg PV et 1,0 g PDI ingérées/kg PV.

CONCLUSION

Une des limites de ce travail est liée à non prise en compte de données sur la composition corporelle des agneaux dans la base. Ainsi nous n'avons pas pu intégrer de différences de composition dans le gain aussi bien au niveau des besoins que des lois de réponses aux apports énergétiques et azotés. Seule des différences de teneur du gain en protéines ont été intégrées pour le travail sur l'efficacité protéique.

De plus, en raison du déséquilibre de la base de données actuelle dans la répartition des sexes et des nombreuses races présentes, seule une réponse globale indépendante de ces deux facteurs a été établie.

Néanmoins, ce travail a permis d'actualiser les besoins énergétiques et protéiques des agneaux. Comme pour les autres espèces, le besoin d'entretien protéique non productif des agneaux est plus élevé que le besoin d'entretien précédemment appliqué. De plus, il a permis d'estimer des lois de réponses de l'efficacité des PDI pour la croissance ovine et des réponses aux apports d'UFV et de PDI. L'ajout de nouvelles expérimentations et notamment l'intégration de données de composition corporelle constitue notre prochain objectif.

Chapoutot, P., Martin, O., Nozière, P., Sauvant, D., 2014. EAAP, 66, 265.

CSIRO, 2007. CSIRO Publishing, Australia, 270 pp.

Hassoun, P., Bocquier, F., 2010. In Editions Quae, Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments - Tables Inra 2010, Edition remaniée, France, 123-138.

INRA, 1978. In INRA publications, Alimentation des ruminants, France, 427-438.

INRA, 2007. In Editions Quae, Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments - Tables Inra 2007, France.

Sauvant, D., Cantalapiedra-Hijar, G., Delaby, L., Daniel, J.-B., Favardin, P., Nozière, P., 2015a. INRA Prod. Anim., 28, 347-368.

Sauvant, D., Ortigues-Marty, I., Giger-Reverdin, S., Nozière, P., 2015b. 3R, 22, 225-228.