



Calcul des retenues en azote et en phosphore en production ovine

Michel Lemelin, agronome, M.Sc.
Direction régionale du Centre-du-Québec
Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec

Avril 2004

Introduction

Le Rapport sur les bancs d'essai en agroenvironnement (Bachand, 2003) conclue que les charges obtenues par le bilan alimentaire sont très similaires aux charges mesurées par caractérisation des fumiers et des lisiers dans les fermes participantes au projet. Cette observation confirme la justesse de la méthode du bilan alimentaire. Le bilan alimentaire établit la différence entre le phosphore consommé par l'alimentation et le phosphore retenu par les animaux. Il convient de déterminer quelles sont les sources de phosphore excessives par rapport aux besoins des animaux à partir des données du bilan alimentaire (métabolisme, croissance, reproduction et production) et de fixer des objectifs de réduction précis et sans risque pour la performance zootechnique et la santé des animaux. En production ovine, le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec a publié des valeurs de référence transitoire pour les rejets en azote et en phosphore. Ce document présente les données nécessaires pour évaluer les retenues en azote et en phosphore pour cette production.

1. Azote retenu

1.1. Brebis adulte (ayant agnelée au moins 1 fois)

1.1.1. Croissance

Du premier agnelage (~ 1 an) jusqu'à l'âge adulte (3 ans), la brebis complètera sa croissance. Ainsi, si l'on estime que le poids moyen d'une brebis adulte est de 70 kg et que son poids à son premier agnelage était de 56 kg (80 % du poids vif à l'âge adulte), la brebis fera un gain de poids total de 14 kg sur une période de 2 ans.

Le gain moyen quotidien (GMQ) durant cette période est donc 0,0192 kg/j/brebis de moins de 3 ans. Les données techniques du modèle de l'agneau de l'assurance-stabilisation (Financière agricole du Québec, 2003) évaluent que le taux de remplacement annuel d'un troupeau ovin est de 18 %. Ainsi, un troupeau ovin est constitué d'environ 36 % de sujets de moins de 3 ans (2 années de vie * 18 %/année). Ainsi, chacune des brebis d'un troupeau ovin a un gain moyen de poids vif de 0,0069 kg/j ou 2,52 kg/an ($0,0192 \text{ kg/j} * 36 \% \text{ ou, } 0,0192 \text{ kg/j} * 365 \text{ j/an} * 36 \%$).

Le National Research Council (1985a) évalue la protéine retenue pour chaque kg de gain d'une brebis à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} = (0,8164_e^{0,8164\ln PVV}) / (PVV_e^{1,3032})$$

Où

$$\begin{aligned} \text{GPVV} &= \text{Gain poids vif vide} = \text{Gain poids vif} * 0,9174 \text{ (NRC, 1985b)} \\ \text{PVV} &= \text{Poids vif vide} = \text{Poids vif} * 0,8475 \text{ (NRC, 1985b)} \end{aligned}$$

En appliquant cette équation aux antenaises ainsi qu'aux brebis de deuxième gestation dont le poids vif moyen est de 63 kg ((56 + 70)/2), on obtient les retenus en protéines et en azote (1 kg de protéine contient 0,160 kg N).

$$\begin{aligned}
 \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8164_e^{0,8164\ln\text{PVV}})/(\text{PVV}_e^{1,3032}) \\
 &= (0,8164_e^{0,8164\ln(63*0,8475)})/((63*0,8475)_e^{1,3032}) \\
 &= 0,107 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\
 &= 0,098 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\
 &= 0,01568 \text{ kg N/kg gain poids vif}
 \end{aligned}$$

Ainsi, pour chacune des brebis d'un troupeau,

$$\begin{aligned}
 &= 2,52 \text{ kg gain poids vif/an/brebis} * 0,01568 \text{ kg N/kg gain poids vif} \\
 &= 0,03951 \text{ kg N/brebis/an}
 \end{aligned}$$

1.1.2. Gestation

Le National Research Council (1985b) évalue la retenue en protéine pour un agneau à 779,0 g de protéine (15 premières semaines de gestation * 2,95 g/j + 4 dernières semaines * 16,75 g/j). Selon les critères technico-économiques du modèle de l'assurance-stabilisation (Financière agricole du Québec, 2003), le nombre d'agneaux réchappés/brebis/an est de 1,48. Afin d'obtenir le nombre d'agneaux nés, on utilise 15,4 % de mortalité (FPAMQ, 2002), on obtient alors 1,75 agneaux nés/brebis/an.

Ainsi la protéine et l'azote retenus par la brebis pour sa gestation sont de 1 363 et 218 g/an respectivement.

1.1.3. Laine

Le NRC (1985b) évalue la protéine retenue dans la laine à 2,482 kg/an (6,8 g/j de protéine *365 j/an) ou 0,397 kg N/an (2,482 kg/an / 6,25 g protéine/g N) en se basant sur une production annuelle de 4,0 kg de laine. Selon les caractéristiques techniques du coût de production (Financière agricole du Québec, 2003), la quantité de laine vendue est de 3,6 kg/brebis adulte et agnelle gestante par année. Ainsi, la protéine retenue dans la laine est de 2,2234 kg/an ou 0,357 kg N/an.

1.2. Bélier adulte (de plus de 1 an)

De l'âge d'un an jusqu'à l'âge adulte (3 ans), le bélier complètera sa croissance. En estimant que le poids à l'âge adulte d'un bélier est de 91 kg (130 % du poids adulte de la brebis) et que son poids à l'âge d'un an était de 73 kg (80 % du poids à l'âge adulte), le bélier fera un gain de poids total de 18 kg sur une période de 2 ans. Ce gain moyen quotidien durant cette période est de 0,0247 kg/j/bélier de moins de 3 ans. Selon les critères technico-économiques du modèle de l'assurance-stabilisation (Financière agricole du Québec, 2003), le taux de remplacement annuel des bélriers est de 25 %. Ainsi, 50 % des bélriers ont moins de 3 ans. Ainsi, chacun des bélriers d'un troupeau ovin a un gain moyen de poids vif de 0,0123 kg/j/ ou 4,5 kg/an. Pour les bélriers, l'équation de prédiction des retenues en protéines (NRC, 1985a) est différente et les retenues en azote du bélier sont plus importantes que chez la femelle.

Kg protéine/kg gain poids vif

$$\begin{aligned} &= (0,8995 e^{0,8995 \ln(82 * 0,8475)}) / ((82 * 0,8475) e^{1,4854}) \\ &= 0,133 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\ &= 0,122 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\ &= 0,01952 \text{ kg N/kg de gain poids vif} \end{aligned}$$

Avec un gain annuel de poids vif de 4,5 kg, il y a 0,0878 kg N retenu /an.

À ce gain, il faut ajouter l'azote retenu dans la laine brute soit 0,357 kg N/an.

1.3. Agnelle de remplacement

1.3.1. Gestante :

$$\begin{aligned} \text{Poids moyen vif} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (46 \text{ kg} + 56 \text{ kg})/2 \\ &= 51 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8164 e^{0,8164 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,3032} \\ &= (0,8164 e^{0,8164 \ln(51 * 0,8475)}) / ((51 * 0,8475) e^{1,3032}) \\ &= 0,117 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\ &= 0,108 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\ &= 0,01728 \text{ kg N/ kg gain poids vif} \end{aligned}$$

À ce gain de croissance, il faut ajouter, tout comme chez la brebis adulte, l'azote de la gestation (218 g/agnelle ayant mis bas dans le troupeau) et celui de la laine (0,357 kg/ agnelle ayant mis bas dans le troupeau)

1.3.2. Non gestante :

$$\begin{aligned} \text{Poids moyen vif} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (22,4 \text{ kg} + 46 \text{ kg})/2 \\ &= 34,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8164 e^{0,8164 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,3032} \\ &= (0,8164 e^{0,8164 \ln(34,2 * 0,8475)}) / ((34,2 * 0,8475) e^{1,3032}) \\ &= 0,119 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\ &= 0,110 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\ &= 0,01754 \text{ kg N/ kg gain poids vif} \end{aligned}$$

1.4. Agneau

Pour les agneaux en croissance, le NRC (1985b) donnent des valeurs légèrement différentes des autres catégories pour le gain poids vif vide et poids vif vide.

$$GPVV = \text{Gain poids vif vide} = \text{Gain poids vif} * 0,9174$$

$$PVV = \text{Poids vif vide} = \text{Poids vif} * 0,8368$$

Selon les données disponibles du programme GenOvis (CEPOQ, 2003), le poids moyen à la naissance des agneaux est de 4,1 kg.

1.4.1. Agneau de lait (50 % mâles, 50 % femelles, 4,1 kg – 22,4 kg)

$$\begin{aligned}\text{Poids moyen vif} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (4,1 \text{ kg} + 22,4 \text{ kg})/2 \\ &= 13,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

Mâle

$$\begin{aligned}\text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8995 e^{0,8995 \ln PVV}) / PVV e^{1,4854} \\ &= (0,8995 e^{0,8995 \ln(13,3 * 0,8368)}) / ((13,3 * 0,8368) e^{1,4854}) \\ &= 0,160 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\ &= 0,147 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\ &= 0,0235 \text{ kg N/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Femelle

$$\begin{aligned}\text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8164 e^{0,8164 \ln PVV}) / PVV e^{1,3032} \\ &= (0,8164 e^{0,8164 \ln(13,3 * 0,8368)}) / ((13,3 * 0,8368) e^{1,3032}) \\ &= 0,143 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\ &= 0,131 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\ &= 0,0210 \text{ kg N/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Pour une moyenne de 0,0223 kg N/kg gain poids vif avec une population constitué de 50 % mâles et 50 % femelles. ((0,0235 + 0,0210)/2)

1.4.2. Agneau léger (50 % mâles, 50 % femelles, 22,4 – 30,3 kg)

$$\begin{aligned}\text{Poids moyen vif} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (22,4 \text{ kg} + 30,3 \text{ kg})/2 \\ &= 26,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

Mâle

$$\begin{aligned}
 \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8995 e^{0,8995 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,4854} \\
 &= (0,8995 e^{0,8995 \ln(26,4 * 0,8368)}) / ((26,4 * 0,8368) e^{1,4854}) \\
 &= 0,149 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\
 &= 0,137 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\
 &= 0,0219 \text{ kg N/ kg gain poids vif}
 \end{aligned}$$

Femelle

$$\begin{aligned}
 \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8164 e^{0,8164 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,3032} \\
 &= (0,8164 e^{0,8164 \ln(26,4 * 0,8368)}) / ((26,4 * 0,8368) e^{1,3032}) \\
 &= 0,133 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\
 &= 0,122 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\
 &= 0,0195 \text{ kg N/ kg gain poids vif}
 \end{aligned}$$

Pour une moyenne de 0,0207 kg N/ kg gain poids vif avec une population constitué de 50 % mâles et 50 % femelles. ((0,0219 + 0,0195)/2)

1.4.3. Agneau lourd (50 % mâles, 50 % femelles, 30,3 – 46,8 kg)

$$\begin{aligned}
 \text{Poids moyen vif} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\
 &= (30,3 \text{ kg} + 46,8 \text{ kg})/2 \\
 &= 38,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Mâle

$$\begin{aligned}
 \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8995 e^{0,8995 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,4854} \\
 &= (0,8995 e^{0,8995 \ln(38,6 * 0,8368)}) / ((38,6 * 0,8368) e^{1,4854}) \\
 &= 0,144 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\
 &= 0,132 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\
 &= 0,0211 \text{ kg N/ kg gain poids vif}
 \end{aligned}$$

Femelle

$$\begin{aligned}
 \text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8164 e^{0,8164 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,3032} \\
 &= (0,8164 e^{0,8164 \ln(38,6 * 0,8368)}) / ((38,6 * 0,8368) e^{1,3032}) \\
 &= 0,117 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\
 &= 0,107 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\
 &= 0,0172 \text{ kg N/ kg gain poids vif}
 \end{aligned}$$

Pour une moyenne de 0,0192 kg N/ kg gain poids vif avec une population constitué de 50 % mâles et 50 % femelles. ((0,0211 + 0,0172)/2)

1.5. Bélier de remplacement

$$\begin{aligned}\text{Poids vif moyen} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (46,8 + 72,8)/2 \\ &= 59,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kg protéine/kg gain poids vif vide (GPVV)} &= (0,8995 e^{0,8995 \ln \text{PVV}}) / \text{PVV} e^{1,4854} \\ &= (0,8995 e^{0,8995 \ln(59,8 * 0,8368)}) / ((59,8 * 0,8368) e^{1,4854}) \\ &= 0,137 \text{ kg protéine/kg gain poids vif vide} \\ &= 0,126 \text{ kg protéine/kg gain poids vif} \\ &= 0,0202 \text{ kg N/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

2. Phosphore retenu

2.1. Brebis adulte (ayant agnelé au moins 1 fois)

2.1.1. Croissance

$$\begin{aligned} &= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} (\text{AFRC, 1991}) \\ &= 1,2 + 3,188 * 70^{0,28} * ((56+70)/2)^{-0,28} \\ &= 4,48 \text{ g P/kg gain poids vif} \end{aligned}$$

Où le poids moyen à l'âge adulte est de 70 kg pour la brebis. Ainsi, pour chacune des brebis d'un troupeau :

$$\begin{aligned} &= 2,52 \text{ kg gain poids vif/an/brebis} * 4,48 \text{ g P/kg gain poids vif} \\ &= 0,01128 \text{ kg P/brebis/an} \end{aligned}$$

2.1.2. Gestation (1,75 agneaux nés/an de 4,1 kg de poids vif/agneau)

Agneau : 6,6 g P/kg d'agneau à la naissance (AFRC, 1991) * 1,75 agneaux/brebis/an * 4,1 kg/agneau = 47 g P/brebis/an

2.1.3. Laine

Selon l'Institut de l'élevage (1999), le contenu de la laine brute en phosphore est de 0,11 kg P/1000 kg de laine brute. Si l'on considère que les brebis produisent en moyenne 3,6 kg de laine par année, alors la retenue dans la laine sera de 0,0004 kg P/brebis/an.

2.2. Bélier adulte (de plus de 1 an)

Croissance

$$\begin{aligned} &= 1,2 + 3,188 \text{ poids adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 91^{0,28} * (73+91)/2^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,282 \\ &= 4,48 \text{ g P/kg gain poids vif ou } 0,02016 \text{ kg P/an} \end{aligned}$$

Si l'on considère que les béliers produisent en moyenne 3,6 kg de laine brute par année, alors la retenue dans la laine sera de 0,0004 kg P/bélier/an.

2.3. Agnelle de remplacement

2.3.1. Gestante :

$$\begin{aligned}\text{Poids vif moyen} &= (\text{poids au début} + \text{poids moyen fin})/2 \\ &= (46 \text{ kg} + 56 \text{ kg})/2 \\ &= 51 \text{ kg} \\ \\ &= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 70^{0,28} * (51 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 4,68 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

À ce gain de croissance, il faut ajouter, tout comme chez la brebis adulte, le phosphore de la gestation (52 g/agnelle ayant mis bas dans le troupeau) et celui de la laine (0,0004 kg/ agnelle ayant mis bas dans le troupeau)

2.3.2. Non gestante :

$$\begin{aligned}\text{Poids vif moyen} &= (\text{poids au début} + \text{poids moyen fin})/2 \\ &= (22,4 \text{ kg} + 46 \text{ kg})/2 \\ &= 34,2 \text{ kg} \\ \\ &= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 70^{0,28} * (34,2 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 5,10 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

2.4. Agneau

2.4.1. Agneau de lait (50% mâles, 50 % femelles, 4,1 kg – 22,4 kg)

$$\begin{aligned}\text{Poids vif moyen} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (4,1 \text{ kg} + 22,4 \text{ kg})/2 \\ &= 13,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

Mâle :

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 91^{0,28} * (13,3 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 6,66 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Femelle :

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 70^{0,28} * (13,3 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 6,27 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Si l'on considère que les agneaux de lait sont constitué de 50 % mâles et de 50 % femelles, la moyen de retenu P / kg de gain est de 6,47 g ((6,66 + 6,27)/2).

2.4.2. Agneau léger (50% mâles, 50 % femelles, 22,4 – 30,3 kg)

$$\begin{aligned}\text{Poids vif moyen} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (22,4 \text{ kg} + 30,3 \text{ kg})/2 \\ &= 26,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

Mâle :

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 91^{0,28} * (26,4 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 5,71 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Femelle :

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 70^{0,28} * (26,4 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 5,39 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

En absence de données sur le sexe des agneaux vendus dans la catégorie léger, on considère qu'ils sont constitués de 50 % mâles et de 50 % femelles. Ainsi, la moyenne de retenue P / kg de gain est de 5,55 g ((5,71 + 5,39)/2).

2.4.3. Agneau lourd (50% mâles, 50 % femelles 30,3 – 46,8 kg)

$$\begin{aligned}\text{Poids vif moyen} &= (\text{poids au début} + \text{poids à la fin})/2 \\ &= (30,3 \text{ kg} + 46,8 \text{ kg})/2 \\ &= 38,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Mâle :

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 91^{0,28} * (38,6 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 5,25 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Femelle :

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ Poids Adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 70^{0,28} * (38,6 \text{ kg})^{-0,28} \\ &= 4,97 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

En absence de données sur le sexe des agneaux vendus dans la catégorie léger, on considère qu'ils sont constitués de 50 % mâles et de 50 % femelles. Ainsi, la moyenne de retenue P / kg de gain est de 5,11 g ((5,25 + 4,97)/2).

2.4.4. Bélier de remplacement

$$\begin{aligned}&= 1,2 + 3,188 \text{ poids adulte}^{0,28} * \text{Poids vif}^{-0,28} \\ &= 1,2 + 3,188 * 91^{0,28} * 59,8^{-0,28} \\ &= 4,79 \text{ g P/kg gain poids vif}\end{aligned}$$

Remerciements :

Je tiens à remercier M. Dany Cinq-Mars, agr. Ph.D., Secteur nutrition et alimentation, Direction de l'innovation scientifique et technologique, Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec pour la révision de ce document.

Références :

AFRC (1991) Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 6. Reappraisal of the Calcium and Phosphorus Requirements of Sheep and Cattle, Nutrition Abstracts and Reviews (Series B) p. 573-612

BACHAND, C, (2003), Rapport sur les bancs d'essai en agroenvironnement, Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, 19 p.

CEPOQ (2003) Fichier sur le poids à la naissance des agneaux évalués dans le cadre du programme GenOvis

FPAMQ (2002) Analyse de groupe provinciale – Production ovine 2001, 34 p.

Financière agricole du Québec (2003), Coût de production, revenu stabilisé et caractéristiques techniques, Agneaux Janvier à décembre 2002, 4 p.,
http://www.financiereagricole.qc.ca/fr/stat/asra/cout/agne_2002.pdf

Institut de l'élevage (1999), Bilan minéraux N-P2O5-K2O à l'échelle de l'exploitation, Méthodes et références, p 17-33
[http://siga.inst-elevage.asso.fr/Bases/ClubsMetiers/ClubElevEnviro.nsf/681226ec04fba65bc12568e80082f071/7c27e47c7b618ca680256bdc005257dd/\\$FILE/_49lkm6sjfednmct10atnn4p105kg44qbcc5n20rb9dq174oblf0_.pdf](http://siga.inst-elevage.asso.fr/Bases/ClubsMetiers/ClubElevEnviro.nsf/681226ec04fba65bc12568e80082f071/7c27e47c7b618ca680256bdc005257dd/$FILE/_49lkm6sjfednmct10atnn4p105kg44qbcc5n20rb9dq174oblf0_.pdf)

NRC (1985a), Ruminant nitrogen usage, National Academy Press, p.57-64

NRC (1985b), Nutrients requirements of sheep, Sixth Revised Edition, 99 p.