



**HAL**  
open science

## Challenges nutritionnels : l'adaptation peut-elle passer par la programmation foetale ?

Cécile Ginane, Mickaël Bernard, Véronique Deiss, Pierre Noziere, Diego Morgavi, Marie-Madeleine Mialon, Gonzalo Cantalapiedra-Hijar, Muriel Bonnet

### ► To cite this version:

Cécile Ginane, Mickaël Bernard, Véronique Deiss, Pierre Noziere, Diego Morgavi, et al.. Challenges nutritionnels : l'adaptation peut-elle passer par la programmation foetale?. 22. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Dec 2015, Paris, France. hal-02741677

**HAL Id: hal-02741677**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02741677v1>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Challenges nutritionnels : l'adaptation peut-elle passer par la programmation foetale ?

GINANE C. (1), BERNARD M. (2), DEISS V. (1), NOZIERE P. (1), MORGAVI D. (1), MIALON M.-M. (1), CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (1), BONNET M. (1)

(1) INRA - UMR1213 Herbivores, Clermont Université, VetAgro Sup, 63122 St-Genès-Champanelle, France

(2) INRA - UE1354 Ruminants de Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

**RESUME** – Les perturbations de l'environnement prénatal peuvent impacter durablement les réponses adaptatives de l'animal à des challenges ultérieurs. Chez la brebis en fin de gestation, nous avons testé les effets d'une restriction alimentaire de 6 semaines (alimentation avec un foin âgé (lot Restreint) vs. un regain (lot Témoin) - sans complémentation) sur ses performances, celles de ses agneaux, ainsi que sur la réponse de ces derniers à un challenge nutritionnel de même nature appliqué après le sevrage. Les brebis restreintes ont mené à terme leur gestation et lactation avec un même état corporel au tarissement que les témoins. Les agneaux ont eu des croissances similaires globalement, y compris pendant le challenge même si les témoins ont été les plus affectés par la variation des apports nutritionnels sur la période englobant le sevrage et le challenge. Les taux de créatinine urinaire suggèrent une masse maigre corporelle plus faible chez les agneaux restreints. La restriction alimentaire n'a donc pas été délétère à court-terme sur les performances des brebis et des agneaux. Certains éléments suggèrent néanmoins des adaptations métaboliques différentes chez les agneaux des lots Témoin et Restreint.

## Nutritional challenges: may adaptation be improved by foetal programming?

GINANE C. (1), BERNARD M. (2), DEISS V. (1), NOZIERE P. (1), MORGAVI D. (1), MIALON M.-M. (1), CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (1), BONNET M. (1)

(1) INRA - UMR1213 Herbivores, Clermont Université, VetAgro Sup, 63122 St-Genès-Champanelle, France

**SUMMARY** – Disturbances of the prenatal environment may have long-lasting impacts on the adaptive responses of the animal to future challenges. In ewes in late pregnancy, we tested the effects of a six-week long nutritional restriction (with a coarse hay (Restricted group) vs. regrowth hay (Control group) - without supplementation) on their performances, those of their lambs and on the latter's response to a similar nutritional challenge applied after weaning. Restricted ewes completed their gestation and lactation with similar body condition as controls at weaning of their lambs. The lambs of both groups had similar growth rates globally, including during the challenge, even though control lambs were the most affected by nutrient provision variability during the larger period running from weaning to challenge. The difference in lamb rates of urinary creatinine during challenge suggests a lower lean body mass in the restricted group. In conclusion, the nutritional restriction did not impair on the short-term the ewes and lambs' performance. However some elements suggest different metabolic adaptations between Restricted and Control lambs.

## INTRODUCTION

Les systèmes d'élevage de ruminants sont confrontés à un ensemble de contraintes économiques, climatiques, environnementales et sociétales. L'objectif d'une production "maximale" évolue à présent vers la notion de production "optimale" intégrant les compromis liés à ces contraintes. Notamment pour les élevages d'herbivores, il y a de nombreux intérêts à réduire la dépendance vis-à-vis des céréales et des aliments concentrés, et à maximiser l'utilisation des ressources herbagères qui sont directement valorisables par ces animaux sans être en compétition avec l'alimentation humaine ou la production de biocarburants. Cependant, ces ressources sont soumises à une forte variation de qualité et de disponibilité induisant une importante variabilité des apports en nutriments entre saisons et entre années, accentuée lors des épisodes climatiques tels que les sécheresses estivales. Dans ce contexte, la capacité des animaux à s'adapter à cette variabilité des apports nutritionnels, c'est-à-dire à maintenir leur niveau de production y compris lors de périodes à forts besoins, apparaît être un élément clé de la durabilité des systèmes de production (Darnhofer et al. 2010). Or, du fait d'une sélection jusqu'à présent orientée vers le gain de productivité, les capacités d'adaptation des races d'herbivores utilisées en élevage vis-à-vis de contraintes nutritionnelles n'ont pas été favorisées. Caractériser les capacités

d'adaptation des herbivores est donc indispensable pour élaborer des stratégies à la fois de conduite de l'alimentation et de sélection génétique.

Le concept de "programmation foetale" considère que l'occurrence de perturbations à certaines périodes critiques de développement d'un individu peut avoir des impacts à long-terme sur ses capacités adaptatives et sa productivité. Il fait l'objet d'un nombre croissant d'études actuellement (Symonds et al. 2010; Greenwood et al. 2010; Kenyon et Blair 2014) car les adaptations, notamment métaboliques, restent encore mal connues (Bonnet et al. 2010 ; Ginane et al. 2015). Dans cette étude, nos objectifs ont été d'étudier les effets d'une diminution des apports en nutriments via l'alimentation de brebis gestantes avec un fourrage de qualité médiocre sans apport de concentré (1) sur la capacité de ces brebis à mener à bien leur gestation et leur lactation avec les effets associés sur la croissance de leurs agneaux, et (2) sur la capacité des agneaux à faire face à un challenge nutritionnel de même type plus tard dans leur vie. Nous testons l'hypothèse que les restrictions nutritionnelles expérimentées *in utero* permettront aux animaux de s'adapter à une restriction nutritionnelle post-natale (Hales et al., 2001).

Ce texte présente une synthèse des réponses analysées chez les brebis et leurs agneaux aux niveaux zootechnique, physiologique, métabolique et comportemental.

# 1. MATERIEL ET METHODES

## 1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

En amont de l'expérimentation, 30 brebis multipares Romane (de 2 à 5 ans) ont été identifiées, par échographie, gestantes de portées doubles. Dix semaines (S-10) avant la mise bas, elles ont été réparties en deux groupes nutritionnels sur la base du poids vif, de la note d'état corporel (NEC) et de l'âge: le lot 'Témoin' (T, n=15) et le lot 'Restrreint' (R, n=15), chaque groupe étant ensuite subdivisé en 3 lots de 5 individus.

Les brebis ont été alimentées *ad libitum* avec deux fourrages de qualités différentes durant 6 semaines (S-10 à S-4 inclus). Le lot T a reçu un regain de très bonne qualité (UFL=0,85, PDIE=96 g, PDIN=101 g/kg MS, dMO=0,63) couvrant la totalité des besoins d'entretien et de gestation des brebis. Le lot R a reçu un foin de 1er cycle végétatif âgé (UFL=0,58, PDIE=61 g, PDIN=42 g/kg MS, dMO=0,40) devant induire une restriction alimentaire. Après cette phase, *i.e.* de trois semaines avant l'agnelage jusqu'au sevrage des agneaux (S11), toutes les brebis ont été alimentées avec le regain. Une quantité limitée d'orge (maximum 240 g) et de soja (60 g) a été distribuée durant la fin de lactation (de S5 à S9). À l'agnelage (S0), le nombre de brebis dans chaque groupe a été réduit à 10 (R) et 9 (T), en raison de problèmes de diagnostic de gestation ou de mortalité des agneaux (similaire entre lots).

Dès le deuxième mois après la naissance, les agneaux avaient à disposition, en complément du lait maternel, le regain *ad libitum* et du concentré couvrant 40 % des besoins énergétiques d'entretien (INRA, 2007). Au sevrage (S11), seuls les agneaux mâles issus des 10 brebis R et 9 brebis T ont été conservés pour le reste de l'expérimentation, jusqu'à l'abattage. Au cours de leur 4<sup>ème</sup> mois, les agneaux ont été soumis à un challenge nutritionnel de trois semaines (S14 à S16) pendant lequel le regain a été remplacé par le foin de mauvaise qualité. En S16, les agneaux ont été logés individuellement dans des cages de digestibilité afin de mesurer la digestibilité du foin et de calculer un bilan azoté pour les deux lots. Les agneaux ont été abattus à un poids constant de 40 kg de poids vif en S22 et S23.

## 1.2. MESURES ET PRELEVEMENTS

Tout au long de l'expérimentation, nous avons relevé quotidiennement les quantités ingérées de chaque lot, chez les brebis et les agneaux. Parallèlement, des prélèvements ont été réalisés deux fois par semaine sur l'ensemble des aliments (offerts et refus) afin d'analyser leur teneur en matière sèche, matière organique, parois végétales (NDF, ADF), matières azotées totales et digestibilité (cellulase), pour déterminer la valeur de l'ingéré.

Chaque semaine, tous les animaux ont été pesés et la note d'état corporel a été estimée chez les brebis. Des enregistrements vidéos ont permis de réaliser des bilans d'activité des brebis pendant la gestation, en S-9, S-4 et S-1. Toutes les 3-4 semaines, des prélèvements sanguins ont été effectués sur l'ensemble des animaux pour déterminer les

teneurs plasmatiques en glucose, acides gras non estérifiés (AGNE), bêta-hydroxybutyrate (β-OH), urée et acides aminés. Ces teneurs ont été mesurées par spectrophotométrie avec un analyseur automatique (Arène 20XT, Thermo Scientific, Finlande). La concentration plasmatique en acides aminés a été déterminée par analyse spectrophotométrique du groupe α-aminé (Satake *et al.* 1960).

Durant la dernière semaine du challenge alimentaire des agneaux (S16), l'excrétion fécale et urinaire ainsi que l'ingestion de chaque aliment ont été mesurées quotidiennement et des échantillons de fèces, d'urine, des aliments offerts et des refus, ont été prélevés de façon à déterminer la digestibilité de la ration et un bilan azoté complet.

## 1.3. ANALYSES DE DONNEES

L'ensemble des données présentées ont été analysées avec un modèle mixte (Proc MIXED, SAS) pour tester l'effet du traitement (effet fixe, le plus souvent par semaine), et/ou la semaine (effet fixe, facteur répété) et leur interaction. L'individu était systématiquement considéré comme facteur aléatoire.

# 2. RESULTATS

## 2.1. GESTATION ET LACTATION DES BREBIS

La durée de gestation a été similaire chez les brebis T et R (145,6 ± 1,4 j; p=0,24). Le poids vif et l'état corporel des brebis, initialement similaires entre lots, ont rapidement divergé pendant la période d'application des traitements ("Restriction", Figure 1), avec pour le poids vif une stagnation des brebis R et une nette augmentation des brebis T, et pour l'état corporel plutôt une stagnation des brebis T et une nette diminution des brebis R. On peut également noter qu'après l'agnelage, les différences entre lots se sont progressivement réduites jusqu'à devenir non significatives, que ce soit pour le poids vif (en S6) ou l'état corporel (en S7), la note de ce dernier étant cependant basse au sevrage des agneaux (1,6 points en moyenne). Malgré la diminution de la note d'état corporel des brebis R comparativement aux T, les poids de portée à la naissance étaient proches (7,6 vs. 8,5 kg; p=0,09). Ceci peut être lié d'une part à la forte augmentation de leur ingestion de foin au cours de la période de restriction, atteignant 160% de la capacité d'ingestion théorique (INRA, 2007; Figure 2); et d'autre part à un tri important (teneur en MAT des refus plus faible de 33% que celle de l'offert) qui s'est accompagné d'une légère augmentation du temps d'ingestion (23,4 vs. 19,4% du temps total en S-4; p=0,06). Les quantités ingérées au cours des semaines de restriction sont restées stables. Les brebis R ont consommé en moyenne 1,15 kg MS/j en S-9 et S-8, 1,3 kg en S-7 et S-6 et 1,4 kg en S-5 et S-4. À la même période, les brebis T ont eu une ingestion moyenne de 2,2 kg MS de regain.

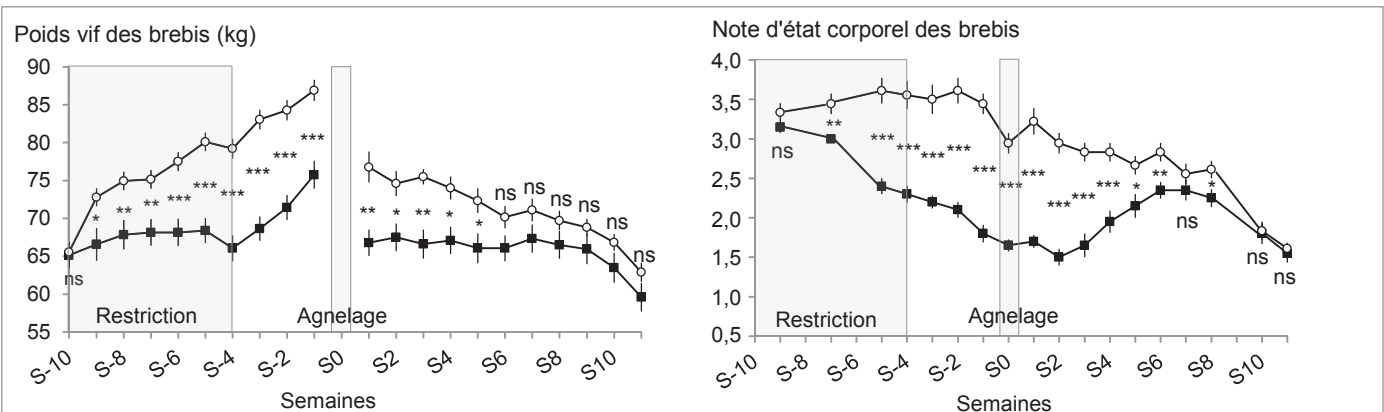
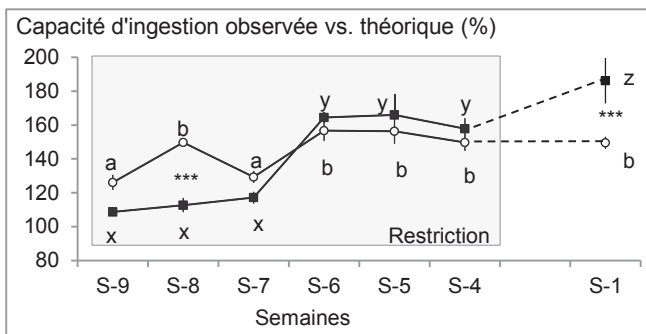


Figure 1 : Évolution du poids vif et de la note d'état corporel des brebis des lots Témoin (O) et Restrreint (■) au cours des semaines expérimentales avant (S-) et après (S) agnelage. (ns, p>0,05; \*, p<0,05; \*\*, p<0,01; \*\*\*, p<0,001).

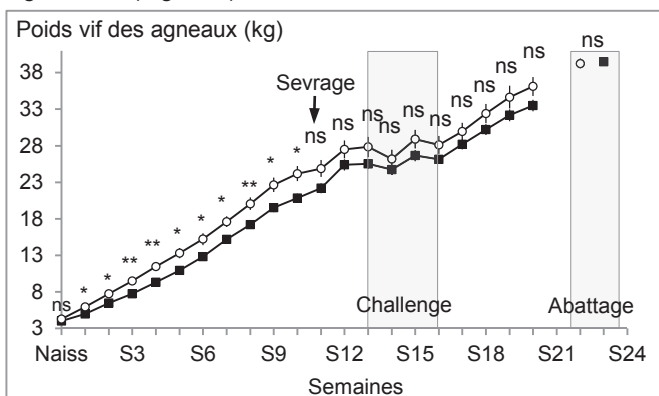


**Figure 2** : Évolution pré-partum de la capacité d'ingestion des brebis des lots Témoin (O) et Restreint (■), exprimée en % de la capacité d'ingestion théorique. Au sein de chaque lot, des lettres différentes indiquent une différence entre dates significative au seuil de  $\alpha = 0,05$ . Entre lots : \*\*\*,  $p < 0,001$ .

Du point de vue métabolique, on observe une augmentation des concentrations plasmatiques d'AGNE et du  $\beta$ -OH pour les brebis R pendant la période de restriction. Inversement, les concentrations en glucose, urée et acides aminés étaient inférieures chez ces brebis R (Tableau 1). Ces résultats sont en accord avec la restriction désirée des apports énergétiques et protéiques induite par le régime foin.

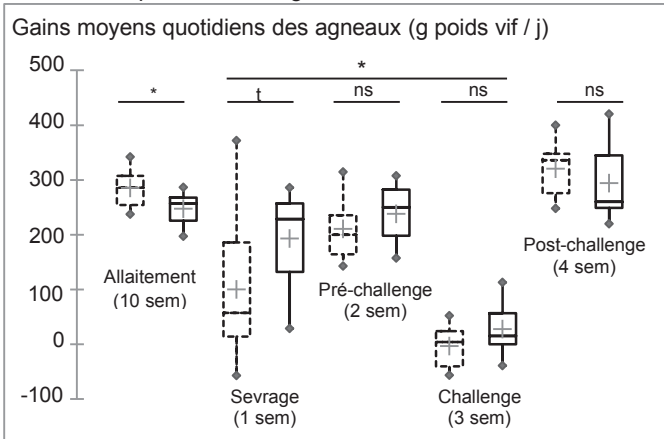
## 2.2. CROISSANCE DES AGNEAUX

À la naissance, les agneaux mâles T et R avaient des poids similaires (4,3 vs. 4,0 kg;  $p = 0,29$ ). En revanche, dès la S1 et jusqu'au sevrage, les agneaux T étaient plus lourds que les agneaux R (Figure 3).



**Figure 3** : Évolution du poids vif des agneaux des lots Témoin (O) et Restreint (■). (ns,  $p > 0,05$ ; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ).

Globalement, les gains moyens quotidiens (GMQ) des agneaux de la naissance à l'abattage étaient similaires entre lots (T : 230 vs. R : 223 g/j;  $p = 0,45$ ), de même que le nombre de jours requis pour atteindre le poids cible de 40 kg (T : 153 vs. R : 160 j;  $p = 0,24$ ). Cependant, si l'on s'intéresse aux GMQ à certaines périodes, des différences apparaissent. Ainsi, durant l'allaitement les agneaux T avaient des GMQ supérieurs à ceux des agneaux R, alors que la tendance est inverse au sevrage (Figure 4). Globalement, sur la période s'étendant du sevrage au challenge, les agneaux R ont montré des GMQ supérieurs aux agneaux T.



**Figure 4** : Gain moyen quotidien des agneaux des lots Témoin (trait pointillé) et Restreint (trait plein) au cours des périodes expérimentales. (ns,  $p > 0,05$ ; t,  $p < 0,1$ ; \*,  $p < 0,05$ ).

Au niveau métabolique, il n'y a pas eu de différences entre agneaux des deux lots, quel que soit le métabolite considéré (Tableau 1).

## 2.3. ADAPTATION DES AGNEAUX AU CHALLENGE ALIMENTAIRE

Lors du challenge, les agneaux T et R ont consommé les mêmes quantités de foin (T : 0,495 vs. R : 0,489 kg MS;  $p = 0,88$ ), tout comme ils ont consommé des quantités similaires du regain avant (S12-S13; 0,75 kg MS en moyenne) et après le challenge (S17 à S20; de 0,64 à 0,88 kg MS). Pendant le challenge, les GMQ ont été très faibles et statistiquement similaires entre lots (T : -3,3 vs. R : 27,8 g/j).

L'analyse du bilan azoté n'indique pas de différence entre lots quant à l'utilisation de l'azote ou la digestibilité du foin (Tableau 2). La seule différence significative concerne la concentration de créatinine urinaire nettement plus faible chez les agneaux R ( $p < 0,001$ ).

**Tableau 1** : Évolution des concentrations de métabolites sanguins chez les brebis des lots Témoin et Restreint et leurs agneaux au cours des semaines expérimentales ("S-" : avant agnelage; "S" : après agnelage).

BREBIS	Métabolites sanguins									
	Glucose (g/l)		N- $\alpha$ -aminés (mmol/l)		Urée (g/l)		AGNE (mmol/l)		$\beta$ -OH (mmol/l)	
Traitement	Témoin	Restreint	Témoin	Restreint	Témoin	Restreint	Témoin	Restreint	Témoin	Restreint
Semaine										
S-9	0,394 <sup>a</sup>	0,477 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>	0,473 <sup>a</sup>	0,479 <sup>a</sup>	0,762 <sup>a</sup>	0,805 <sup>a</sup>	0,369 <sup>a</sup>	0,427 <sup>a</sup>
S-5	0,475 <sup>a</sup>	0,323 <sup>b</sup>	2,90 <sup>a</sup>	2,40 <sup>b</sup>	0,478 <sup>a</sup>	0,204 <sup>b</sup>	0,123 <sup>a</sup>	0,498 <sup>b</sup>	0,311 <sup>a</sup>	0,338 <sup>a</sup>
S-3	0,463 <sup>a</sup>	0,375 <sup>b</sup>	2,94 <sup>a</sup>	1,95 <sup>b</sup>	0,437 <sup>a</sup>	0,150 <sup>b</sup>	0,205 <sup>a</sup>	0,708 <sup>b</sup>	0,368 <sup>a</sup>	0,601 <sup>b</sup>
S0 (agnelage)	0,501 <sup>a</sup>	0,540 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>	0,399 <sup>a</sup>	0,424 <sup>a</sup>	0,275 <sup>a</sup>	0,166 <sup>b</sup>	0,400 <sup>a</sup>	0,427 <sup>a</sup>
S2	0,629 <sup>a</sup>	0,608 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	2,98 <sup>a</sup>	0,463 <sup>a</sup>	0,458 <sup>a</sup>	0,852 <sup>a</sup>	0,628 <sup>a</sup>	0,624 <sup>a</sup>	0,489 <sup>a</sup>
S5	0,591 <sup>a</sup>	0,548 <sup>a</sup>	2,60 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>	0,546 <sup>a</sup>	0,541 <sup>a</sup>	0,458 <sup>a</sup>	0,289 <sup>a</sup>	0,590 <sup>a</sup>	0,427 <sup>b</sup>
S9	0,518 <sup>a</sup>	0,533 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	0,177 <sup>a</sup>	0,184 <sup>a</sup>	0,475 <sup>a</sup>	0,184 <sup>b</sup>	0,439	0,427 <sup>a</sup>
AGNEAUX										
S5	0,736 <sup>a</sup>	0,767 <sup>a</sup>	2,86 <sup>a</sup>	2,60 <sup>a</sup>	0,321 <sup>a</sup>	0,351 <sup>a</sup>	0,135 <sup>a</sup>	0,105 <sup>a</sup>	0,176 <sup>a</sup>	0,190 <sup>a</sup>
S9	0,855 <sup>a</sup>	0,898 <sup>a</sup>	2,91 <sup>a</sup>	2,94 <sup>a</sup>	0,321 <sup>a</sup>	0,275 <sup>a</sup>	0,213 <sup>a</sup>	0,209 <sup>a</sup>	0,289 <sup>a</sup>	0,299 <sup>a</sup>
S13	0,833 <sup>a</sup>	0,806 <sup>a</sup>	2,94 <sup>a</sup>	2,65 <sup>b</sup>	0,309 <sup>a</sup>	0,297 <sup>a</sup>	0,076 <sup>a</sup>	0,094 <sup>a</sup>	0,435 <sup>a</sup>	0,414 <sup>a</sup>
S16	0,739 <sup>a</sup>	0,719 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	2,84 <sup>a</sup>	0,269 <sup>a</sup>	0,254 <sup>a</sup>	0,374 <sup>a</sup>	0,292 <sup>a</sup>	0,474 <sup>a</sup>	0,454 <sup>a</sup>
S22	0,674 <sup>a</sup>	0,737 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	0,311 <sup>a</sup>	0,313 <sup>a</sup>	0,189 <sup>a</sup>	0,138 <sup>a</sup>	0,297 <sup>a</sup>	0,320 <sup>a</sup>

Pour chaque métabolite et chaque semaine, des lettres différentes indiquent une différence entre traitements significative au seuil de  $\alpha = 0,05$ .



**Tableau 2** : Bilan azoté des agneaux des lots Témoin et Restreint, lors de la période de challenge alimentaire.

Paramètres	Témoin	Restreint
Digestibilité MS	0,363 <sup>a</sup>	0,325 <sup>a</sup>
N ingéré (g/j)	13,25 <sup>a</sup>	12,42 <sup>a</sup>
N fèces (g/j)	4,67 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>
N fèces (prop. N <sub>ing</sub> )	0,353 <sup>a</sup>	0,347 <sup>a</sup>
N urine (g/j)	4,17 <sup>a</sup>	3,83 <sup>a</sup>
N urine (prop. N <sub>ing</sub> )	0,315 <sup>a</sup>	0,311 <sup>a</sup>
N retenu (g/j)	4,41 <sup>a</sup>	4,28 <sup>a</sup>
N retenu (prop. N <sub>ing</sub> )	0,332 <sup>a</sup>	0,342 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> rumen (mmol/l)	6,12 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>
Urée sang (g/l)	0,269 <sup>a</sup>	0,254 <sup>a</sup>
N- $\alpha$ -aminé (mmol/l)	2,33 <sup>a</sup>	2,84 <sup>a</sup>
Créatinine urine (mmol/l)	6,25 <sup>a</sup>	3,31 <sup>b</sup>

Pour chaque paramètre, les lettres différentes indiquent une différence entre traitements significative au seuil de  $\alpha = 0,05$

#### 4. DISCUSSION

Dans cette étude, des brebis gestantes exclusivement alimentées avec des fourrages ont subi une restriction alimentaire pour évaluer leur capacité à mener à bien leur gestation et les conséquences sur leurs agneaux, en termes de performances et d'aptitude à gérer une restriction de même nature une fois sevrés. Nous avons choisi d'appliquer la restriction durant la deuxième moitié de gestation car c'est notamment la période de forte croissance des tissus et de mise en place des relations endocrines cerveau-tissus (Symonds 2010, Nielsen et al. 2013) susceptibles d'impacter durablement les descendants.

Contrairement aux restrictions alimentaires couramment pratiquées (Ford et al. 2007; George et al. 2012), nous avons induit une restriction nutritionnelle *via* la qualité du fourrage plutôt que *via* la quantité offerte de façon à mimer une dégradation de qualité du fourrage (telle qu'en été par exemple). Le niveau de restriction était donc moins contrôlé puisque les brebis pouvaient modifier leur ingestion. Elles ont d'ailleurs ingéré quasiment systématiquement plus que l'ingestion théorique basée sur les valeurs d'encombrement des fourrages, y compris en fin de gestation malgré la croissance des fœtus (Figure 2). Ceci s'est traduit par une couverture des besoins réalisée en excès chez les brebis T (en moyenne de S-9 à S-4, 200 % des besoins UF et 260 % des besoins PDI couverts), et à une restriction modérée des brebis R (88 % des besoins UF et 74 % des besoins PDI), avec cependant un pic de restriction de 70 % des UF et 44 % des PDI sur la dernière semaine de restriction (S-4). Cette restriction a cependant été suffisante pour induire une nette chute de l'état corporel des brebis R avec une mobilisation des réserves corporelles importante, principalement des réserves adipeuses, comme le confirme l'augmentation des concentrations plasmatiques d'AGNE, et dans une moindre mesure du  $\beta$ -OH reflétant probablement une cétogenèse hépatique amplifiée. Cependant, malgré la restriction, les brebis ont réussi à mener à bien leur gestation, avec des poids de portée et des poids d'agneaux mâles similaires entre lots. Lors de l'allaitement, la faible complémentation a permis d'obtenir de bonnes croissances des agneaux, bien que plus faibles chez les agneaux R jusqu'au sevrage, probablement en raison d'effets rémanents de la restriction sur la production laitière (Kenyon et al. 2011), les qualités (TB, TP) n'ayant pas été modifiées.

Concernant les agneaux, un premier résultat est que sur l'ensemble de l'expérimentation, il n'y a pas eu d'impact majeur des traitements sur leurs performances, les GMQ totaux, ou le nombre de jours pour atteindre un poids commercial de 40 kg. Ces résultats sont cohérents avec l'absence de différence des poids de naissance et de GMQ de la naissance à 6 mois (Nielsen et al. 2013) ou à un an (Gardner et al. 2005), relevés chez des agneaux nés de brebis restreintes (50 % des besoins) en fin de gestation. Concernant les données métaboliques des agneaux, il n'y a pas eu non plus de

différence entre lots dans les concentrations plasmatiques d'AGNE, de  $\beta$ -OH, de glucose ou d'urée, en accord avec l'étude de Gardner et al. (2005).

L'originalité de ce travail réside dans le challenge nutritionnel appliqué aux agneaux de 4 mois, afin de déterminer si l'expérience vécue *in utero* "programmerait" leur capacité à gérer à leur tour une restriction alimentaire. Nous n'avons pas observé de différence d'ingestion, de digestibilité, d'efficacité d'utilisation de l'azote ou de paramètres sanguins entre les agneaux T et R. Deux résultats méritent cependant d'être relevés car ils suggèrent des réponses différentes des agneaux T et R aux contraintes nutritionnelles. L'analyse des GMQ n'a pas montré de différence entre les agneaux T et R lors du challenge. Cependant, on observe une inversion du classement des deux lots par rapport à la période d'allaitement ou du post-challenge, avec une croissance légèrement plus élevée des agneaux R. Il est à noter que cette inversion est observée dès le sevrage, autre période associée à une diminution des apports nutritionnels, de sorte que sur la globalité des périodes contraignantes les GMQ ont été supérieurs chez les agneaux R. Ces observations mériteraient d'être investiguées sur un effectif plus important car elles indiqueraient une meilleure capacité des agneaux R à assurer une croissance lors de limitations des apports nutritionnels. Le deuxième résultat est l'excrétion urinaire de créatinine nettement plus faible chez les agneaux R lors du challenge, qui indiquerait une quantité de masse maigre corporelle moins importante chez ces agneaux, et donc une masse grasse plus importante. Ceci irait dans le sens d'une plus grande propension des agneaux R à constituer des réserves leur permettant ainsi de mieux supporter des périodes de restriction nutritionnelle.

#### CONCLUSION

Cette étude montre que les brebis sont capables de supporter une contrainte nutritionnelle lors d'une période à forts besoins sans impact à court terme sur leur état corporel ni sur les performances de leurs agneaux. Chez les agneaux, l'expérience vécue *in utero* n'a pas entraîné de nette différence d'adaptation au challenge alimentaire. Quelques éléments suggèrent néanmoins des adaptations métaboliques différentes qu'il conviendrait d'investiguer avec un effectif plus important. Il serait également intéressant d'évaluer l'impact à plus long terme d'une telle restriction et/ou de sa répétition sur les performances et le bien-être des animaux ainsi que sur la qualité de leurs produits.

*Les auteurs remercient l'UMR1213 Herbivores et l'UE1354 Ruminants de Theix pour avoir financé cette étude dans le cadre du programme "Adaptation".*

- Bonnet, M., et al. 2010.** Animal, 4, 1093-1109  
**Darnhofer, I., et al. 2010.** Agron. Sustain. Dev., 30, 545-555  
**Ford, S., et al. 2007.** J. Anim. Sci., 85, 1285-1294  
**Gardner, D. S., et al. 2005.** Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol., 289, R947-954  
**George, L.A., et al. 2012.** Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol., 302, R795-804  
**Ginane, C., et al. 2015.** Animal Prod. Sci., 55, 247-260  
**Greenwood, P.L., et al. 2010.** In GREENWOOD P.L. (Editor), Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity. Springer. 3-36.  
**Hales, N.C., Barker, D.J.P. 2001.** Br. Med. Bull., 60, 5-20  
**INRA 2007.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. QUAE (Editeur). 121-136  
**Kenyon, P.R., et al. 2011.** Small Rum. Res., 97, 21-27  
**Kenyon, P.R., Blair, H.T. 2014.** Small Rum. Res., 118, 16-30  
**Nielsen, M.O., et al. 2013.** Br. J. Nutr., 109, 2098-2110  
**Satake, K., et al. 1960.** J. Biochem., 47, 654-660  
**Symonds, M.E., et al. 2010.** Animal, 4, 1075-1083.