

# La capacité de vaches Charolaises à maintenir leur production laitière en situation d'environnement nutritionnel variable ne dépend pas de leur état corporel au vêlage

DE LA TORRE A. (1), RECOULES E. (2), BLANC F. (2), D'HOUR P. (3), EGAL D. (3), CONSTANT I. (1), AGABRIEL J. (1)

(1) INRA, UMR 1213 Herbivores, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle

(2) Clermont Université, Vetagro Sup, INRA UMR 1213, 63000 Clermont-Ferrand

(3) INRA, UE1296 Mont d'Auvergne, 63820 Laqueuille

**RESUME** - Cette étude propose une méthode indirecte pour estimer la robustesse des vaches de race Charolaise dans un environnement nutritionnel changeant. L'approche retenue consiste à analyser les variations d'allocation d'énergie entre fonctions au cours d'un cycle productif. Nous avons testé si l'énergie résiduelle ( $E_{\text{résid}}$ ), définie comme l'énergie nette ingérée diminuée de l'énergie nette utilisée pour les fonctions de production, pouvait être un indicateur des variations d'allocation d'énergie entre fonctions. Quarante vaches Charolaises différant par leur état corporel au vêlage (moyen :  $2,0 \pm 0,04$  vs élevé :  $2,8 \pm 0,08$ ) ont été conduites selon 2 trajectoires nutritionnelles : une trajectoire correspondant à un niveau d'apports nutritionnels non limitants (NL) vs une trajectoire variable (V) caractérisée par une phase de restriction énergétique post-partum suivie d'un retour à un niveau non limitant à la mise à l'herbe. La production laitière des 4 lots de vaches a été similaire sur toute la période expérimentale.  $E_{\text{résid}}$  a été diminuée de 20 % chez les vaches ayant subi la trajectoire V comparativement à celles conduites sur la trajectoire NL, et ce quel que soit l'état corporel des vaches au vêlage. En fin d'expérimentation, le poids et l'état corporel des vaches étaient similaires entre les lots. Ces résultats semblent montrer que les variations d' $E_{\text{résid}}$  reflètent la capacité des vaches à prioriser l'allocation d'énergie vers les différentes fonctions productives lorsqu'elles sont soumises à des périodes de sous-alimentation-réalimentation et pourraient être ainsi considérées comme un critère indirect de la robustesse des vaches.

## The ability of Charolaise beef cows to maintain milk production when facing variable nutritional environments does not depend on their body condition at calving

DE LA TORRE A. (1), RECOULES E. (2), BLANC F. (2), D'HOUR P. (3), EGAL D. (3), CONSTANT I. (1), AGABRIEL J. (1)

(1) INRA, UMR 1213 Herbivores, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle

**SUMMARY** - This study proposes an indirect approach to estimate the robustness of Charolais beef cows in a changing nutritional environment. The approach quantifies the modulation of energy allocation between functions over a productive cycle. The residual energy ( $E_{\text{resid}}$ ), defined as the net energy intake minus the energy secreted in milk and deposited in tissues was used. Forty Charolais suckling cows, differing in their body condition at (moderate:  $2.0 \pm 0.04$  vs fat:  $2.8 \pm 0.08$ ) were submitted to two nutritional trajectories : one trajectory corresponding to a non limiting energy level (NL) vs one variable trajectory characterized by a feed restriction period (120 d post-partum) followed by a refeeding period at grass (70 d). The milk production was similar between the groups of cows.  $E_{\text{resid}}$  was 20% lower in cows experiencing a variable trajectory in comparison with those experiencing an NL trajectory whatever their body condition at calving. At the end of experimentation, body weight and condition were similar between groups. These results suggest that variations in  $E_{\text{resid}}$  reflect the ability of cows to give priority to production functions when facing a changing nutritional environment and may be viewed as an indirect criterion of robustness.

## INTRODUCTION

La robustesse d'une femelle reproductrice peut être définie comme sa capacité à maintenir ses fonctions de production et de reproduction dans une large gamme d'environnements (Blanc *et al.*, 2013). Dans les systèmes de production extensifs, les principales perturbations auxquelles les vaches allaitantes peuvent être confrontées sont de nature nutritionnelle (Åby *et al.*, 2012). Plusieurs études ont montré que le niveau d'alimentation pouvait affecter les performances zootechniques des vaches (Jenkins et Ferrell, 1994 ; Blanc *et al.*, 2006). Ces travaux montrent que des fonctions telles que croissance, production de lait, performance reproductive et longévité ne sont pas toutes affectées de la même manière lorsque les animaux sont soumis à des restrictions nutritionnelles. Dans un environnement nutritionnel contraignant, des compromis entre fonctions sont susceptibles de se mettre en place. Ces compromis reflètent des modifications d'allocation des nutriments en faveur de fonctions d'homéorhèse prioritaires (Friggens *et al.*, 2013). Ils sous-tendent ainsi l'aptitude des animaux à faire face à des perturbations et donc leur robustesse. De nombreux travaux se sont intéressés à l'allocation des nutriments chez des animaux à fort potentiel laitier (Friggens and Newbold, 2007) pour

lesquels le soutien du niveau de production de lait en situation de sous-alimentation rend compte d'une priorisation de l'allocation des nutriments pour la fonction de lactation, et ceci, parfois au détriment de la fonction de reproduction. Cette représentation n'a pas été encore appliquée aux vaches allaitantes. Contrairement à la vache laitière, le potentiel laitier des vaches allaitantes est nettement plus faible (8 – 10 kg lait /jour pour une vache charolaise) et certains travaux rapportent qu'en situation de contrainte alimentaire la production laitière varie peu (Petit *et al.*, 1992, Johnson, 2003). Ce maintien du niveau de production laitière est permis par les réserves corporelles qui jouent un rôle tampon en cas de déficit énergétique. L'objectif de cette étude est de tester la pertinence d'une approche basée sur la quantification de l'énergie allouée aux fonctions productives (lait, composition corporelle) ou non productives pour évaluer la robustesse des vaches allaitantes.

Cette analyse a été menée dans le cadre d'un dispositif permettant de comparer les différences d'allocation de l'énergie chez des vaches subissant des trajectoires nutritionnelles contrastées après le vêlage, et ceci en fonction de leur état corporel au vêlage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation a été menée sur le site de Laqueuille (UE MA) entre octobre 2009 et juillet 2010. Le dispositif expérimental consistait à conduire des vaches Charolaises sur deux trajectoires nutritionnelles contrastées du vêlage à 6 mois post-partum : une trajectoire non limitante (NL) et une trajectoire variable (V) caractérisée par une période de sous-alimentation de 15 à 120 jours post-partum (P1) suivie d'une phase de compensation au pâturage (P2, pendant 70 jours). Le schéma expérimental (2 x 2) retenu consistait à croiser deux états corporel (EC) au vêlage (Modéré, M vs Gras, G) et deux niveaux alimentaires (NA) maîtrisés (Haut pour la trajectoire NL vs Bas pour la trajectoire V) durant P1. De la rentrée à l'étable à 15 jours post-partum (P0), 40 vaches multipares Charolaises ( $5 \pm 1,6$  ans) ont été réparties en 2 lots (M vs G) selon des critères d'homogénéité de poids, d'état corporel et de date prévisionnelle de mise bas. Les vaches M et G ont été alimentées de façon à créer une différence significative d'état corporel entre les 2 lots. Au vêlage, cette différence était de presque 1 point (M :  $2,0 \pm 0,04$  vs G :  $2,8 \pm 0,08$ ,  $P < 0,0001$ ).

A partir de 15 jours post-partum et jusqu'à la mise à l'herbe (P1), la moitié des vaches a été soumise au niveau alimentaire Haut (trajectoire nutritionnelle non limitante, NL) et l'autre moitié au niveau Bas (trajectoire nutritionnelle variable, V). Ces deux niveaux ont été calculés en tenant compte du poids des vaches après vêlage et d'un niveau de production laitière (PL) estimé à 9 kg/j. Le niveau Haut correspondait à un apport moyen d'énergie ingérée élevé (120 % des apports théoriques recommandés, 12,5 UFL/jour/vache). A contrario, le niveau Bas consistait à sous-alimenter énergétiquement les vaches (70 % des apports théoriques recommandés, 7,2 UFL/jour/vache). La ration distribuée durant P1 était composée de foin de prairie permanente et d'un concentré commercial. La proportion de concentré n'a pas excédé 10 % de la ration individuelle pour le niveau Bas et 30 % pour le niveau Haut. Les quantités moyennes de foin et de concentré (foin / concentré) offertes aux vaches en P1 étaient respectivement de 10,7 / 4,8 kg MS/j, 8,9 / 1,0 kg MS/j, 11,3 / 5,1 kg MS/j et 9,7 / 1,3 kg MS/j pour les lots MNL, MV, GNL et GV.

Durant P2, les vaches ont été conduites en pâturage tournant sur les mêmes parcelles de prairie permanente (40 ares/couple mère-veau). L'herbe était disponible en quantité non limitée et de bonne qualité. Le suivi expérimental durant cette phase a été réalisé sur la première période de pâturage soit 70 jours (18/05 au 27/07/2010).

### 1.2 MESURES

#### 1.2.1. Quantités ingérées et digestibilité de la ration

Au cours de P1, les quantités offertes et refusées individuelles ont été mesurées quotidiennement. La digestibilité des rations durant P1 a été mesurée sur toutes les vaches en utilisant l'ytterbium comme marqueur de l'excrétion fécale (Delagarde *et al.*, 2010).

Au cours de P2, des mesures de hauteur d'herbe (en entrée et en sortie de parcelles) et de qualité nutritive de l'herbe (à l'entrée) ont été réalisées à chaque changement de parcelle. La valeur d'encombrement de l'herbe a été calculée (Aufrère *et al.*, 2007). Les quantités ingérées ont été estimées individuellement en utilisant les unités d'encombrement et la capacité d'ingestion des vaches (Faverdin *et al.*, 2011).

#### 1.2.2. Production laitière et croissance des veaux.

Durant P1, les veaux avaient accès à leurs mères deux fois par jour tandis que durant la période à l'herbe, l'accès n'était pas restreint. La production de lait a été mesurée toutes les deux semaines par pesée des veaux avant et après tétée (Le Neindre, 1973). Les croissances des veaux ont été calculées par régression linéaire sur les poids. L'énergie du lait bu par le veau ( $E_{\text{lait}}$ ) a été considérée comme égale à 0,45 UFL /kg de

lait soit une composition standard de 45 g de matières grasses et 33 g de protéines / kg de lait (INRA, 2007).

#### 1.2.3. Poids vif et état corporel des vaches

Les vaches ont été pesées régulièrement (P1 : 2 fois/sem ; P2 : 1 fois/sem) et leur état corporel a été estimé par palpation (échelle de 0 à 5) une fois par mois par deux notateurs expérimentés.

#### 1.2.4. Composition corporelle et chimique des vaches

Le poids vif vide de chaque vache (PVV, kg) a été calculé selon l'équation d'allométrie proposée par Robelin et Daenicke (1980) :  $PVV = c_0 \times PVV^{c_1}$ . Les valeurs des coefficients  $c_0$  et  $c_1$  sont respectivement égales à 0,8284 et 0,8384 et correspondent à une vache de grand format. La composition de la variation de poids a été estimée à partir de la mesure du diamètre des adipocytes (DA,  $\mu\text{m}$ ) réalisée au début et à la fin de P1 ainsi qu'à la fin de P2 par biopsie (Robelin et Agabriel, 1986). La variation des dépôts adipeux totaux (TAD, % PVV) ainsi que de la quantité de lipides (LIP, kg) ont été calculés individuellement à l'aide des équations suivantes :  $TAD = 5,211 \times \exp^{(0,0114 \times DA)}$  et  $LIP = 1,134 \times TAD^{0,992}$ . La quantité de protéines corporelles (PROT, kg) a été calculée en considérant que la masse délipidée était constituée de 20 % de protéines et 80 % d'eau de la façon suivante :  $PROT = (PVV - LIP) \times 0,20$  (Garcia et Agabriel, 2008).

#### 1.2.5. Bilan d'énergie nette et calcul de l'Energie résiduelle ( $E_{\text{resid}}$ )

Les bilans en énergie nette lait (UFL) ont été calculés pour chaque individu pour P1 et estimés pour P2. L'énergie résiduelle ( $E_{\text{resid}}$ ) correspond à l'énergie ingérée diminuée de l'énergie nécessaire aux fonctions productives (lait, tissus et reproduction) et peut s'écrire  $E_{\text{resid}} = E_{\text{ing}} - (E_{\text{lait}} + E_{\text{tissus}} + E_{\text{gest}})$  où  $E_{\text{ing}}$  correspond à l'énergie nette ingérée,  $E_{\text{lait}}$  à l'énergie du lait,  $E_{\text{tissus}}$  à l'énergie tissulaire et  $E_{\text{gest}}$  à l'énergie pour la gestation.  $E_{\text{tissus}}$  correspond à l'énergie déposée ( $E_{\text{tissus}} > 0$ ) ou mobilisée ( $E_{\text{tissus}} < 0$ ) à partir des protéines et des lipides des réserves corporelles. Lors de la mobilisation des réserves corporelles,  $E_{\text{tissus}} = [(\Delta LIP \times 9,37) + (\Delta PROT \times 5,48)] \times 0,8$  en faisant l'hypothèse que les réserves corporelles sont utilisées pour la lactation avec une efficacité partielle de 0,8 (Chilliard *et al.*, 1987). Lorsque les réserves corporelles sont reconstituées,  $E_{\text{tissus}} = [(\Delta LIP \times 9,37) \times 0,6/0,6] + [(\Delta PROT \times 5,48)] \times 0,6/0,35$  en considérant que les efficacités d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) pour le dépôt de lipides et de protéines sont respectivement de 0,6 et 0,35 et que l'efficacité d'utilisation de l'EM pour le lait est de 0,6 (Vermorel *et al.*, 1987). Dans cette expérimentation,  $E_{\text{gest}}$  a été considérée comme négligeable ( $E_{\text{gest}} = 0$ ), la reproduction n'ayant débuté qu'en P2.

#### 1.2.6. Performances de reproduction des vaches

Au cours de P1 (15 -120 j post-partum), des échantillons de sang ont été prélevés au niveau de la veine caudale avant la distribution de l'alimentation. Après centrifugation, le plasma a été échantillonné et congelé à  $-20^\circ\text{C}$ . La concentration plasmatique en progestérone a été mesurée 2 fois par semaine (dosage Elisa, UMR PRC INRA Tours) pour déterminer l'intervalle vêlage- reprise de cyclicité (IVC).

La reproduction s'est effectuée en monte naturelle sur chaleurs observées en bâtiment puis avec présence du taureau au pâturage. Le taux de gestation a été déterminé à la suite de deux échographies à 30 et 60 jours après la mise à l'herbe, soit environ 170 j après vêlage.

### 1.3. ANALYSES DES DONNEES

Les données ont été analysées pour chacune des deux périodes avec un modèle mixte (Proc. Mixed) selon un schéma factoriel 2x2 avec 2 effets fixes principaux : l'état corporel au vêlage (EC) et le niveau alimentaire (NA) apportée en P1 ainsi que leur interaction, et un effet animal aléatoire. Ce modèle a été utilisé pour la digestibilité de la ration, les variables liées à

la composition corporelle : variations de poids, de masse corporelle (MC), de LIP, de PROT et d'Énergie ( $E_{\text{tissus}}$ ,  $E_{\text{ing}}$ ,  $E_{\text{lait}}$ ,  $E_{\text{résid}}$ ). Quand les mesures ont été acquises dans le temps (production laitière, croissance des veaux, poids vif), les données ont été analysées avec un modèle mixte en données répétées. Les moyennes ajustées ont été comparées a posteriori par le test de Tuckey. Tous les résultats sont exprimés en moyenne ajustée ( $L_{\text{means}}$ )  $\pm$  erreur standard. Le seuil de significativité a été fixé à  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS

### 2.1 COMPOSITION DE LA RATION ET INGESTION

Durant P1, l'énergie nette ingérée par les lots NL est comme attendue 1,7 fois plus élevée que dans les lots V. L'énergie ingérée moyenne par lot exprimée en UFL/j/vache est de  $12,7 \pm 0,7$  (GNL),  $7,7 \pm 0,3$  (GV),  $12,3 \pm 0,8$  (MNL),  $6,8 \pm 0,4$  (MV). La digestibilité de la MS est plus élevée pour les lots NL que pour les lots V ce qui reflète les quantités plus importantes de concentrés. La digestibilité n'est pas significativement différente selon l'état corporel au vêlage suggérant que l'énergie nette de la ration est similaire quel que soit l'état corporel au vêlage. Durant P2, l'énergie nette ingérée moyenne est estimée à  $10,5 \pm 0,4$  (GNL),  $11,3 \pm 0,6$  (GV),  $11,0 \pm 0,5$  (MNL),  $10,9 \pm 0,6$  (MV) UFL/vache/jour.

### 2.2. PRODUCTION LAITIÈRE ET CROISSANCE DES VEAUX

3 vaches ont été retirées de l'expérimentation suite à des événements sanitaires. Sur l'ensemble du suivi (P1 + P2), la quantité de lait bu par les veaux est identique quel que soit l'état corporel des vaches au vêlage et la trajectoire nutritionnelle subie. Elle varie entre 7 et 9,2 kg de lait par jour (Tableau 1). Le poids des veaux à la naissance est identique entre les 4 groupes (GNL :  $48 \pm 3,1$  ; GV :  $52 \pm 2,8$  ; MNL :  $48 \pm 3,8$  et MV :  $52 \pm 3,2$ ). Leur croissance est cohérente avec les niveaux de production laitière mesurés et est en moyenne de  $0,8 \pm 0,09$  kg/j au cours de P1 et de  $1,1 \pm 0,11$  kg/j au cours de P2.

**Tableau 1** : Production laitière moyenne et croissance des veaux au cours de P1 et P2 en fonction de la trajectoire nutritionnelle

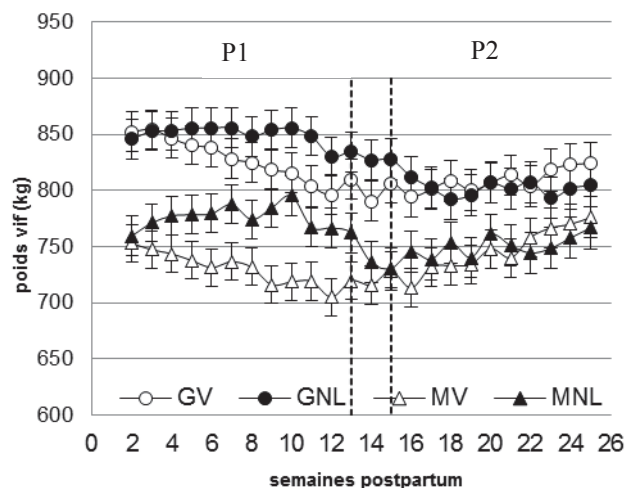
		MNL	MV	GNL	GV	SEM	Effets statistiques		
							EC	NA	EC x NA
Lait (kg/j)	P1	9,2	7,0	8,3	8,7	0,6	ns	ns	ns
	P2	7,6	7,1	6,0	6,8	0,6	ns	ns	ns
GMQ (kg/j)	P1	0,9	0,7	0,8	0,9	0,1	ns	ns	ns
	P2	0,9	0,8	0,9	1,0	0,1	ns	ns	ns

### 2.3. EVOLUTION DU POIDS VIF

Deux semaines après vêlage, la différence de poids vif (PV) entre les vaches M et G est de 93 kg ( $756 \pm 11,5$  kg vs  $849 \pm 11,0$ ). Les dynamiques de variation de PV entre les lots de vaches diffèrent significativement ( $P < 0,01$ ) au cours de P1 (Figure 1). Les vaches M et G soumises à une trajectoire nutritionnelle V perdent en moyenne respectivement  $0,28 \pm 0,03$  et  $0,35 \pm 0,04$  kg/j ( $P < 0,001$ ). Les variations de poids observées chez les vaches soumises à une trajectoire nutritionnelle NL sont négligeables et correspondent respectivement à une variation de  $+0,021 \pm 0,04$  et  $-0,09 \pm 0,03$  kg/j pour les vaches M et G. A la fin de P1, la différence de poids entre les trajectoires NL et V est de 43 kg pour les vaches M et de 25 kg pour les vaches G ( $P < 0,05$ ).

Au cours de P2 (Figure 1), la reprise de poids des vaches du lot MV ( $0,74 \pm 0,09$  kg/jour) est plus élevée que celle des 3 autres lots (MNL :  $0,06 \pm 0,08$  ; GV :  $0,2 \pm 0,09$  et GNL :  $-0,31 \pm 0,09$  kg/jour). A la fin de P2, la compensation de poids des vaches soumises à la trajectoire V est totale. La différence initiale de poids entre les vaches des lots M et G a été divisée par deux. Seul un écart respectif de 9 et 20 kg

demeure entre les trajectoires nutritionnelles (MNL :  $767 \pm 21$  vs MV :  $776 \pm 19$  kg et GNL :  $805 \pm 19$  vs GV :  $824 \pm 20$  kg).



**Figure 1** : Evolution du poids vif des vaches en fonction de la trajectoire nutritionnelle.

### 2.4. EVOLUTION DE LA MASSE ET DE LA COMPOSITION CORPORELLES

Les trajectoires nutritionnelles imposées aux vaches modulent leurs masses corporelles ainsi que leurs compositions chimiques ( $P < 0,01$ , Tableau 2). Au cours de P1, la perte de masse corporelle ( $\Delta$ PVV) chez les vaches M et G soumises à la trajectoire V se traduit par une mobilisation respective de 10,2 et 15,6 kg de lipides corporels tandis que les vaches soumises à une trajectoire NL déposent respectivement 3,4 et 1,2 kg de lipides ( $P < 0,001$ ). Par ailleurs, les variations de masse délipidée entre les 4 lots de vaches ne sont affectées ni par les trajectoires nutritionnelles ni par l'état corporel des vaches au moment du vêlage. Au cours de P2, seules les vaches du lot GNL perdent de la masse corporelle ( $-29,8$  kg) contrairement aux vaches des lots MNL, MV et GV qui elles récupèrent respectivement 4,7, 56,5 et 14,6 kg ( $P < 0,01$ ). La perte de masse corporelle des vaches du lot GNL se traduit par une perte simultanée de lipides et de masse délipidée. Dans les 3 autres groupes, les variations de masse corporelle se traduisent majoritairement par une reconstitution des réserves de lipides corporels de 7,1 kg (MNL), 14,1 kg (MV) et de 5,6 kg (GV).

### 2.5. ALLOCATION DE L'ÉNERGIE ENTRE FONCTIONS

Les changements de masse et de composition corporelles se traduisent par une modulation de l'allocation de l' $E_{\text{ingérée}}$  vers la production de lait ( $E_{\text{lait}}$ ), de tissus ( $E_{\text{tissus}}$ ) et l'énergie résiduelle ( $E_{\text{résid}}$ ) (Tableau 3).

Au cours de P1, la PL moyenne étant identique entre les 4 lots de vaches, l'énergie allouée pour la réalisation de cette fonction est similaire et comprise entre 3,11 et 4,10 UFL/jour. Toutefois, l'origine de cette énergie diffère entre les lots. Les vaches M et G soumises à une trajectoire nutritionnelle V mobilisent une partie de leurs réserves corporelles et donc allouent de l'énergie tissulaire (0,48 et 0,69 UFL/jour) afin de pallier le déficit d'énergie ingérée par rapport aux vaches soumises à une trajectoire NL. L' $E_{\text{résid}}$  (exprimée en UFL par jour et par kg de poids métabolique) est modulée à la fois par l'état corporel des vaches au vêlage et par le niveau alimentaire reçu durant P1. Ainsi, l' $E_{\text{résid}}$  des vaches G est 1,4 fois plus élevée que celle des vaches M. La trajectoire nutritionnelle V induit une diminution de 26 % de l' $E_{\text{résid}}$  par rapport à celle calculée pour les vaches soumises à une trajectoire NL (0,037 vs 0,049 et 0,048 vs 0,066 UFL/j/kg<sup>0,75</sup>). Au cours de P2, l' $E_{\text{résid}}$  calculée pour chaque lot de vaches est supérieure à celle calculée en P1.

Comparativement à la trajectoire nutritionnelle NL, la trajectoire V se traduit par une diminution moyenne de 13 % de l'E<sub>résid</sub> calculée.

## 2.6. PERFORMANCES DE REPRODUCTION

Seules les vaches du lot MV présentent un IVC supérieur à celui des 3 autres lots (95 ± 11 j vs 65 ± 7 j, P<0,05). La trajectoire subie semble avoir affecté la fertilité des vaches, le taux de gestation a été de : MV, 5/10, GV, 5/9, MNL, 8/9, GNL, 8/9).

## 3. DISCUSSION

Cette étude propose une méthode indirecte pour appréhender la modulation d'allocation d'énergie chez des vaches allaitantes. La différence d'énergie résiduelle ( $\Delta E_{\text{résid}}$ ) calculée au cours de P1 et P2 entre les trajectoires non limitante et variable reflète les variations d'énergie allouée aux fonctions productives. Dans cet essai, la production laitière est similaire entre les 4 lots de vaches, résultat déjà observé par Petit *et al.*, (1992) lors de sous-alimentation temporaire de vaches allaitantes. En cas de contrainte alimentaire, elles priorisent la fonction de production de lait et ce quel que soit leur état corporel au vêlage. Une telle priorisation implique donc des modifications dans l'allocation en énergie pour les autres fonctions.

Les différences d'E<sub>résid</sub> entre les deux trajectoires fluctuent entre 12 et 27 % selon l'état corporel au vêlage et la période observée. Les changements de composition corporelle pourraient expliquer au moins en partie les variations d'E<sub>résid</sub> comme proposé par Williams et Jenkins (2003) dans leur modèle d'utilisation de l'énergie chez des bovins allaitant adultes. A la fin de la période de contrainte, l'E<sub>résid</sub> des vaches soumises à la trajectoire V est en moyenne 25 % plus faible que celle des vaches soumises à une trajectoire NL et ce quel que soit l'état corporel au vêlage. De telles variations pourraient s'expliquer par une diminution de l'extra-chaleur produite et des besoins d'entretien en lien avec les variations de composition corporelle. En effet, une diminution d'extra-chaleur mesurée en chambre respiratoire a été observée chez des femelles non gestantes non lactantes (Ortigue et al., 1993 ; Freetly et Nienaber, 1998) à la suite de changement de niveau alimentaire. Ces deux études rapportent également une perte de poids non linéaire au cours des 14 premiers jours faisant suite au changement nutritionnel. Dans la présente étude, des variations similaires de poids ont été observées pour les vaches soumises à la trajectoire V. Ces variations peuvent s'expliquer en grande partie par la diminution des réserves lipidiques corporelles comme l'attestent la diminution du diamètre des adipocytes et l'augmentation des concentrations plasmatiques en AGNE (données non présentées). Au cours de P2, l'E<sub>résid</sub> calculée pour chaque lot de vaches est supérieure à celle calculée en P1. Ceci s'explique en partie par une augmentation de l'E<sub>ingérée</sub>, une diminution de l'énergie allouée à la production de lait en raison de l'avancée du stade de lactation et une augmentation de l'énergie déposée dans les tissus. Si l'on considère le challenge nutritionnel dans sa globalité (P1 + P2), une trajectoire nutritionnelle variable en comparaison avec une trajectoire nutritionnelle non limitante se traduit par une diminution de 20 % de l'E<sub>résid</sub> chez les vaches grasses et modérées et ceci sans effet sur la production de lait, le poids et l'état corporel final. Ces résultats suggèrent une modulation de l'allocation énergétique entre fonctions productives et non productives en cas de restriction puis de réalimentation qui pourrait être permise par des changements de partition et d'utilisation des nutriments. D'un point de vue pratique, ces changements sous-tendent et garantissent la robustesse de la fonction de lactation chez la vache allaitante, éventuellement au détriment de la fonction de reproduction. De plus ces résultats montrent qu'un état corporel trop élevé à la mise à l'herbe n'a pas d'intérêt zootechnique direct.

**Tableau 2 :** Variations (kg) de masse (MC) et de composition corporelle (LIP et PROT) au cours de P1 et P2 en fonction de la trajectoire nutritionnelle.

		EC	M	G	SEM	Effets statistiques		
						EC	NA	EC x NA
P1	$\Delta$ MC	-36	-54	11,3	ns	**	ns	
	$\Delta$ LIP	-13,6	-16,8	2,6	ns	***	ns	
	$\Delta$ PROT	-4,5	-2,9	2,0	ns	ns	ns	
P2	$\Delta$ MC	51,8	44,4	13,7	**	***	ns	
	$\Delta$ LIP	7,0	-8,9	3,8	**	**	ns	
	$\Delta$ PROT	9,0	7,1	2,4	*	***	ns	

**Tableau 3 :** Allocation de l'énergie entre fonctions productives (en UFL/jour), au cours de P1 et P2 en fonction de la trajectoire nutritionnelle.

		MNL	MV	GNL	GV	SEM	Effets statistiques		
							EC	NA	EC x NA
P1	E <sub>lait</sub>	4,1	3,1	3,7	3,8	11,3	ns	ns	ns
	E <sub>tissus</sub>	0,21	-0,48	0,05	-0,69	2,6	ns	***	ns
	E <sub>résid</sub>	6,04	4,47	8,55	6,09	2,0	***	***	ns
P2	E <sub>lait</sub>	3,41	3,3	2,61	3,04	13,7	ns	ns	ns
	E <sub>tissus</sub>	0,58	1,63	-0,31	0,60	3,8	**	**	
	E <sub>résid</sub>	7,07	6,10	8,72	7,70	2,4	**	*	

## CONCLUSION

Cette étude rappelle la capacité des vaches allaitantes à maintenir leur production de lait même lorsque l'environnement nutritionnel devient contraignant. Au sein d'une même trajectoire, la robustesse des vaches repose sur des changements d'allocation d'énergie entre les différentes fonctions productives, changements permis par des variations de poids et de composition corporelle. Ces changements peuvent être appréciés quantitativement par le biais des écarts d'E<sub>résid</sub>. Nos résultats montrent également que la robustesse de la fonction de production de lait est peu sensible à l'état corporel des vaches.

- Aby, BA., Aass, L., Sehested, E., Vangen, O. 2012.** Livest. Sci., 150, 80-93
- Aufère, J., Baumont R., Pecatte JR., Andrieu J, Dulphy JP. 2007** INRA Prod Anim 20, 129-136
- Blanc F., Bocquier F., Agabriel, J., D'Hour P., Chilliard Y. 2006** Anim. Res. 55, 489-510.
- Blanc F., Ollion, E., Puillet L., Delaby L., Ingrand S., Tichit M., Friggens N. 2013.** 20<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, 265-272
- Chilliard, Y., Remond, B., Agabriel, J., Robelin, J., Verite, R., 1987** Bull Tech, 70, 117-131
- Delagarde R., Peréz-Ramirez E., Peyraud, JL. 2010** Anim Feed Sci. 161, 121-131
- Faverdin P., Barratte C., Delagarde R., Peyraud, JL. 2011** Grass For. Sci. 66, 29-44
- Freetly H., Nienaber J. 1998,** J. Anim Sci 76, 896-905.
- Friggens N, Newbold J. 2007** Animal 1, 87-97.
- Friggens N., Brun-Lafleur L., Faverdin P., Sauvant D., Martin O. 2013** Animal 7, 89-101.
- Garcia F, Agabriel J. 2008** J. Agric. Sci. 146,251-265
- INRA 2007.** Alimentation des bovins, ovins, caprins. Ed. QUAE.
- Jenkins T., Ferrell C. 1994** J. Anim. Sci, 72, 2787-2797
- Johnson 2003, J. Anim Sci 81, 27-38**
- Le Neindre P., Dubroecq, H., 1973** Ann. Zoot. 22, 413-422
- Ortigue I., Petit M., Agabriel J., Vermorel M. 1993** J. Anim Sci 71, 1947-1956.
- Petit M., Jarrige R., Russel A.J.F., Wright I.A., 1992.** Feeding and nutrition of the suckler cow. In "Beef cattle Production". R. Jarrige and C. Béranger Eds. World Anim. Sci., Elsevier Amsterdam, C1, 191-208.
- Robelin J., Daenicke R. 1980** Proceeding EEC Theix, 99-118
- Vermorel M., Coulon JB., Journet M. 1987** Bull Tech INRA 70, 9-18
- Robelin J., Agabriel J. 1986.** Bull Tech, 66, 37-41
- Williams C., Jenkins T. 2003** J. Anim Sci, 81, 1371-1381