Méta-analyse des relations entre les fonctions de reproduction, de production et de gestion des réserves corporelles chez la vache laitière

BEDERE N. (1), CUTULLIC E. (1), DELABY L. (1), GARCIA-LAUNAY F. (1), DISENHAUS C. (1)
(1) INRA, AGROCAMPUS OUEST, UMR1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France

RESUME

L'objectif de cette étude était de quantifier les relations entre chaque étape du processus de reproduction (cyclicité, chaleurs et fertilité), la production laitière et la gestion des réserves corporelles chez la vache laitière. Pour cela, 102 études soient 300 observations de traitements ont été collectées dans des articles obtenus sur des plateformes en ligne (ISI Web of Knowledge et Google Scholar). Afin d'éviter d'agréger des données issues d'études mobilisant des facteurs expérimentaux trop différents pour être analysés ensemble, un système de codage a été mis en place pour les distinguer et travailler sur des sous-ensembles de données. Les résultats des méta-analyses montrent que le délai de reprise de cyclicité est associé à la note d'état corporel (NEC) au vêlage. Cette relation est quadratique et indique qu'une NEC au vêlage proche de 3 points (sur l'échelle 0-5) est associée à un délai de reprise de cyclicité raccourci (23 j). Aucun lien entre le délai de reprise de cyclicité et le niveau de production laitière n'a été détecté dans ces analyses. Bien que le délai de reprise de cyclicité conditionne en partie l'intervalle entre le vêlage et l'apparition des premières chaleurs (IVCHAL1), aucun lien avec la NEC n'a été observé dans cette étude. Pour chaque kilogramme de lait supplémentaire au pic de lactation, l'IVCHAL1 est retardé de plus d'une journée. La probabilité de réussite à la première insémination (TRIA1) est réduite de 2 % pour chaque kilogramme de lait supplémentaire au pic de lactation. Le TRIA1 est amélioré de 22 % pour chaque point de NEC supplémentaire (entre 1,50 et 3,00), au moment où l'embonpoint est au plus bas. La probabilité de gestation est augmentée de 43 % pour chaque point de NEC supplémentaire au vêlage (sur une plage variant de 2,50 à 3,50) et de 17 % pour chaque point de NEC supplémentaire au minimum (sur une plage variant de 1,50 à 3,00). Aucune relation entre la probabilité de gestation et la production laitière n'a été mise en évidence dans cette étude. En conclusion, cette méta-analyse a démontré que le délai de reprise de cyclicité des vaches laitières serait d'abord lié à la NEC au vêlage, alors que l'expression des chaleurs serait en premier lieu associée au niveau de production laitière, et que la fertilité pourrait dépendre à la fois du niveau de production laitière et de la gestion des réserves corporelles. Les stratégies de conduite d'élevage visant une NEC proche de 3 points au vêlage, et qui limitent à la fois l'amaigrissement et le pic de production laitière pourraient permettre d'améliorer les performances de reproduction des vaches laitières.

Meta-analysis of the relationships between reproduction, milk yield and body condition score in dairy cows

BEDERE N. (1), CUTULLIC E. (1), DELABY L. (1), GARCIA-LAUNAY F. (1), DISENHAUS C. (1)
(1) INRA, AGROCAMPUS OUEST, UMR1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY

The present study aimed to investigate the relationships between each step of the reproductive process (cyclicity, estrus, and fertility) and both milk production and body reserves management. The database included 102 studies and 300 treatments collected on electronic databases (ISI Web of Knowledge and Google Scholar). Coding for each type of experimental factor enabled within and between experiment variation to be distinguished, and to select subsets of experiments with common objectives in order to avoid inappropriate aggregation of results across studies with very different objectives. The meta-analysis showed that the resumption of ovarian activity was related to body condition score (BCS) at calving. This relationship was quadratic, stressing an optimal BCS at calving around 3 (on a 0-5 scale) for a resumption of luteal activity 23 days postpartum. No relationship was observed between milk yield and the resumption of luteal activity. No relationship was observed between BCS and the calving to first estrous interval, although this reproductive performance is influenced by the resumption of luteal activity. The calving to first estrous interval was delayed about more than one day for each additional one kilogram of milk produced at lactation peak. The conception rate was reduced by 2% for each additional kilogram of milk produced at lactation peak. The conception rate was improved by 22% for each additional point of BCS at nadir (between 1.50 and 3.00). The pregnancy rate was improved by 43% for each additional point of BCS at calving (between 2.50 and 3.50) and by 17% at nadir (between 1.50 and 3.00). No relationship was observed between milk yield and the pregnancy rate in the data. This meta-analysis showed that postpartum cyclicity of dairy cows was mainly associated with BCS at calving, whereas estrus expression was mainly associated with milk yield and fertility with both BCS and milk yield. Genetic and nutritional strategies that target a BCS of 3.00 and limit both BCS loss and peak milk yield could be an effective way to improve reproduction.

INTRODUCTION

Les vaches laitières ont vu leurs performances de reproduction se dégrader jusqu'à atteindre une situation préoccupante : le délai de reprise de l'activité ovarienne suite au vêlage s'allonge, la proportion d'animaux montrant des anomalies de cyclicité est élevée, la durée et l'intensité des chaleurs diminuent et la fertilité se dégrade (Royal *et al*.,

2000 ; Friggens *et al.*, 2010). Divers travaux suggèrent l'existence d'un état corporel optimal au vêlage, au-dessus et en dessous duquel la cyclicité des vaches laitières se dégrade (Roche *et al.*, 2009 ; Cutullic *et al.*, 2012). L'expression des comportements sexuels serait d'abord influencée par le niveau de production laitière (Cutullic *et al.*, 2012). Enfin, les échecs de gestation seraient plutôt associés à un état corporel trop faible dans le cas des non-fécondations ou mortalités embryonnaires précoces et à un pic de lactation élevé, suivi d'une mauvaise persistance pour les mortalités embryonnaires tardives (Cutullic *et al.*, 2012). L'amplitude de ces phénomènes reste une information peu connue et peu quantifiée. Si plusieurs synthèses bibliographiques qualitatives existent (Royal *et al.*, 2000 ; Friggens *et al.*, 2010 ; Walsh *et al.*, 2011), il n'y a que très peu d'approches quantitatives par méta-analyse et aucune n'a tenté d'élaborer des relations quantitatives entre les divers critères évoqués ci-dessus comme influant les étapes du cycle de la reproduction (du vêlage au vêlage). Cette étude a pour objectif (i) de quantifier les réponses des performances de reproduction à des variations de production laitière ou d'état corporel ; (ii) et d'identifier des facteurs influençant ces réponses biologiques.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. CREATION DE LA BASE DE DONNEES

La recherche bibliographique a été effectuée sur les plateformes ISI Web of Knowledge et Google Scholar. Les critères de sélection des articles étaient : le langage (anglais, français, espagnol ou allemand) et les articles devaient contenir des données de production et de reproduction pour au moins deux lots de vaches laitières. Un total de 102 articles, soient 300 observations, ont été compilés. Comme recommandé en méta-analyse (Sauvant *et al.*, 2008), un code pour chaque type de facteur expérimental a permis de distinguer la variabilité inter et intra-expérimentale, et de travailler sur des sous-ensembles de données dont le matériel était comparable afin d'éviter les biais dans les analyses.

1.2. META-ANALYSES

Les données collectées ont été analysées avec le modèle statistique suivant (Sauvant *et al.,* 2008) :

$$Y_{ij} = \alpha + \alpha_i + \beta_1 X_{ij} (+\beta_2 X^2_{ij}) + \beta_i X_{ij} + e_{ij}$$

où Y_{ij} est la valeur de la variable à expliquer de l'observation *j* de l'expérimentation *i* : le délai de reprise de cyclicité (intervalle entre le vêlage et le premier pic de progestérone), l'intervalle entre le vêlage et l'apparition des premières chaleurs (IVCHAL1) la probabilité de réussite à la première insémination (TRIA1) ou la probabilité de gestation (proportion de vaches qui vêlent), α est la valeur moyenne inter-expérimentation (ordonnée à l'origine), α_i est l'effet aléatoire sur l'ordonnée à l'origine de l'expérimentation *i*, X_{ij} est la valeur de la variable explicative de de l'observation *j* de l'expérimentation *i* : production laitière au pic (PL max), la note d'état corporel (NEC) au vêlage ou NEC minimum (valeur la plus basse enregistrée sur la lactation), β_1 est le coefficient de régression de Y sur X, β_2 est, si besoin, le coefficient de régression de Y sur X^2, β_i est l'effet aléatoire de l'expérimentation *i* sur le coefficient de régression entre Y et X, et e_{ij} l'erreur aléatoire résiduelle. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R

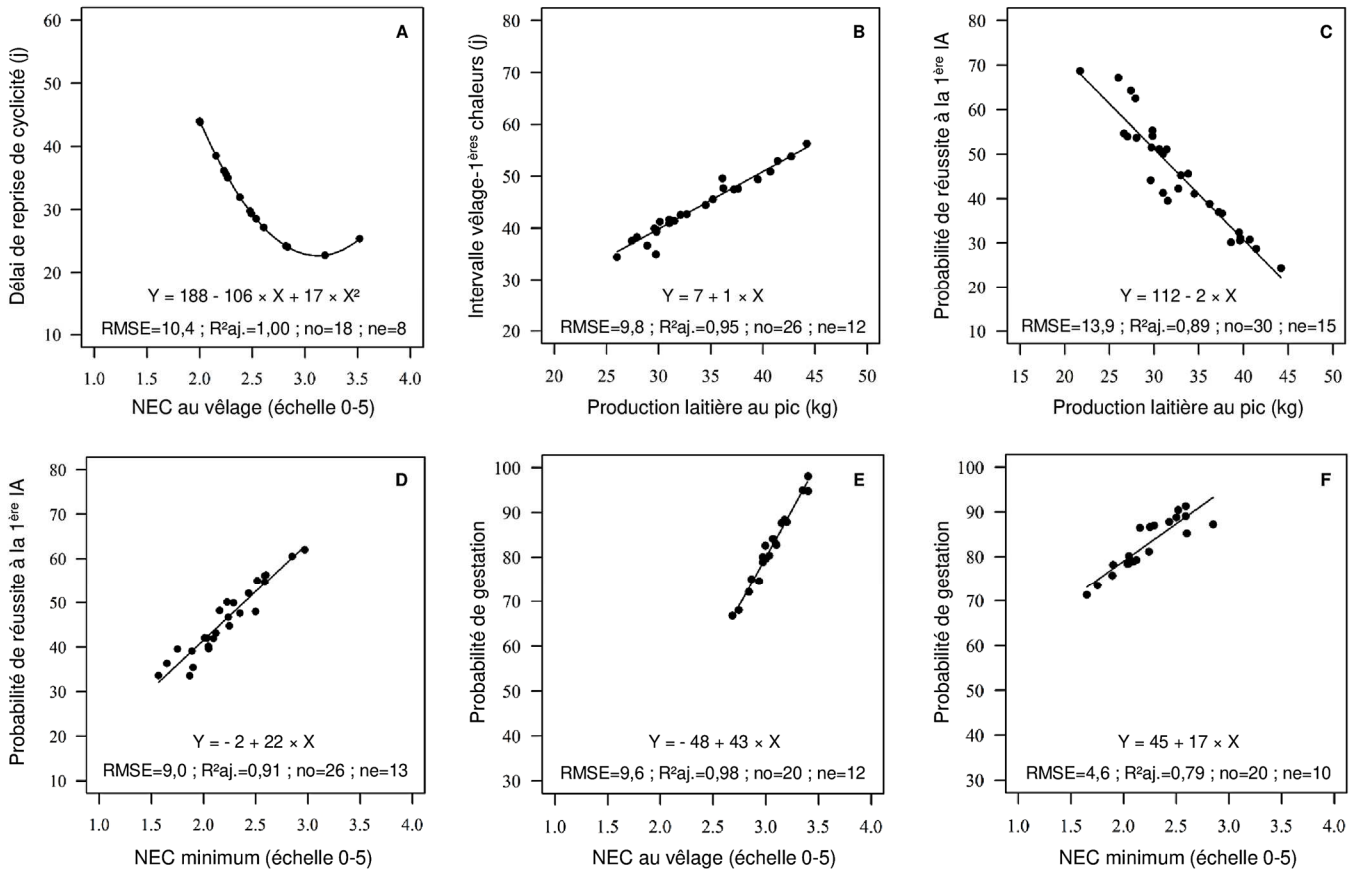


Figure 1 Lois de réponse obtenues par les modèles de méta-analyses (indiquées par la formule de régression de Y sur X) avec les valeurs prédites (corrigées des effets du modèles) pour le délai de reprise de cyclicité en fonction de la NEC au vêlage (A) ; l'intervalle vêlage-1ères chaleurs et la production laitière au pic (B) ; la probabilité de réussite à la 1ère IA et la production laitière au pic (C) ou la NEC minimum (D) ; la probabilité de gestation et la NEC au vêlage (E) ou la NEC minimum (F). La résiduelle (« *residual mean standard error* » : RMSE), le coefficient de détermination (R^2aj.), le nombre d'observations (no) et le nombre d'expérimentations (ne) sont également indiqués.

2. RESULTATS

2.1. LE DELAI DE REPRISE DE CYCLICITE EST ASSOCIE A L'ETAT CORPOREL AU VELAGE

Les données collectées ont montré une relation curvilinéaire significative entre le délai de reprise de cyclicité et la NEC au vêlage (Figure 1 A). Cette relation suggère une NEC au vêlage optimale autour de 3,10 pour un délai de reprise de cyclicité de 23 j postpartum. Aucun lien entre le délai de reprise de cyclicité et la production laitière n'a été mis en évidence.

2.2. L'INTERVALLE ENTRE LE VELAGE ET LES PREMIERES CHALEURS EST ASSOCIE A LA PRODUCTION LAITIERE

Très peu de données sur l'expression des chaleurs sont publiées. L'indicateur le plus rapporté est l'IVCHAL1. Pour chaque kilogramme de lait supplémentaire au pic de lactation entre 25 et 45 kg, l'IVCHAL1 est retardé de plus d'une journée (Figure 1 B). Aucune relation entre l'IVCHAL1 et l'état corporel n'a été observé dans les données disponibles.

2.3. LA FERTILITE EST ASSOCIEE A LA PRODUCTION LAITIERE

Selon les résultats de la méta-analyse, la probabilité de réussite à la 1ère IA diminue de 20 % pour 10 kilogrammes de lait produit en plus au pic de lactation (entre 20 et 45 kg ; Figure 1 C).

2.4. LA FERTILITE EST ASSOCIEE A L'ETAT CORPOREL

Pour chaque point de NEC supplémentaire au vêlage (entre 2,50 et 3,50), la probabilité d'assurer une gestation augmente de 43 % (Figure 1 E). Pour chaque point de NEC supplémentaire à l'état le plus bas (entre 1,50 et 3,00), le TRIA1 augmente de 22 % (Figure 1 D) et la probabilité d'assurer une gestation de 17 % (Figure 1 F).

3. DISCUSSION

Cette méta-analyse a permis de décrire les performances de reproduction des vaches laitières publiées à ce jour, et de mettre en évidence certaines relations entre des performances de reproduction, la production laitière et l'état corporel (pour plus de détails, voir Bedere *et al*., 2018).

Cette méta-analyse conforte l'idée développée par Cutullic *et al.* (2012) que certaines étapes du processus de reproduction sont affectées, en premier lieu, par l'état corporel et d'autres par la production laitière.

Les résultats de cette étude suggèrent une NEC optimale autour de 3,0 en dessous et au-delà de laquelle le délai de reprise de cyclicité s'allonge. Ceci a déjà été suggéré dans une synthèse bibliographique (Roche *et al*., 2009). Ces résultats soutiennent également l'hypothèse que le délai de reprise de cyclicité est d'abord affecté par l'état corporel plutôt que par la production laitière (Cutullic *et al*., 2012). Nos résultats montrent qu'un tel objectif d'état corporel au vêlage permettrait d'assurer plus de 80% de chance de gestation aux vaches laitières. Cela ne suffit pas car pour maintenir cette probabilité de gestation, il conviendrait de limiter l'amaigrissement des vaches à une NEC minimum d'environ 2,0. Cela permet aussi de préserver le TRIA1 à plus de 40%. Ces résultats sont cohérents avec les synthèses qualitatives (Roche *et al*., 2009 ; Friggens *et al*., 2010). La relation entre l'état corporel et la fertilité pouvant en partie être expliquée par l'augmentation du risque de non-fécondation/mortalité embryonnaire précoce avec l'amaigrissement (Cutullic *et al*., 2012)

Comme attendu, cette étude démontre que l'expression des chaleurs, étudiée via l'IVCHAL1, est d'abord affecté par le niveau de production laitière (Roche *et al*., 2009 ; Friggens *et al*., 2010). Bien que l'IVCHAL1 dépende du délai de reprise de cyclicité, aucune association avec la NEC n'a été mise en évidence dans cette méta-analyse. En effet, seuls 5 % de la variabilité de l'IVCHAL1 est expliqué par le délai de reprise de cyclicité (Fulkerson *et al*., 2001). Limiter le pic de lactation permettrait également d'améliorer la probabilité de conception à la 1ère insémination. Ceci est cohérent avec les différentes synthèses bibliographiques existantes (Roche *et al*., 2009 ; Friggens *et al*., 2010). Selon cette méta-analyse, limiter le pic de lactation à 32 kg/j de lait permettrait de maintenir un IVCHAL1 proche de 40 j et un TRIA1 de 40 %. De tels objectifs ne sont pas applicables à toutes les stratégies d'élevage. Dans ces cas, il faut adapter les attentes des éleveurs vis-à-vis des performances de reproduction des vaches laitières aux exigences fixées par le système en terme de niveau de production laitière et de gestion des réserves corporelles (Disenhaus *et al*., 2005).

Les lois de réponses établies par méta-analyse peuvent être utile à la construction de modèles mécanistes (Sauvant *et al*., 2008), qui permettent en retour de les éprouver. Ce travail a permis d'explorer deux principaux leviers d'actions sur les relations entre la reproduction, la production et l'état corporel : la génétique et le système alimentaires (Bedere *et al*., 2018). D'autres pistes prometteuses doivent être plus documentées pour permettre d'établir des lois de réponses telles que la fréquence de traite, la durée de la période de tarissement, la densité énergétique de la ration de tarissement, l'alimentation séquentielle gluco-lipogénique, ou la densité protéique de la ration de lactation (Bedere *et al*., 2018).

CONCLUSION

Ces résultats suggèrent que les stratégies qui visent un état corporel optimal au vêlage permettent de raccourcir le délai de reprise de cyclicité, et que celles qui limitent la perte d'état corporel ou la production laitière au pic améliorent l'expression des chaleurs et augmentent la probabilité de réussite à la 1ère IA et de gestation. Les futures études sur les relations entre la production laitière et la reproduction devront, au moins, rapporter l'intervalle vêlage-1ères chaleurs, taux de réussite à la première insémination, et le taux de gestation qui sont des indicateurs facilement mesurables, y compris après la période d'essai. Les données de production laitière au pic, moyenne sur les 100 premiers jours de lactation, et production totale, ainsi que l'état corporel au vêlage, minimum et en fin de lactation, doivent également être publiées, afin de permettre d'affiner les lois de réponse déterminées dans cette étude.

Nous remercions Dr Brendan Horan et Dr Geoff Pollot d'avoir apporté plus d'informations à leurs publications. Nous remercions également Pr Daniel Sauvant pour ses conseils méthodologiques, Emilie Bernard et Agnès Girard pour leur aide sur la construction des requêtes sur les plateformes de recherche bibliographique. Nous remercions également Dr Marjolein Derks et Dr Olivier Martin pour nos échanges de références bibliographiques.

Bedere N., Cutullic E., Delaby L., Garcia-Launay F., Disenhaus C., 2018. Liv. Sci. 210, 73-84

Cutullic E., Delaby L., Gallard Y., Disenhaus C., 2012. animal 6:476–87.

Disenhaus C., Grimard B., Trou G., Delaby L., 2005. Renc. Rech. Ruminants, 12, 125-136.

Friggens N.C., Disenhaus C., Petit H. V., 2010. animal 4:1197–1213.

Fulkerson W., Wilkins J., Dobos R.C., Hough G.M., Goddard M.E., Davison T.. 2001. Anim. Sci. 73:397–406.

Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P., 2009. J. Dairy Sci. 92:5769–5801.

Royal M., Mann G.E., Flint A P., 2000. Vet. J. 160:53–60.

Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J.J., St-Pierre, N.R., 2008. animal 2:1203-1214.

Walsh S.W., Williams E.J., Evans A.C.O., 2011. Anim. Reprod. Sci. 123:127–138