

# Pic de lactation, persistance et lien avec les performances de reproduction de vaches Montbéliarde en Franche-Comté

ROUMEAS A. (1), GAUDILLIERE N. (2), DUBIEF F. (3), ADAM H. (3), BELOT P-E. (4), DELABY L. (5)

(1) AgroSup Dijon - 26, boulevard Docteur Petitjean - BP 87999 - 21079 - Dijon cedex, France

(2) Conseil Elevage 25-90 - 6 Rue des Epicéas - 25640 Roulans, France

(3) Haute Saône Conseil Elevage - 17 Quai Yves Barbier - BP 20189 - 70004 Vesoul Cedex, France

(4) Jura Conseil Elevage - 455 rue du Colonel de Casteljou - BP 10059 - 39002 Lons le Saunier Cedex, France

(5) INRA, AgroCampus Ouest, UMR1348, Pegase - 35590 Saint Gilles, France

## RESUME

Le pic de lactation et la persistance sont deux descripteurs de la forme de la courbe de lactation. La persistance est définie comme la capacité d'une vache à maintenir sa production après le pic de lactation. Elle est estimée dans cette étude par le rapport entre le cumul de la production laitière entre 100 et 200 jours et celui entre 0 et 100 jours. Cette étude porte sur 272 922 lactations de vaches Montbéliarde de Franche-Comté. Son objectif est d'évaluer l'effet du rang de lactation et du mois de vêlage sur le pic et la persistance, puis de mettre en évidence un éventuel lien entre la forme de la courbe et les performances et de reproduction. Les primipares présentent un pic de lactation plus faible et plus tardif que les multipares et une meilleure persistance. De même, les lactations qui démarrent en automne ont un pic écrêté et une persistance plus élevée que les lactations démarrant au printemps. Ces résultats s'expliquent aisément par les variations des conditions environnementales et principalement alimentaires au cours de l'année. Pour un même niveau de production, les vaches à pic élevé et moindre persistance présentent une meilleure fertilité et fécondité que les vaches à pic plus faible et persistance élevée. Ces résultats un peu inattendus, sont discutés à la lumière des phénomènes physiologiques du début de lactation, et notamment à partir d'hypothèses associées à la capacité d'ingestion et la mobilisation des réserves corporelles, sans doute différentes selon les profils de courbes de lactation.

## Lactation peak and persistency of Montbeliarde cows in Franche-Comté and relationships with reproductive traits

ROUMEAS A. (1), GAUDILLIERE N. (2), DUBIEF F. (3), ADAM H. (3), BELOT P-E. (4), DELABY L. (5)

(1) AgroSup Dijon - 26, boulevard Docteur Petitjean - BP 87999 - 21079 - Dijon cedex, France

## SUMMARY

Lactation peak and persistency are two predictors of lactation curve shape. Lactation persistency is the capacity of a cow to maintain milk yield (MY) at a high level after the peak. Measure of persistency is based on the ratio between the cumulative MY over 100 to 200 days in milk (DIM) and 0 to 100 DIM. This study was based on 272 922 lactations of Montbéliarde cows from Franche-Comté. Its goal was to evaluate the effects of parity and calving months on MY peak and persistency and to show an eventual link between lactation curve shape and reproductive traits. Primiparous animals had a lower and later MY peak and a better persistency than multiparous animals. Cows calving in the autumn had a lower MY peak and a higher persistency than cows calving in the spring. Variations of environmental conditions like feeding conditions explain these results. In comparison with cows having flat curves, cows with high MY peak and low persistency had better fertility and a better conception rate. These unexpected results are discussed in the light of the physiological changes occurring at the start of lactation. Hypotheses suggest that intake capacity and body condition loss could be different according to the lactation curve shape.

## INTRODUCTION

La forme d'une courbe de lactation peut se décrire à partir de deux variables : le niveau de production au pic et la persistance. Cette dernière se définit comme la capacité d'une vache à maintenir sa production laitière après le pic (Cobuci *et al.*, 2003). Un pic de production élevé est un facteur de risque bien documenté des troubles sanitaires et de reproduction (Disenhaus *et al.*, 2005 ; Dubois *et al.*, 2006). Il est lié au déficit énergétique en début de lactation et s'accompagne d'une forte mobilisation des réserves corporelles. Ainsi, la forme de la courbe de lactation est liée à l'évolution du bilan énergétique (Brunschwig et Lamy, 2004 ; Rémond *et al.*, 1999) et de ce fait, peut influencer les performances de reproduction. D'autre part, l'intérêt économique de l'amélioration de la persistance a été mis en évidence notamment dans le cadre de stratégies d'allongement des lactations (Brocard *et al.*, 2013). Il est ainsi argumenté, que des animaux présentant un pic moins marqué mais une bonne persistance seraient mieux adaptés aux systèmes de production efficaces de demain (Peyraud *et al.*, 2009). En France, la mise en place de l'évaluation génétique basée sur les contrôles élémentaires permettra de progresser sur ces critères (Leclerc *et al.*, 2009). A l'échelle de l'animal, le

rang de lactation et la saison de vêlage ont un fort impact sur la persistance et le pic de lactation (Leclerc *et al.*, 2008). Ces deux descripteurs sont également influencés par la conduite d'élevage. La fréquence de traite ou encore la teneur en MAT de la ration en début de lactation influencent fortement la production laitière au pic (Faverdin *et al.*, 1998 ; Brunschwig et Lamy, 2004 ; Rémond *et al.*, 1999). Un tarissement court (<45 jours), outre son effet négatif sur le niveau de production, n'aurait selon les auteurs, aucune incidence sur la forme de la courbe de lactation (Rémond *et al.*, 1997) ou pénaliserait surtout le début de lactation (Leclerc *et al.*, 2008). Réduire, voire supprimer la période de tarissement améliore le bilan énergétique en début de lactation avec un impact positif sur les performances de reproduction (Grummer, 2007 ; Rastani *et al.*, 2005). Mais, peu d'études ont évalué les conséquences de la forme de la courbe de lactation sur les performances de reproduction.

L'objectif de cette étude est donc de : 1/ quantifier les effets du rang de lactation et du mois de vêlage sur le pic et la persistance de lactation en race Montbéliarde dans des systèmes Franc-Comtois, et 2/ mettre en évidence un éventuel lien entre la forme de la courbe de lactation et les performances de reproduction.

# 1. MATERIEL ET METHODES

## 1.1. UNE BASE DE DONNEES REGIONALE

L'étude a porté sur 272 922 lactations de vaches de race Montbéliarde, terminées entre le 1<sup>er</sup> octobre 2009 et le 31 décembre 2012 en région Franche-Comté. Cela correspond à 167 825 vaches présentes dans 3225 élevages. Cet échantillon comporte 35 % de premières lactations, 23 % de 2<sup>èmes</sup> lactations et 42 % de lactations de rang 3 et plus. 70 % des systèmes fourragers représentés sont basés sur l'herbe, pâturée ou stockée sous forme de foin et regain.

Deux variables caractéristiques de la forme de la courbe de lactation ont été calculées à partir des données des contrôles de performances : 1/ le pic de lactation, qui correspond à la quantité de lait du meilleur contrôle dans les 100 premiers jours de la lactation ; 2/ la persistance, calculée ici comme le rapport entre le cumul de la production laitière observée entre 100 et 200 jours et entre 0 et 100 jours. Cibler les 200 premiers jours de lactation permet de s'affranchir de l'effet de la gestation sur la production laitière (INRA, 2010).

L'étude du lien entre la forme de la courbe de lactation et les performances de reproduction a concerné uniquement les vaches qui ont été fécondées au cours de la lactation étudiée (n = 234 443 lactations ; soit 86 % de la base initiale). La fécondation a été confirmée par une date de re-vêlage cohérente avec la date de dernière insémination artificielle (IA) connue : l'IA est considérée fécondante si elle est antérieure de 288 jours ± 20 jours à la date de re-vêlage. Une partie des vaches a donc été exclue de cette partie de l'étude car elles n'avaient pas de date de re-vêlage ou la date de l'IA fécondante n'a pas pu être déterminée. De plus, seuls les animaux ayant un intervalle vêlage-1<sup>ère</sup> IA compris entre 20 et 250 jours et un intervalle vêlage-vêlage compris entre 268 et 550 jours ont été conservés dans la base. De fait, pour ces animaux, nous disposons des indicateurs de la reproduction : l'intervalle vêlage - 1<sup>ère</sup> IA (IVIA1), l'intervalle vêlage - IA Fécondante (IVIAF), le nombre d'IA par IA fécondante (NbIA/IAF).

## 1.2. METHODES D'ANALYSE

Des modèles d'analyse de variance-covariance ont permis de hiérarchiser les facteurs explicatifs du pic et de la persistance : mois de vêlage, durée de tarissement, âge au premier vêlage. Etant donné le poids prépondérant de la parité sur la forme de la courbe de lactation, trois modèles différents ont été développés pour les vaches en 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation et plus. Les variables explicatives ont été sélectionnées pas-à-pas de manière ascendante. Afin d'évaluer l'effet propre des principaux facteurs et d'améliorer la qualité des modèles, un effet aléatoire associé au troupeau a été intégré. Ces modèles mixtes ont permis d'obtenir des moyennes ajustées de l'effet troupeau.

L'analyse du lien entre la forme de la courbe et les performances de reproduction a consisté à comparer les indicateurs de reproduction de deux groupes d'animaux (nommés *Pic+* et *Pic-*) constitués au sein d'une même parité et d'une même classe de production laitière en 305 jours de lactation (de 5000-6000 à 9000-10000 kg de lait). Au total, 45 481 lactations ont été conservées pour constituer les différents groupes. Les profils se caractérisent donc par des niveaux de pic et de persistance différents pour une même production en 305 jours. Le profil *Pic+* rassemble les lactations dont le pic est élevé et la persistance moindre, et le profil *Pic-* les lactations dont le pic est plus faible et la persistance élevée (Figure 1).

Des modèles mixtes d'analyse de variance-covariance ont permis de quantifier l'effet du groupe sur l'IVIA1, l'IVIAF et le NbIA/IAF. Le mois de vêlage, l'âge au premier vêlage et la durée de tarissement ont été intégrés en effets fixes. Le troupeau a été intégré en effet aléatoire.

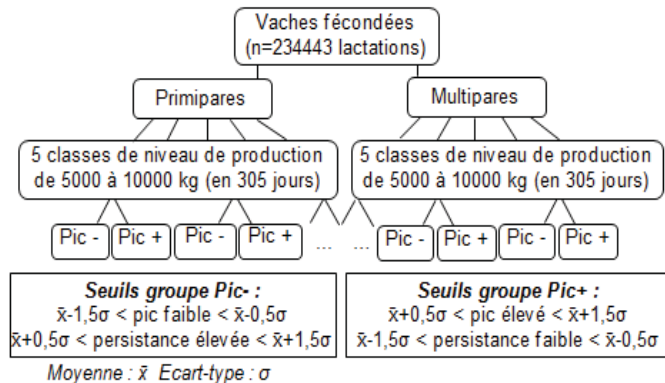


Figure 1 : Constitution des profils *Pic+* et *Pic-*

## 2. RESULTATS

### 2.1. DES FORMES DE COURBE DIVERSIFIEES

Une lactation dure, en moyenne ± écart-type, 319 ± 44 jours et est suivie de 65 ± 17 jours de tarissement. La production laitière moyenne s'élève à 6938 ± 1366 kg de lait en 305 jours de lactation. Le pic de lactation moyen atteint 29,4 ± 6,1 kg/VL et a lieu 46 ± 22 jours après le vêlage. La persistance est en moyenne à 0,88 ± 0,10. Les variables pic de lactation et persistance suivent une loi de distribution normale. Le pic et le niveau de production sont corrélés positivement ( $r=0,84$ ,  $P<0,0001$ ). La corrélation entre le pic et la persistance est plus faible et négative ( $r=-0,35$ ,  $P>0,0001$ ).

### 2.2. FORTEMENT INFLUENCEES PAR LA PARITE ET LE MOIS DE VELAGE

La parité est le premier facteur de variation du pic et de la persistance. Le pic de lactation est plus faible et plus tardif chez les primipares en comparaison aux multipares (respectivement, 25 kg à 49 jours et 32 kg à 44 jours ;  $P<0,0001$ ). La persistance des primipares est supérieure à celle des multipares : 0,92 ± 0,10 contre 0,86 ± 0,10 ( $P<0,0001$ ). En 2<sup>ème</sup> lactation, le profil de courbe est intermédiaire et se rapproche de celui des vaches en 3<sup>ème</sup> lactation et plus (Figure 2).

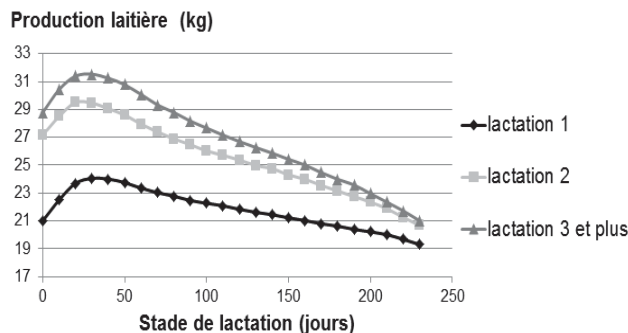


Figure 2 : Evolution de la production laitière (kg/j) en fonction du stade de lactation pour chaque rang de lactation

Le mois de vêlage est le deuxième facteur explicatif de la forme de la courbe. Les lactations qui débutent en été/automne (de juin à novembre) sont caractérisées par des pics plus faibles que les lactations débutant en hiver/printemps (de décembre à mai). Pour les multipares, les écarts de niveau de production au pic, ajustés des effets des autres facteurs, atteignent 3,9 kg entre le mois le plus favorable à l'expression du pic (avril) et le mois le plus limitant (juillet). La persistance est quant à elle pénalisée pour les vêlages de mars à juillet et favorisée de septembre à janvier (Figure 3).

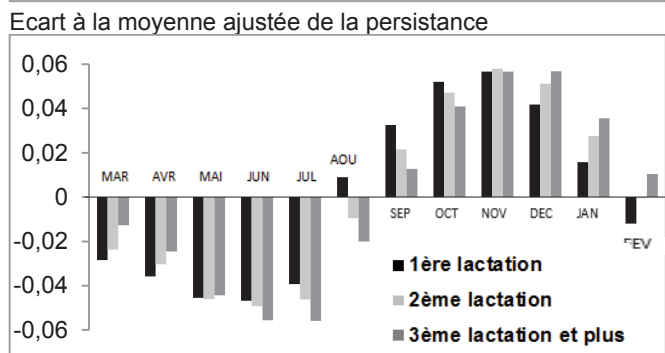
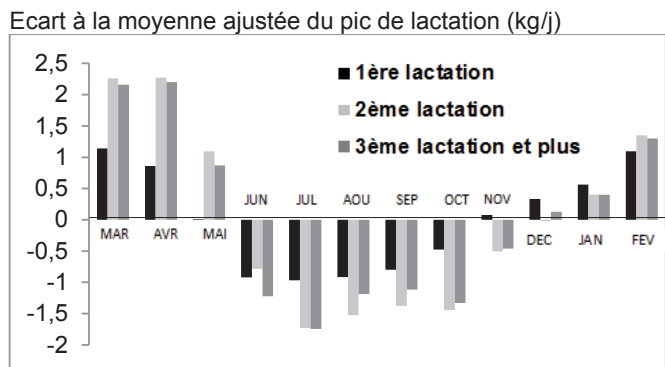


Figure 3 : Effet du mois de vêlage sur la persistance et le pic de lactation (kg) représenté par l'écart à la moyenne ajustée

### 2.3. LES VACHES A PIC ELEVE SONT FECONDEES PLUS PRECOCEMENT

La production du profil *Pic+* (définition en Figure 1) est plus importante au cours des 100 premiers jours de lactation (par exemple, +494 kg pour les multipares *Pic+* à 6000-7000 kg, par rapport aux vaches *Pic-*). De 100 à 200 jours, les vaches *Pic+* et *Pic-* produisent la même quantité de lait. Dans le derniers tiers de la lactation, c'est le profil *Pic-* qui produit davantage de lait et termine avec une même production en 305 jours que le profil *Pic+* (Tableau 1).

Tableau 1 : Performances de production et de reproduction (moyennes ajustées) des deux types de profil de courbe de lactation, pour les primipares et multipares de la classe de production 6000-7000 kg de lait en 305 jours

PRIMIPARES 6000-7000 kg			
Effectif	<i>Pic+</i>	<i>Pic-</i>	P
Pic (kg/j)	28,2 ± 0,7	23,4 ± 0,7	***
Persistance	0,84 ± 0,03	1,00 ± 0,02	***
Durée lactation (j)	317,8 ± 38,1	330,1 ± 38,4	***
Lait 305 jours (kg)	6555 ± 271	6436 ± 257	***
Date pic (j. pp)	44,1 ± 19,7	53,3 ± 23,8	***
IVIA1 (jours)	76,1 ± 31,3	81,8 ± 37,5	***
NbIA/IAF	1,58 ± 1,07	1,68 ± 1,31	***
IVIAF (jours)	96,6 ± 46,7	107,1 ± 56,7	***
MULTIPARES 6000-7000 kg			
Effectif	<i>Pic+</i>	<i>Pic-</i>	P
Pic (kg/j)	32,2 ± 0,9	25,9 ± 0,9	***
Persistance	0,76 ± 0,03	0,94 ± 0,03	***
Durée lactation (j)	301,7 ± 36,1	319,4 ± 39,1	***
Lait 305 jours (kg)	6597 ± 268	6530 ± 269	***
Date pic (j. pp)	38,1 ± 18,7	45,5 ± 23,3	***
IVIA1 (jours)	70,8 ± 28,9	78,1 ± 34,0	***
NbIA/IAF	1,43 ± 0,89	1,56 ± 1,06	***
IVIAF (jours)	85,8 ± 43,2	99,3 ± 51,1	***

\*\*\* effet significatif du facteur « profil »,  $P < 0,0001$

Le profil *Pic-* est caractérisé par un pic plus tardif que le profil *Pic+*, respectivement 9 et 7 jours pour les primipares et les multipares. La forme de la courbe de lactation a un effet

significatif ( $P < 0,0001$ ) sur les trois critères de reproduction étudiés. Le profil *Pic+* se caractérise par un IVIA1, et un IVIAF significativement plus courts, ainsi qu'un NbIA/IAF significativement plus faible. Le profil *Pic+* présente un taux de réussite en 1<sup>ère</sup> IA plus élevé (62,2 contre 54,4 %) et un nombre plus faible de vaches nécessitant 3 IA et plus (13,5 contre 15,9 %). Ces résultats sont vérifiés quelles que soient la parité et la classe de niveau de production (Figure 4). Ces écarts de performances de reproduction sont conséquents. A titre d'exemple, pour un niveau de production de 6000-7000 kg de lait, les vaches *Pic+* sont fécondées 10 à 13 jours plus tôt que les vaches *Pic-*, respectivement pour les primipares et les multipares.

### Intervalle vêlage - IA fécondante (jours)

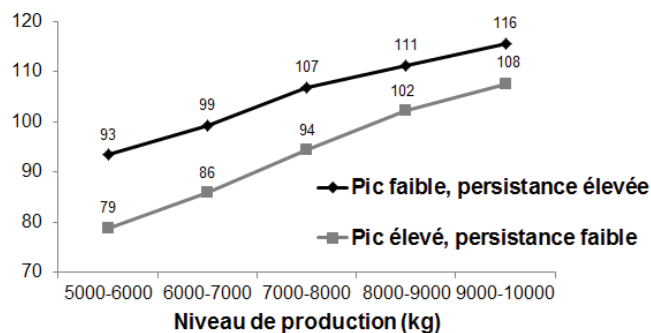


Figure 4 : Evolution de l'IVIAF (jours) en fonction du niveau de production pour 2 profils de courbe différents en multipare

## 3. DISCUSSION

### 3.1. UNE MEILLEURE PERSISTANCE POUR LES PRIMIPARES

Les primipares ont un pic de lactation plus faible (-7 kg), plus tardif (+5 jours) et une meilleure persistance que les multipares (+0,05), en accord avec la littérature (Miller *et al.*, 2006 ; Cobuci *et al.*, 2003 ; Leclerc *et al.*, 2008). La différence de production au pic de lactation s'explique avant tout par des différences de niveau d'ingestion, de mobilisation des réserves corporelles et de besoins métaboliques en lien avec les besoins de croissance des primipares (INRA, 2010).

D'un point de vue physiologique, cette forme de courbe différente s'explique par la dynamique des cellules épithéliales mammaires. En début de lactation, le nombre de cellules sécrétrices dans la glande mammaire est plus faible chez les primipares en comparaison aux multipares. En revanche, au cours de cette première lactation, la prolifération et la différenciation des cellules initiales en cellules sécrétrices est plus intense ce qui leur confère une meilleure persistance que les multipares (Miller *et al.*, 2006).

### 3.2 LA SAISON DE VELAGE MODULE FORTEMENT LA COURBE DE LACTATION

L'effet de la saison de vêlage sur la forme de la courbe de lactation mis en évidence dans cette étude est en accord avec la littérature (Leclerc *et al.*, 2008). Cet effet s'explique par la succession des séquences alimentaires au cours d'une année. En vêlage de printemps, la production est surtout importante en début de lactation où le pâturage assure un apport nutritionnel élevé et de qualité. Les vaches qui vêlent en automne produisent davantage en fin de lactation (Leclerc *et al.*, 2008). Un second pic de production plus modeste, parfois observé en seconde partie de lactation, coïncide avec la mise à l'herbe (Brunschiwig *et al.*, 2001). La photopériode et les variations de température peuvent également expliquer cet effet, mais dans une moindre mesure (Capuco *et al.*, 2003, Dahl et Petitclerc, 2003).

Une forte chute de production autour du mois d'octobre pour les lactations ayant démarré au printemps coïncide avec une période de transition alimentaire délicate. Les animaux

passent d'un régime pâturage à un régime hivernal à base de foin-regain, parfois brutalement. Les vaches qui vêlent à cette période sont également celles dont le démarrage en lactation est le plus faible.

### 3.3. UN PIC MODERE ET UNE BONNE PERSISTANCE SONT-ILS ASSOCIES A DE MEILLEURS RESULTATS DE REPRODUCTION ?

Tous niveaux de production confondus, l'IVIAF, l'IVIA1 et le NblA/IAF augmentent avec le pic de lactation ( $P < 0,0001$ ). Ces résultats sont conformes aux nombreuses références sur ce sujet (Seegers *et al.*, 2005 ; Disenhaus *et al.*, 2005 ; Dubois *et al.*, 2006). Cependant, contrairement à ce qui était attendu, pour un même niveau de production en 305 jours, les résultats de reproduction des vaches qui expriment le plus fort pic de lactation sont meilleurs que ceux des vaches dont le pic est moindre et ont une meilleure persistance. Rappelons que le mois de vêlage est un facteur intégré dans le modèle et que les résultats ne peuvent s'expliquer par un effet de la date de vêlage.

Ces résultats sont à discuter à partir d'hypothèses associées à la capacité d'ingestion et la mobilisation des réserves corporelles, sans doute différentes selon les vaches et leurs profils de courbes de lactation. Deux hypothèses à l'échelle de l'animal nous semblent pouvoir être évoquées :

Premièrement, les vaches du profil *Pic-* ont une production laitière plus faible dans les 100 premiers jours de lactation. Or le niveau de production est très corrélé au niveau d'ingestion (INRA, 2010). Ainsi, un niveau faible de production au pic de lactation pourrait être lié à des facteurs ayant pénalisé l'ingestion en début de lactation. L'alimentation, mais également les boiteries, métrites, ou autres problèmes sanitaires peuvent pénaliser l'ingestion et la production laitière tout en amplifiant le déficit énergétique en début de lactation. A l'inverse, les vaches du profil *Pic+* sont celles qui ont le niveau de production le plus élevé en début de lactation. Ainsi l'expression d'un fort pic de lactation peut être associée à un niveau d'ingestion important qui limite le déficit énergétique en début de lactation.

Deuxièmement, pour un même niveau de production, les vaches qui ont le pic le plus faible sont celles dont le niveau de production est le plus persistant. Alors même si un pic écrêté permettait une amélioration du bilan énergétique dans les 50 premiers jours de la lactation, ces vaches, qui produisent plus ensuite, ont peut-être un déficit énergétique modéré mais plus durable. Or, l'impact du moment de la reprise d'état corporel après le vêlage sur les résultats de reproduction a déjà été démontré (Dubois *et al.*, 2006). Le pic de lactation du profil *Pic-* est plus tardif que dans le groupe *Pic+*. Or, la littérature indique également qu'un pic de lactation tardif, est associé à de moins bonnes performances de reproduction (Seegers *et al.*, 2005).

Le suivi de l'évolution des notes d'état corporel dans les différents profils de courbe de lactation auraient permis d'étayer les hypothèses précédentes.

D'un point de vue génétique, les vaches *Pic-* ont peut-être aussi un potentiel laitier plus important et seraient donc génétiquement moins fertiles. Des facteurs tels que l'alimentation et la santé ne leur permettraient pas d'exprimer leur potentiel. Ces vaches produisent alors une même quantité de lait en 305 jours que les vaches *Pic+* de potentiel laitier inférieur tout en ayant de moins bonnes performances de reproduction.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de quantifier les effets de la parité et du mois de vêlage sur la forme de la courbe de lactation en race Montbéliarde et dans les systèmes de production Franc-Comtois. Les liens entre le pic de lactation, la persistance et les résultats de reproduction ont également pu être étayés et discutés.

Pour un même niveau de production totale, les vaches qui expriment le plus fort pic de lactation sont celles qui obtiennent de meilleures performances de reproduction. Ces résultats nous incitent à moduler les messages autour de l'intérêt de l'écrêtement du pic de lactation sans pour autant les remettre totalement en cause. Des études ultérieures à l'échelle du troupeau sont nécessaires pour explorer plus précisément l'intérêt des stratégies d'écrêtement du pic dans les élevages laitiers. L'écrêtement du pic de lactation et l'amélioration de la persistance n'ont d'intérêt que s'ils sont associés à un meilleur bilan énergétique en début de lactation. Ainsi, cette stratégie aura un impact positif sur la reproduction à condition qu'elle s'accompagne d'un maintien du niveau d'ingestion et d'un bilan énergétique favorable. Un écrêtement du pic peut en effet être la cause comme la conséquence d'une baisse du niveau d'ingestion en début de lactation.

D'autre part, il semble pertinent de développer une étude similaire chez d'autres races laitières plus spécialisées (Holstein notamment) afin de confirmer ou non ces résultats originaux.

**Brocard V., Portier B., François J., Tranvoiz E., Brun T., 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, 273-276.**

**Brunschwig P., Lamy J-M., 2004. Renc. Rech. Ruminants, 11, 280.**

**Brunschwig P., Veron J., Perrot C., Faverdin P., Delaby L., Seegers H., 2001. Renc. Rech. Ruminants, 8, 237-244.**

**Capuco A.V., Ellis S.E., Hale S.A., Long E., Erdman R.A., Zhao X., Paape M.J., 2003. J. Anim. Sci., 81, 18-31.**

**Cobuci J.A., Euclides R.F., Pereira C.S., Ameda Torres R., Costa C.N., Lopes P.S., 2003. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 11, 63-173.**

**Dahl G.E., Petitclerc D., 2003. J. Anim. Sci., 81, 11-17.**

**Disenhaus C., Grimard B., Trou G., Delaby L. 2005. Renc. Rech. Ruminants, 12, 125-135.**

**Dubois P., Freret S., Charbonnier G., Humblot P., Ponsart C., 2006. Renc. Rech. Ruminants, 13, 295.**

**Faverdin P., Delaby L., Vérité R., Marquis B., 1998. Renc. Rech. Ruminants, 5, 263.**

**Grummer R.R., 2007. Theriogenology, 68, 281-288.**

**INRA, 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins, Ed QUAE, 312 pages.**

**Leclerc H., Barbat-Leterrier A., Ducrocq V., 2009. Renc. Rech. Ruminants, 16, 291-296.**

**Leclerc H., Duclos D., Barbat A., Druet T., Ducrocq V., 2008. Animal, 2(3), 344-353.**

**Miller N., Delbecchi L., Petitclerc D., Wagner G.F., Talbot B.G., Lacasse P., 2006. J. Dairy Sci., 89, 4669-4677.**

**Peyraud J-L., Le Gall A., Delaby L., Faverdin P., Brunschwig P., Caillaud D., 2009. Fourrages, 197, 47-70.**

**Rastani R.R., Grummer R.R., Bertics S.J., Gümen A., Wiltbank M.C., Mashek D.G., Schwab M.C., 2005. J. Dairy Sci., 88, 1004-1014.**

**Rémond B., Kérouanton J., Brocard V., 1997. INRA Prod. Anim., 10(4), 301-315.**

**Rémond B., Coulon J.B., Nicloux M., Levieux D., 1999. Annales de Zootechnie, 48, 341-352.**

**Seegers H., Beaudreau F., Blossé A., Ponsart C., Humblot P., 2005. Renc. Rech. Ruminants, 12, 141-144.**