

## Valorisation des coproduits du modèle génétique basé sur les contrôles élémentaires pour améliorer les outils de conseil

HUQUET B. (1, 2), LECLERC H. (1), DUCROCQ V. (2)

(1) Institut de L'Élevage, Département GIPSIE, 149, rue de Bercy 75595 PARIS Cedex 12, France

(2) INRA UMR 1313, Génétique Animale et Biologie Intégrative, Bât 211, 78 352 Jouy-en-Josas Cedex, France

**RESUME** - Le contexte de production des exploitations laitières bovines connaît actuellement des mutations profondes. La volatilité des prix du lait et la suppression des quotas complexifient fortement les prises de décisions des éleveurs. Dans ce contexte, il est important de disposer d'outils de pilotage du troupeau laitier efficaces et dynamiques pour permettre d'adapter régulièrement sa conduite. La construction de ce type d'outils est engagée dans le cadre de GENESYS (GENEtique, conduite et SYStème chez les bovins laitiers), programme « recherche finalisée et innovation » CASDAR.

L'appui technique réalisé par les Organismes de Conseil en ELevage (OCEL) se base sur les productions brutes enregistrées mensuellement (lait, taux butyreux et protéique). Jusqu'à présent, les outils utilisés ne permettaient pas de quantifier finement l'impact des facteurs expliquant la performance observée : l'âge et le mois de vêlage, les durées de tarissement, et de gestation, le niveau génétique. Ces facteurs constituent pourtant des leviers d'actions sur la conduite du troupeau. Désormais disponibles grâce au modèle génétique d'analyse des contrôles élémentaires, leurs estimées pourraient permettre d'améliorer les outils d'appui technique utilisés par les OCEL pour prédire la production d'un animal (ou d'un troupeau), établir un diagnostic en comparant le réalisé et le prédit, simuler l'impact de changements de conduite (portant par exemple sur l'âge et la période de vêlage, ou la durée de tarissement...) sur la production. Le principal levier d'action sur la conduite de troupeau reste l'alimentation. La part de la production journalière d'un animal permise par son alimentation, inconnue jusqu'alors, peut aujourd'hui être approchée par un coproduit du modèle « contrôles élémentaires » : l'effet Troupeau Jour de Contrôle (TJC). Il représente la part de la production d'un animal le jour du contrôle de performance permise uniquement par les éléments communs à l'ensemble des vaches du troupeau le jour du contrôle ; c'est à dire principalement l'alimentation du jour mais aussi les conditions climatiques. Le lien entre les effets TJC et la conduite de troupeau (principalement l'alimentation) est étudié à partir de données provenant de 452 exploitations de race Holstein, Normande et Montbéliarde, adhérentes aux OCEL Bretagne, Jura et Orne ou faisant partie de la base de données Diapason des réseaux d'élevages. Un nouveau référentiel des conduites de troupeau est proposé sur la seule base de la connaissance des effets TJC des élevages à travers la création de 3 groupes d'élevages types.

## Monthly milk records: the basis of a new valued extension service for a more efficient management

HUQUET B. (1, 2), LECLERC H. (1), DUCROCQ V. (2)

(1) Institut de L'Élevage, Département GIPSIE, 149, rue de Bercy 75595 PARIS Cedex 12, France

**SUMMARY** – The production context in dairy cattle farms nowadays faces important changes. Price volatility and new management of total milk production by the dairy industry make the breeders' decision making process more complex. Breeders need efficient and dynamic tools to adapt their herd management to this situation. GENESYS, a CASDAR program, deals with the development of such tools. Dairy herd extension services supplied by the French milk recording organizations are based on raw data collected monthly (milk, fat and protein percent, somatic cell count). Until now, the monitoring software do not quantify the impact of factors explaining the observed performance, such as age, month of calving, length of dry period, gestation, genetic level and a measure of the production environment effect : the Herd Test-Day (HTD) effect. All these factors are the main levers for adjusting herd management. Now available, their estimates from test-day model evaluations can be used in a new generation of extension services software. Four main applications are planned: to forecast future animal (or herd) production, to compare predicted HTD with real ones, to simulate the impact of management changes (e.g., calving period, age at first calving, length of dry period...) and to highlight the herd management strengths and weaknesses through its HTD pattern, comparing it with those obtained in a reference group. HTD pattern analysis, i.e., how HTD effects fluctuate over time, is related to short-term environmental effects. It can be used as an indicator of herd management efficiency. HTD pattern clustering was performed on test-day results (since 2005) from 740 farms. Three clusters of HTD pattern were identified and interpreted in terms of management from surveys in three areas (Brittany, Orne, Jura) carried out by French milk recording organizations and the Diapason database

## INTRODUCTION

Les mutations actuelles du contexte de production des exploitations laitières bovines (volatilité des prix, fluctuation des volumes) complexifient fortement les prises de décisions des éleveurs. Dans ce contexte où la flexibilité va jouer un rôle majeur sur la marge de l'atelier laitier, il est important de disposer d'outils de pilotage dynamique du troupeau pour permettre d'adapter efficacement la conduite. Actuellement, les Organismes de Conseil en ELevage (OCEL) utilisent des outils de prédiction de la production laitière pour assurer un conseil sur la production laitière et sa gestion. Ces outils

s'appuient sur un référentiel de courbes de lactation (ARCOLA), qui a été élaboré au début des années 1990 et qui intègre uniquement le niveau de production annuel attendu du troupeau, le rang de lactation et le mois de vêlage. Pour faire face aux nouveaux besoins de flexibilité de la production et améliorer les outils de conseil existants, le programme CASDAR GENESYS (GENEtique, conduite et SYStème chez les bovins laitiers) propose la construction d'outils qui intègrent les avancées de la recherche en génétique : les coproduits du modèle d'évaluation génétique basé sur les contrôles élémentaires.

Le modèle « contrôles élémentaires » permet de mieux estimer le potentiel génétique de chaque animal à partir des performances laitières mensuelles mesurées à chaque contrôle laitier contrairement au modèle « lactation » qui ne valorise que la production reconstituée sur 305 jours. Le modèle statistique « contrôles élémentaires » développé à des fins génétiques donne néanmoins de nombreuses clés pour le conseil en élevage. La description de certains coproduits de ce modèle est développée dans la première partie de cet article. La deuxième partie est consacrée au développement d'outils de conseil au sein du programme GENESYS à partir de ces coproduits.

## 1. LES COPRODUITS DU MODELE GENETIQUE « CONTROLES ELEMENTAIRES »

Les modèles d'évaluation génétique consistent à expliquer les performances (lait en kg, TB et TP en g/kg) enregistrées lors du contrôle de performance par un certain nombre de facteurs comme le potentiel génétique mais aussi le rang de lactation, l'âge et le mois de vêlage, le stade de gestation, la durée de tarissement... qui sont des éléments utiles pour le conseil en élevage. Chacun de ces facteurs est estimé en interaction avec le rang de lactation, l'année et la zone géographique. La spécificité du modèle « contrôles élémentaires » est la prise en compte de ces facteurs en fonction du stade de lactation contrairement au modèle « lactation » qui estime seulement leur effet global sur la lactation. Les effets des facteurs sont donc estimés plus précisément et plus finement. La description exhaustive du modèle statistique « contrôles élémentaires » utilisé pour estimer les effets présentés ci-après à partir de toutes les performances enregistrées depuis 1990 est détaillé dans un autre article (Leclerc et al., 2009).

### 1.1. UNE MEILLEURE ESTIMATION DES EFFETS AU NIVEAU DE L'ANIMAL

Les effets sur la production d'un animal sont estimés pour chaque stade de lactation ou stade de gestation en corrigeant pour tous les autres effets du modèle (comme dans la figure 1). Ils peuvent être calculés à l'échelle de la lactation et sont exprimés en déviation par rapport à un niveau de référence mis à zéro (tableaux 1, 2 et 3) en kg de lait. Dans cette partie, seuls les effets sur la production laitière sont présentés.

**Age au vêlage** – L'effet de l'âge au vêlage est surtout marqué en 1<sup>ère</sup> lactation. Un premier vêlage à 3 ans conduit ainsi à produire 871 kg, 843 kg, et 698 kg de lait de plus sur la lactation qu'un vêlage à 2 ans, chez les vaches de race Holstein (Ho), Montbéliarde (Mo) et Normande (No) respectivement (Tableau 1). L'écart de production journalière entre un 1<sup>er</sup> vêlage à 2 ans ou 3 ans s'amointrit avec le stade de lactation (3,6 kg au pic de lactation en Holstein contre 2,3 kg après 305 jours de lactation). L'effet de l'âge au vêlage s'amenuise avec les lactations : vêler à 4 et 5 ans plutôt qu'à 3 et 4 ans pour les rangs de lactation 2 et 3 permet de majorer la production d'une vache Holstein de 445 kg (L2) et 177 kg (L3) de lait.

**Tableau 1** : Effet de l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage (en mois) sur la production de lait sur la lactation (kg) exprimé par rapport à un 1<sup>er</sup> vêlage à 30-31 mois.

âge	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39
Mo	-508	-305	-139	0	135	250	335	410
No	-412	-259	-113	0	113	220	286	344
Ho	-501	-313	-155	0	141	271	370	427

**Mois de vêlage** – La production laitière (corrigée pour tous les effets du modèle dont celui de l'alimentation) est maximale pour un vêlage en fin d'automne (et minimale pour un vêlage en été) pour les multiples alors que la fin d'hiver est la période de vêlage la moins favorable pour les primipares à

part pour les Montbéliardes (Tableau 2). Suivant le mois de vêlage, les différences de production peuvent atteindre 492 kg (Mo).

**Tableau 2** : Effet du mois de vêlage sur la production de lait en 1<sup>ère</sup> (L1) et 3<sup>ème</sup> (L3) lactation (kg) exprimé par rapport à un vêlage en septembre

mois	Janv	Mars	Mai	Juil	Sept	Nov
Mo – L1	27	-103	-86	-158	0	128
Mo – L3	110	38	-59	-294	0	198
No – L1	19	-49	-8	-42	0	78
No – L3	83	56	-12	-223	0	130
Ho – L1	-143	-197	-55	-26	0	17
Ho – L3	-50	-59	-108	-210	0	60

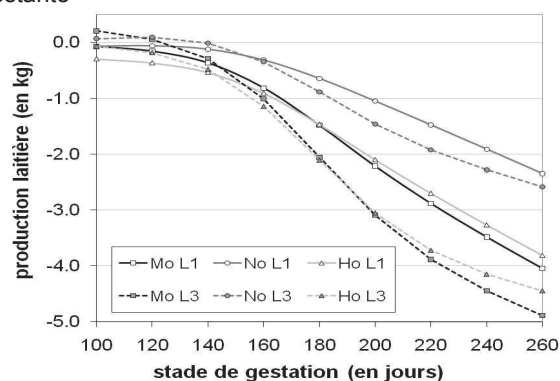
**Durée de tarissement précédent** : une durée très courte (≤ 15 jours), observable notamment lors d'un avortement est très pénalisante pour la production de la lactation suivante (Tableau 3). Pour une durée ≥ 60 jours, le gain de production ne permet pas de couvrir la perte de production sur la lactation précédente (non montré). Le gain associé à une augmentation de la durée de tarissement de 30 jours (par exemple de 55 à 85 jours) s'élève à 251 kg en race Holstein.

**Tableau 3** : Effet de la durée du tarissement précédent le 2<sup>ème</sup> vêlage sur la production de lait en L2 (en kg) exprimé par rapport à une durée de tarissement de 46 à 60 jours.

	- de 15	16-30	31-45	46-60	61-80	81 et +
Mo	-1426	-569	-175	0	108	210
No	-1104	-493	-149	0	96	199
Ho	-1766	-689	-204	0	121	251

**Le stade de gestation** : Du fait d'un accroissement des besoins liés à la croissance du fœtus au cours de la gestation, la production de lait est affectée à partir de 100 jours de gestation (Figure 1). Deux mois avant le vêlage, la perte de production journalière par rapport à une vache non gestante est de 2,4 kg en 1<sup>ère</sup> lactation Holstein (3,4 kg en 3<sup>ème</sup> lactation). Elle est moins importante en Normande (1,3 et 1,7 kg, en 1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation respectivement) que dans les 2 autres races

**Figure 1** : Effet du stade de gestation sur la production journalière de lait pour les 3 races en 1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation (en relatif par rapport à la production moyenne d'une vache non gestante)



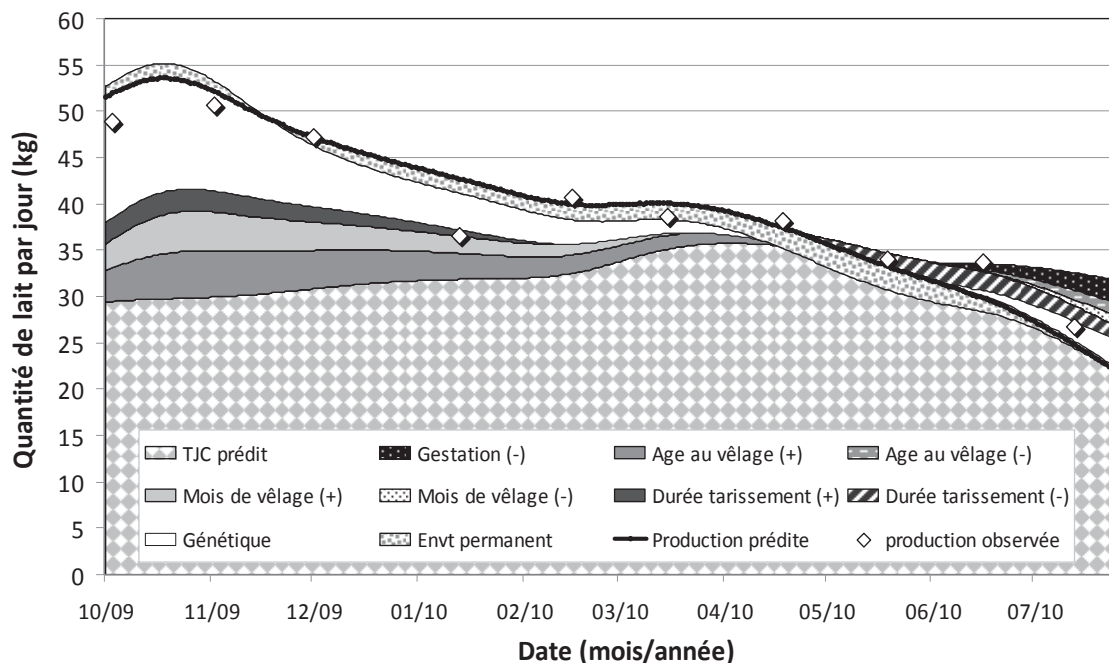
### 1.2. LES PROFILS TROUPEAU-JOUR DE CONTRÔLE

L'effet Troupeau Jour de Contrôle (TJC), estimé par le modèle « contrôles élémentaires », correspond à la production non expliquée par l'ensemble des autres facteurs présents dans le modèle (potentiel génétique, âge au vêlage, race...). Il représente l'impact sur la production de l'ensemble des éléments communs à toutes les vaches du troupeau le jour du contrôle de performance. Il s'agit d'éléments subis comme les conditions climatiques du jour mais aussi d'éléments maîtrisés comme l'alimentation, les conditions de logement... Pour un élevage, la courbe représentant l'effet TJC au cours du temps est appelée profil TJC. Nous faisons l'hypothèse

que les profils TJC (lait, TP, TB) d'un élevage représentent essentiellement l'impact de la conduite de troupeau (principa-

lement l'alimentation) au cours du temps sur la production de chaque animal du troupeau.

**Figure 2 :** Prédiction de la production d'une vache Holstein en 3<sup>ème</sup> lactation à partir de l'effet TJC prédit du troupeau et de ses caractéristiques propres (âge, mois de vêlage, niveau génétique...) confronté à la production observée a posteriori. [+] et [-] représentent respectivement les facteurs ayant un effet positif ou négatif sur la production.



## 2. EXPLOITER CES INFORMATIONS DANS DES OUTILS DE CONSEIL

La connaissance fine des effets des facteurs sur la production d'un animal grâce au modèle « contrôles élémentaires » pourrait permettre d'améliorer les outils de conseil déjà existants pour prédire la production laitière, établir un diagnostic (en comparant la production réalisée avec la production prédite) et simuler l'impact d'un changement de conduite au niveau de l'animal et à l'échelle du troupeau (partie 2.1). Par ailleurs, l'analyse des profils TJC peut conduire à un nouveau référentiel des conduites de troupeau présenté dans la partie 2.2.

### 2.1. AMELIORER LES OUTILS EXISTANTS

La plus value des outils développés à partir des coproduits du modèle « contrôles élémentaires » repose principalement sur l'utilisation de représentations graphiques explicitant l'impact cumulé des différents facteurs sur la production. Ces outils en cours de développement présentent l'intérêt d'exploiter les caractéristiques spécifiques du troupeau en se basant sur les effets estimés au cours des 5 années antérieures. Ceci suppose que les effets sur la production des différents facteurs (alimentation, conditions de logement, variations saisonnières,...) sont dans l'ensemble assez similaires d'une année sur l'autre. Si des évolutions importantes s'imposent du fait d'une évolution du contexte de production, les éleveurs et leur conseiller pourront les intégrer aux outils.

**Prédire la production.** Dès lors que l'animal a déjà été pris en compte dans une évaluation (1<sup>ère</sup> lactation débutée pour disposer de l'information sur le niveau génétique), sa production peut être prédite pour chaque stade de lactation à partir de ses caractéristiques propres (âge et mois de vêlage, durée de tarissement précédente, niveau génétique, effet TJC prédit pour son troupeau) (figure 2). Cette prédiction est actuellement possible pour les 3 premières lactations. L'extension aux lactations de rang 4 et plus sera développée ultérieurement. Par cumul des résultats à la vache, on peut prédire la production du troupeau pour chaque mois.

**Etablir un diagnostic au niveau de l'animal ou de l'élevage).** En confrontant les prévisions de production effectuées au niveau de l'animal ou du troupeau aux productions

observées, il est possible de développer un système d'alerte pour détecter les variations de production anormales. Dans l'exemple précédent (figure 2), un écart de 6 kg de lait est enregistré entre la production prédite et la production observée au cours du mois de janvier 2010. Ce diagnostic peut aussi être établi sur le facteur conduite de l'alimentation en se basant sur les effets TJC.

**Simuler l'impact d'un changement de conduite (d'élevage ou alimentaire).** Les outils proposés permettent de quantifier l'impact d'un changement des facteurs de conduite d'élevage tels que l'âge et le mois de vêlage, la durée de tarissement sur un animal ou un groupe d'animaux. Par exemple, si un éleveur souhaite regrouper les vêlages de ses primipares sur la fin de l'été, il est possible d'analyser les conséquences de ce changement sur la répartition des livraisons de lait et sur le revenu attendu.

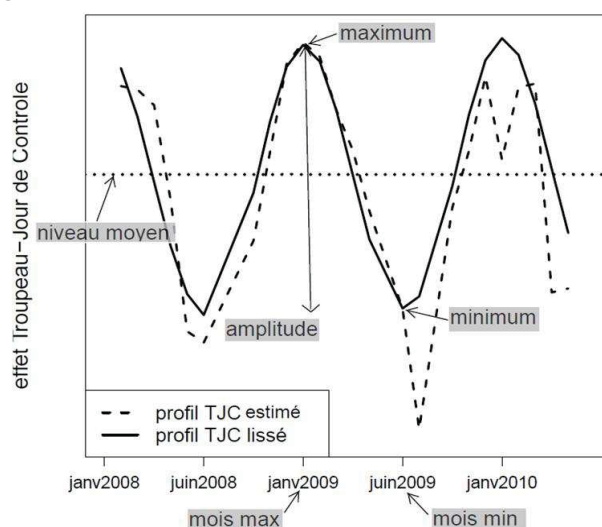
### 2.2 LES PROFILS TJC A LA BASE D'UN NOUVEAU REFERENTIEL DES CONDUITES DE TROUPEAU

L'approche globale consiste à créer des groupes d'élevages ayant des profils TJC semblables et à les interpréter en termes de conduite de troupeau. L'étude est basée sur 452 fermes (Holstein, Montbéliarde et Normande). La conduite du troupeau est connue grâce à des enquêtes menées par les 3 OCEL partenaires (Bretagne, Jura, Orne) et grâce à la base de données des Réseaux d'Élevages, complétées par des informations extraites du Système d'Information Génétique (SIG). Les informations portent sur la reproduction (âge moyen au premier vêlage, Intervalle vêlage-vêlage, distribution des vêlages au cours de l'année...), les moyens de production (surfaces, ration annuelle...), et la composition du troupeau. Les profils TJC (Lait, TB, TP) de ces élevages ont été estimés grâce au modèle « contrôles élémentaires » du printemps 2010 appliqué à l'ensemble des performances depuis 2000 des vaches au contrôle de performance. Ils ont ensuite été lissés pour faire ressortir la forme globale des profils TJC de chaque élevage qui se répète chaque année (Figure 4). Le modèle statistique utilisé pour lisser les profils TJC est inspiré de Koivula et al. (2007) qui les décrivent comme une combinaison linéaire de sinusoïdes. Il a été élaboré à partir des effets TJC depuis 2000 provenant de 36154 exploitations. Les profils TJC lissés des 452 fermes de l'étude



GENESYS ont ensuite été décrits par des variables comme la moyenne (niveau moyen intra-élevage), le minimum et le maximum du profil TJC lissé ainsi que les mois qui y sont associés (mois min et mois max) et l'amplitude du profil (Figure 4). Les variables ont été centrées par race pour pouvoir étudier les 3 races simultanément.

**Figure 4** Les variables descriptives des profils TJC lissés



Une analyse factorielle contenant les 18 descripteurs des profils TJC (ces 6 descripteurs pour chacun des 3 profils (Lait, TB, TP)) des 452 élevages a été réalisée. Les principaux facteurs discriminant les élevages sont les niveaux des profils TJC en lait et en taux et dans une moindre mesure l'allure du profil (l'amplitude, les mois de creux et de pic). La variabilité inter-profil est élevée. Une Classification Ascendante Hiérarchique effectuée sur les 8 premiers axes de l'analyse factorielle (qui expliquent 67% de la variance totale), a permis d'identifier 3 groupes d'élevages aux profils TJC distincts. Ces 3 groupes d'élevages ont été interprétés en termes de conduite de troupeau via les données de conduite de troupeau collectées préalablement.

Les caractéristiques des groupes (G1, G2, G3) sont décrites dans le tableau 4 à partir de critères purement techniques, qui ne préjugent en rien de l'efficacité économique de la conduite.

**Tableau 4** Description des caractéristiques techniques des groupes d'élevages

		G1	G2	G3
Profils TJC (Lait, TB, TP)	Niveau TJC Lait <sup>1</sup>	-1,43	+3,47	-0,74
	Niveau TJC TB <sup>1</sup>	-1,22	-0,82	+1,54
	Niveau TJC TP <sup>1</sup>	-0,75	+0,73	+0,48
	Amplitude Lait <sup>2</sup>		91%	
	Amplitude TB <sup>2</sup>		94%	
	Amplitude TP <sup>2</sup>		85%	
Conduite de troupeau	Fourrages distribués <sup>2</sup>	91%		
	Foin distribué <sup>2</sup>	156%		
	Ensilage maïs distribué <sup>2</sup>	80%		
	Concentrés <sup>2</sup>	89%	112%	
	Chargement <sup>2</sup>	90%	111%	
	% de L1 <sup>2</sup>	82%		114%
	Age 1 <sup>er</sup> vêlage <sup>2</sup>		96%	
	Production (Kg/VL) <sup>2</sup>	94%	105%	

<sup>1</sup> production moyenne du groupe exprimée par rapport à la moyenne raciale (en kg ou en g/kg de lait)

<sup>2</sup> exprimé en pourcentage de la moyenne générale

Le premier groupe est composé d'élevages dont les profils TJC ont un niveau faible en Lait, en TB et en TP. La conduite du troupeau et/ou les caractéristiques de l'environnement ne

leur permettent pas d'exprimer le niveau de production moyen des élevages ayant des animaux de la même race. Dans ces élevages, la production de lait, l'utilisation de maïs et de concentrés sont plus limités que dans les autres groupes. Les élevages du groupe 2 présentent un niveau élevé de profil TJC lait et un niveau bas pour le TB. Dans ce groupe, les amplitudes des 3 profils sont plus faibles que dans les autres groupes. Cela tend à montrer que leur conduite est plus homogène tout au long de l'année. Ces élevages montrent un degré d'intensification plus important que la moyenne (plus de concentrés et chargement important). Enfin, le groupe 3 est composé d'élevages dont la conduite permet un bas niveau de TJC lait et des niveaux de TJC élevés pour les taux. Les profils TJC caractéristiques du groupe 3 ne semblent liés à aucune des variables disponibles décrivant la conduite de troupeau.

Cette étude a montré le lien existant entre le niveau moyen des profils TJC d'un troupeau et sa conduite de troupeau (principalement son niveau d'intensification). Ce lien assez simple devra être étudié plus finement en disposant de la description saisonnière (et pas annuelle comme dans cette étude) de l'alimentation du troupeau. Cela permettra de détecter des troupeaux ayant une conduite de troupeau permettant de produire plus en hiver qu'en été ou inversement.

L'utilisation de cette typologie des élevages basée sur leurs profils TJC a 2 avantages majeurs. Le premier est de focaliser l'attention sur la part de la production due uniquement à la conduite alimentaire de troupeau (TJC) au lieu de délivrer des conseils techniques à partir de performances brutes qui ne sont pas uniquement le reflet de la conduite de troupeau : elles comprennent aussi l'effet du potentiel génétique des animaux, du stade de lactation moyen... Le deuxième est de pouvoir réaliser des comparaisons technico-économiques au sein d'un groupe d'élevages ayant les mêmes profils TJC (c'est-à-dire des conduites alimentaires proches) et non pas au sein d'un territoire (comme cela est effectué actuellement) où les systèmes de production sont très divers

## CONCLUSION

Les coproduits du modèle « contrôles élémentaires » permettent d'améliorer les outils de gestion de la production laitière grâce la connaissance fine des facteurs jouant sur la production. Ces nouveaux outils sont en cours d'élaboration : trois OCEL partenaires du projet GENESYS vont entreprendre des tests en 2012 sur des élevages de races Holstein, Montbéliarde et Normande. Ces outils pourront à terme être déclinés par tous les OCEL et porteront sur les caractères de quantités de lait, mais également sur les taux de matières utiles. Des améliorations telles que la prise en compte des rangs de lactation supérieurs à 4 ou des lactations longues (plus de 335 jours) sont envisagées. Une extension aux comptages cellulaires est également prévue. A long terme, ces outils pourraient être adaptés aux races régionales. La typologie des conduites d'élevages à partir de la seule connaissance des profils TJC devra être perfectionnée en utilisant des données de conduite à l'échelle saisonnière. Sur le terrain, elle pourrait être la base d'un nouveau référentiel d'élevages. A des fins de recherche, elle pourra être utilisée comme définition de l'environnement dans l'étude de l'adaptation de la génétique à la diversité des systèmes d'exploitation.

Les auteurs remercient Christophe Lecomte (FCEL), les 3 OCEL partenaires (Bretagne Conseil Elevage, Jura Conseil Elevage et Orne Conseil Elevage) et Jocelyn Fagon (IDELE - DAR) pour les Réseaux d'Elevage qui ont participé au recueil des données et à la construction de ces outils.

Leclerc, H., Barbat-Leterrier, A., Ducrocq, V., 2009. 3R, 16, 291-294

Koivula, M., Nousiainen, J.I., Nousiainen, J., Mäntysaari, E.A., 2007. J. Dairy Sci., 82, 2563-2568