

Juillet 2013

Compte rendu n° 001371045

Département Génétique & Phénotypes - Service phénotypage et collecte de données

Xavier Bourrigan

COLLECTION RÉSULTATS

# Etude sur les possibilités d'évolution des protocoles robots



INSTITUT DE  
L'ÉLEVAGE



FRANCE  
CONSEIL ÉLEVAGE  
*Donner du sens à la mesure*

# **Etude sur les possibilités d'évolution des protocoles robots**

Compte rendu n° 001371045

Xavier BOURRIGAN  
Département Génétique et Phénotypes  
Service Phénotypage et Collecte de données

Juillet 2013

Cette étude a été réalisée par Xavier BOURRIGAN du Service Phénotypage et Collecte de données de l'Institut de l'Elevage, avec l'appui méthodologique et statistique d'Hélène LECLERC, Stéphanie MINERY, Bérénice HUQUET, Gilles THOMAS du Département Génétique et Phénotypes de l'Institut de l'Elevage.

La réalisation de cette étude a été possible grâce à la collaboration de France Conseil Elevage (FCEL), de David SAUNIER, Ingénieur en technologies à FCEL, des Entreprises de Conseil en Elevage (ECEL) partenaires, ALSACE, BCELO, CLASEL, Atlantic Conseil Elevage, Avenir Conseil Elevage, Littoral Normand Conseil Elevage, Orne Conseil Elevage, pour la collecte des données en élevage et la validation des différentes étapes du projet.

Le présent compte rendu d'étude est disponible sur le site de l'Institut de l'Elevage à l'adresse suivante : <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/resultats-etudes-documents-techniques.html>

Les résultats des travaux sur l'évolution des protocoles robots ont été présentés lors du congrès ICAR 2012 à Cork.

Les présentations (diaporama, article, vidéo) sont disponibles sur le site ICAR à l'adresse suivante : [http://www.icar.org/Cork\\_2012](http://www.icar.org/Cork_2012).

## Résumé

L'évolution croissante du nombre d'élevages équipés de robots de traite, les difficultés engendrées dans la réalisation des opérations de Contrôle de Performances officiel, ont conduit à une étude sur les possibilités d'évolution des protocoles robots.

Les objectifs de la présente étude sont la comparaison de 6 protocoles afin de déterminer le nombre minimal d'échantillons, la durée minimale d'échantillonnage pour estimer les taux et les matières le jour du contrôle.

L'analyse des résultats à partir de protocoles sans facteurs de correction montre que le fait de limiter le nombre d'échantillons (1 seul échantillon), impacte le TB et la MG (corrélations avec le protocole officiel respectivement de 0.846 et 0.923). Avec 2 échantillons, les corrélations obtenues sont d'un niveau supérieur à 0.960 pour la MG, le TP et la MP, seul le TB est affecté. Le passage d'une période d'échantillonnage de 12 heures à 8 heures diminue la précision de tous les caractères (principalement le TB). Toutes les vaches ne disposent pas d'au moins 1 échantillon lorsque la période d'échantillonnage est inférieure à 12 heures.

Un autre protocole a été testé afin d'améliorer l'estimation sur 24 heures des taux et des matières à partir d'un seul échantillon. Un modèle de régression linéaire avec 240 combinaisons prenant en compte le rang de lactation, le stade de lactation, l'intervalle de traite, le moment du jour de prélèvement de l'échantillon a été testé. En comparaison avec une référence 24 heures, l'estimation quotidienne du TB et de la MG est meilleure à partir d'1 seul échantillon avec facteurs de correction qu'avec 1 seul échantillon non corrigé (gain de précision observé peu important pour le TP et la MP).

Les gains de précisions observés pour le TB après correction, selon le moment du jour de prélèvement de l'échantillon et le rang de lactation, sont compris entre 3.6 % et 3.8 % mais les niveaux de corrélation restent inférieurs à 0.841. L'analyse des résultats selon les intervalles de traite confirme l'amélioration du niveau de précision à partir d'un seul échantillon corrigé.

Au regard des résultats de l'étude, les niveaux de précision obtenus avec un seul échantillon corrigé (en particulier pour le TB) ne permettent pas une utilisation pour l'évaluation génétique et le conseil en élevage.

Une autre voie d'amélioration consiste à appliquer un modèle de régression avec 7 facteurs de correction (modèle de Peeters et Galesloot, 2002). Les premiers résultats observés avec un modèle de ce type semblent intéressants et nécessitent un prolongement de la présente étude sur la base d'un échantillon de données plus conséquent.

**Mots clé :** robot de traite, contrôle de performances, échantillonnage, TB

## Abstract

The evolution of the number of farms equipped with Automatic Milking System (AMS), the difficulties in milk recording lead to examine ways to improve and simplify protocols. The aim of this study is to compare six protocols to determine minimal number samples, minimal sampling period to estimate accurate 24-hour fat and protein (yields and percentage). Protocols were tested from unadjusted and adjusted samples. Analysis of results with unadjusted samples shows that the limitation of number samples (only one sample) impact fat percentage and yields (correlations 0.846 and 0.923 respectively). With two samples, correlations are higher than 0.960 for fat yields, protein yields and percent, only fat percent is affected. The limitation of sampling period from 12 hours to 8 hours decreases the accuracy for all traits (mainly for fat percentage) and all cows are not sampled when the sampling period is lower than 12 hours. Another protocol was tested to improve estimated 24-hour fat and protein with one single sample. Separate regressions for 240 combinations of parity, milking interval, lactation stage, time of sampling milking were fitted in adjusted sample. The accuracy of 24-hour fat percent and yields is better with one single sample adjusted from one sample unadjusted (compared with reference 24-hour). There is little improvement of accuracy in protein yields and percentage. Correlations between true and estimated daily fat percent derived from am (pm) milking increase from 0.804 to 0.840 for first lactations (0.795 to 0.832) and from 0.785 to 0.822 (from 0.772 to 0.810) for later lactations. The analysis of the results between milking intervals confirms better accuracy with one single sample adjusted for fat percentage and yields. However, the level of results obtained with single sample adjusted (mainly fat percentage) does not allow to use data for genetic evaluation. A way of improving estimate 24-hour fat consists to apply a regression model with seven other factors. The first results obtained with this model are interesting.

**Keywords:** automatic milking system, milk recording, sampling period, 24-hour fat percentage

# Sommaire

1. Introduction.....	6
2. Contexte et objectifs de l'étude.....	6
3. Matériel et méthodes .....	7
3.1. Protocole d'étude.....	8
3.2. Les protocoles de contrôle testés.....	8
3.3. Les données collectées .....	9
3.4. Méthode.....	10
4. Résultats.....	11
4.1. Effet du nombre d'échantillons : comparaison des protocoles P1 et P2.....	11
4.1.1. Résultats obtenus avec P1 (1 seul échantillon - sans correction) .....	11
4.1.2. Résultats obtenus avec P2 (2 échantillons - sans correction) .....	11
4.1.3. Comparaison des protocoles P1 et P2.....	12
4.2. Effet de la période d'échantillonnage : comparaison des protocoles P3, P4 et P5 ...	13
4.2.1. Résultats obtenus avec P3 (8 heures d'échantillonnage - sans correction) .....	13
4.2.2. Résultats obtenus avec P4 (10 heures d'échantillonnage - sans correction) .....	14
4.2.3. Résultats obtenus avec P5 (12 heures d'échantillonnage - sans correction) .....	14
4.2.4. Comparaison des protocoles P3, P4 et P5 .....	15
4.3. Effet d'un seul échantillon, test des facteurs de correction.....	16
4.3.1. Biais observés avec P6 (1 seul échantillon corrigé).....	16
4.3.2. Analyse des facteurs de correction appliqués à P6 .....	17
4.4. Effet de l'intervalle de traite sur les performances.....	18
5. Discussion.....	19
6. Conclusion .....	21
Abréviations .....	23
Bibliographie .....	24
Annexe 1 - Protocole de l'étude.....	25

## 1. Introduction

En France, le nombre d'élevages en Contrôle de Performances officiel équipés d'une installation de traite robotisée, a connu une évolution significative au cours de la dernière décennie.

Cette évolution ne s'est pas faite sans poser des difficultés dans l'organisation pratique des opérations de Contrôle de Performances par les agents des ECEL et/ou les éleveurs (selon le type de protocole AR ou BR). A ces difficultés organisationnelles s'ajoutent des coûts liés à l'utilisation de matériels spécifiques.

Dès la fin des années 2000, l'Institut de l'Élevage et FCEL se sont mobilisés pour permettre d'alléger le protocole de réalisation des opérations de Contrôle de Performances officiel avec robots de traite. Les travaux menés par Nicole Bouloc de l'Institut de l'Élevage (Bouloc, N., 2001), ont permis la mise en œuvre d'une période d'échantillonnage comprise entre 12 et 24 heures, ainsi que le calcul de la quantité de lait 24 heures sur une période standard de 36 heures (période qui a évolué à 48 heures en 2008).

La problématique d'une diminution de la période d'échantillonnage et/ou du nombre d'échantillon/vache dans le cadre du Contrôle de Performances avec robots, a fait l'objet de nombreux travaux au sein des pays membres de l'International Committee for Animal Recording (ICAR).

Peeters, R., et al, en 2002, ont étudié l'impact sur la précision des taux de la prise d'un seul échantillon corrigé avec de multiples facteurs (quantité de lait, intervalle de traite,...).

Hand, K.J., et al, en 2006, ont montré que la période optimale d'échantillonnage est comprise entre 14 et 16 heures.

En 2010, FCEL a sollicité auprès de l'Institut de l'Élevage la mise en œuvre d'une nouvelle étude sur les possibilités d'allègement des protocoles robots. L'objectif est de pouvoir répondre aux attentes formulées par les ECEL (et les clients éleveurs) autour de la réduction des coûts du Contrôle de Performances et le maintien de la qualité des données collectées pour l'évaluation génétique et le conseil en élevage.

L'étude menée sur la période 2011-2012, s'est déroulée en trois parties :

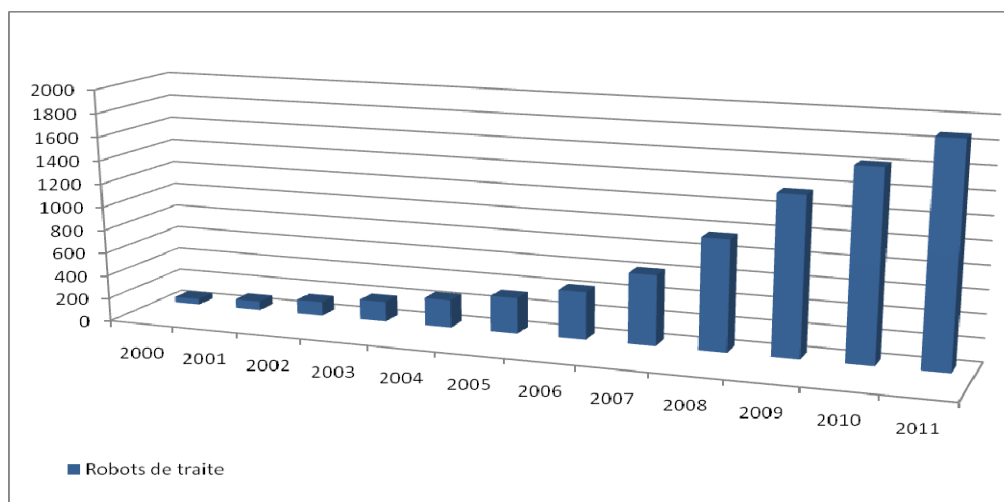
- une première partie sur la comparaison de 5 protocoles (P1 à P5) à travers la diminution de la période d'échantillonnage et du nombre d'échantillons par vache,
- une deuxième partie sur la mise en œuvre d'un protocole avec un seul échantillon (P6) et correction des taux avec des facteurs (stade de lactation, numéro de lactation,...) s'inspirant de la méthode Liu en protocoles alternés,
- une troisième partie sur l'analyse de l'effet de l'intervalle de traite depuis la traite précédente sur les performances enregistrées (incidence d'un intervalle de traite inférieur à 4 heures).

## 2. Contexte et objectifs de l'étude

Le **graphique n° 1** montre l'évolution particulièrement importante du nombre d'élevages en Contrôle de Performances officiel avec robots. D'une cinquantaine d'élevages à la fin des années 2000, le nombre est passé à plus de 1 850 élevages en 2011 (soit 4 % du total des élevages en Contrôle de Performances officiel). Cette évolution se poursuit dans les années 2012-2013.

La présente étude sur l'évolution des protocoles robots, s'inscrit dans un contexte de recherche d'optimisation, des opérations du Contrôle de Performances au niveau de l'organisation terrain, du matériel utilisé, des ressources humaines et d'une réduction des coûts.

Graphique n° 1 : Evolution du nombre d'élevages en Contrôle de Performances Lait équipés d'un robot de traite entre 2000 et 2011



Source : Institut de l'Élevage - 2012

Rappel des exigences du référentiel CPL : la version 2 - Juillet 2009 du référentiel du Système de Management de la Qualité (SMQ) du Contrôle de Performances Lait de France Génétique Elevage (FGE), indique que dans le cadre des opérations de Contrôle de Performances avec robots, le "prélèvement d'un échantillon de lait représentatif par traite pendant la période de collecte des taux, est obligatoire".

La période de collecte des données taux est la période qui commence avec la mise en route de l'échantillonneur pour une durée minimum de 12 heures et maximum de 24 heures.

A travers la prise en compte des éléments de contexte et les exigences en vigueur du référentiel CPL, les objectifs de l'étude sont les suivants :

- analyser l'impact sur la précision des données d'une réduction du nombre d'échantillon (2 échantillons voire 1 seul échantillon) et d'une réduction de la période d'échantillonnage (durée inférieure à 12 heures),
- comparer les résultats de l'étude avec les références bibliographiques internationales,
- actualiser l'étude Institut de l'Élevage menée en 2001 sur l'effet de l'écart entre 2 traites consécutives pour la prise en compte des taux,
- formuler des propositions d'évolution du référentiel CPL et/ou des pistes de travaux complémentaires (en fonction des résultats obtenus).

L'étude permettra d'apporter des éléments factuels sur la précision des données collectées avec différents protocoles testés, au regard des besoins de l'évaluation génétique et du conseil en élevage. La décision d'évolution des protocoles robots appartiendra aux groupes techniques et/ou instances de France Génétique Elevage.

### 3. Matériel et méthodes

7 Entreprises de Conseil en Elevage réparties sur l'ensemble du territoire, se sont mobilisées pour collecter les données brutes nécessaires à la réalisation de l'étude.

Un groupe d'experts robots a été constitué afin de faire le lien entre les 7 ECEL, FCEL et l'équipe projet Institut de l'Élevage.



### 3.1. Protocole d'étude

Un protocole d'étude (**Annexe 1 - Protocole d'étude**) décrit l'ensemble du dispositif expérimental mis en œuvre, à savoir : les données collectées, la préparation des fichiers, la description du fichier global de données, les modalités de traitement des données (calcul de la référence, hypothèses de travail autour de la réduction du nombre d'échantillons et de la période d'échantillonnage).

La constitution du fichier global de l'étude a nécessité la récupération au préalable, des données des traites élémentaires enregistrées dans le logiciel robot de l'éleveur et les taux bruts.

Les données proviennent de deux fichiers distincts "robot et taux" par date de contrôle :  
- un fichier de données brutes sortie robot (format de type 1 ou type 2) défini dans le Référentiel métier CPL v2 - Juillet 2009 (CPL/MO/ 307, Format des fichiers standard robots de traite type 1 et 2),  
- un fichier taux transmis par le laboratoire (Référentiel métier CPL v2 - Juillet 2009 - CPL/MO/ 301, Format du fichier taux).

Le format de type 1, est caractérisé par 3 types de ligne de contenu différents (dictionnaire de données TAURUS) et l'enregistrement du numéro de travail (ou numéro de collier) de l'animal.  
Le format de type 2, est caractérisé par une seule ligne de définition (dictionnaire international ADED) et l'enregistrement du numéro officiel d'identification de l'animal.

A une date de contrôle donnée, l'appariement (ou le "mariage") des 2 fichiers "robot et taux" permet de calculer les poids de lait 24 heures, les taux 24 heures pondérés des échantillons analysés, les matières 24 heures selon les exigences et les règles de gestion, définies dans le Référentiel métier CPL v2 - Juillet 2009 (CPL/MO/ 306 Calcul des productions et des taux avec robot de traite et CPL/MO/ 304, Définition des taux aberrants).

Les performances quotidiennes de la population de référence (lait, taux, matières sur 24 heures) calculées dans le cadre de l'étude, sont identiques à celles obtenues à partir du logiciel de traitement des données robot "Original Robot" (version 8.1. Décembre 2009).

### 3.2. Les protocoles de contrôle testés

Un total de 6 protocoles, prenant en compte, la réduction du nombre d'échantillons pendant la période d'échantillonnage, la diminution de la période d'échantillonnage et l'application de facteurs de correction a été testé au cours de l'étude.

Les protocoles, identifiés P1 à P6, sont décrits dans le **Tableau 1** ci-dessous :

Tableau 1 : Description des 6 protocoles testés

Protocoles	Description du protocole
P1	Prélèvement d'un seul échantillon par vache non corrigé par des facteurs de correction
P2	Prélèvement de 2 échantillons par vache non corrigé par des facteurs de correction
P3	Prélèvement d'un échantillon par traite durant une période d'échantillonnage inférieure ou égale à 8 heures, non corrigé par des facteurs de correction
P4	Prélèvement d'un échantillon par traite durant une période d'échantillonnage inférieure ou égale à 10 heures, non corrigé par des facteurs de correction
P5	Prélèvement d'un échantillon par traite durant une période d'échantillonnage inférieure ou égale à 12 heures, non corrigé par des facteurs de correction
P6	Prélèvement d'un seul échantillon par vache pour tester les facteurs de correction

La comparaison entre P1 et P2 permet de tester l'effet diminution du nombre d'échantillons, la comparaison entre P3, P4 et P5 permet de tester l'effet diminution de la période d'échantillonnage, P6 permet de tester les facteurs de correction.

L'analyse de la perte de précision quotidienne des 6 protocoles a été effectuée sur le Taux Butyreux (TB), le Taux Protéique (TP), la Matière Grasse (MG) et la Matière Protéique (MP).

#### - Cas particulier du protocole P6

Le protocole P6 est un modèle de régression multiple qui permet d'estimer les taux, à partir des données TB, TP d'une seule traite et de la quantité de lait 24 heures. Les facteurs de correction utilisés dans le modèle prennent en compte : le numéro de lactation, le stade de lactation, l'intervalle de traite et le moment du jour correspondant à la prise de l'échantillon (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Définition des classes d'effets pris en compte dans P6

Critères	Nombre de classes	Définition des classes
Numéro de lactation	2	1 <sup>ère</sup> lactation, 2 <sup>ème</sup> lactation et +
Intervalles de traite	5	< 6 h ; 6-8 h ; 8-10 h ; 10-12 h ; > 12 h
Stade de lactation	12	30 jours par stade
Moment du jour de prélèvement de l'échantillon	2	"matin" : période de 3h00 à 15h00 "soir" : période de 15h00 à 3h00

L'équation appliquée dans le cadre du protocole P6 est relativement proche de celle appliquée avec la méthode Liu en protocoles alternés (Etude des facteurs de correction sur la quantité de lait et les taux en protocoles alternés en espèce bovine - Méthode Liu). Dans le protocole P6, un facteur supplémentaire est introduit à travers le moment du jour correspondant au prélèvement de l'échantillon, ce qui représente un total de 240 combinaisons possibles.

L'équation testée pour P6 est de type :  $y = a + b(x) + c(z)$

y : taux (TB, TP) et matières (MG, MP) estimés sur 24 heures

a : constante

b et c : coefficients de régression

(x) : TB et TP, MG et MP de la seule traite échantillonnée

(z) : quantité de lait 24 heures calculée.

### 3.3. Les données collectées

Sur la période de 2007 à 2010, un total de 4 416 fichiers bruts robots et taux (2 208 contrôles) a été collecté par les ECEL dans 300 élevages. Après une phase de vérification du contenu des fichiers et des lignes de définition correspondantes (fichiers non "tronqués"), l'étape d'appariement des fichiers s'est soldée par un taux de réussite de 51.8 %, soit 2 286 fichiers représentant 1 143 contrôles.

Au final, le nombre de données vache/contrôle avec présence d'un poids de lait et d'un taux sur la période de 24 heures était de 66 596, avec un nombre moyen d'échantillons par vache égal à 1.96.

Pour tester les différents protocoles, 2 jeux de données ont été constitués :

- un premier jeu pour les protocoles P1 à P5,

- un second jeu pour le protocole P6. La constitution de l'échantillon de référence P6 nécessitait la récupération dans le Système d'Information Génétique (SIG), des informations date de vêlage et rang de lactation pour chaque animal, sous réserve de la présence du numéro officiel d'identification de l'animal dans les fichiers bruts extraits des robots.

- Description des 2 fichiers de données P1 - P5 et P6

Après élimination des données avec une durée d'échantillonnage inférieure à 12h00 et supérieures à 24h00 (cf exigence du Référentiel CPL), l'échantillon de référence est constitué de 52 361 "données contrôle 24 heures" pour les protocoles P1 à P5, de 24 628 "données contrôle 24 heures" pour le protocole P6 (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Description des fichiers de données des protocoles P1 - P5 et P6

Critères	Protocoles P1 à P5	Protocole P6
Nombre de données contrôle 24 heures	52 361	24 628
Nombre de vaches	19 783	7 624
Nombre de troupeaux	268	109
Nombre moyen d'échantillons par vache	1.88	2.38
Durée moyenne d'échantillonnage	19h03mn	21h18mn

Pour l'ensemble des protocoles testés, au moins 2 échantillons ont été pris en compte dans la population de référence des taux et des matières sur 24 heures.

Les performances moyennes en TB et TP des populations de référence P1 à P5 et P6 (**Tableau 4**) sont relativement proches des performances observées dans les statistiques annuelles du Contrôle Laitier (Résultats de Contrôle Laitier - France 2011, TB moyen = 39.9 g/kg, TP moyen = 32.5 g/kg).

Tableau 4 : Performances des populations de référence P1 à P5 et P6

Critères	Protocoles P1 à P5		Protocole P6	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Lait - kg	26.9	9.12	30.2	8.50
TB - g/kg	41.3	7.91	39.9	6.92
TP - g/kg	33.1	3.90	32.3	3.32
MG - kg	1.08	0.35	1.18	0.32
MP - kg	0.87	0.26	0.96	0.24

### 3.4. Méthode

L'objectif de l'étude est la comparaison des données 24 heures de Contrôle de Performances, estimées pour les 6 protocoles par rapport à une population de référence 24 heures.

L'analyse est réalisée sur les variables TB, TP, MG et MP. Les pertes de précision, mesurées à partir du biais (moyenne des écarts, moyenne des écarts en valeur absolue, écart-type) et du coefficient de corrélation, sont calculées sur les performances quotidiennes.

#### Critères statistiques utilisés pour l'analyse :

La qualité d'une estimation est jugée d'après la perte de précision (biais et coefficient de corrélation  $R^2$ ) comparativement à une méthode dite de "référence" :

- le biais mesure l'écart entre la production estimée à partir d'une méthode dite "simplifiée" et une méthode de référence. Un biais positif correspond à une surestimation moyenne de la performance calculée à partir du "dispositif simplifié",
- le coefficient de corrélation  $R^2$  quantifie l'intensité et le sens de la relation qui existe entre deux variables. Il caractérise la variance d'erreur relativement à celle de la mesure de référence.

Le traitement statistique des données a été effectué avec le logiciel SAS version 9.1.3.

## 4. Résultats

Les résultats obtenus portent sur l'analyse de l'effet du nombre d'échantillons, de l'effet de la période d'échantillonnage, de l'effet d'un seul échantillon avec des facteurs de correction, de l'effet de l'intervalle de traite sur les performances.

### 4.1. Effet du nombre d'échantillons : comparaison des protocoles P1 et P2

#### 4.1.1. Résultats obtenus avec P1 (1 seul échantillon - sans correction)

Pour l'ensemble des variables TB, MG, TP et MP, la valeur du biais moyen observé entre P1 et la référence est nulle ou proche de 0 (**Tableau 5**). Le biais moyen en valeur absolue est de 3.29 g/kg pour le TB et de 0.71 g/kg pour le TP. L'écart-type du biais est de 4.58 g/kg pour le TB et de 1.15 g/kg pour le TP.

Tableau 5 : Biais observés avec P1 sur TB, MG, TP et MP

Variables	Moyenne	Ecart-Type	Mini	Maxi
<b>Taux Butyreux</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TB 24h référence	40.76	7.17	16.16	87.65
TB 24h P1	40.76	8.61	15.00	89.90
Biais	0.00	4.58	- 37.51	51.54
<i>Biais (valeur absolue)</i>	3.29	3.19	0	51.54
<b>Matière Grasse</b> (résultats exprimés en kg)				
MG 24h référence	1.14	0.33	0.05	3.36
MG 24h P1	1.14	0.36	0.05	3.89
Biais	0.00	0.14	- 1.18	1.53
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.09	0.10	0	1.53
<b>Taux Protéique</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TP 24h référence	32.72	3.69	19.40	67.64
TP 24h P1	32.82	3.87	11.40	69.70
Biais	0.09	1.15	- 24.01	17.51
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.71	0.90	0	24.01
<b>Matière Protéique</b> (résultats exprimés en kg)				
MP 24h référence	0.92	0.25	0.07	2.12
MP 24h P1	0.92	0.25	0.07	2.38
Biais	0.00	0.03	- 0.93	0.61
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.02	0.02	0	0.93

n = 36 426 données

#### 4.1.2. Résultats obtenus avec P2 (2 échantillons - sans correction)

Le biais moyen observé sur l'ensemble des variables est sensiblement proche de 0 (**Tableau 6**). Le biais moyen en valeur absolue est de 1.75 g/kg pour le TB et de 0.52 g/kg pour le TP. L'écart-type du biais est de 2.53 g/kg pour le TB et de 0.84 g/kg pour le TP.

Tableau 6 : Biais observés avec P2 sur TB, MG, TP et MP

<b>Variabes</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-Type</b>	Mini	Maxi
<b>Taux Butyreux</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TB 24h référence	39.66	6.52	15.75	76.31
TB 24h P2	40.00	7.03	16.28	81.16
Biais	0.34	2.53	- 27.15	23.75
<i>Biais (valeur absolue)</i>	1.75	1.85	0	27.15
<b>Matière Grasse</b> (résultats exprimés en kg)				
MG 24h référence	1.29	0.33	0.11	3.20
MG 24h P2	1.30	0.35	0.10	3.38
Biais	0.01	0.08	- 0.84	0.66
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.05	0.06	0	0.84
<b>Taux Protéique</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TP 24h référence	31.94	3.33	21.83	54.89
TP 24h P2	32.09	3.47	17.10	54.89
Biais	0.15	0.84	- 6.72	8.60
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.52	0.67	0	8.60
<b>Matière Protéique</b> (résultats exprimés en kg)				
MP 24h référence	1.04	0.23	0.15	1.98
MP 24h P2	1.04	0.24	0.15	2.24
Biais	0.00	0.02	- 0.23	0.35
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.01	0.02	0	0.35

n = 8 744 données

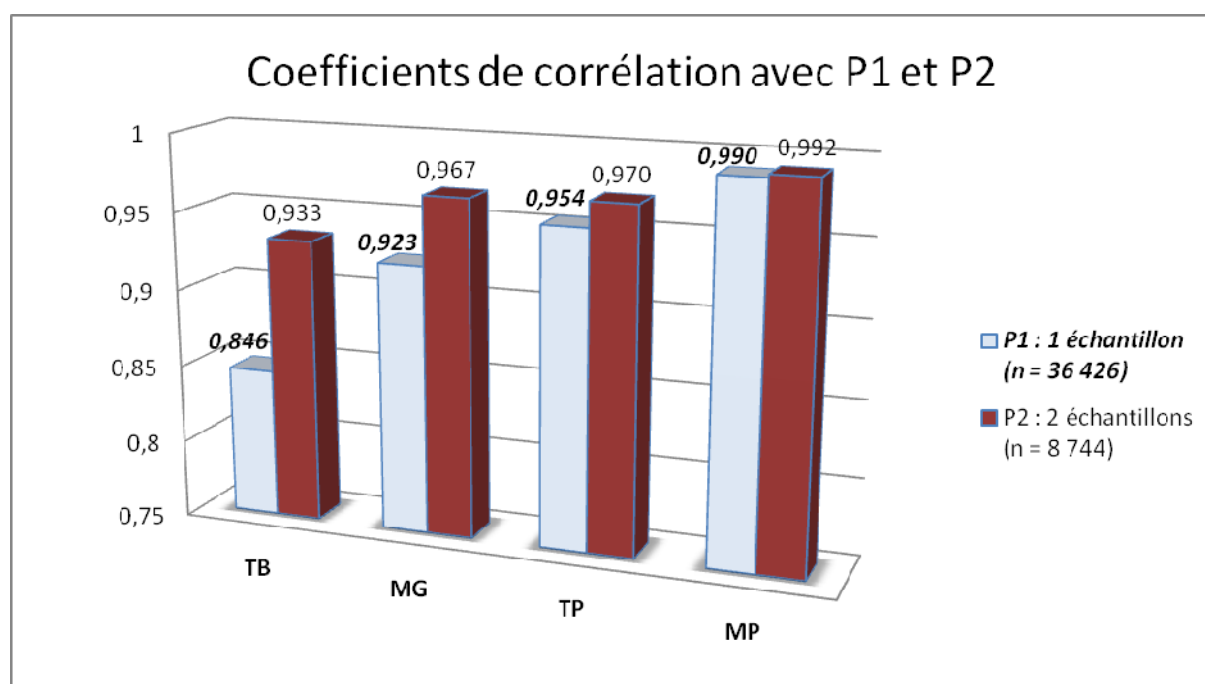
#### 4.1.3. Comparaison des protocoles P1 et P2

La comparaison des résultats obtenus entre P1 (1 échantillon) et P2 (2 échantillons) met en évidence les points suivants :

- le biais moyen observé entre les 2 protocoles testés et la référence est proche de 0 pour l'ensemble des variables (TB, MG, TP et MP),
- le biais moyen en valeur absolue est plus important pour l'ensemble des variables en P1 par rapport à P2 (exemple : de 3.19 g/kg à 1.85 g/kg pour le TB entre P1 et P2),
- l'écart-type du biais est plus élevé avec P1 pour l'ensemble des variables, en particulier pour le TB (de 4.58 g/kg à 2.53 g/kg entre P1 et P2),
- les valeurs des coefficients de corrélation ( $R^2$ ) avec la méthode de référence (ou avec la méthode officielle) observées avec P2 sont supérieures à 0.930 pour l'ensemble des variables (**Graphique n° 2**) et d'un niveau plus élevées que celles constatées avec P1,
- les valeurs des coefficients de corrélation du TB et également de la MG, constatées avec P1 sont relativement faibles (0.846 pour le TB avec P1 contre 0.933 avec P2, 0.923 pour la MG avec P1 contre 0.967 avec P2).

L'analyse globale des résultats, sur la base du biais en valeur absolue, de l'écart-type du biais et des coefficients de corrélation, montre une dégradation de la précision des données tout particulièrement sur le TB, lorsque l'on passe de 2 à 1 échantillon par vache (et dans une moindre mesure la MG). L'impact de la diminution du nombre d'échantillons est moins conséquent sur le TP et la MP.

Graphique n° 2 : Représentation des coefficients de corrélation avec la méthode de référence obtenus avec P1 et P2



## 4.2. Effet de la période d'échantillonnage : comparaison des protocoles P3, P4 et P5

### 4.2.1. Résultats obtenus avec P3 (8 heures d'échantillonnage - sans correction)

Le biais moyen observé entre P3 et la référence est légèrement positif pour le TB et le TP (**Tableau 7**) et égal à 0 pour la MG et la MP (valeurs comprises entre 0.00 et + 0.14). Le biais moyen en valeur absolue est de 2.59 g/kg pour le TB et de 0.56 g/kg pour le TP. L'écart-type du biais est de 4.04 g/kg pour le TB et de 1.01 g/kg pour le TP.

Tableau 7 : Biais observés avec P3 sur TB, MG, TP et MP

Variables	Moyenne	Ecart-Type	Mini	Maxi
<b>Taux Butyreux</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TB 24h référence	41.01	7.57	15.20	89.00
TB 24h P3	41.16	8.64	15.00	89.90
Biais	0.14	4.04	- 28.68	51.54
<i>Biais (valeur absolue)</i>	2.59	3.10	0	51.54
<b>Matière Grasse</b> (résultats exprimés en kg)				
MG 24h référence	1.11	0.34	0.05	3.40
MG 24h P3	1.12	0.37	0.05	3.78
Biais	0.00	0.12	- 1.18	1.53
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.07	0.09	0	1.53
<b>Taux Protéique</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TP 24h référence	32.87	3.78	19.40	63.70
TP 24h P3	32.95	3.91	11.40	65.30
Biais	0.08	1.01	- 24.01	17.51
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.56	0.84	0	24.01
<b>Matière Protéique</b> (résultats exprimés en kg)				
MP 24h référence	0.90	0.25	0.07	2.12
MP 24h P3	0.90	0.26	0.07	2.08
Biais	0.00	0.03	- 0.93	0.61
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.01	0.02	0	0.93

n = 40 794 données

#### 4.2.2. Résultats obtenus avec P4 (10 heures d'échantillonnage - sans correction)

La valeur du biais moyen est légèrement positive pour le TB et le TP, égale à 0 pour la MG et la MP (**Tableau 8**). Le biais moyen en valeur absolue est de 2.19 g/kg pour le TB et de 0.48 g/kg pour le TP. L'écart-type du biais est de 3.67 g/kg pour le TB et de 0.92 g/kg pour le TP.

Tableau 8 : Biais observés avec P4 sur TB, MG, TP et MP

<b>Variabes</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-Type</b>	Mini	Maxi
<b>Taux Butyreux</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TB 24h référence	41.11	7.66	15.20	89.00
TB 24h P4	41.31	8.55	15.00	89.90
Biais	0.19	3.67	- 28.68	51.54
<i>Biais (valeur absolue)</i>	2.19	2.95	0	51.54
<b>Matière Grasse</b> (résultats exprimés en kg)				
MG 24h référence	1.10	0.34	0.05	3.40
MG 24h P4	1.11	0.36	0.05	3.78
Biais	0.00	0.11	- 1.00	1.53
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.06	0.09	0	1.53
<b>Taux Protéique</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TP 24h référence	32.93	3.81	19.40	67.64
TP 24h P4	33.02	3.92	11.40	69.70
Biais	0.09	0.92	- 24.01	17.51
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.48	0.79	0	24.01
<b>Matière Protéique</b> (résultats exprimés en kg)				
MP 24h référence	0.89	0.25	0.07	2.12
MP 24h P4	0.89	0.25	0.07	2.08
Biais	0.00	0.02	- 0.93	0.61
<i>Biais (valeur absolue)</i>	0.01	0.02	0	0.93

n = 45 467 données

#### 4.2.3. Résultats obtenus avec P5 (12 heures d'échantillonnage - sans correction)

Le biais moyen observé sur l'ensemble des variables est sensiblement proche de 0 (**Tableau 9**). Le biais moyen en valeur absolue est de 1.71 g/kg pour le TB et de 0.37 g/kg pour le TP. L'écart-type du biais est de 3.21 g/kg pour le TB et de 0.81 g/kg pour le TP.

Tableau 9 : Biais observés avec P5 sur TB, MG, TP et MP

Variables	Moyenne	Ecart-Type	Mini	Maxi
<b>Taux Butyreux</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TB 24h référence	41.15	7.72	15.20	89.00
TB 24h P5	41.41	8.40	15.20	89.90
Biais	0.26	3.21	- 28.68	51.54
<i>Biais (valeur absolue)</i>	<i>1.71</i>	<i>2.72</i>	<i>0</i>	<i>51.54</i>
<b>Matière Grasse</b> (résultats exprimés en kg)				
MG 24h référence	1.10	0.34	0.05	3.40
MG 24h P5	1.10	0.36	0.05	3.78
Biais	0.00	0.09	- 1.00	1.28
<i>Biais (valeur absolue)</i>	<i>0.04</i>	<i>0.08</i>	<i>0</i>	<i>1.28</i>
<b>Taux Protéique</b> (résultats exprimés en g/kg)				
TP 24h référence	32.97	3.82	17.69	67.64
TP 24h P5	33.06	3.91	11.40	69.70
Biais	0.09	0.81	- 24.01	17.51
<i>Biais (valeur absolue)</i>	<i>0.37</i>	<i>0.72</i>	<i>0</i>	<i>24.01</i>
<b>Matière Protéique</b> (résultats exprimés en kg)				
MP 24h référence	0.88	0.25	0.07	2.12
MP 24h P5	0.88	0.25	0.07	2.08
Biais	0.00	0.02	- 0.93	0.50
<i>Biais (valeur absolue)</i>	<i>0.01</i>	<i>0.02</i>	<i>0</i>	<i>0.93</i>

n = 48 205 données

#### 4.2.4. Comparaison des protocoles P3, P4 et P5

La comparaison des 3 protocoles étudiés P3 (8 heures d'échantillonnage), P4 (10 heures d'échantillonnage) et P5 (12 heures d'échantillonnage) met en évidence les points suivants :

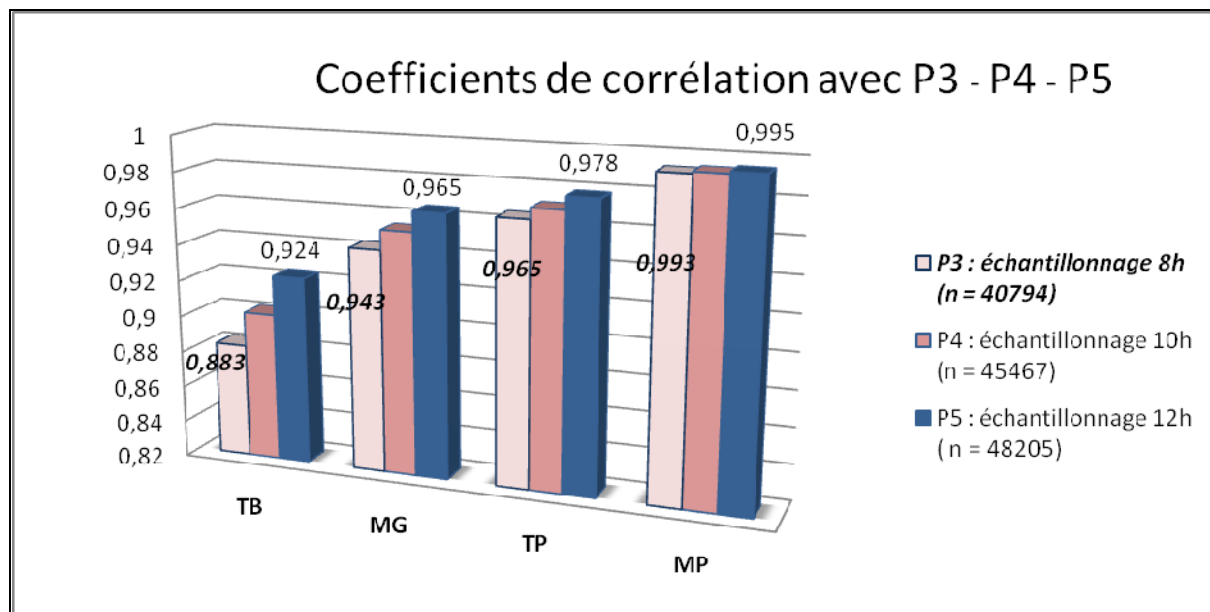
- le biais moyen pour le TB et TP est proche de 0 pour les 3 protocoles (voire nul pour la MG et la MP),
- le biais moyen en valeur absolue est plus élevé pour l'ensemble des variables avec P3 en comparaison avec P4 et P5, plus particulièrement pour le TB (de 2.59 g/kg à 1.71 g/kg entre 8 et 12 heures d'échantillonnage),
- l'écart-type du biais est plus élevé avec P3 pour l'ensemble des variables, en particulier pour le TB (de 4.04 g/kg à 3.21 g/kg entre 8 et 12 heures d'échantillonnage),
- les valeurs des coefficients de corrélation ( $R^2$ ) avec la méthode de référence observées pour P3 à P5, sont supérieures à 0.942 pour la MG, le TP et la MP (**Graphique n°3**) hormis le TB. Les coefficients de corrélation observés avec le TB sont relativement faibles, ils varient de 0.883 pour P3 à 0.924 pour P5.

L'étude montre également que la diminution de la période d'échantillonnage (protocoles P3 à P5) se traduit par une difficulté à obtenir au moins 1 échantillon par vache (respect de la règle d'exhaustivité de l'ensemble des vaches lors des opérations de Contrôle de Performances) :

- avec une période d'échantillonnage de 8 heures, 22.1 % des vaches n'ont pas au moins 1 échantillon durant la période,
- avec une période d'échantillonnage de 10 heures, 13.2 % des vaches n'ont pas au moins 1 échantillon durant la période,
- avec une période d'échantillonnage de 12 heures, 7.9 % des vaches n'ont pas au moins 1 échantillon durant la période.



Graphique n° 3 : Représentation des coefficients de corrélation avec la méthode de référence obtenus avec P3, P4 et P5



### 4.3. Effet d'un seul échantillon, test des facteurs de correction

Pour tester le protocole P6 (un seul échantillon avec les facteurs de correction : intervalle de traite, stade et rang de lactation, moment du jour de prélèvement de l'échantillon) et élargir la taille de la population, nous avons fait le choix de considérer chaque échantillon du fichier initial de données contrôle 24 heures, comme indépendant. Le nombre d'échantillons individuels pris en compte pour P6 s'élève à 58 062.

#### 4.3.1. Biais observés avec P6 (1 seul échantillon corrigé)

Le biais moyen après correction est égal à 0 pour l'ensemble des variables étudiées. L'analyse du biais moyen en valeur absolue montre un écart après correction de 2.86 g/kg pour le TB (gain moyen de 0.87 g/kg de TB) et de 0.84 g/kg pour le TP. Le niveau d'écart-type obtenu pour le TB et le TP après correction s'améliore respectivement de 1.39 g/kg et 0.18 g/kg, mais reste encore élevé. Globalement les résultats obtenus en TP et MP avec un seul échantillon (avant et après correction), sont meilleurs comparativement à la situation observée pour le TB et la MG (Tableau 10).

Tableau 10 : Moyenne et écart-type du biais avec P6 avec et sans correction

Variables	Moyenne		Moyenne (valeur absolue)		Ecart-type	
	Sans correction	Avec correction	Sans correction	Avec correction	Sans correction	Avec correction
TB - g/kg	0.71	0.00	3.73	2.86	5.27	3.88
MG - kg	0.02	0.00	0.11	0.08	0.17	0.12
TP - g/kg	0.22	0.00	0.90	0.84	1.49	1.31
MP - kg	0.00	0.00	0.27	0.02	0.04	0.04

n = 58 062 données

#### 4.3.2. Analyse des facteurs de correction appliqués à P6

- Effet du rang de lactation et du moment du jour de prélèvement de l'échantillon

Selon le rang de lactation et le moment du jour de prélèvement de l'échantillon, le gain de précision observé après correction est compris entre 3.6 % et 3.8 % pour le TB, 0.9 % à 1.3 % pour le TP, 3.6 % à 4.5 % pour la MG.

Globalement le niveau de précision obtenu pour les variables TB, MG et TP après correction est relativement faible. Le niveau de corrélation avec la méthode de référence obtenu en TB après correction, est de 0.810 pour une multipare avec un moment de prélèvement le soir et de 0.840 pour une primipare avec un moment de prélèvement le matin (**Tableau 11**). Le niveau de corrélation observé en TP après correction reste en dessous de 0.923.

L'effet du rang de lactation et du moment du jour de prélèvement de l'échantillon est relativement limité pour la MG, le TP et la MP, hormis pour le TB après correction :

- gain de précision de 1.0 % entre le prélèvement de l'échantillon le matin (période de 3h00 à 15h00) par rapport à un prélèvement de l'échantillon le soir (période de 15h00 à 3h00),
- corrélations supérieures de 2.0 % pour les primipares par rapport aux multipares.

Tableau 11 : Effet du rang de lactation et du moment du jour sur les corrélations obtenues avec P6

Variables	Correction	1 <sup>ère</sup> lactation		2 <sup>ème</sup> lactation et +	
		Matin	Soir	Matin	Soir
Nombre d'échantillons		10 119	11 587	17 058	19 298
TB - g/kg	Sans correction	0.804	0.795	0.785	0.772
	Avec correction	0.840	0.832	0.822	0.810
MG - kg	Sans correction	0.874	0.871	0.875	0.878
	Avec correction	0.913	0.907	0.920	0.914
TP - g/kg	Sans correction	0.909	0.896	0.913	0.903
	Avec correction	0.920	0.909	0.922	0.915
MP - kg	Sans correction	0.981	0.979	0.981	0.979
	Avec correction	0.985	0.983	0.984	0.983

- Effet de l'intervalle de traite

L'impact de l'intervalle de traite et l'application de facteurs de correction est limité pour la MP (**Tableau 12**). Pour le TP, l'application de facteurs de correction permet un gain de précision de 2.5 % lorsque l'intervalle de traite est inférieur à 6 heures. Lorsque l'intervalle de traite est inférieur à 12 heures, le niveau de corrélation obtenu en TP reste inférieur à 0.920 après correction.

Le gain de précision obtenu pour la MG avec facteurs de correction est compris entre 3.0 % et 5.8 % selon l'intervalle de traite.

Pour le TB, le niveau de corrélation est relativement faible quelque soit l'intervalle de traite (inférieur à 0.850). Avec un intervalle de moins de 6 heures, la précision du TB corrigé est améliorée de + 4.6 % mais le niveau de corrélation reste faible (égal à 0.750).

Tableau 12 : Effet de l'intervalle de traite sur les corrélations obtenues avec P6

Variables	Correction	Intervalles de traite				
		< 6 h	6 - 8 h	8 - 10 h	10 - 12 h	> 12 h
Nombre d'échantillons		4 965	16 016	15 910	10 320	10 851
TB - g/kg	Sans correction	0.704	0.786	0.805	0.813	0.837
	Avec correction	0.750	0.807	0.825	0.829	0.847
MG - kg	Sans correction	0.821	0.872	0.875	0.880	0.900
	Avec correction	0.879	0.910	0.918	0.923	0.930
TP - g/kg	Sans correction	0.855	0.889	0.899	0.904	0.927
	Avec correction	0.880	0.902	0.912	0.915	0.934
MP - kg	Sans correction	0.966	0.974	0.978	0.981	0.986
	Avec correction	0.977	0.980	0.983	0.985	0.989

#### 4.4. Effet de l'intervalle de traite sur les performances

L'effet moyen de l'intervalle depuis la traite précédente sur la quantité de lait, le TB et le TP (illustré dans le **graphique n° 4**) est le suivant :

- Sur le TB

Le TB présente une amplitude de variation très forte sur les périodes comprises entre 0 et 4 heures (de 39.5 g/kg à 46.0 g/kg en moyenne) et entre 20 et 24 heures (de 40.9 g/kg à 48.6 g/kg en moyenne). Le TB décroît de manière régulière entre la 4<sup>ème</sup> et la 16<sup>ème</sup> heure puis remonte de manière chaotique. L'amplitude maximale moyenne est de 9.0 g/kg.

Pour des délais très courts, inférieurs à 4 heures, l'évolution est irrégulière avec une tendance à l'enrichissement en TB.

- Sur le TP

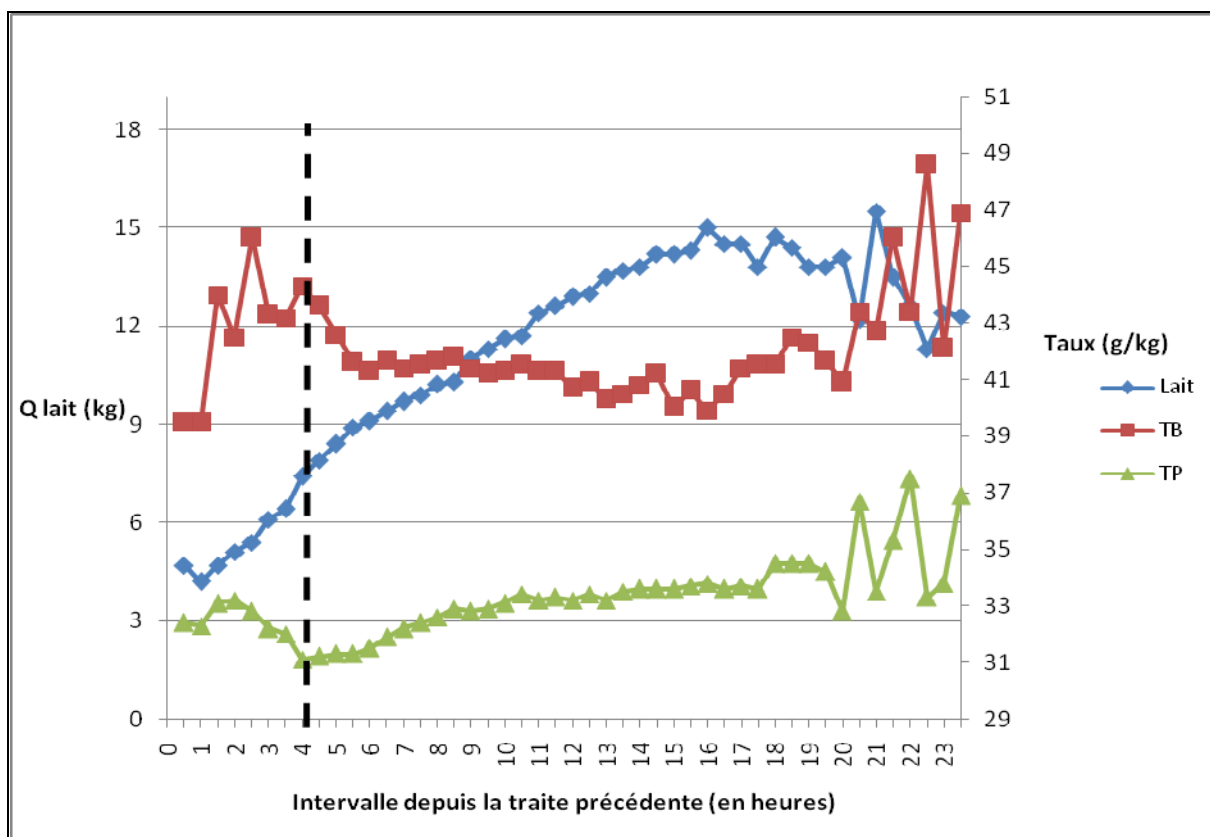
Les résultats observés sur le TP montrent une amplitude de variation sur les périodes comprises entre 0 et 4 heures (de 31.1 g/kg à 33.2 g/kg en moyenne) et entre 20 et 24 heures (de 32.8 g/kg à 37.5 g/kg en moyenne), mais moins forte que celle observée sur le TB. Le TP augmente de manière régulière et constante entre la 4<sup>ème</sup> et la 16<sup>ème</sup> heure puis évolue de manière chaotique. L'amplitude maximale moyenne est de 6.4 g/kg.

Pour des délais très courts, inférieurs à 4 heures, l'évolution tend vers un appauvrissement en TP.

- Sur la quantité de lait

La quantité de lait augmente de manière régulière avec le temps écoulé depuis la dernière traite pour des intervalles de traite compris entre 1 et 16 heures. Au-delà de l'intervalle de 16 heures, la tendance est chaotique et la quantité de lait tend à décroître. Les résultats observés confirment l'hypothèse selon laquelle, la cinétique de sécrétion du lait est constante entre 2 traites dans un intervalle de traite compris entre 1 et 16 heures.

Graphique n° 4 : Représentation de l'effet de l'intervalle de traite sur les performances



n = 66 596 données

## 5. Discussion

### - Travaux et études (non exhaustifs) sur les évolutions de protocoles robots

De nombreux travaux et études ont été menés sur les possibilités d'allègement et de simplification des protocoles de réalisation du Contrôle de Performances avec robot de traite, parmi lesquels :

- Les travaux menés par Nicole Bouloc (2001) sur les possibilités d'allègement des opérations de contrôle avec robot ont montré que dans le cas d'un seul échantillon par vache (sans correction), l'estimation de la production quotidienne présente une perte de précision de l'ordre de 7.5 % et 38.0 % respectivement pour la MG et le TB. La prise de 2 échantillons sur une période de 24 heures permet des estimations de production quotidienne satisfaisantes y compris pour l'estimation du TB. Les travaux menés ont permis une évolution des règles de contrôle, à savoir la possibilité de limiter l'échantillonnage sur une période comprise entre 12 et 24 heures, sous réserve d'une prise en compte de tous les échantillons (1 échantillon par traite) et l'élimination des traites avec un intervalle inférieur à 4 heures.
- Peeters et Galesloot (2002) ont mené des travaux sur la possibilité d'utiliser un seul échantillon par vache avec des facteurs de corrections. Plusieurs modèles de régression multiple ont été testés autour de l'estimation du TB, dont un modèle qui prenait en compte les facteurs suivants : TB de la traite, TP de la traite, quantité de lait de la traite avec un échantillon et intervalle de traite avec la traite précédente, quantité de lait de la traite précédent la traite avec un échantillon et intervalle de traite avec la traite précédente, quantité de lait estimée sur 24 heures. Avec ce modèle, le niveau de corrélation obtenu était de 0.910 pour le TB et de 0.967 pour la MG. Ces résultats ont été obtenus après élimination des données, avec un intervalle de traite inférieur à 4 heures et des traites déclarées incomplètes.
- Hand et al (2006) ont testé 4 types de protocoles, avec et sans facteurs de correction, avec un seul et plusieurs échantillons, des durées d'échantillonnage comprises entre 10 et 18 heures. Ils ont constaté que les résultats obtenus sur le TP et la MP sont relativement proches d'un protocole à l'autre, que le principal facteur limitant à l'évolution des protocoles est le TB. L'étude a montré que l'estimation quotidienne du TB (et de la MG) à partir de tous les échantillons collectés sur une période d'échantillonnage de 16 heures, constitue l'optimum entre d'une part, les besoins de précision des données et d'autre part, les contraintes liées à l'utilisation du matériel d'échantillonnage.

### - Perspectives suite aux résultats constatés dans la présente étude

Rappel : la demande d'évolution des protocoles robots est motivée par les contraintes liées à la fréquence de changement des casiers de flacons, à la baisse de fréquentation de la ou des stalles lors de la période d'échantillonnage (cas de stalles surchargées), par le surcoût lié à l'analyse d'un nombre important d'échantillons par vache.

- Protocoles testés

Les protocoles P1, P3, P4, P5 et P6 permettraient de répondre à cette demande, mais les résultats constatés dans la présente étude (sur la précision quotidienne des données obtenues), ne permettent pas une mise en œuvre au regard des besoins de l'évaluation génétique et du conseil en élevage.

Une proposition d'évolution des protocoles robots, à travers l'application d'un protocole robot de type P2 avec "2 échantillons par vache", constitue une piste de travail intéressante, sous réserve de conserver une période d'échantillonnage comprise entre 12 et 24 heures.

Sur la base des fréquences d'échantillonnage observées lors de l'étude (fichier de référence de 52 361 données) l'estimation d'une diminution à 2 échantillons par vache lors d'une opération de Contrôle de Performances effectuée sur 100 vaches, permet un gain potentiel de 13 % du nombre d'échantillons (cf **Tableau 13**).

Tableau 13 : Simulation de la diminution du nombre d'échantillons prélevés lors d'un contrôle

Réalisation des traites pendant l'échantillonnage		Nb échantillons prélevés avec le <b>protocole actuel</b>	Nb échantillons prélevés avec un <b>protocole 2 échantillons</b>
VL traites 1 fois	30 %	30	30
VL traites 2 fois	48 %	96	96
VL traites 3 fois	18 %	54	36
VL traites 4 fois et +	4 %	16	8
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>196</b>	<b>170</b>

L'expérience montre que le gain serait réparti pour l'essentiel sur le second casier de flacons lors des opérations de Contrôle de Performances en élevage. Cela permettrait d'allonger de façon conséquente le temps de remplissage des casiers correspondants et donnerait de la "souplesse" aux acteurs (agents des ECEL et/ou éleveurs) pour choisir le moment de leur seconde intervention.

La mise en œuvre du protocole P2 permettrait :

- de maintenir un degré de précision acceptable,
- de limiter le nombre d'échantillons et la fréquence des changements de casiers des échantillonneurs,
- d'éviter des développements informatiques.

Il faut noter qu'il ne serait pas possible de mettre en œuvre un protocole de type P2 sur toutes les marques de robots. En effet, les marques et modèles de robots ne disposent pas tous à ce jour, d'une fonction de limitation du nombre d'échantillons.

- Effet de l'intervalle entre deux traites

Les résultats de l'effet de l'intervalle entre deux traites (effet d'un intervalle de moins de 4 heures avec la traite précédente, traite déclarée "anormale") confirment la pertinence de l'exigence du référentiel CPL version 2.0 - juillet 2009, qui consiste à :

- ne pas prendre en compte (dans le calcul des taux 24 heures), les données de taux correspondantes lorsque l'intervalle de traite avec la traite précédente est inférieur à 4 heures,
- prendre en compte les quantités de lait correspondantes dans le calcul du lait 24 heures.

- Prolongement de la présente étude

Les résultats de l'étude de Peeters et Galesloot (2002) sur le TB et la MG à partir d'un seul échantillon corrigé par 7 facteurs, offrent des perspectives d'évolution intéressantes.

Sur la base du jeu de données utilisé pour les travaux de simulation de la présente étude avec le protocole P6 (24 628 données contrôle 24 heures), des premiers travaux ont été menés sur l'estimation du TB et la MG à partir du modèle de Peeters et Galesloot avec les 7 facteurs de correction correspondants (protocole P6 bis). Les gains de précision observés sur le TB et la MG avec un "protocole P6 bis" seraient supérieurs à ceux observés avec un protocole P6.

Ces résultats encourageants mais provisoires, méritent d'être confirmés sur la base d'un jeu de données plus conséquent.

Des modifications ont été apportées au modèle physique de données du Système d'Information Génétique (création d'une table de stockage des traites élémentaires) et au logiciel national de traitement des données de Contrôle de Performances robots "Original Robot", afin de permettre la remontée et le stockage des traites élémentaires dans le SIG. Ces évolutions devraient contribuer à faciliter les travaux et études sur les évolutions de protocoles, sur les robots entre autres.

#### - Autres perspectives à prendre en compte

Les évolutions et les demandes d'allègement des opérations de Contrôle de Performances officiel avec robots se traduisent (et se traduiront peut-être encore davantage) par une diminution du nombre d'échantillons prélevés. La qualité du ou des échantillons prélevés n'en sera que plus importante et déterminante au regard de l'interprétation des résultats le jour du contrôle et des nouvelles analyses à venir (composition fine,...). Les problèmes liés à la contamination d'échantillons de lait entre vaches successives (phénomène de carry-over, fraction ou quantité croissante de lait d'une vache qui contamine le lait de la vache suivante) constatés tout particulièrement dans les installations avec robots de traite posent question. Il conviendra de suivre les travaux menés au sein d'ICAR autour de cette problématique de fréquence/occurrence d'échantillons contaminés pendant les opérations de Contrôle de Performances avec robots.

## 6. Conclusion

Les objectifs initiaux de la présente étude, sur l'évolution des protocoles robots étaient les suivants :

- analyser l'impact sur la précision des données d'une réduction du nombre d'échantillon (2 échantillons voire 1 seul échantillon) et d'une réduction de la période d'échantillonnage (durée inférieure à 12 heures),
- comparer les résultats de l'étude avec les références bibliographiques internationales,
- actualiser l'étude Institut de l'Elevage menée en 2001 sur l'effet de l'écart entre 2 traites consécutives pour la prise en compte des taux,
- formuler des propositions d'évolution du référentiel CPL et/ou des pistes de travaux complémentaires (en fonction des résultats obtenus).

Au final, l'étude devait permettre de mesurer l'impact sur la précision des données collectées pour l'évaluation génétique et le conseil en élevage, d'une simplification des protocoles de Contrôle de Performances avec robots.

Sur la période 2011 à 2012, la collaboration entre l'Institut de l'Elevage, FCEL, les 7 ECEL partenaires, a permis de collecter les données brutes nécessaires à l'étude et de pouvoir tester la précision de 6 protocoles à travers l'estimation quotidienne des taux et des matières.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- la mise en œuvre d'un protocole avec un seul échantillon par traite, un protocole avec une durée d'échantillonnage inférieure à 12 heures, se traduit par des pertes de précision des données notamment pour le TB et la MG,
- un protocole avec 2 échantillons par vache constitue une piste intéressante d'évolution,
- la méthode de correction des résultats testée avec un seul échantillon par traite (P6) met en évidence des limites (facteur limitant le TB et la MG) mais il existe des pistes d'amélioration (cf méthode Peeters et Galesloot, 2002),
- des intervalles de traite courts (moins de 4 heures) entraînent une baisse de la fiabilité des résultats tout particulièrement sur le TB.

Les résultats de la présente étude ont été présentés, au congrès ICAR 2012 à Cork, au Comité Technique Bovins Lait de France Génétique Elevage le 18 Octobre 2012. L'instance technique de FGE a décidé d'une évolution du protocole de Contrôle de Performances avec robots sur la base des caractéristiques du protocole P2, à savoir : la possibilité de limiter le nombre d'échantillons par vache à 2, sans impact sur la qualification des lactations en protocoles robots (AR ou BR).

Le référentiel CPL de FGE (version 3.0 - Août 2011) a fait l'objet d'une évolution en Octobre 2012 selon les termes suivants : *"la période d'échantillonnage doit avoir une durée comprise entre 12 et 24 heures. Pendant cette période le prélèvement de toutes les 1ères et 2èmes traites de chaque vache est obligatoire. Le prélèvement des traites supplémentaires est facultatif"*.

Au cours du premier semestre 2013, des évolutions ont été apportées au modèle physique de données du SIG afin de pouvoir stocker les données des traites élémentaires des Contrôles de Performances officiel (création de la table BOCLO 2) dont les élevages avec robots. En parallèle, la version 9.9 - Janvier 2013 du logiciel de traitement des données robots (Original Robot) permet la création d'un fichier des Traités Elémentaires Robots (TER). Les adaptations nécessaires au chargement de la table SIG BOCLO 2 à partir du fichier des traites élémentaires robots sont en cours, la livraison est prévue dans la version 523 du SIG en 2013.

Les évolutions et adaptations informatiques ainsi réalisées, permettront de stocker de manière homogène l'ensemble des données élémentaires des robots et de pouvoir effectuer des études ou autres valorisations.

La suite de la présente étude sur l'évolution des protocoles robots, consistera à tester les protocoles de réalisation du contrôle avec 1 seul échantillon et des facteurs de correction, en s'inspirant du modèle établi par Peeters et Galesloot (2002).

## Abréviations

ECEL : Entreprise de Conseil en Elevage

FCEL : France Conseil Elevage

FGE : France Génétique Elevage

ICAR : International Committee for Animal Recording

MG : Matière Grasse

MP : Matière Protéique

SIG : Système d'Information Génétique

SMQ : Système de Management de la Qualité

TB : Taux Butyreux

TER : Traités Elémentaires Robots

TP : Taux Protéique



## Bibliographie

- Bouloc, N., 2001. Contrôle laitier et robot de traite - Caractéristiques et possibilités d'allègement des opérations de contrôle. Institut de l'Élevage, France, 14 p.
- Bourrigan, X., 2011. Etude des facteurs de correction sur la quantité de lait et les taux en protocoles alternés en espèce bovine (méthode Liu), CR n° 001172077, p.18
- Bourrigan, X., Huquet, B., Minery, S., Leclerc, H., Saunier, D., Thomas, G., Analysis of the accuracy of protocols in robotic milking herds for estimation of 24-hour fat and protein (yields and percentage) - Manuscript - ICAR 38th Annual Meeting - Cork, 2012
- Bourrigan, X., Huquet, B., Minery, S., Leclerc, H., Saunier, D., Thomas, G., Analysis of the accuracy of protocols in robotic milking herds for estimation of 24-hour fat and protein (yields and percentage) - PowerPoint - ICAR 38<sup>th</sup> Annual Meeting - Cork, 2012
- FCEL - Institut de l'Élevage, Résultats de Contrôle Laitier, France 2011, p. 14
- FGE - Référentiel métier Contrôle de Performances Lait Bovins v2.0 Juillet 2009  
<http://fr.france-genetique-elevage.org/-Systeme-Management-de-la-Qualite-.html>
- Hand, K.J., Lazenby, D., Miglior, F., Kelton, D.F., 2006. Comparison of Protocols to Estimate 24-hour Fat and Protein Percentages for Herds with a Robotic Milking System. Journal of Dairy Science. 89:1723-1726.
- Peeters, R., Galesloot, P.J.B., 2002. Estimating Daily Fat Yield from a Single Milking on Test Day for Herds with a Robotic Milking System. Journal of Dairy Science. 85:682-688.

## **Annexe 1 - Protocole de l'étude**

**Protocole d'étude sur l'évolution des protocoles robots**

## **1. Contexte et objectifs de l'étude**

### **1.1. Contexte**

En 2001, l'Institut de l'Élevage a effectué une première étude sur les possibilités d'allègement des opérations de Contrôle de Performances avec robots de traite. Ce travail s'est traduit par la rédaction d'un protocole de contrôle plus simple dans son application. Depuis cette période, le nombre d'élevages en Contrôle de Performances équipés de robots de traite a été multiplié par dix pour atteindre un parc de 1 300 installations fin 2009. Cette évolution engendre de nouvelles difficultés (problèmes matériels, organisation du travail, coût) dans la mise en œuvre des modes opératoires de réalisation du contrôle de performances avec robot.

### **1.2. Objectifs de l'étude**

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- analyser l'impact sur la précision des données, d'une réduction du nombre d'échantillons et de la période d'échantillonnage en comparaison avec une population de référence,
- actualiser l'étude Institut de l'Élevage de 2001 sur l'intervalle minimum entre 2 traites consécutives pour la prise en compte des taux (problème du Taux Butyreux).

L'étude permettra d'apporter des éléments factuels sur la faisabilité de simplification du protocole de Contrôle de Performances avec robots et de mesurer l'impact sur la précision des évaluations génétiques.

## **2. Dispositif expérimental**

### **2.1. Données collectées**

Les OCEL ayant le plus grand nombre d'élevages en protocoles AR et BR, sont mobilisés pour collecter les données brutes nécessaires à la réalisation de l'étude. Les OCEL partenaires de l'étude sont les OCEL 14, 59, 61, 85, ALSACE, BCELO, CLASEL.

Les données proviennent de deux fichiers distincts "robot et taux" par date de contrôle :

- un fichier de données brutes sortie robot (type 1 ou type 2),
- un fichier taux transmis par le laboratoire.

L'objectif est que les OCEL transmettent le plus grand nombre de fichiers "robots et taux" par élevage et date de contrôle, en fonction des données disponibles (pratiques de sauvegarde).

Les fichiers robots comprennent les enregistrements relatifs à l'élevage, la production de lait, le prélèvement des échantillons sur :

- 3 types de lignes de contenu différents (dictionnaire de données TAURUS Type 1),
- une seule ligne de définition (dictionnaire international ADED Type 2).

A une date de contrôle donnée, l'appariement des 2 fichiers "robot et taux" permet de calculer les poids de lait 24 heures et les taux pondérés des échantillons analysés, selon les exigences définies dans le référentiel métier CPL (CPL/MO/ 306 Calcul des productions et des taux avec robot de traite).

## **2.2. Préparation des fichiers**

La préparation des fichiers par les OCEL est une étape nécessaire pour apparier de manière automatique les données robots et taux (selon le programme de lecture robot de type 1 ou 2) et constituer ainsi le fichier de l'étude.

Les fichiers robots sont renommés selon le format "type de robot\_nb de stalles\_n° d'élevage\_date de contrôle.txt".

Les fichiers taux sont renommés selon le format "type de robot\_nb de stalles\_n° d'élevage\_date de contrôle suivi de la lettre t.txt".

Les caractéristiques de codification des fichiers sont les suivantes :

- code "type de robot" (1 Lely type 1, 2 Delaval, 3 Prolion, 4 Christensen, 5 Lely type 2),
- nombre de stalle (1, 2, 3 ou plus),
- numéro d'élevage (8 chiffres),
- date de contrôle (année mois jour 8 chiffres).

### Exemples de fichiers robots renommés :

- Robot Lely, 1 stalle, élevage 75000001, date de contrôle le 15/04/2009 est renommé 1\_1\_75000001\_20090415.txt.

- Robot Delaval, 2 stalles, élevage 75000002, date de contrôle 17/04/2009 est renommé 2\_2\_75000002\_20090417.txt.

### Exemples de fichier taux correspondants renommés :

- Robot Lely, 1 stalle, élevage 75000001, date du fichier taux du contrôle le 15/04/2009 est renommé 1\_1\_75000001\_20090415t.txt.

- Robot Delaval, 2 stalles, élevage 75000002, date du fichier taux du contrôle le 17/04/2009 est renommé 2\_2\_75000002\_20090417t.txt.

Les fichiers robots et taux transmis par les OCEL sont des fichiers de données brutes.

La vérification de cohérence des fichiers robots (marque et type de fichier de sortie) et taux, numéro d'élevage, date de contrôle, est nécessaire avant de "marier" les fichiers correspondants. Cette vérification porte sur le respect :

- des lignes de définition et de contenu (fichiers "tronqués") des fichiers robots,
- du nombre d'échantillons identifiés dans les fichiers robots et taux (nombre d'échantillons "répertoriés dans le robot égal au nombre de résultats d'analyses" transmis par le laboratoire).

## **2.3. Description du fichier de données**

La première phase de l'étude consiste à regrouper dans un seul et même fichier l'ensemble des données à partir des fichiers robots et taux correspondants (automatisation de lecture des fichiers).

Les données collectées nécessaires à la réalisation de l'étude concernent :

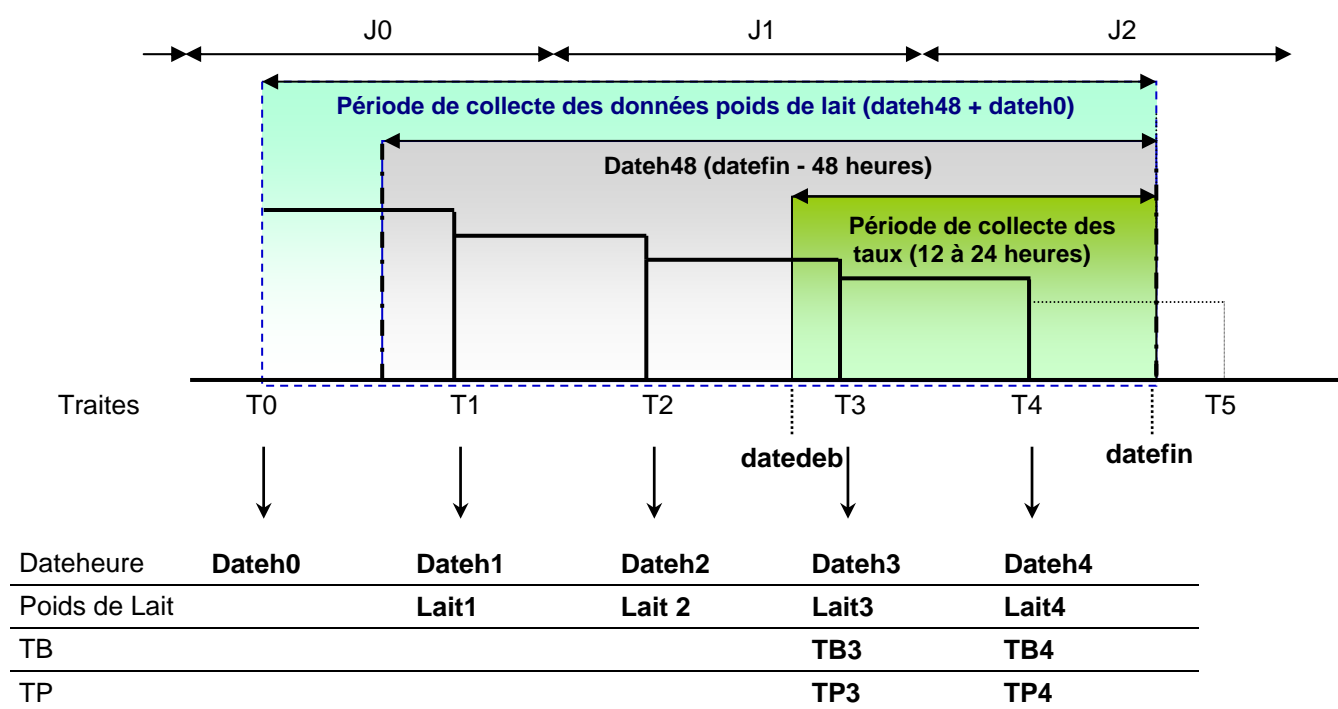
- la date de contrôle,
- le numéro d'élevage,
- le numéro de l'animal (n° de travail ou collier ou national selon le format de type 1 ou 2),
- la date et heure de début de période d'échantillonnage,
- la date et heure de fin de période d'échantillonnage,
- la production de lait de chaque traite avec date et heure correspondante,
- le numéro de flacon identifié par le robot et le laboratoire,
- les résultats d'analyses TB, TP correspondant à chaque traite avec échantillon.

### 3. Traitement des données

Le traitement des données nécessite le calcul préalable des performances quotidiennes de référence (lait, TB, TP, MG, MP). L'analyse des différents effets porte sur l'estimation de la production quotidienne.

#### 3.1. Calcul de la référence lait et taux

La seconde phase de l'étude consiste dans un premier temps à obtenir une population de référence correspondant à chaque hypothèse de travail.



$$\text{Lait24href} = (\text{Lait1} + \text{Lait2} + \text{Lait3} + \text{Lait4}) \times 1440 \text{ minutes} / (\text{dateh4} - \text{dateh0})$$

$$\text{TB24href} = (\text{Lait3} \times \text{TB3}) + (\text{Lait4} \times \text{TB4}) / (\text{Lait3} + \text{Lait4})$$

$$\text{TP24href} = (\text{Lait3} \times \text{TP3}) + (\text{Lait4} \times \text{TP4}) / (\text{Lait3} + \text{Lait4})$$

$$\text{MG24href} = \text{Lait24h} \times \text{TB24h},$$

$$\text{MP24href} = \text{Lait24h} \times \text{TP24h}.$$

Le calcul des performances quotidiennes de référence (Lait, Taux, Matières) prend en compte les exigences et règles de gestion ci-dessous :

- la durée standard pour la collecte des traites prises en compte est de 48 heures,
- la période de collecte des taux (période d'échantillonnage) est comprise entre 12 et 24 heures,
- la production de lait estimée (lait24h) correspond à la quantité de lait calculée sur une période de 24 heures,
- les taux au jour du contrôle (TB24h, TP24h) sont les taux moyens pondérés des quantités de lait respectives,
- suppression de l'ensemble des données (lait et taux) des traites élémentaires avec une quantité de lait inférieure à 1 kg,
- suppression de l'ensemble des données (lait et taux) des quantités de lait calculées sur 24 heures inférieures à 2 kg,
- non prise en compte des taux de la traite, lorsque l'intervalle avec la traite précédente est inférieur à 4 heures,
- les valeurs TB et TP 24 heures "aberrantes" sont supprimées (ensemble des taux du contrôle).

### **3.2. Caractéristiques du fichier d'étude (global)**

Le fichier global de l'étude est constitué de 66 596 données vache/contrôle avec une production de référence lait24h, TB24h, MG24h, TP24h et MG24h.

*Rmq : après élimination des durées d'échantillonnage < 12 heures et > 24 heures le nombre de données vache/contrôle du fichier de référence est de 52 361.*

- Le nombre moyen d'échantillons/vache du fichier est de 1.9 (mini = 1, maxi = 5, écart-type = 0.7).

- La répartition du nombre d'échantillons exploitables par vache/contrôle du fichier de référence 12-24 heures est la suivante :

Nbre d'échantillons / vache	Pourcentage
1	30.4 %
2	47.9 %
3	18.1 %
4	2.9 %
5	0.5 %
6 et +	0.1 %
dont + de 10 traites	0.04 %

### **3.3. Hypothèses de travail autour de la réduction du nombre d'échantillons et de la période d'échantillonnage**

La troisième phase de l'étude doit permettre de simuler et d'analyser différentes hypothèses de travail autour de la réduction du nombre d'échantillons et de la période d'échantillonnage.

*Rmq : l'évaluation de la perte de précision induite sera effectuée sur les variables TB, TP, MG et MP à partir des performances quotidiennes.*

*L'absence des données sur le stade de lactation (date de vêlage) dans les fichiers extraits du robot, ne permet pas d'évaluer la perte de précision sur une lactation (à revoir par la suite, dans une seconde phase).*

*Rmq : le calcul de la quantité de lait 24 heures de référence, qui s'appuie sur l'ensemble des traites enregistrées sur la période de 48 heures (cf durée standard) ne fait pas l'objet d'hypothèses de calcul. La comparaison entre le lait 24 heures de référence et le lait 24 heures calculé par le logiciel robot ne peut être effectuée dans le cadre de l'étude, compte tenu de l'absence de stockage de la donnée 24 heures calculée par le robot, dans le fichier standard (type 1 ou type 2).*

- Description des hypothèses :

**Question 1 : quel est l'effet du nombre d'échantillons sur la précision des mesures ?**

- Effet du nombre d'échantillons

Hypothèses à tester	Population de référence
H1 Prélèvement d'un seul échantillon (le premier) par vache	Population de référence 12-24 heures avec nombre d'échantillons par vache $\geq 2$
H2 Prélèvement des 2 premiers échantillons par vache	Population de référence 12-24 heures avec nombre d'échantillons par vache $\geq 3$

**Question 2 : quel est l'effet de la durée d'échantillonnage sur la précision des mesures ?**

- Effet de la durée d'échantillonnage

Hypothèses à tester	Population de référence
H3a Prélèvement d'un échantillon par traite sur une période de 8 heures	Population de référence 12-24 heures
H3b Prélèvement d'un échantillon par traite sur une période de 10 heures	Population de référence 12-24 heures
H3c Prélèvement d'un échantillon par traite sur une période de 12 heures	Population de référence 12-24 heures

Pour l'ensemble des hypothèses étudiées, les calculs de perte de précision (moyenne, écart-type, écart en valeur absolue, coefficient de corrélation) seront effectués entre les variables :

- TB24h test et TB24h réf, MG24h test et MG24h réf,
- TP24h test et TP24h réf, MP24h test et MP24h réf.

Des facteurs explicatifs (effet poussée des vaches,...) compléteront l'analyse.

*Rmq : l'étude portera également sur l'effet moyen de l'intervalle depuis la traite précédente sur les performances enregistrées.*

**Question 3 : faut-il maintenir la suppression des taux dans le cas des traites avec un intervalle de moins de 4 heures (traites anormales dans le référentiel CPL) ?**

# Etude sur les possibilités d'évolution des protocoles robots

L'évolution croissante du nombre d'élevages en Contrôle de Performances Lait officiel avec traite robotisée, les difficultés engendrées dans la réalisation du contrôle (organisation, matériel, coût,...) ont conduit à une étude sur les possibilités d'évolution des protocoles robots.

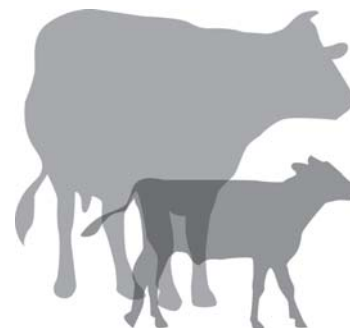
Sur la période 2011-2012, 6 protocoles ont été testés autour de la diminution du nombre d'échantillons, de la période d'échantillonnage pour l'estimation quotidienne des taux (TB et TP) et des matières (MG et MP).

Les résultats de l'étude montrent que les protocoles avec un seul échantillon par vache (avec et sans facteurs de correction), une durée d'échantillonnage inférieure à 12 heures se traduisent par des pertes de précision notamment pour le TB et la MG.

Un protocole avec 2 échantillons par vache sur une période d'échantillonnage comprise entre 12 et 24 heures, permet d'obtenir un degré de précision acceptable au regard des besoins de l'évaluation génétique et du conseil en élevage.



**INSTITUT DE  
L'ÉLEVAGE**



**Édité par :**

l'Institut de l'Élevage  
[www.idele.fr](http://www.idele.fr)

**Dépôt légal :**

3ème trimestre 2013  
© Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage  
Juillet 2013  
Réf : 001371045 - ISSN - 1773-4738

EN COLLABORATION AVEC :