

# Méthode et interprétation de résultats d'expérimentation en fermes : exemple d'un essai d'apport de méthionine protégée

C. LOPEZ (1), P. BRUNSCHWIG (2), J. SEEGER (3), G. CHEROUAT (4), J.C. ROBERT (5), D. RIBAUD (1), G. VIUDES (3), L. FREBOURG (6)

(1) Institut de l'Élevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

(2) Institut de l'Élevage, 14, avenue Joxé BP 646, 49006 Angers Cedex 01

(3) Institut de l'Élevage, BP 18, 31321 Castanet-Tolosan Cedex

(4) Collectif OPTILAIT, EDE Haute Garonne, 61, allée de Brienne, 31069 Toulouse Cedex.

(5) Rhône-Poulenc Nutrition Animale, 42, avenue Aristide-Briand, BP 100 92164 Antony Cedex

(6) ENITA, RN 89, Marmilhat 63370 Lempdes

**RÉSUMÉ** – Une démarche d'expérimentation en élevages conventionnels est proposée qui permet de préciser les références acquises en stations expérimentales dans le contexte des élevages adhérents au Contrôle laitier dans une région française. Les élevages candidats à l'issue d'une enquête préliminaire et vérifiant les clauses d'inclusion sont répartis par tirage au sort entre les groupes expérimentaux au sein de strates préalablement définies à l'aide d'une typologie régionale. Des informations spécifiques à l'essai et relevées au cours de celui-ci viennent compléter les données recueillies par les contrôleurs dans le cadre de leur travail auprès des éleveurs. La méthode est illustrée par un essai sur l'incidence de l'apport de méthionine protégée dans l'alimentation, sous forme de 14 grammes de Smartamine™ M, sur les performances de production (lait, taux butyreux et protéique) de vaches laitières dans 137 élevages adhérent au Contrôle Laitier du Sud-Ouest de la France. L'échantillon a de bonnes qualités de représentativité vis-à-vis de la population avec 12 strates présentes sur les quatorze strates identifiées dans la population et une importance relative des strates dans l'essai proche de celle dans la population. L'apport de méthionine induit un accroissement moyen significatif du TP de  $0,8 \pm 0,3$  g/kg ( $p=0,033$ ) sans modifier les niveaux de production de lait et de TB. Des estimations des résultats escomptés sur l'ensemble de la population de référence sont par ailleurs fournis.

## Commercial farm trial methodology and interpretation of results : case-study of a rumen-protected methionine trial

C. LOPEZ (1), P. BRUNSCHWIG (2), J. SEEGER (3), G. CHEROUAT (4), J.C. ROBERT (5), D. RIBAUD (1), G. VIUDES (3), L. FREBOURG (6)

(1) Institut de l'Élevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

**SUMMARY** – This article proposes an experimental method for a large field-trial on commercial farms, designed to detail results previously obtained on research farms, using commercial farms that belong to the milk recording organization in one region of France. The commercial farms, selected from a preliminary survey, were randomly assigned to experimental groups in each stratum of the regional typology of dairy herds. Certain specific data were recorded during the trial and added to the standard data collected by the local milk recording technicians. This methodology was applied to a trial which investigated milk production responses (milk yield, fat and protein contents) to a supply of protected methionine (Smartamine™ M, 14 g/cow/day), on 137 herds, members of the French milk recording organization, in Southwest of France. The sample of herds was representative of the local population : it contained herds from 12 of the 14 strata identified among the local herd population and the relative weights of the trial strata were close to those of the population studied. Supplying protected methionine led to a significant mean increase in milk protein content of  $0.8 \pm 0.3$  g/kg ( $p = 0,033$ ), with no significant changes in milk yield or fat content. Estimates of expected results on the whole of the reference population are also provided.

## INTRODUCTION

La diffusion, auprès des éleveurs, de conseils sur le plan technico-économique suppose l'acquisition préalable de références. Pour cela deux démarches sont traditionnellement suivies : la démarche expérimentale, la plupart du temps menée en stations expérimentales, où des animaux sont allotés en différents groupes correspondant aux traitements étudiés et la démarche d'enquête où les éleveurs ayant adopté ou non le traitement sont comparés.

Si les enquêtes assurent une relative représentativité des résultats, des interrogations demeurent quant à la portée des conclusions obtenues. L'adoption d'une technique ou d'un produit récent peut par exemple dépendre du niveau d'information/formation de l'éleveur qui peut lui même traduire un niveau de technicité... On est alors en droit de s'interroger sur ce que mesurent les enquêtes : une conséquence de la technique ou du produit, un effet induit par la meilleure technicité de l'éleveur ou bien les deux ?

Si les références acquises dans un contexte expérimental sont a priori exemptes de ce risque de biais dans la mesure où le milieu est contrôlé et que les groupes d'animaux sont comparables, la particularité de la conduite des animaux en station peut toutefois rendre délicate la diffusion des résultats obtenus auprès d'une population hétérogène d'élevages et d'éleveurs. Ce travail vise à étudier la possibilité de réaliser des essais en élevages conventionnels en vue d'extrapoler les résultats aux élevages susceptibles d'en bénéficier [tout en s'assurant la rigueur que peut offrir le cadre expérimental notamment au niveau du contrôle des biais].

Un essai est présenté sur l'incidence de l'apport de méthionine dans l'alimentation, sous forme de 14 g de Smartamine™ M, sur les performances de production (lait, TB, TP) de vaches dans des élevages adhérant au Contrôle Laitier dans le Sud-Ouest de la France.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1 LA DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

La population visée par la démarche est celle des élevages adhérents au Contrôle Laitier. Une enquête préliminaire, menée avec l'appui des contrôleurs laitiers, auprès des éleveurs dans une région donnée permet d'informer ceux-ci sur le thème expérimental qui leur est proposé (intérêt technique et gain attendu). Une fiche descriptive de l'exploitation candidate est retournée par les éleveurs souhaitant participer avec engagement écrit de leur part à respecter le protocole, en particulier dose et durée de distribution sans possibilité d'abandon de la supplémentation.

Les élevages retenus sont classés selon une typologie régionale préalablement définie sur des critères discriminant les élevages et dont on désire contrôler les effets (race, ration de base, répartition des vêlages, ...). Les groupes expérimentaux et témoins sont constitués par tirage au sort au sein de chacune des strates de la typologie.

L'unité expérimentale est l'élevage, ceci pour éviter que la présence de deux lots de vaches au sein d'une même exploitation ne modifie le comportement de l'éleveur par rapport à sa pratique. Le nombre de répétitions par groupe est raisonné à partir de références régionales (bibliographie ou étude de variabilité sur des données pré-expérimentales).

La méthode s'appuie sur une utilisation des informations recueillies en routine par les contrôleurs laitiers complétées par des informations spécifiques à l'essai entrepris. Ces dernières sont notées par l'éleveur sur un cahier d'élevage laissé dans l'exploitation en début d'essai, validé en cours d'essai par le contrôleur et récupéré à la fin de celui-ci.

### 1.2 L'ESSAI SMARTAMINE

#### Résultats acquis en station expérimentale

L'apport de méthionine protégée, sous forme de 12 g de Smartamine™ M dans des régimes à base d'ensilage de maïs complétés par du tourteau de soja et distribués après vêlage à des vaches en début ou en milieu de lactation, entraîne un gain de TP (+1,3 à 1,4 g/kg) sans modifier ni la production laitière

ni le TB (Brunschwig et al, 1995), (+1,0 g/kg) sur Prim'Holstein (Robert et al, 1995). L'effet est plus faible sur des régimes comportant de l'herbe (+1,0 g/kg avec 50 % d'ensilage d'herbe, 50% d'ensilage maïs et +0,7 g/kg au pâturage RGA+TBlanc) lorsque le déficit en méthionine est moins marqué (Rulquin et al, 1993, Brunschwig et al, 1995). La distribution de 15 g de Smartamine™ M, quantité largement en excès par rapport au besoin, deux semaines avant vêlage induit, en plus de l'augmentation du TP (+0,8 g/kg), une baisse d'ingestion après vêlage (-1,1 kg MS/j), une diminution de production laitière (-1,2 kg/j) accompagnée d'une forte augmentation du TB (+3,1 g/kg) (Brunschwig et al, 1995).

#### Caractéristiques des élevages et des vaches étudiés

Les éleveurs ne doivent pas avoir distribué de méthionine protégée pendant les douze mois précédant l'essai et n'utilisent pas de mélangeuse à turbine pour apporter le produit dans la ration (pour ne pas briser l'enveloppe protectrice). Les vaches ayant reçu le produit pendant plus de trois jours avant le vêlage sont exclues de l'étude.

A l'issue de l'enquête préliminaire, 137 élevages ont été sélectionnés provenant de onze départements du Sud-Ouest. Ces élevages sont répartis dans 12 strates définies suivant, la race (Montbéliarde, Prim'Holstein [80 à 95 %], Prim'Holstein à plus de 95 %, Mixte), la ration de base (moins de 1/3 de maïs ensilage, de 1/3 à 2/3 de maïs, plus de 2/3 de maïs) et une répartition des vêlages en deux classes (Automne-Hiver et autre).

#### Les périodes expérimentale et pré - expérimentale

L'essai a duré environ quatre mois pour chaque élevage (temps compris entre 5 contrôles laitiers mensuels), entre la mi - octobre 1997 et la mi - Mars 1998 suivant la date d'entrée dans l'essai. On considère que la période pré-expérimentale est la période homologue lors de l'année précédente.

#### Les critères de jugement

Les critères mesurés sont la production moyenne quotidienne par vache (kg/j), les taux butyreux et protéique moyens par vache et par jour (g/kg). Ils sont évalués sur une période de 120 jours à partir de la date de début d'essai de l'élevage et sur les vaches ayant au moins deux contrôles. Les performances moyennes d'élevage sont pondérées par le nombre de vaches de l'élevage retenues pour l'étude.

Les élevages participant à l'étude doivent avoir au moins 10 vaches qui contribuent à l'estimation de la moyenne d'élevage pour les critères étudiés.

#### Analyse des données

Les analyses statistiques sont basées sur des modèles d'analyse de covariance avec comme facteur étudié le 'Traitement' (méthionine contre témoin), comme facteurs contrôlés la 'Race' et la 'Strate' hiérarchisée dans la race (notée Strate(Race)). Les interactions 'Traitement\*Race' et 'Traitement\*Strate(Race)' ainsi que les variables pré-expérimentales significativement corrélées avec les critères de production sont également incluses dans les modèles. Les index génétiques, les effets troupeau et le stade de lactation sont centrés intra-strate pour ne pas ajuster les écarts structurels des strates sur ces covariables (Le Garff et al, 1992). Le centrage permet en outre d'inclure en covariables les index moyens et les effets Troupeau sur l'ensemble des deux races. Des moyennes redressées ont été estimées par type d'alimentation, qui tiennent compte de l'importance réelle des strates dans la population-cible de l'étude (Lopez C., 1993, non publié). Les tests sont réalisés au seuil 5 %. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel S.A.S. (version 6.12). Des modèles gaussiens ont été posés pour les critères de jugement.

## 2. RESULTATS

Quatre élevages ont été exclus des analyses, deux expérimentaux et deux témoins (trois éleveurs n'ont pas respecté le protocole, le quatrième pour d'autres raisons). Ainsi, 133 élevages ont été retenus, répartis en 67 élevages dans le groupe « méthionine » et 66 dans le groupe « témoin ». Leur réparti-

tion figure dans le tableau 1 ainsi que la fréquence relative (%) des strates dans la population-cible des élevages.

La strate n° 1 n'a pas participé à l'analyse car les deux élevages de la strate ont des races dominantes différentes.

Ces deux élevages ont les résultats suivants (respectivement sur le lait, le TB, le TP) :

méthionine : 24,1 kg/j, 46,1 g/kg, 34,3 g/kg  
témoin : 23,2 kg/j, 43,6 g/kg, 33,3 g/kg

Au final les analyses statistiques ont porté sur 131 élevages (66 « méthionine », 65 « témoin »).

Les groupes sont comparables sur les caractéristiques des élevages et sur les covariables (tableau 2). Les tests sont ajustés de l'effet des strates et de l'interaction 'Traitement x Strate' (degré de signification (p)). Les statistiques pour les covariables génétiques ont été calculées intra-race.

Le tableau 3 présente les résultats des tests des effets « Traitement », « Race » ainsi que des covariables retenues pour chaque critère de jugement.

**Tableau 1**  
Répartition des élevages par strate et par traitement

Strate	Race	Alimentation	Rep. vèlages	n1	n2	%
1	Mixte			1	1	2,6
2	46 <sub>(1)</sub>	≤ 1/3 maïs		1	2	3,9
3	46 <sub>(1)</sub>	1/3 à 2/3 maïs		1	1	1,3
4	46 <sub>(2)</sub>	> 2/3 maïs		1	1	0,7
5	66 <sub>(2)</sub>	1/3 à 2/3 maïs		2	2	2,8
6	66 <sub>(2)</sub>	> 2/3 maïs		3	2	3,1
7	66 <sub>(3)</sub>	≤ 1/3 maïs	Aut.-Hiv.	3	2	5,0
8	66 <sub>(3)</sub>	≤ 1/3 maïs	Autres	3	3	9,0
9	66 <sub>(3)</sub>	1/3 à 2/3 maïs	Aut.-Hiv.	5	5	8,7
10	66 <sub>(3)</sub>	1/3 à 2/3 maïs	Autres	7	6	14,4
11	66 <sub>(3)</sub>	> 2/3 maïs	Aut.-Hiv.	21	21	18,7
12	66 <sub>(3)</sub>	> 2/3 maïs	Autres	19	20	29,5

46<sub>(1)</sub> : Montbéliarde n1 : effectif 'méthionine'  
66<sub>(2)</sub> : Prim'Holstein : entre 80 et 95% n2 : effectif 'témoin'  
66<sub>(3)</sub> : Prim'Holstein : ≥ 95%  
% : proportion d'élevages de la population dans la strate

**Tableau 2**  
Statistiques élémentaires et comparabilité des groupes expérimentaux

	méthionine (n=66)		témoin(n=65)		p
	Moy	± Sm	Moy	± Sm	
Stade de lactation (j)	100	± 3	105	± 4	0,939
Intervalle entre vèlages(j)	401	± 3	400	± 3	0,293
Age au vèlage (an)	4,3	± 0,1	4,3	± 0,1	0,508
Rang de lactation	2,67	+ 0,05	2,71	+ 0,05	0,292
% Primipares (%)	33,7	± 1,0	34,4	+ 1,1	0,598
INDLB (kg)	46	252,4 ± 87,4	66	262,4 ± 112,0	0,332
	66	157,0 ± 33,4	66	234,4 ± 42,5	0,596
INDTB (g/kg)	46	-0,4 ± 0,3	66	0,1 ± 0,5	0,146
	66	-0,9 ± 0,1	66	-1,0 ± 0,1	0,722
INDTP (g/kg)	46	-0,2 ± 0,2	66	-0,1 ± 0,3	0,579
	66	-0,2 ± 0,03	66	-0,2 ± 0,04	0,597
ETLB (kg)	46	6780 ± 373	66	6492 ± 421	0,642
	66	7212 ± 112	66	7324 ± 113	0,687
ETTB (g/kg)	46	37,5 ± 0,8	66	39,5 ± 1,1	0,219
	66	40,1 ± 0,2	66	40,6 ± 0,2	0,227
ETTP (g/kg)	46	32,2 ± 0,6	66	32,2 ± 0,2	0,376
	66	31,1 ± 0,1	66	31,2 ± 0,1	0,494

Moy : moyennes brutes Sm : écart-type de la moyenne  
p : degré de signification de l'effet "traitement" ajusté des strates  
INDLB, ETLB: INDeX génétique et Effet Troupeau Lait Brut de la période pré-expérimentale.  
(définitions similaires pour les autres covariables).

L'apport de méthionine induit un accroissement significatif du TP de 0,8 ± 0,3 g/kg (p=0,033) sans modifier significativement les niveaux de production de lait (p=0,974) et du TB (p=0,856). L'augmentation du TP ne dépend pas de la strate intra-race (p=0,443) ni de la race (p=0,831), respectivement pour les élevages Montbéliards, Prim'Holstein, +0,8 ± 0,7 g/kg et +0,7 ± 0,1 g/kg. Les élevages à dominante Montbéliarde ont des niveaux de TP supérieurs de 1,5 ± 0,4 g/kg à ceux des élevages Prim'Holstein (p=0,0002).

L'accroissement du TP est sensiblement le même pour les primipares et les multipares, respectivement +0,9 ± 0,4 g/kg et +1,0 ± 0,3 g/kg (p=0,683).

**Tableau 3**  
Test des effets ajustés de l'apport de méthionine protégée

	N	LB (kg/j)		TB (g/kg)		TP (g/kg)	
		Moy	± Sm	Moy	± Sm	Moy	± Sm
méthionine	66	23,4	± 0,6	40,7	± 0,7	32,6	± 0,3
témoin	65	23,5	± 0,6	40,9	± 0,7	31,8	± 0,2
		<i>p</i> (0,974)		<i>p</i> (0,856)		<i>p</i> (0,033)	
Race : 46	7	22,6	± 0,8	40,6	± 1,0	33,0	± 0,4
66	131	24,3	± 0,3	41,0	± 0,3	31,5	± 0,1
		<i>p</i> (0,066)		<i>p</i> (0,664)		<i>p</i> (0,0002)	
STADE	(1)	-0,047	± 0,006	0,014	± 0,007	0,015	± 0,003
INDLB	(1)	0,003	± 0,001	-0,002	± 0,001		
INDTB	(1)			1,118	± 0,289		
ETLB	(1)	0,002	± 0,001				
ETTB	(1)			0,677	± 0,106		
ETTP	(1)					0,654	± 0,093
R2(%)		66,7 %		49,6 %		61,1 %	
ETR		1,9		2,3		0,9	

Moy : moyennes ajustées Sm : écart-type de la moyenne  
p : degré de signification (1) : pente ± écart-type de la pente  
R2(%) : Pouvoir explicatif du modèle ETR : écart-type résiduel

### Les moyennes redressées

L'importance relative des strates dans la population des élevages du Sud-Ouest (% , tableau 1) permet d'obtenir des estimations sans biais des résultats de production au niveau de l'ensemble de la population-cible (tableau 4).

**Tableau 4**  
Estimations au niveau de la population-cible (les moyennes redressées)

	N	LB		TB		TP	
		Moy	± Sm	Moy	± Sm	Moy	± Sm
méthionine	66	24,3	± 0,2	41,7	± 0,3	32,2	± 0,1
témoin	65	24,9	± 0,2	41,0	± 0,3	31,5	± 0,1

### 3 DISCUSSION-CONCLUSION

L'ensemble des élevages ayant participé à l'essai assure une bonne représentativité de la population-cible. Deux strates de la population ne sont pas représentées dans l'échantillon, composées respectivement d'élevages ayant entre 65% et 80% de Prim'Holstein (114 élevages), d'élevages ayant entre 80% et 95% de Prim'Holstein avec moins d'un tiers de maïs dans la ration de base (193 élevages). Ces deux strates ne représentent que 5,6% des élevages. La fréquence relative des 12 strates présentes dans l'échantillon est très proche de celles dans la population permettant d'assurer une relativement bonne représentation des six régions pédo-climatiques comme l'indique le tableau 5.

Il faut noter toutefois une sur-représentation de la région Sud-Aquitaine au niveau de l'échantillon.

La stratification s'est avérée efficace pour les trois critères de jugement permettant des gains de puissance au niveau des tests et validant a posteriori le dispositif expérimental.

Les résultats trouvés sont cohérents avec les références acquises en stations expérimentales avec toutefois un accroissement moindre du taux protéique dû probablement à la diversité des contextes d'élevages. Une étude est en cours sur ces données afin de préciser les facteurs d'élevages conditionnant l'expression du TP. La méthode a également permis de fournir des estimations au niveau régional qui complètent l'étude de l'effet de l'apport de méthionine protégée.

**Tableau 5**  
**Répartition des élevages en essai et de la population**  
**selon les régions pédo-climatiques**

Région	Essai (%)	Pop. (%)	Région	Essai (%)	Pop. (%)
Montagne	3,8	5,9	Côteau Secs	28,6	31,4
Ségalias	31,6	31,8	Piémont	1,5	1,2
Causses-Sables	8,3	11,0	Sud-Aquitaine	26,3	18,5

Des premières conclusions peuvent être portées quant à la faisabilité d'une telle démarche appliquée à la production laitière et aux taux.

- Les éleveurs adhèrent majoritairement à cette démarche.
- Malgré la faible taille de l'échantillon celui-ci restitue assez bien la diversité des contextes d'élevages rencontrés dans le Sud-Ouest.
- La méthode offre les garanties de la démarche expérimentale en assurant un contrôle du risque de biais dans les tests statis-

tiques tout en permettant une extrapolation des résultats à la population d'origine. Il faut noter que la connaissance par l'éleveur du groupe expérimental auquel il appartient a pu entraîner une plus grande attention de la part de ceux donnant de la Smartamine<sup>TM</sup> M. A cela il peut être objecté que les éleveurs témoins peuvent aussi avoir modifié leur comportement sachant leur participation à l'étude mais surtout que cette modification si elle existe fait partie de l'effet du produit (tout au moins en conditions d'applications réelles).

- Au final cette démarche d'expérimentation directe auprès des éleveurs peut s'avérer un moyen d'acquisition de références intéressant et permettre de conditionner le conseil donné aux éleveurs au contexte (strate) auquel ils appartiennent.

L'analyse de l'essai présenté sera poursuivie sur des critères sanitaires et de reproduction.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié d'un soutien financier de la part de l'ONILAIT ainsi que de l'ACTA. Les auteurs tiennent aussi à remercier le collectif OPTILAIT de l'appui apporté au niveau de l'organisation et du suivi de l'étude.

**Brunschwig Ph., Augeard Ph., Sloan B., Tanan K., 1995**, Ann. Zootech 44, Suppl. 380

**Brunschwig Ph., Augeard Ph., Sloan B., Tanan K., 1995**, Renc. Rech. Ruminants, 2, 249

**Le Garff G., 1992**, « Expérimenter sur vaches laitières », 2<sup>e</sup> édition, document Lignes, ITEB

**Robert J. C., Sloan B.K., 1995**, J.Dairy Sci. 78, Suppl. 1. Abstract P224.

**Rulquin H, Pisulewski P.M., Verite R, Guinard J., 1993**, Livest. Prod. Sci. 37, 69-90