

# Evaluation économique de règles de traitement sélectif au tarissement selon les contextes épidémiologiques de santé des mamelles en troupeaux laitiers : étude par simulation

H. SEEGERS (1), A. ROBERT (1,2), D. BILLON (1), P. ROUSSEL (3), F. SERIEYS (4), M. LE GUENIC (5), H. BAUDET (6), V. HEUCHEL† (3), N. BAREILLE (1)

(1) UMR 708 ENVN-INRA Gestion de la Santé Animale, BP 40706 - 44307 Nantes Cedex 03

(2) ARILAIT Recherches, 42 rue de Chateaudun 42 rue de Châteaudun - 75314 PARIS cedex 09

(3) Institut de l'Élevage, 9 rue André Brouard, BP 70510, 49105 Angers cedex2, & 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12

(4) Filière Blanche, 12 Quai Duguay Trouin - 35000 Rennes

(5) Chambres d'Agriculture de Bretagne, Technopôle Atalante-Champeaux, CS 14226 - 35042 Rennes Cedex

(6) Contrôle Laitier Sarthe, C.L.A.S.E.L. 72, 126 rue de Beauge - 72018 Le Mans Cedex 2

**RESUME** - Actuellement, le traitement antibiotique systématique au tarissement est remis en cause sans que les indications du traitement antibiotique sélectif et celles de l'application d'obturateurs de trayon ne soient bien précisées. Un modèle bio-économique de simulation de troupeau laitier a été adapté pour évaluer des stratégies et règles de choix des vaches traitées sous différents contextes épidémiologiques. Le modèle est dynamique, stochastique (pour simuler l'occurrence et les effets des infections intra-mammaires), individu-centré et mécaniste (représentation de tous les individus). Les résultats présentés ici montrent que, pour des situations plutôt fortement dégradées avec prédominance d'infections par *Staphylococcus aureus* ou *Streptococcus*, les stratégies de traitements sélectif avec une règle de traitement à partir de 100 000 cellules/ml au dernier contrôle laitier ou combinant une règle à 150 000 cellules/ml avec l'application d'un obturateur pour les vaches non traitées constituent des alternatives *a priori* économiquement neutres ou intéressantes par rapport au traitement systématique et compatibles avec la réduction de l'emploi d'antibiotiques. Une exploration élargie à d'autres contextes épidémiologiques et règles de traitement, avec une analyse de la sensibilité des résultats à des paramétrages différents (notamment sur les efficacités des traitements) est en cours pour formuler des recommandations plus globales.

## Assessment of economic worth of rules for selective drying-off treatment according to the udder health epidemiological context of dairy cow herds: a simulation study

H. SEEGERS (1), A. ROBERT (1,2), D. BILLON (1), P. ROUSSEL (3), F. SERIEYS (4), M. LE GUENIC (5), H. BAUDET (6), V. HEUCHEL† (3), N. BAREILLE (1)

(1) Animal Health Management Group, Veterinary School-INRA, BP 40706 - 44307 NANTES cedex 03

**SUMMARY** - Systematic antibiotic dry cow treatment is nowadays challenged, despite of no availability of grounded indications for selective dry cow treatment or teat sealer application rules under French conditions. A bioeconomic simulation model was adapted to assess several control strategies and related selection of cows left untreated. The core-model was developed as dynamic, stochastic (using probabilities for simulation of both occurrence and consequences of mastitis), mechanistic and individual-based (representation of all heifers and cows). Here the results provided show that for poor situations with predominance of *Staphylococcus aureus* or *Streptococcus* infections, selective strategies using a selection threshold at 100,000 cells/mL to be treated or combining such a strategy at 150,000 cells/mL with an application of teat sealers on the other cows are quite neutral or of interest from an economic point of view in comparison with systematic dry cow treatment, and allow reducing the use of antibiotics. A broader exploration of other epidemiological contexts and rules to implement the selective treatment, with an analysis of sensitivity of the outcomes to different parameter values given to efficacy rates of treatments, is ongoing in order to formulate more global recommendations.

## INTRODUCTION

Le traitement antibiotique au tarissement des vaches laitières possède deux fonctions : éliminer des infections existant en fin de lactation et prévenir la survenue de nouvelles infections dans les semaines suivant le tarissement. Sa mise en oeuvre systématique (application à toutes les vaches), jusqu'ici pierre d'angle des plans de maîtrise (Neave *et al.*, 1966), est maintenant remise en cause pour plusieurs raisons. Il s'agit de la faible prévalence d'infections intra-mammaires au tarissement dans bien des troupeaux (il y a alors peu d'infections à éliminer) et/ou d'un risque de nouvelles infections assez limité dans certaines situations (le rôle préventif est alors faible), alors que les coûts associés à sa mise en oeuvre restent présents. De plus au niveau de la filière, le recours fréquent aux antibiotiques et surtout leur utilisation systématique non raisonnée sont associés, à plus ou moins juste titre, aux risques de présence de résidus

(notamment lors de la première livraison *post partum*) et donc de problèmes de fabrication, à la sélection possible de souches antibiorésistantes, ainsi qu'à une potentielle dégradation de l'image des produits et de leur mode de production auprès des consommateurs.

L'alternative au traitement systématique est le traitement dit sélectif. Il s'agit en général de limiter le traitement antibiotique à sa seule fonction curative. Pour cela il faut identifier correctement les vaches infectées (besoin de forte sensibilité, Roussel *et al.*, 2006). Par ailleurs, l'attention a été attirée sur l'intérêt potentiel des obturateurs de trayon par l'arrivée sur le marché français d'un produit de ce type. L'obturateur, à l'inverse d'un antibiotique, offre seulement un effet préventif. Toutefois, à la différence d'une spécialité antibiotique, il est apte à protéger aussi pendant la phase sensible d'une dizaine de jours précédant le vêlage (où la concentration en antibiotique des spécialités vétérinaires

dites hors lactation n'est plus assez élevée pour s'opposer aux infections). L'obturateur nécessite cependant de bien identifier des vaches non infectées (besoin de forte spécificité) et son coût n'est pas négligeable.

Toutefois, assez récemment aussi mais en sens inverse, l'impact potentiel en début de lactation, sous forme de récurrence d'une phase clinique, d'une infection ayant persisté depuis le tarissement ou contractée pendant la période tarie a été mis en lumière par les auteurs anglais (Bradley 2002, Green *et al.*, 2002). Il n'y a pas eu d'étude complète de cet impact et des stratégies de maîtrise en découlant.

Sur le terrain, des règles d'application sélective des traitements sont quelquefois mises en œuvre en France, mais sans beaucoup de recul. De plus, l'adaptation de telles règles en fonction des contextes épidémiologiques (nature des pathogènes, prévalence des infections au tarissement et risque de nouvelles infection au cours de la période tarie) n'est pas étayée pour le moment.

L'objectif de l'étude est donc d'évaluer par simulation la valeur de règles de sélection des vaches écartées du traitement antibiotique ou recevant un obturateur de trayon dans différents types de troupeaux (dimension et niveau de production) et dans différents contextes épidémiologiques initiaux. La fonction d'utilité considérée pour prendre les décisions peut être strictement économique (marge brute) ou plus ou moins nettement multicritère (intégrant aussi une contrainte sur le nombre de cas cliniques tolérés au titre du bien-être animal et/ou sur le nombre de traitements antibiotiques par vache et par an). Une partie seulement des résultats sera exposée ici.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. SIMULATEUR

Un modèle de simulation bio-économique d'un troupeau laitier incluant la modélisation de la survenue des infections intra-mammaires (IIM) et l'effet des stratégies de maîtrise antérieurement développé (Hortet, 2001, Seegers *et al.*, 2002) a été adapté à la question d'étude. En bref, le modèle est à temps discret (pas journalier), individu-centré mécaniste (chaque événement survenant sur chaque animal est représenté) et stochastique (modélisation de la survenue d'événements et des effets consécutifs aux mammites selon des lois de probabilités). La reproduction, la production laitière, la consommation d'aliments, la réforme et le renouvellement, la gestion du quota sont modélisés à partir de lois biologiques et de règles de décision décrivant les stratégies de l'éleveur. Les différents postes de produits et de charges permettant le calcul d'une marge brute sont renseignés et cumulés dans le temps.

Cinq types d'IIM peuvent être simulés. Ces types diffèrent quant aux risques de survenue de nouveaux cas (dont la contagiosité, aux conséquences (expression clinique et sub-clinique, effets sur la production laitière) et à l'efficacité des mesures de maîtrise. Leur survenue dépend de facteurs de risque au niveau du troupeau, de chaque animal et de l'efficacité des actions de prévention. Les actions de maîtrise des IIM sont définies par des effets-cibles, efficacités et coûts, ainsi que des règles de décision pour les mettre en place (par exemple, choix des animaux à réformer selon la concentration en cellules somatiques du lait). Les règles de décision de traitement au tarissement (traitement vs. non

traitement ou application d'obturateur) simulées s'appuient sur les valeurs de concentrations en cellules somatiques des laits individuels (CCSI) au dernier contrôle laitier et/ou pendant la lactation précédente (Roussel *et al.*, 2006). Le contrôle laitier de type mensuel est donc simulé et ses résultats sont mémorisés pour une utilisation analogue à celle qu'aurait un éleveur, ainsi que la CCST (concentrations en cellules somatiques du lait de tank).

### 1.2. SIMULATIONS

#### 1.2.1. Principe general et critères de jugement

Un troupeau initial est simulé pour un contexte épidémiologique donné dans son évolution dite de référence (c'est à dire si l'on ne change rien). Ce résultat est comparé à celui obtenu avec l'application de stratégies et règles alternatives à évaluer. Un horizon de simulation à 4 ans est considéré car la stratégie mise en œuvre au tarissement ne peut se traduire que très progressivement par des différences (en effet, les vaches n'y sont soumises qu'au fur et à mesure au long de la campagne) et aussi pour ne pas ignorer des effets à moyen terme.

Le simulateur exprime, pour chaque année, une marge brute après variation d'inventaire de cheptel (sans prise en compte des coûts des fourrages, ni de coût d'opportunité de la main d'œuvre supposée être familiale et non re-affectable). Le prix du lait et des animaux sont paramétrés comme constants et les charges avec une augmentation annuelle de 2 % en monnaie courante, sauf pour les coûts de concentrés qui n'évoluent pas. Un taux d'actualisation annuel de 3,5 % est appliqué sur les marges annuelles avant de les sommer sur 5 ans et de les ramener par 1000 l de quota année. Le nombre de cas cliniques et le nombre de traitements antibiotiques sont exprimés par vache présente et par an, en moyenne sur la période de 4 ans. Les répétitions des simulations permettent d'intégrer la variabilité du résultat attendu dans la comparaison.

#### 1.2.2. Troupeaux initiaux et état des pratiques en place

Différents troupeaux (100 vaches pour 700 000 l ou 950 000 l de quota, 30 vaches pour 200 000 l ou 310 000 l, 50 vaches pour 400 000 l) ont fait l'objet d'évaluations de la sensibilité des résultats au nombre de vaches et au niveau de production individuel. Selon ce test, seuls ceux du dernier type de troupeau seront considérés ou non.

Les actions de maîtrise des IIM supposées en place comportent une préparation humide (lavettes) des mamelles avant la traite (d'efficacité modeste), un post-trempe (d'efficacité modeste), le traitement de tous les cas cliniques détectés et enfin un traitement antibiotique systématique au tarissement jusqu'au début de la période simulée (*cf.* les taux de guérison correspondants dans le tableau 1). La réforme des vaches est décidée selon des règles privilégiant les aptitudes productive et reproductive des vaches, avec une prise en compte limitée de leurs résultats CCSI. Le contexte simulé est une situation où le quota sera *a priori* atteint, s'il le faut grâce à l'autorisation d'achats (pour "finir le quota"). Les veaux sont nourris avec du lait traité (dont le lait produit pendant le temps d'attente après traitement et du lait "trié" à cause de CCSI élevées).

#### 1.2.3. Situations sanitaires étudiées (dont paramétrage des types d'infections)

Les résultats proposés ici sont relatifs à 4 troupeaux avec des situations sanitaires dégradées conduisant à une prévalence initiale élevée des IIM au tarissement, avec prédominance

soit des infections à *Staphylococcus aureus*, soit à *Streptococcus uberis*, en combinaison avec un risque de nouvelles infections au cours de la période tarie soit limité ou soit devenant élevé en année 1 (paramétrages simplifiés présentés dans le tableau 1).

### 1.2.5. Stratégies et règles candidates simulées

Les analyses effectuées portent sur 5 approches :

- maintien du traitement antibiotique systématique [SYST],
- arrêt total du traitement au tarissement [ARRET],
- traitement antibiotique pour les seules vaches avec CCSI >100 000 cell./ml au dernier contrôle laitier [SEL100],

- traitement antibiotique pour les seules vaches avec CCSI >200 000 cell./ml au dernier contrôle laitier [SEL200],
- traitement antibiotique pour les seules vaches avec CCSI >150 000 cell./ml au dernier contrôle laitier et application d'obturateur chez les autres sauf si antécédent récent de mammite clinique [SELOBT].

Le coût du traitement antibiotique au tarissement et celui de l'application d'obturateurs (pour traiter les quatre quartiers) ont été fixés à 20 et 10 €, respectivement (en année 1).

**Tableau 1** : caractéristiques des situations épidémiologiques et des types d'infections intra-mammaires simulés

Caractéristique	Bactérie ou groupe bactérien responsable				
	<i>Staph. aureus</i>	<i>Streptococcus</i>	Gram négatif	<i>Staph. coagulase négative</i>	<i>Corynebacterium bovis</i>
Répartition (%) des IIM au tarissement en année 1 en situation de référence (traitement systématique)					
• <i>Staph. aureus</i> dominant (25 % de quartiers infectés)	61	13	2	19	5
• <i>Streptococcus</i> dominant (16 % de quartiers infectés)	10	58	1	15	16
Expression initiale (% cas incidents)					
• forme subclinique	80	40	10	90	98
• forme clinique fruste	14	27	37,5	7	1,5
• forme clinique modérée	5	27	37,5	2,5	0,3
• forme clinique sévère	1	6	15	0,5	0,2
Guérison spontanée					
• en lactation (% cas incidents)	20	30	80	20	20
• en période tarie (% cas prévalents)	35	45	80	70	60
CCS moyenne pour IIM persistante (1 000 cell./ml)					
• quartier infecté	750	1250	450	275	510
• vache infectée dans un seul quartier	325	450	250	170	155
Récurrence clinique d'une infection sub-clinique présente au vêlage (% cas prévalents)	50	50	10	5	1
Traitement antibiotique au tarissement					
• Guérison en période tarie (% cas prévalents)	60	85	95	85	98
• Prévention (% cas incidents évités)	30	40	0	0	0
Application d'obturateur : prévention (% cas incidents évités)	65	65	50	50	65

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Notre modèle est plus complet et réaliste que celui formulé par Hogeveen (2003) qui réalisait seulement des comparaisons statiques d'effets sur une base individuelle, sans simuler l'évolution dans le temps d'un troupeau complet. De plus ce modèle n'intégrait pas les cas secondaires dus à la contagion aux autres vaches. Notre modèle est cependant plus complexe.

Les effets observés de la taille du troupeau et du niveau de production se limitaient à une variabilité plus forte des trajectoires et résultats cumulés pour les troupeaux à petite taille que pour les grands. Le tableau 2 présente donc seulement des résultats finaux pour des troupeaux d'environ 50 vaches pour 400 000 l de quota.

Logiquement, la stratégie ARRET donne au plan technique les écarts les plus forts par rapport à la stratégie SYST. Elle conduit progressivement le troupeau à un niveau de CCST proche de l'arrêt de collecte, confirmant ainsi son absence d'intérêt à moyen terme pour les situations étudiées. Pour les autres comparaisons, certains effets s'annulent partiellement (moins de traitements au tarissement donnent en général plus de traitements pour cas cliniques).

L'imperfection des règles de sélection appuyées sur les CCSI génère bien un nombre variable de fausses "non infectées" et fausses "infectées" identifiées au tarissement

selon la règle elle-même et selon la prévalence en accord avec les résultats de Roussel *et al.* (2006), ce qui influence les résultats sanitaires et économiques. Ainsi, la règle SEL100 fait traiter en général nettement plus de vaches au tarissement (dont certes une partie de vaches non infectées à cause de sa relativement plus faible spécificité) que la règle SEL200, mais s'avère plus performante pour limiter les cas cliniques ultérieurs (du fait de sa meilleure sensibilité (moins de vaches faussement non infectées).

Pour l'impact sur la marge brute, les stratégies et règles ne se discriminent pas ou peu dans les résultats présentés. Les contextes initiaux et les effets observés font toutefois que l'on reste ici en général dans la zone de pénalités hautes (au dessus de 300 000 cellules/ml). Des situations moins dégradées ou bien la mise en place conjointe d'un renforcement de la prévention donneraient probablement davantage de discrimination à travers des différences plus fortes en matière de pénalités. Un écart actualisé de 0,5 % sur 4 ans signifie tout de même ici environ 2000 € pour 400 000 litres de quota et un effet direct à ce niveau sur le revenu actualisé cumulé de ces 4 ans.

Globalement, le traitement sélectif (surtout SEL100) ou combiné à l'usage d'obturateurs est donc assez neutre ou faiblement favorable en termes économiques pour les situations étudiées. En revanche, ces 2 stratégies permettent

de limiter significativement l'usage des antibiotiques au total (pour le traitement au tarissement ou des cas cliniques) par rapport à SYST. Les contextes épidémiologiques initiaux considérés ici n'affectent que peu les stratégies et règles de sélection d'animaux non traités (ou recevant un obturateur) à privilégier. Toutefois les tendances suivantes sont à relever :

- la supériorité relative de l'approche SEL100 comparée à SEL200 en face de *Streptococcus* dominant et un risque de nouvelles infections limité (effet de la sensibilité élevée, 88-90 %, comme déjà mentionné),
- la supériorité relative du traitement sélectif combiné à l'application d'obturateurs lorsque le risque de nouvelles infections en période tarie (surtout par *Staph. aureus*) est élevé (au titre de l'effet d'ensemble sur la marge, les cas cliniques et le nombre de traitements antibiotiques). Sur le terrain, cette application nécessite toutefois plus de travail et d'attention de la part de l'éleveur (repérage des vaches éligibles et excellente hygiène lors de l'administration en particulier).

Les résultats présentés ici ne concernent que quelques situations épidémiologiques. Des travaux en cours ont pour but d'explorer d'autres contextes épidémiologiques (en

particulier avec de moindres prévalences initiales) et aussi la sensibilité des résultats de variations de :

- l'efficacité curative et/ou préventive du traitement antibiotique utilisé au tarissement,
- l'efficacité préventive de l'obturateur de trayon,
- la contagiosité des agents d'IIM (*Staphylococcus aureus* notamment),
- les niveaux de prix.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans les contextes de forte prévalence d'infections au tarissement et de risque non négligeable de nouvelles infections en période tarie par les bactéries pathogènes majeures Gram +, le traitement antibiotique systématique au tarissement ne peut guère être remplacé que par un traitement sélectif appuyé sur une règle à forte sensibilité ou alors un traitement sélectif combiné avec l'application d'obturateurs de trayon chez les vaches non traitées. Cette conclusion ne résulte que d'un domaine d'analyse limité. Une exploration d'autres contextes épidémiologiques et d'autres règles de sélection, avec une analyse de la sensibilité des résultats à des paramétrages différents est en cours pour formuler des recommandations plus globales.

**Tableau 2** : résultats (moyenne et écart-type de 50 réplifications) des stratégies de traitement et règles de sélection selon les situations épidémiologiques (prévalence au tarissement et risque de nouvelles infections [NI] au cours de la période tarie)

Variable	Troupeau avec <i>Streptococcus</i> dominant		Troupeau avec <i>Staph. aureus</i> dominant	
	Risque NI modéré	Risque NI élevé	Risque NI modéré	Risque NI élevé
CCST en années 1 et 4 (1 000 cell / l)				
• SYST	323 (71) à 320 (67)	319 (64) à 366 (88)	342 (40) à 318 (52)	358 (36) à 379 (59)
• ARRET	333 (51) à 428 (83)	353 (60) à 457 (93)	359 (47) à 415 (62)	381 (35) à 501 (70)
• SEL100	313 (46) à 323 (70)	316 (43) à 365 (56)	340 (38) à 312 (53)	354 (30) à 380 (66)
• SEL200	331 (57) à 381 (71)	327 (51) à 403 (108)	352 (46) à 344 (45)	367 (41) à 391 (50)
• SELOBT	293 (42) à 334 (72)	328 (64) à 333 (73)	340 (39) à 303 (49)	352 (34) à 351 (61)
Cas cliniques (détectés ou non) (N/vache /an en moyenne sur 4 ans)				
• SYST	0,70 (0,18)	0,80 (0,18)	0,53 (0,14)	0,65 (0,15)
• ARRET	0,92 (0,19)	1,03 (0,22)	0,66 (0,16)	0,65 (0,16)
• SEL100	0,74 (0,18)	0,82 (0,21)	0,55 (0,13)	0,70 (0,18)
• SEL200	0,80 (0,20)	0,88 (0,18)	0,57 (0,13)	0,76 (0,18)
• SELOBT	0,67 (0,16)	0,72 (0,17)	0,50 (0,12)	0,60 (0,15)
Traitements antibiotiques (N/vache /an en moyenne sur 4 ans)				
• SYST	1,42 (0,17)	1,50 (0,19)	1,26 (0,13)	1,35 (0,15)
• ARRET	0,81 (0,17)	0,91 (0,20)	0,57 (0,14)	0,65 (0,15)
• SEL100	0,83 (0,18)	1,26 (0,20)	1,01 (0,16)	1,15 (0,16)
• SEL200	1,08 (0,21)	1,14 (0,20)	0,90 (0,15)	1,05 (0,18)
• SELOBT	1,02 (0,17)	1,07 (0,19)	0,90 (0,14)	1,02 (0,15)
Marge brute actualisée (/ 1000 l quota /an)				
• SYST (base 100 = 240 à 250 €)	[100]	[100]	[100]	[100]
• ARRET	97,8	98,8	98,9	98,6
• SEL100	99,9	99,6	100,0	99,5
• SEL200	99,7	99,9	100,4	99,3
• SELOBT	99,8	99,8	100,0	100,6

Ce travail a été conduit dans le cadre d'une action ACTA pilotée par l'Institut de l'Elevage et avec un financement complémentaire par Pfizer Santé Animale.

Bradley A.J., 2002. *Vet. J.*, 164, 116-128

Green M.L., Green L.E., Medley G.F., Schukken Y.H.,

Bradley A.J., 2002. *J. Dairy Sci.*, 85, 2589-2599

Hogeveen H., 2003. *Proc. 42<sup>nd</sup> NMC Meeting*, Fort Worth, Texas, 42-49.

Hortet P., 2000. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 148 p.

Neave F.K., Dodd F.H., Kingwill, 1966. *Vet. Rec.*, 78, 521-523

Roussel P., Bareille N., Ribaud D., Serieys F., Robert A., Leguenic M., Baudet H., Poutrel B., Seegers H., Heuchel V., 2006. *Renc. Rech. Ruminants*, 13, 427-430

Seegers H., Fourichon C., Hortet P., Sørensen J.T., Billon D., Bareille N., Beaudreau F., 1999. *J. Nat. GTV-INRA*, Nantes, 26-28 mai, 169-178