

Approche par modélisation appliquée aux cinétiques d'éjection du lait : description des conditions de traite en tant que facteurs de risque des infections de la mamelle

Legris M. (1), El Jabri M. (1), Alaoui Sosse L. (1), Doutart E. (1), Clément V. (1), Martin P. (2), Marinot C. (3), Marissal H. (3), Poulet J.L. (1), de Cremoux R. (1)

(1) Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy - 75595 Paris cedex 12 Renee.DeCremoux@idele.fr

(2) Capgènes, Agropôle 2135, Route de Chauvigny 86550 Mignaloux Beauvoir

(3) Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Chemin des Capelles, 31000 Toulouse

RESUME

Le déploiement à large échelle de Compteurs à Lait Electroniques Portables avec enregistrement de paramètres de la cinétique d'émission du lait, dans le cadre du contrôle de performances, permet d'explorer l'intérêt de nouveaux phénotypes d'aptitude à la traite des chèvres. Une étude a été conduite sur 5 820 chèvres issues de 16 élevages caprins de l'ouest de la France afin de mieux appréhender l'aptitude et les conditions de traite des animaux en tant que facteurs de risque potentiels des infections de la mamelle. La modélisation des cinétiques d'éjection du lait a permis d'identifier différentes classes de cinétiques se différenciant notamment par les temps de traite et la présence d'un ou deux plateaux. Ces informations couplées aux données morphologiques et de contrôle de performances pourraient être valorisées à la fois pour identifier des individus ou situations à risque et pour mieux adapter les installations et réglages du matériel de traite (dimensionnement des canalisations, détermination des seuils de dépose automatique, ...).

Modelling approach applied to milk ejection kinetics: description of milking conditions as risk factors of intramammary infections

Legris M. (1), El Jabri M. (1), Alaoui Sosse L. (1), Doutart E. (1), Clément V. (1), Martin P. (2), Marinot C. (3), Marissal H. (3), Poulet J.L. (1), de Cremoux R. (1)

(1) Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy - 75595 Paris cedex 12 Renee.DeCremoux@idele.fr

SUMMARY

In France, the implementation at a large scale of devices for animal monitoring with milk emission kinetics recording, enables to explore new phenotypes related to milking ability of goats. A study was carried out on 5,820 goats from 16 dairy goat farms in order to improve knowledge about milking ability and milking conditions as potential risk factors for intramammary infections. Modelling individual milk ejection flow allowed to identify various kinetics classes according to milking time and to the existence of one or 2 "plateau" phases. This information combined with morphological data and production performances, could be valued both to identify goats or risk factors, and to better adapt milking material and setting (revision of milk line dimensioning, definition of a flow threshold for automatic cluster removers ...).

INTRODUCTION

Compte tenu de l'étiologie, essentiellement staphylococcique, des infections de la mamelle chez la chèvre, la traite constitue un des points clés de la maîtrise de la santé mammaire. L'analyse fine de la traite et des interactions animal-machine-trayeur est facilitée aujourd'hui par le développement d'outils permettant le recueil automatisé d'informations relatives aux conditions de traite. Le LactoCorder® (WMB), employé dans le cadre du contrôle de performances, autorise ainsi le recueil, la visualisation et l'analyse des cinétiques d'éjection du lait. Le déploiement de tels outils permet d'explorer de nouveaux phénotypes relatifs aux caractéristiques de traite. Néanmoins, les données brutes ainsi recueillies nécessitent encore d'être décrites précisément, analysées et interprétées avant toute valorisation technique.

La présente étude porte sur l'analyse de l'évolution des débits d'éjection du lait pendant la traite. Il s'agit à la fois de caractériser les chèvres selon leurs cinétiques et de détecter dans la mesure du possible, les incidents survenant pendant la traite. La dimension morphologique de l'aptitude à la traite a également été considérée pour une approche plus globale des facteurs de risque des infections intra-mammaires associés à la traite.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite dans 16 élevages caprins de Vendée et des Deux-Sèvres, adhérents à Capgènes. Les cinétiques d'éjection du lait ont été obtenues sur l'ensemble des chèvres en lactation à l'aide des LactoCorder® (version caprine) à l'occasion des contrôles de performances.

La caractérisation des cinétiques de traite a été conduite en faisant appel à une approche de modélisation inspirée des modèles de la microbiologie prévisionnelle (Rosso *et al.* 1996, Mafart *et al.* 2002). La première étape a consisté à classer les courbes en utilisant les paramètres estimés par modélisation non linéaire. 51 743 courbes issues de 5 820 chèvres ont été étudiées à raison de 1 à 21 cinétiques par chèvre. L'analyse des données a fait apparaître une distribution bimodale du temps total brut de traite. Le plan d'échantillonnage stratifié réalisé sur cette base s'est appuyé sur 4 000 courbes se différenciant par leur durée inférieure ($n=3000$) ou supérieure ou égale à 6 minutes ($n=1000$).

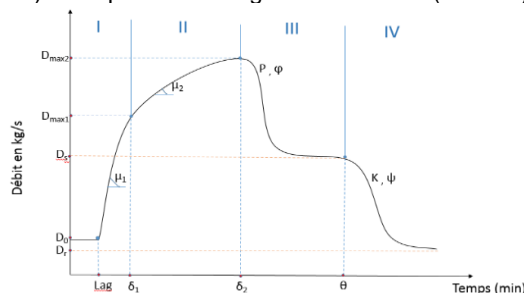


Figure 1: Modèle théorique de cinétique d'éjection du lait à « 2 plateaux » modélisée avec 15 paramètres. Le modèle à « 1 plateau » avec 11 paramètres possède la même allure sans la phase III.

Deux types de cinétiques, à un ou deux plateaux, ont été identifiés impliquant la construction de deux modèles distincts, caractérisés pour le premier, « à un plateau », par 11 paramètres et le second, « à deux plateaux », par 15 paramètres (Figure 1, tableau 1). Ces paramètres

présentaient l'intérêt de pouvoir être interprétés d'un point de vue physiologique comme des durées ou des débits de traite.

Tableau 1. Paramètres de modélisation

Lag	Temps de latence entre le branchement de l'appareil et l'éjection du lait
D ₀	Débit initial
Phase I : phase de croissance	
μ ₁	Taux de croissance moyen en phase I
D _{max1}	Débit maximal en phase I
δ ₁	Temps nécessaire pour atteindre le débit maximal en phase I
Phase II : phase « 1^{er} plateau »	
μ ₂	Taux de croissance moyen en phase II
D _{max2}	Débit maximal en phase II
δ ₂	Temps nécessaire pour atteindre le débit maximal en phase II
Phase III : phase décroissante + phase « 2^{ème} plateau »	
P	Paramètre traduisant la résistance de la décroissance en débit en phase III
φ	Temps nécessaire pour diviser le débit maximal D _{max2} par 2
D _s	Débit final en phase III
Θ	Temps nécessaire pour atteindre le débit final en phase III
Phase IV : phase de décroissance	
K	Paramètre traduisant la résistance de la décroissance en débit en phase IV
Ψ	Temps nécessaire pour diviser D _s par 2
Dr	Débit résiduel en phase IV

Parmi les 4000 courbes, 3399 (85 %) ont été correctement modélisées et utilisées pour la classification. Pour déterminer des types de courbes « modèles », les meilleures conditions possibles ont été retenues. Ainsi, 2 116 courbes modélisées ont été sélectionnées sur la base de tests de cohérence entre paramètres, d'un R² supérieur à 90% et d'un écart cumulé entre les débits observés et les débits prédits inférieur à 8% des débits observés cumulés. Pour chaque catégorie de courbes modélisées, les paramètres les plus discriminants, comme la durée de chaque phase de la traite ou le débit de la phase « plateau » ont été choisis en recourant à une Analyse en Composantes Principales (ACP). Les « formes fortes » c'est-à-dire les plus robustes (ensembles stables de groupes constitués à l'issue de trois classifications successives) ont ensuite pu être agrégées en utilisant des méthodes statistiques tels que la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et confrontées à l'expertise. Enfin, toutes les courbes disponibles non prises en compte dans la définition des types cinétiques, ont été modélisées et attribuées à la classe la plus proche.

Sur le plan morphologique, la caractérisation des mamelles a reposé sur les pointages conduits et enregistrés par Capgènes en amont de l'étude lors de la première lactation des chèvres (Figure 3). L'observation des déséquilibres de la mamelle a concerné un échantillon de 2 150 chèvres (primipares ou multipares). Elle a été réalisée à deux reprises à environ 11 semaines d'intervalle par des vétérinaires.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. TYPOLOGIE DES CINÉTIQUES DE TRAITE

Parmi les 51 743 courbes, 7 745 (15 %) ont été « non modélisables » et 43 998 ont été classées. Parmi celles-ci, 3,9 % apparaissent anormalement longues au regard des références acquises sur les temps de traite (Tableau 2) (Marnet *et al.*, 2001). Seule la population majoritaire (courbes standards de moins de 6 minutes) sera explorée ici. Les courbes à 2 plateaux potentiellement associées à un déséquilibre fonctionnel de l'éjection du lait représentent environ 30 % des courbes. Le différentiel d'éjection du lait entre demi-mamelles pourrait être d'ordre physiologique (différences de tonicité ou de réactivité adrénérique des sphincters) ou encore pathologique suite notamment à des infections et aux lésions, fibroses et réactions cicatricielles qui en résultent.

Tableau 2. Effectifs de chaque catégorie de courbes

	< 6 minutes	≥ 6 minutes	Total
1 phase « plateau »	29 192	1 107	30 299
2 phases « plateau »	13 109	590	13 699
Total	42 301	1 697	43 998

Les courbes standards à 1 plateau (1P) se répartissent en 9 classes (figure 2) et celles à 2 plateaux (2P) en 12 classes. Leur description s'est appuyée sur 4 et 6 critères respectivement pour les 1P et les 2P. Ces critères représentent les durées et les débits de lait de chacune des phases de la traite (tableaux 3 et 4).

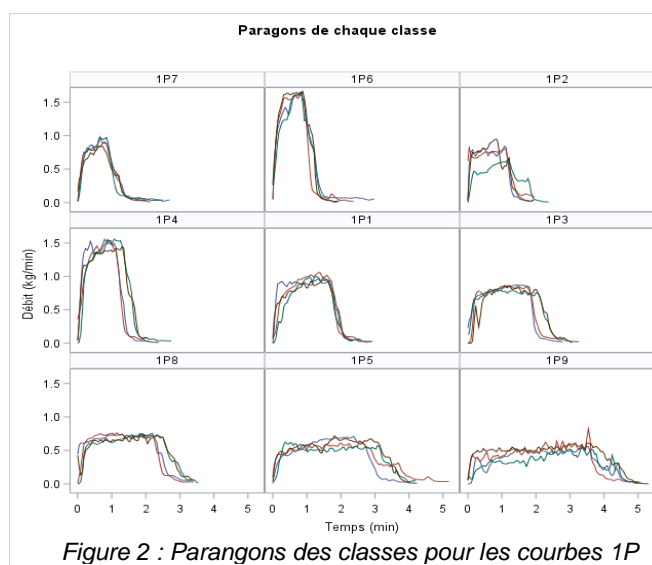


Figure 2 : Parangons des classes pour les courbes 1P

Tableau 3. Description des 9 classes de courbes standards (moins de 6 minutes) à un plateau : classement par durée croissante du premier plateau

Classes	N	%	δ ₂ (min)		Durée de la traite (min)		D _{max2} (kg/min)		D _r (kg/min)		Durée de la surtraite (min)	
			μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
1P7	2 856	9,8%	0,92	0,17	1,37	0,24	0,83	0,28	0,03	0,05	0,72	0,56
1P6	1 958	6,7%	0,97	0,17	1,47	0,21	1,56	0,23	0,04	0,07	0,64	0,48
1P2	4 415	15,1%	1,22	0,26	1,90	0,22	0,73	0,23	0,05	0,08	0,37	0,52
1P4	3 902	13,4%	1,23	0,26	2,05	0,30	1,41	0,23	0,04	0,08	0,30	0,43
1P1	4 643	15,9%	1,49	0,30	2,39	0,29	0,94	0,26	0,05	0,08	0,25	0,42
1P3	4 186	14,3%	1,91	0,33	2,76	0,30	0,81	0,31	0,06	0,09	0,28	0,45
1P8	3 321	11,4%	2,29	0,45	3,35	0,36	0,70	0,27	0,05	0,09	0,24	0,39
1P5	2 366	8,1%	2,84	0,54	4,05	0,49	0,58	0,21	0,06	0,09	0,23	0,36
1P9	1 545	5,3%	3,77	0,61	4,99	0,48	0,49	0,17	0,06	0,10	0,19	0,30
Total	29 192	100 %	1,71	0,81	2,54	1,00	0,90	0,40	0,05	0,08	0,35	0,48

N : effectif ; μ : moyenne ; σ : écart-type ; δ₂ : Temps pour atteindre le débit maximum en phase II (D_{max2}) ; D_r : Débit résiduel en phase IV

Tableau 4. Description des 12 classes de courbes standards (moins de 6 minutes) à 2 plateaux : classement par durées croissantes du premier plateau

Classes	N	%	δ_2 (min)		$\theta-\delta_2$ (min)		θ (min)		D_{max2} (min)		D_s (kg/min)		$D_{max2}-D_s$ (kg/min)		Durée surtraite (min)	
			μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
2P8	827	6,3	1,04	0,22	1,71	0,32	2,76	0,33	0,81	0,22	0,42	0,13	0,39	0,19	0,25	0,41
2P9	1 606	12,3	1,06	0,20	0,80	0,25	1,86	0,21	0,82	0,17	0,40	0,11	0,42	0,14	0,37	0,44
2P6	1 116	8,5	1,17	0,19	0,86	0,26	2,03	0,27	1,36	0,23	0,49	0,17	0,87	0,24	0,39	0,46
2P11	548	4,2	1,50	0,46	2,59	0,49	4,09	0,47	0,71	0,21	0,36	0,11	0,36	0,18	0,18	0,30
2P3	2 592	19,8	1,55	0,17	0,72	0,23	2,27	0,18	0,77	0,15	0,36	0,10	0,42	0,12	0,29	0,40
2P2	821	6,3	1,66	0,15	0,64	0,21	2,29	0,17	1,23	0,18	0,41	0,15	0,82	0,18	0,35	0,40
2P5	762	5,8	1,71	0,19	1,32	0,20	3,02	0,21	0,72	0,18	0,35	0,11	0,37	0,14	0,28	0,37
2P1	816	6,2	1,98	0,21	0,72	0,23	2,70	0,20	1,09	0,16	0,43	0,12	0,67	0,14	0,34	0,40
2P10	1 439	11,0	2,04	0,18	0,70	0,19	2,74	0,19	0,73	0,12	0,35	0,09	0,39	0,10	0,29	0,39
2P7	814	6,2	2,08	0,21	1,50	0,23	3,58	0,19	0,81	0,22	0,37	0,10	0,45	0,18	0,20	0,33
2P4	1 072	8,2	2,62	0,26	0,84	0,22	3,45	0,24	0,73	0,19	0,34	0,10	0,38	0,16	0,25	0,34
2P12	696	5,3	2,88	0,33	1,40	0,41	4,27	0,30	0,66	0,16	0,33	0,09	0,32	0,13	0,38	0,33
Total	13 109	100 %	1,71	0,57	1,00	0,53	2,71	0,74	0,86	0,27	0,38	0,12	0,48	0,23	0,30	0,40

N : effectif ; μ : moyenne ; σ : écart-type ; δ_2 : Temps pour atteindre le débit maximum en phase II (D_{max2}) ; θ : Temps nécessaire pour atteindre le débit final en phase III (D_s) ; $\theta-\delta_2$: durée de la phase 2nd plateau ; $D_{max2}-D_s$: différence de débit entre les plateaux

Contrairement aux travaux conduits par Marnet *et al.* (2001), le temps de latence n'a pu être pris en compte en raison de la difficulté à définir le début de la traite en situation terrain de contrôle de performances : absence de synchronisation entre l'identification de l'animal, celle du LactoCorder® et le branchement de la mamelle, succession des opérations d'identification et de pose des faisceaux trayeurs variable en fonction des opérateurs, possibilité d'incidents à la pose,... Obtenues sur un plus grand nombre de chèvres, les cinétiques observées apparaissent plus variables (3 groupes typologiques uniquement dans les travaux de Marnet *et al.*) et permettent en outre de déceler des anomalies. Celles-ci peuvent résulter de dysfonctionnements ponctuels lors du contrôle (cas de traites cumulées de plusieurs animaux) mais, sont plus fréquemment associées à des traites « anormales » dans le sens où la courbe obtenue est modifiée par la survenue d'incidents (glissements, chutes de faisceau trayeurs) et/ou la manipulation de la mamelle par le trayeur (massage de fin de traite notamment). Ces anomalies parfois majeures (rupture de la cinétique de traite) pourraient expliquer en tout ou partie l'obtention des courbes « non modélisables » dont la fréquence pourrait alors être retenue comme un élément d'évaluation de la qualité de la traite.

Concernant les caractéristiques des classes, on constate que certaines d'entre elles (1P5, 1P9), associées en moyenne aux temps de traite les plus longs (durée de traite principale supérieure à 4 min), se caractérisent par des débits relativement faibles et proches de 0,5 L/min. Apprécier préalablement les caractéristiques du troupeau devrait donc permettre de préciser les réglages des matériels comme les déposes automatiques et/ou de les optimiser grâce à une homogénéisation des performances du cheptel.

L'estimation de la durée de surtraite constitue un autre indicateur des conditions de traite. On observe qu'elle est en

moyenne de plus de 20 secondes voire dépasse 40 secondes pour certaines classes typologiques (1P6, 1P7). Ces valeurs sont similaires à celles rapportées par Marnet *et al.* (2001) et témoignent d'un potentiel de gain d'efficacité de la traite.

D'autres phénotypes peuvent être valorisés : débit maximum pour l'adaptation des faisceaux trayeurs et des installations ; répétabilité intra-animaux pour repérer une inadéquation entre l'animal, le matériel et/ou les techniques de traite adoptées. Ils témoignent de la puissance informatrice de la mesure automatisée de la cinétique d'émission du lait pour le pilotage de précision de la traite mécanique.

2.2. CINÉTIQUES ET MORPHOLOGIE DE LA MAMELLE

Pour chaque mamelle pointée, les données morphologiques ont été rapprochées des courbes d'éjection du lait obtenues au cours de la lactation. Les caractéristiques morphologiques ont pu avoir évolué avec le temps et l'âge des animaux. Elles ne permettent pas de discriminer les classes typologiques de cinétiques. De fait, comme observé par Marnet *et al.* (2001), les corrélations phénotypiques entre la morphologie de la mamelle, les caractéristiques physiologiques du trayon et les débits de traite apparaissent faibles. Néanmoins, quelques tendances sont perceptibles et sont illustrées en tableau 5 pour les courbes 1P. Ainsi, les trois classes (1P2, 1P6, 1P7) ayant une phase de croissance et une phase « plateau » (δ_2) courtes, sont associées à des mamelles plus hautes, des trayons légèrement plus droits et plus fins.

Marnet *et al.* (2001) indiquent que les paramètres les plus fortement corrélés avec le débit et la tonicité du sphincter sont la forme et le diamètre du trayon. Toutefois, plus que les aspects morphologiques, l'élasticité du tissu ou la régulation physiologique de la tonicité du sphincter (innervation et réactivité adrénérergique) pourraient intervenir pour expliquer la variabilité des débits de traite observée.

Tableau 5. Description des classes de cinétiques au moyen des données morphologiques

classe	N	Avant-pis		Forme arrière-pis		Position Plancher		Profil Mamelle		Qualité attache-arrière		Trayon							
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	Forme		Inclinaison		Longueur		Orientation	
1P7	1 757	3,14	1,2	6,04	1,3	6,50	1,1	6,15	1,4	4,46	1,5	5,27	1,5	4,93	0,7	5,76	1,4	3,66	1,0
1P6	1 287	3,16	1,1	6,11	1,2	6,27	1,1	6,11	1,4	4,29	1,6	5,25	1,5	4,89	0,7	5,96	1,5	3,69	1,0
1P2	2 643	3,11	1,2	5,99	1,3	6,43	1,1	6,23	1,4	4,46	1,5	5,21	1,5	4,90	0,7	5,80	1,5	3,69	0,9
1P4	2 523	3,14	1,1	5,88	1,3	6,15	1,1	6,08	1,4	4,36	1,5	5,12	1,5	4,80	0,8	5,99	1,6	3,69	1,0
1P1	2 966	3,08	1,1	5,97	1,3	6,27	1,1	6,16	1,4	4,42	1,6	5,19	1,5	4,83	0,7	5,83	1,5	3,66	1,0
1P3	2 727	3,06	1,1	5,95	1,2	6,16	1,1	6,14	1,4	4,33	1,6	5,11	1,5	4,86	0,7	5,85	1,5	3,65	1,0
1P8	2 231	3,02	1,1	5,90	1,3	6,15	1,1	6,18	1,4	4,37	1,5	5,10	1,5	4,87	0,7	5,88	1,5	3,71	1,0
1P5	1 662	3,04	1,1	5,85	1,3	6,13	1,1	6,31	1,4	4,41	1,6	4,99	1,6	4,87	0,7	5,95	1,5	3,77	1,0
1P9	1 089	3,02	1,1	5,84	1,2	6,06	1,1	6,32	1,4	4,46	1,6	5,02	1,6	4,84	0,7	5,98	1,5	3,88	0,9
Total	18 885	3,09	1,1	5,95	1,3	6,24	1,1	6,18	1,4	4,39	1,5	5,14	1,5	4,86	0,7	5,88	1,5	3,70	1,0

N : effectif ; μ : moyenne ; σ : écart-type

Les caractéristiques morphologiques associées aux classes typologiques présentant les concentrations cellulaires les plus élevées en moyenne sont en contradiction avec les résultats acquis chez la brebis. Selon Allain *et al.* (2010), les mamelles des brebis de la lignée haute en cellules (CCS+) ont tendance à avoir des mamelles plus décrochées, des trayons sensiblement plus longs et plus courbés. Les résultats obtenus ici demanderaient à être précisés en adoptant une approche typologique également pour la mamelle. De surcroît, la prise en compte de l'évolution de la mamelle au cours du temps apparaît essentielle.

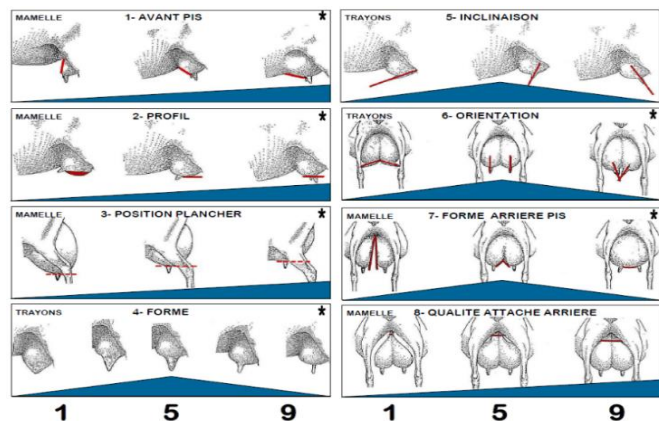


Figure 3 : Grille de pointage des mamelles-trayons Caprines (notes sur des échelles de 1 à 9)

2.3. CINÉTIQUES, COMPOSITION DU LAIT ET SANTE DE LA MAMELLE

Des différences de répartition entre traites du soir et du matin apparaissent entre classes typologiques : majorité de traites du soir (59,6% à 70,2%) pour les 3 classes 1P2, 1P6, 1P7 et à l'opposé, prédominance des traites du matin (57,5% à 69,6%) pour les classes présentant des phases de croissance et « plateau » de durées plus longues. Compte tenu des écarts attendus (effets physiologiques et de concentration) entre performances du matin et du soir (tableau 6), les relations entre cinétiques et indicateurs de la composition et de la qualité du lait ont été étudiées en fonction du moment de la traite.

Les classes 1P2, 1P6, 1P7 sont systématiquement associées à des concentrations cellulaires, des taux protéiques et butyreux plus élevés ainsi que des quantités de lait relativement plus faibles en moyenne que les autres (tableau 6). Un effet concentration ne peut être écarté et pour la classe 1P6 à débit élevé, un impact de l'ocytocinémie sur l'exfoliation des cellules épithéliales pourrait être incriminé dans l'élévation des concentrations cellulaires. Enfin, une relation directe ou indirecte avec le risque infectieux, éventuellement en relation avec le temps de surtraite, doit être envisagée. Parmi les courbes 2P, celles appartenant aux classes caractérisées par des phases de croissance et de « 1^{er} plateau » (\bar{O}_2) de courtes durées, ont également tendance à être associées à des concentrations cellulaires plus élevées (résultats non présentés).

Tableau 6. Moyenne et écart-type d'indicateurs de la composition et de la qualité du lait mis en regard des courbes à 1 plateau

	Traite du matin		Traite du soir	
	Trois classes avec des phases de croissance et « plateau » courtes	Autres classes	Trois classes avec des phases de croissance et « plateau » courtes	Autres classes
Concentration cellulaire *	1 081 (4,6) *	692 (3,8) *	1 443 (3,9) *	1 144 (3,5) *
Taux protéique (G/L)	35,8 ± 6,1	33 ± 9,9	34,8 ± 5,6	33 ± 3,9
Taux butyreux (g/L)	38 ± 13,9	33 ± 4,2	44,7 ± 11,2	42,3 ± 8,7
Quantité de lait (Kg)	1,17 ± 0,4	1,80 ± 0,6	1,08 ± 0,3	1,55 ± 0,4

* Moyenne géométrique en milliers de cellules/ml et écart-type exprimé en log népérien

Sur le plan clinique, 1 437 chèvres parmi les 2 150 chèvres observées ont présenté un déséquilibre mammaire stable (notation identique) lors des deux sessions de palpation et ont bénéficié d'au moins trois contrôles de performances à proximité des dates de palpations (\pm 60 jours). On constate que 8,7% des chèvres avec plus de 60% de courbes 2P présentent un déséquilibre marqué, alors qu'elles ne sont que 3,3% parmi les chèvres avec moins de 60% de courbes 2P (Tableau 7). Ceci tend à conforter l'hypothèse d'une relation entre infections chroniques (associées à des déséquilibres marqués) et fréquence élevée de courbes à 2 plateaux.

Tableau 7. Relation entre pourcentage de courbes « standards » à deux plateaux et déséquilibre mammaire

% de courbes à deux plateaux	Effectif	Déséquilibre		
		Nul à léger (1 doigt)	Moyen (2-3 doigts)	Sévère (3-4 doigts)
0%	392	89,5%	7,7%	2,8%
≤ 22,2%	290	89,0%	7,2%	3,8%
[22,2% ; 37,5%]	273	86,1%	11,0%	2,9%
[37,5% ; 60%]	241	87,6%	8,7%	3,7%
≥ 60%	241	81,7%	9,5%	8,7%

CONCLUSION

L'approche de modélisation a permis d'établir une classification des cinétiques d'éjections du lait. Grâce à la meilleure connaissance de la variabilité et des caractéristiques des cinétiques de traite, une révision du dimensionnement des lactoducs ou encore des seuils de dépose automatique des faisceaux trayeurs (réduction de la surtraite) pourrait être envisagée avec une meilleure prise en

compte des caractéristiques individuelles de l'animal. L'analyse morphologique demanderait à être complétée en prenant en compte les modifications de la mamelle et du trayon pendant la traite et au cours du temps. Enfin, pour pouvoir préciser la notion d'animaux à risque vis-à-vis des infections de la mamelle, il conviendrait encore d'explorer la notion de signature animale au travers notamment de l'analyse de la proximité entre les classes typologiques et de leur succession chronologique.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'ANICAP et du compte d'affectation spéciale « développement agricole et rural » du ministère de l'Agriculture dans le cadre du projet MAMOVICAP. Les auteurs remercient les éleveurs et les techniciens du SAPERFEL et d'Atlantic Conseil Elevage 17-85 qui ont participé aux suivis des cheptels. Les données de performances laitières ont été fournies par les Chambres d'agriculture, l'INRA, les organismes de contrôle de performances et d'insémination artificielle et les organismes de sélection aux Systèmes Nationaux d'Information Génétique.

Allain C., Aurel M.R., Paillet F., Portes D., Menras J.M., Carrière F., Cluzel F., Duvallon O., Pena-Arnaud B., Caillat H., Marie-Etancelin C., Arhainx J., Dion S., Bergonier D., Foucras G., Rupp R. 2010. Renc. Rech. Ruminants, 447-450.
Marnet P.-G., Billon P., Da Ponte P., Martin J., Manfredi E., 2001. Renc. Rech. Ruminants, 321-327.
Mafart P., Couvert O., Gaillard S., Leguérinel I. 2002. Int. J. Food Microbiol. 72, 107-113.
Rosso L., Bajard S., Flandrois J.P., Lahellec C., Fournaud J., Veit. P., 1996. J. Food Prot. 59, 944-949