

V. DUCROCQ

INRA Station de Génétique quantitative et appliquée 78352 Jouy-en-Josas Cedex

Dans pratiquement toutes les espèces d'animaux domestiques, ce n'est pas la mort naturelle qui met un point final à la vie de l'animal mais plus souvent son abattage qu'on appelle aussi la "réforme". Nous nous limiterons dans tout ce qui suit au seul cas des vaches laitières. La longévité qui nous intéresse est alors la durée de vie productive mesurée comme le nombre de jours séparant le premier vêlage de la réforme. Cette dernière peut être soit volontaire - la vache n'est plus considérée comme économiquement intéressante par rapport à ses éventuelles remplaçantes - soit involontaire - la vache n'est plus en état de continuer à produire de façon rentable parce qu'elle est malade ou infertile. De ces deux types de réforme, on tire deux définitions d'une bonne longévité : la longévité vraie est l'aptitude d'une vache à rester productive dans l'élevage, telle que nous l'observons ; la longévité fonctionnelle caractérise les qualités d'élevage de cette vache qui, lorsqu'elles sont déficientes, peuvent entraîner sa réforme involontaire, indépendamment de son niveau de production. Cette distinction est importante car si la première est la seule observable directement, la seconde nous apporte réellement une information nouvelle par rapport à la production laitière. De fait, c'est la longévité fonctionnelle qui sert fréquemment de justification aux fortes pressions de sélection faites sur la morphologie laitière, par exemple en race Holstein. Or l'existence d'une liaison entre la morphologie et la longévité n'a pu être mise en évidence que pour un très petit nombre de caractéristiques, concernant principalement la mamelle : lorsque celle-ci n'est pas fonctionnelle (trop volumineuse ou pendante), l'animal est rapidement éliminé. De même, la liaison favorable entre longévité et production laitière - les meilleures vaches sont réformées le plus tard possible - n'a pas l'impact bénéfique voulu dans les schémas de sélection : c'est le niveau relatif de production de la vache dans son élevage par rapport aux autres vaches qui conditionne sa probabilité d'être réformée, et non pas sa production laitière brute (4000 kg ou 8000 kg).

S'il semble donc que la longévité (vraie ou fonctionnelle) ne soit pas sélectionnée de façon indirecte, l'intérêt du caractère n'en est pas moins non négligeable. La longévité vraie est très favorablement liée (corrélation de $\rho = 0,5$ à $0,7$) au revenu net par jour de vie de la vache : si la longévité dans le troupeau est accrue, moins de génisses de remplacement sont nécessaires et les coûts d'amortissement de celles-ci

L'évaluation des reproducteurs

L'analyse de la longévité

sont plus faibles par unité de temps. En période de quotas laitiers, une diminution de ces coûts est une voie d'amélioration du revenu à ne pas négliger. Si la longévité fonctionnelle est améliorée, une élimination plus importante des moins bonnes productrices peut être envisagée. Enfin, et peut-être surtout, de nombreux "caractères secondaires" (résistance aux maladies, aux mammites, fertilité, tempérament, etc...) dont l'importance est régulièrement soulignée mais dont la mesure est délicate se traduisent par la réforme de l'animal lorsque ces caractères sont trop défavorables. La mesure de la durée de vie productive intègre de façon simple et objective ces caractères, tels qu'ils sont perçus par les éleveurs, sans qu'il soit nécessaire de mettre en place un nouveau système complexe et coûteux de collecte de données.

Comment étudier la longévité des vaches laitières ?

La principale difficulté dans toute analyse de données de survie est l'existence de données tronquées, dites "censurées", correspondant aux individus encore vivants au moment de l'analyse. Supprimer ces observations ou leur attribuer une valeur forfaitaire aboutirait à des biais importants. Pour contourner ce problème, des évaluations en routine des taureaux sur la longévité de leurs filles ont été réalisées aux Etats-Unis et au Canada en remplaçant la durée de vie par une mesure $y = 1$ si l'animal est encore vivant à l'âge de 4 ans et $y = 0$ sinon. Mais cette mesure présente de nombreux inconvénients : elle est peu héritable ($h^2 \leq 0,05$), elle est incomplète et elle est obtenue tardivement (il faut attendre qu'un nombre suffisant de filles aient atteint l'âge de 4 ans). Nous proposons plutôt d'analyser la durée de vie productive à l'aide de méthodes statistiques adaptées aux données censurées, développées dans le domaine médical (Kalbfleish et Prentice 1980, Cox et Oakes 1984). Ces méthodes font appel à la notion de "risque instantané", qui est la probabilité de réformer un animal au temps t , sachant qu'il est encore vivant juste avant t . Ce risque est plus facile à modéliser en fonction d'effets du milieu ou d'éventuels effets génétiques qu'une durée de vie dont on ne connaît pas la distribution. Dans le modèle à "risques proportionnels" (Cox 1982), ce risque $\lambda(t)$ à l'instant t est décrit

comme le produit d'une fonction de risque de base $\lambda_0(t)$ qui traduit l'évolution du risque avec l'âge et d'une fonction de variables explicatrices (élevage, année, père de l'animal) supposées influencer la probabilité de réforme indépendamment de l'âge :

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp \{h_i + g_j + \dots\}$$

où h_i est l'effet de l'élevage i , g_j est l'effet du père j , etc... (ces effets pouvant être considérés comme fixés ou comme aléatoires, comme pour les modèles linéaires). L'estimation de ces effets repose sur la méthode du maximum de vraisemblance qui ne sera pas développée ici. L'aspect essentiel à retenir est que les données censurées sont traitées d'un point de vue statistique différemment des durées de vie réellement observées.

Résultats

Deux fichiers ont été analysés à ce jour (un fichier de 87000 vaches Holstein de l'Etat de New York dont 60,3% censurées (Ducrocq *et al* 1988a,b), un fichier Normand de 103000 vaches dont 34% censurées (Ducrocq 1991). Les principaux résultats obtenus peuvent être résumés de la manière suivante :

- Nous avons pu montrer que la fonction de risque de base $\lambda_0(t)$ est très bien approchée par une fonction de Weibull. La fonction de survie de Weibull $S(t) = \exp(-\lambda t)^\alpha$ est une généralisation de la fonction de décroissance exponentielle $S(t) = \exp(-\lambda t)$. Ce résultat conduit à d'intéressantes simplifications dans les calculs.

- Une composante absolument essentielle à la bonne description de la durée de vie productive des vaches laitières est l'introduction dans la fonction de risque de (co)variables explicatrices dépendantes du temps. Ainsi, un effet "troupeau x année" décrit bien les variations de la "politique" de réforme choisie par l'éleveur au cours du temps. En conséquence - et c'est là une différence fondamentale avec les modèles linéaires - la fonction de risque d'une vache sera sous l'influence d'un nombre variable (1, 2, ... 10) d'effets "troupeau x année", nombre qui dépendra de la longévité de l'animal. Contrairement au point précédent, ceci rend les calculs particulièrement complexes.

- L'un des effets majeurs influençant le risque instantané d'une vache est la variation au cours du temps de la taille du troupeau dans laquelle elle se trouve : Dans un troupeau "en expansion", la probabilité d'être réformée est, toutes choses étant égales par ailleurs, beaucoup plus faible que dans un élevage d'effectif stable ou décroissant (figure 1). Ces différences de variation de taille de troupeau jouent un rôle particulièrement important en situation de limitation de la production laitière (quotas). Il nous a d'ailleurs été possible de mettre en évidence sur le fichier normand un taux de réforme plus élevé chaque année dans les quelques mois précédant la fin de la période de référence des quotas laitiers (mars ; figure 2). Il semble illusoire de vouloir analyser les facteurs génétiques (et même non génétiques) affectant la longévité des vaches laitières sans tenir compte de ce phénomène.

- La probabilité d'être réformée (le risque) croît avec le stade de lactation (une vache a peu de chance d'être réformée en tout début de lactation), puis se stabilise en fin de lactation.

Figure 1. Probabilité de réforme pour 3 classes de variation de taille du troupeau.

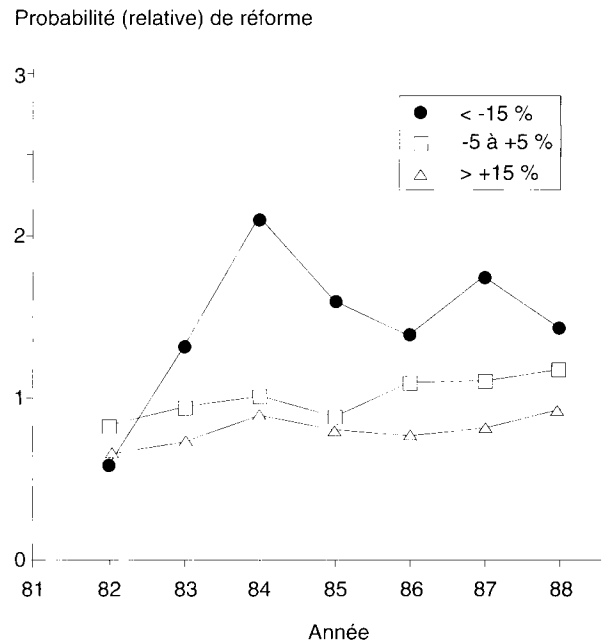
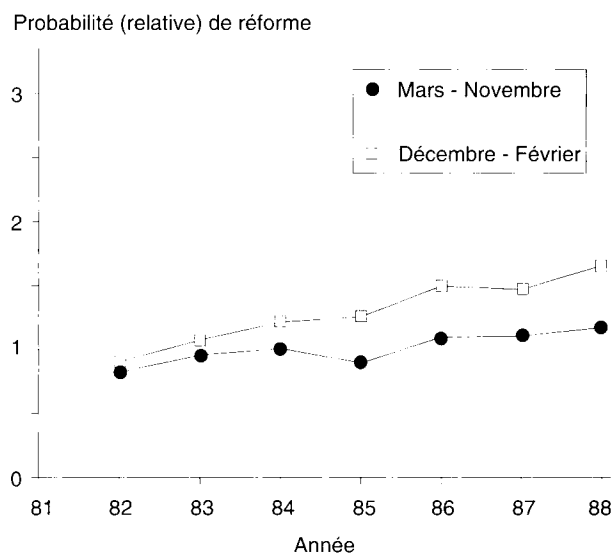


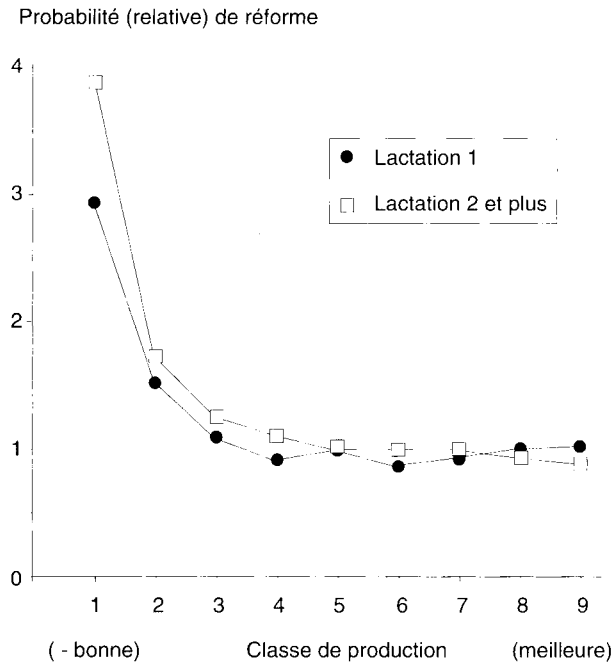
Figure 2. Probabilité de réforme pour des troupeaux d'effectif stable et deux saisons différentes.



- L'âge au premier vêlage qui varie habituellement entre 24 et 36-38 mois n'a strictement aucune influence sur la longévité des vaches.

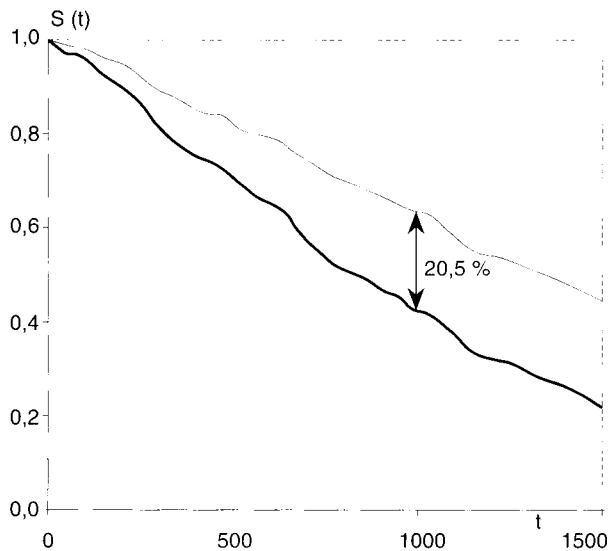
- Pour appréhender indirectement la longévité fonctionnelle des vaches, on peut introduire dans le modèle une correction pour le niveau relatif de production laitière (en fonction du classement sur la production laitière de la vache dans son troupeau). Il apparaît que la probabilité d'être réformée est à peu près constante, toutes choses étant égales par ailleurs, pour les vaches parmi les 70 à 75% supérieures au niveau production laitière. En deçà, la probabilité d'être réformée croît extrêmement vite (figure 3).

Figure 3. Probabilité de réforme en fonction de la classe de niveau de production laitière intra-troupeau.



- Nous avons mis en évidence des différences génétiques assez importantes entre taureaux pour la longévité vraie comme pour la longévité fonctionnelle (appréciée indirectement) de leurs filles. Dans le fichier Holstein américain, l'écart entre taureaux extrêmes atteint plus d'une lactation (1 an) de différence "d'espérance de vie" (figure 4).

Figure 4. Courbe de survie "reconstituée" des filles de deux taureaux extrêmes (t = temps en jours ; $S(t)$ = fraction encore vivante au temps t).



Perspectives

Les débuts de l'application des méthodes d'analyse de données de survie à l'étude de la longévité des vaches laitières sont encore très récents. Avant réellement d'intégrer ce type d'approche aux indexations de routine et de l'utiliser dans les schémas de sélection, il reste encore de nombreux points à éclaircir. Si de gros progrès ont été faits dans la description des effets non génétiques influençant la longévité, il est par contre essentiel de vérifier le pouvoir "prédictif" de tels modèles. Peut-on de manière réaliste prédire la longévité des filles à naître d'un taureau à partir de ce qui a été observé sur les "débutants de carrière" d'autres filles du même taureau ? Si la réponse est oui, il faut s'attaquer au difficile problème de l'estimation des paramètres génétiques de ce type de modèle non linéaire. Des avancées ont été faites dans cette direction. Si la réponse est non, ou si l'intégration dans les schémas de sélection d'un index longévité s'avère trop coûteuse ou trop tardive, il faut rechercher les critères précoces et objectifs, parmi par exemple les divers éléments d'appréciation morphologique des animaux qui sont collectés, qui influencent véritablement leur longévité fonctionnelle.

Références bibliographiques

- Cox, D.R., 1972. Regression models and life tables (with discussion). *J.R. Statist. Soc.*, B 34, 187-220.
- Cox D.R., Oakes D., 1984. Analysis of survival data. Chapman and Hall, London, 201 p.
- Ducrocq V., 1991. Statistical analysis of length of productive life of dairy cows in the Normande breed. 42ème Réunion Annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie, Berlin, Allemagne, 9-12 septembre 1991. Commission on Animal Genetics, Session III. "Advances in biometrical methods and their application" 12 p.
- Ducrocq V., Quaas R.L., Pollak E.J., Casella G., 1988a. Length of productive life of dairy cows. 1. Justification of a Weibull model. *J. Dairy Sci.*, 71, 3061-3070.
- Ducrocq V., Quaas R.L., Pollak E.J., Casella G., 1988b. Length of productive life of dairy cows. 2. Variance component estimation and sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, 71, 3071-3079.
- Kalbfleisch J.D., Prentice R.L., 1980. The statistical analysis of failure time data. Wiley, New-York, 321 p.