

## Impact économique d'une mauvaise fertilité chez la vache laitière

Alors que la production laitière est toujours mieux maîtrisée, une vache sur quatre présente des problèmes de reproduction. Quel est le coût d'une telle situation, comment le mesurer compte tenu de la multiplicité des conséquences ?

Les performances de reproduction du cheptel bovin laitier français apparaissent médiocres, du moins par rapport aux objectifs, souvent optimistes, affichés. Les résultats publiés dans le cadre de la Gestion Technique des Troupeaux Laitiers (Champy 1982, Paccard 1986) montrent que le taux de réussite à la première insémination (IA) est inférieur à 50 %. La fécondation a lieu en moyenne près de 100 jours après la mise-bas et après 110 jours pour 27 % des femelles. Un élevage sur six présente un intervalle vêlage-fécondation moyen supérieur à 110 jours et un sur cinq un taux de réussite à l'IA inférieur à 40 %. L'infertilité est responsable d'au moins 20 % des réformes (Rainaut 1985) et donc de la perte annuelle de 5 à 6 % du cheptel. Les résultats étrangers confirment ce constat très général.

### Résumé

L'importance économique de la fertilité chez la vache laitière est estimée par modélisation. La fertilité est mesurée par le taux de conception moyen de l'élevage. Un modèle est tout d'abord construit pour déterminer l'espérance de revenu prévisionnel d'une vache, conditionnellement au taux de conception moyen de l'élevage. Cette espérance est maximisée par programmation dynamique, méthode permettant d'optimiser la conduite du troupeau. Le coût marginal d'une baisse du taux de conception est ensuite estimé par la différence entre les espérances de revenu prévisionnel d'une génisse prête à mettre bas, rapportée à la différence entre les taux de conception correspondants. L'estimation obtenue est minimale et n'inclut pas l'effet d'une éventuelle conduite non optimale. Elle est globale et intègre toutes les conséquences de la baisse de fertilité sur le taux de réforme, sur les lactations en cours et futures, ainsi que les frais immédiats. Le coût marginal ainsi déterminé est assez stable et ne dépend que de deux types de paramètres : il diminue lorsque la fertilité moyenne de la population augmente ou lorsque les conditions de renouvellement sont plus favorables (valeur à la réforme élevée, valeur d'une génisse de renouvellement faible). Dans les conditions françaises actuelles, la valeur de 1 point de taux de conception est comprise entre 10 et 20 FF par vache et par an selon ces paramètres.

Le coût d'une telle situation est difficile à chiffrer : les conséquences d'un mauvais niveau de fertilité sont nombreuses, diffuses et échelonnées dans le temps, mais ne sont pas toutes défavorables. Elles comprennent notamment : 1) une augmentation des frais vétérinaires et d'insémination, 2) un allongement et une meilleure persistance de la lactation en cours, 3) une augmentation du taux de réforme, 4) une modification des lactations ultérieures des animaux conservés. Ces deux derniers points sont les plus importants. Un taux de réforme élevé signifie un amortissement rapide des femelles et leur remplacement par des animaux jeunes, donc moins productifs dans l'immédiat. Par contre, la valeur à la réforme des animaux stériles est généralement élevée (Sol *et al* 1984). D'autre part, le décalage des mise bas soumet les lactations ultérieures à de multiples effets saisonniers modifiant les conditions de production. Ces effets saisonniers peuvent être favorables ou défavorables et sont de toute façon difficiles à prévoir.

La plupart des études visant à estimer le coût de l'infertilité n'ont considéré qu'une partie des répercussions, le plus souvent sur la production laitière. Les études es plus fines sont celles de Sol *et al* (1984) et de Dijkhuizen *et al* (1985) qui estiment séparément chacune des quatre composantes citées puis en font la somme. Cependant, une telle méthode revient à considérer que la politique de réforme et de renouvellement est fixée, ce qui n'est pas le cas. La présente étude propose une estimation du coût global d'une baisse de fertilité, intégrant toutes ses composantes sans les dissocier. Elle analyse également les variations du coût estimé en fonction de différents facteurs comme le niveau moyen de fertilité, les paramètres techniques et économiques et les effets saisonniers.

## 1 / Méthodes

### 1.1 / Le coût de l'infertilité dépend de la conduite du troupeau

A tout moment, l'éleveur a le choix entre les trois solutions suivantes:

- la réforme immédiate de l'animal, suivie de son remplacement par une génisse, immédiat ou différé ;
- sa mise à la reproduction ;
- la conservation de l'animal, sans mise à la reproduction, en vue d'une élimination différée, en fin de lactation par exemple.

La décision de réforme immédiate ou différée concerne préférentiellement les animaux peu productifs, peu fertiles ou âgés. La politique choisie dépend aussi des paramètres techniques et économiques de l'élevage ou extérieurs à l'élevage. La politique de réforme-renouvellement n'est donc pas fixée mais s'adapte aux conditions. Comme à chacun des choix est associée une espérance de revenu futur différente, le coût d'une baisse de fertilité dépend donc de la conduite d'élevage. Le coût minimal est celui enregistré avec une conduite d'élevage optimale, adaptée à tout moment en vue de maximiser le revenu prévisionnel. Il s'agit là du coût réellement imputable à une baisse de fertilité. Il s'y ajoute un éventuel « surcoût » lié à une politique non optimale. Ce surcoût peut être très élevé (Dijkhuizen *et al* 1985), par exemple lorsque l'éleveur réforme trop pour maintenir un intervalle entre vêlages d'un an malgré un taux de conception bas.

### 1.2 / Quel critère de fertilité choisir ?

La fertilité chez la génisse et chez la vache en lactation sont deux caractères différents. Intra élevage, seul le second est en légère opposition avec le potentiel laitier (Hansen *et al* 1983b), tandis qu'aucune relation claire n'apparaît entre moyennes d'élevage. Cette étude ne considère donc que la fertilité post partum de la femelle en production.

Il est nécessaire à ce stade de distinguer la fertilité vraie, c'est-à-dire l'aptitude pour une vache à être fécondée, de la fertilité apparente résultant de la fertilité vraie et des choix de l'éleveur. Le taux de conception à la première insémination (supposé corrigé pour les effets de la saison, du stade de lactation et du taureau utilisé) est assimilé dans l'étude à une mesure de la fertilité vraie. Bien que fortement liés au taux de conception, les critères classiques de nombre d'inséminations par gestation, d'intervalles vêlage-fécondation, première IA-fécondation ou d'intervalle entre vêlages ne mesurent que la fertilité apparente car, à taux de conception constant, ils diminuent lorsque la politique de réforme est plus sévère et donc quand les mauvaises performances ne peuvent pas être exprimées. Cette étude est donc basée sur l'utilisation du taux de conception moyen dans l'élevage, supposé corrigé pour les variations d'intervalle vêlage-première insémination.

### 1.3 / Comment estimer le coût d'une baisse de taux de conception ?

Une vache dans un état donné (âge, niveau de production, stade de lactation, etc.) a une espérance de revenu futur annuel PROFIT(F1) lorsque le taux de conception moyen de l'élevage est F1. Le même animal, dans le même état, aurait une espérance de revenu annuel PROFIT (F2) si le taux de conception moyen de l'élevage était F2. Pour cette vache et dans l'état qui la caractérise, le coût marginal C d'une baisse élémentaire de fertilité de son élevage de F1 à F2 est estimé par

$$[\text{PROFIT}(F2) - \text{PROFIT}(F1)] / (F2 - F1).$$

Sous l'hypothèse que la conduite d'élevage maximise le revenu prévisionnel de chaque vache, le surcoût associé à un choix non optimal de l'éleveur, par définition, est nul. Le problème de l'optimisation de la conduite du troupeau pour maximiser le revenu a déjà été abordé par Van Arendonk dans sa thèse (Van Arendonk 1985a,b et c, Van Arendonk et Dijkhuizen 1985). La méthode employée, appelée programmation dynamique, est une technique mathématique visant à optimiser une séquence de décisions. Notre étude est dérivée de son analyse et utilise un modèle similaire.

La méthode consiste à transformer la carrière de la vache, par définition continue, en une succession d'étapes élémentaires. Au cours de chaque étape (t), la vache est dans un état donné  $X_t$  unique. Un état est une combinaison de variables caractérisant au mieux un animal. Le modèle est d'autant plus précis que les étapes sont plus courtes et le nombre d'états possibles pour un animal plus élevé. Un modèle compte généralement plusieurs centaines d'étapes et plusieurs centaines de milliers d'états différents  $X_t$ . Si l'animal est conservé, il peut passer à l'étape  $t+1$  dans un état  $X'_{t+1}$  avec une probabilité de transition  $PT(X_t, X'_{t+1}) = PT$  qui sera explicitée plus loin. Chaque état  $X_t$  est caractérisé par son espérance de revenu futur entre t et un horizon d'étude aussi éloigné que possible, appelé T, compris en pratique entre 10 et 20 ans. Cette espérance de revenu entre t et T, notée PROFIT( $X_t$ ), est obtenue sous l'hypothèse d'une conduite optimale sur cette période. Le coût d'un écart de fertilité au temps 0 pour un animal à l'état X est donc estimé par  $C(X_0) = [\text{PROFIT}(X_0, F2) - \text{PROFIT}(X_0, F1)] / (F2 - F1)$

Cette estimation n'est calculée que sur la partie à venir de la carrière de l'animal. C'est donc en considérant la génisse prête à mettre bas que l'on obtient une valeur  $C_g$  synthétique car estimée sur l'ensemble d'une carrière.

$$C_g = [\text{GEN}_0(F2) - \text{GEN}_0(F1)] / (F2 - F1)$$

avec  $\text{GEN}_0$  l'espérance de revenu futur d'une génisse prête à mettre bas au temps 0.

### 1.4 / Comment estimer PROFIT( $X_t$ ) et $\text{GEN}_t$ ?

L'espérance de revenu futur d'un animal dans un état quelconque PROFIT( $X_t$ ), et plus particulièrement celle d'une génisse prête à mettre bas

**Le coût d'une variation du taux de conception moyen dans un élevage est estimé par l'écart de revenu qu'elle entraîne pour chaque vache.**

GENO, est obtenue par résolution d'un système de récurrence posé par Van Arendonk et Dijkhuizen (1985), illustrant qu'à chaque instant, trois possibilités sont offertes à l'éleveur, l'élimination ou le maintien dans le troupeau, avec ou sans mise à la reproduction. Ces trois possibilités sont caractérisées chacune par son espérance de revenu entre  $t$  et  $T$ ,  $ELIM(X_t)$ ,  $INS(X_t)$  et  $GARD(X_t)$ , et l'éleveur choisit la meilleure :

$$PROFIT(X_t) = \text{Max} \{ELIM(X_t), GARD(X_t), INS(X_t)\}$$

Chacune de ces espérances de revenu,  $ELIM(X_t)$ ,  $GARD(X_t)$ , ou  $INS(X_t)$ , est décomposée en deux parties : une espérance de revenu entre  $t$  et  $t+1$ , une espérance de revenu entre  $t+1$  et  $T$ . Par exemple

$$GARD(X_t) = REVENU(X_t) + \sum PT \text{ PROFIT}(X_{t+1})$$

ou  $ELIM(X_t) = REFORME(X_t) + GEN_t$ .

Dans cette récurrence, les revenus au temps  $t$  sont donc fonction des revenus au temps  $t+1$ . Le système est alors résolu à rebours, de  $T$  jusqu'au temps 0. Cette façon inhabituelle de procéder facilite l'optimisation de la conduite du troupeau. En effet, comme la conduite entre  $t+1$  et  $T$  est optimale (car optimisée lors des étapes précédentes), il suffit de faire bon choix entre  $t$  et  $t+1$  pour obtenir le revenu maximum entre  $t$  et  $T$ . Par contre, une telle méthode impose la définition d'un horizon d'étude  $T$  suffisamment éloigné (10 à 20 ans, pour des étapes élémentaires inférieures au mois) pour que les valeurs de revenus au temps  $T$ , fixées arbitrairement (dans notre cas à la valeur de réforme), n'influencent pas les valeurs obtenues au temps présent ( $t=0$ ). Les principaux paramètres impliqués dans ces équations sont des paramètres de revenu et des probabilités de transition explicités dans le paragraphe suivant.

## 1.5 / Le modèle d'analyse

Avant de résoudre un tel système, tous les paramètres impliqués (économiques, zootechniques ou démographiques) sont définis avec le maximum de précision, ainsi que leurs relations avec les différentes variables d'état. Toutefois, lorsqu'ils sont arbitraires, susceptibles d'évoluer ou très variables d'un élevage à l'autre, une gamme de valeurs est testée. De même, les paramètres économiques évoluent constamment et devraient en principe être perpétuellement actualisés. Nous notons cependant comme Van Arendonk (1988) que les résultats sont peu sensibles à la très grande majorité des paramètres. Les paramètres économiques utilisés dans cette étude sont représentatifs de la situation française de 1986. Compte tenu de leur nombre et de la bonne stabilité des résultats, ils ne sont pas présentés en détail dans cet article. Pour plus de précisions, le lecteur peut se référer aux études de Van Arendonk (1985a,b,c) ou de Boichard (1987 et 1988).

D'une façon générale, huit variables d'état décrivent un animal au temps  $t$  : son numéro de lactation, son stade de lactation, le stade de lactation à la conception si l'animal est gestant, la date de dernière mise bas, son niveau de production individuel pour la lactation en cours, un bilan de son niveau de production individuel pour les lacta-

tions passées, le niveau de fertilité individuel présent, un bilan du niveau de fertilité individuel passé. A raison de 10 modalités par variable, un modèle complet de ce type définit donc environ cent millions d'états différents (ou combinaisons de ces variables), et devient insoluble. Pour des raisons de calcul, six variables au plus sont considérées simultanément. Plusieurs modèles sont donc nécessaires pour analyser tous les paramètres. Le plus complexe utilisé à ce jour définit 667 440 états possibles pour une vache.

Quatre types de probabilités sont impliqués : celle de réforme involontaire à un état donné ; celle qu'une génisse à sa première mise bas soit d'un niveau de production ou de fertilité donné ; celle qu'une vache ait un niveau de production ou de fertilité donné, connaissant son niveau lors des lactations précédentes ; la probabilité de conception dans un état donné.

L'unité élémentaire analysée par la méthode n'est pas l'exploitation dans sa globalité mais la vache en lactation comparée au reste du troupeau. En conséquence, l'atelier laitier constitue une entité propre de l'exploitation. Tous les veaux sont vendus (éventuellement à un autre atelier de l'exploitation). De même, l'alimentation fourragère et les femelles de renouvellement sont considérées comme achetées à leur coût d'opportunité, c'est-à-dire au seuil en dessous duquel il est plus intéressant d'acheter que de produire sur place. Un tel choix vise à rémunérer convenablement les autres ateliers et évite d'attribuer l'essentiel du bénéfice à l'atelier laitier. Les génisses mettent bas à âge constant. Comme une telle étude s'étend sur une période longue, les revenus sont actualisés au taux de 8 % et le cheptel bénéficie d'un progrès génétique linéaire de 60 kg de lait par an.

Les éléments de revenu intègrent :

- les charges fixes ;
- les charges variables incluant l'alimentation en fourrage et en concentré ajustée aux besoins individuels, les inséminations, les frais vétérinaires ;
- le produit lié à la vente du lait, fonction de la quantité de lait produite, du prix du litre de lait (variant avec la saison), des taux butyreux et protéique (variant avec le stade de lactation) et de leur valorisation. La quantité de lait est elle-même fonction du niveau de production de l'élevage, du niveau de production individuel (relatif au niveau d'élevage), de la supériorité génétique moyenne des animaux liée à leur âge, du numéro de lactation, du stade de lactation, du stade de lactation à la conception (jouant sur la persistance) et de la période de mise bas ;
- le produit issu de la vente des veaux, fonction de leur mortalité et de variations saisonnières des prix ;
- la valeur de réforme, fonction des variations saisonnières de prix et du poids vif hors gestation, déterminé par le numéro de lactation, le stade de lactation et le niveau de production ;
- le coût de remplacement par une génisse, fonction de la saison ;
- le coût de la réforme involontaire, incluant une perte de production, un délai de remplacement, la perte d'une fraction forfaitaire de la carcasse.

Le tableau 1 schématise les relations entre les différents paramètres du modèle et les variables d'état.

**Ce coût est minimal lorsqu'on optimise la conduite d'élevage : à chaque étape l'animal peut être soit éliminé soit conservé avec ou sans mise à la reproduction et on suppose que l'éleveur choisit la meilleure solution.**

Tableau 1. Schématisation des paramètres gouvernés par les variables d'état.

Paramètres	Variables d'état							
	Numéro de lactation	Niveau de production		Niveau de fertilité		Stade de lactation	Stade lactation à conception	Date de mise bas
		présent	passé	présent	passé			
<b>PROBABILITÉS</b>								
Niveau de la génisse		×		×				
Transition entre niveaux laitiers	×	×	×	×	×		×	
Réforme involontaire	×					×		
Conception	×	×		×		×		×
<b>ÉLÉMENTS DE REVENU</b>								
Prix d'une génisse								×
Valeur à la réforme	×	×				×	×	×
Revenu des veaux	×					×		×
Quantité de lait	×	×				×	×	×
Richesse du lait						×	×	×
Prix du lait						×		×
Charges	×	×				×	×	×
Niveau génétique lié à l'âge	×					×		
Pertes pour réforme involontaire	×	×				×	×	×

Le stade de lactation à la conception détermine l'essentiel de la durée de lactation, la date de mise bas suivante et une partie de la persistance.

Saison de mise bas et stade de lactation déterminent la saison de production. Les variations saisonnières touchent : tous les prix (lait, veaux, viande de réforme, fourrages), la fertilité, la quantité de lait, les taux.

Le niveau de production est exprimé pour une lactation standardisée (équivalent-adulte, 305 jours, hors effet de gestation). Il est exprimé en % de la moyenne du troupeau, et n'inclut pas l'évolution génétique. La distribution intra élevage est supposée normale avec un coefficient de variation de 12 %.

## 2 / Conséquences d'une conduite optimale

### 2.1 / Courbes de revenu prévisionnel

Par commodité, le revenu prévisionnel, calculé sur la période [0-T] est exprimé sur une base annuelle correspondant au cycle de production. La courbe de revenu prévisionnel annualisé suit une évolution caractéristique, comme le montre la figure 1. Si son niveau absolu est assez arbitraire, dépendant des hypothèses économiques retenues, sa forme est par contre tout à fait constante. Au cours d'une lactation, le revenu est maximum le mois du vêlage, du fait de la vente du veau. Il reste ensuite assez stable, à condition que l'animal soit fécondé, et augmente en fin de lactation, à l'approche du vêlage suivant. Si l'animal est gestant, le niveau du revenu dépend peu de l'intervalle vêlage-fécondation. Les intervalles courts sont même défavorables en première lactation. Par contre, si l'animal reste vide, son revenu chute très rapidement et ce, d'autant plus que l'animal est plus laitier, ce qui traduit l'approche sa réforme. Au cours de la période d'insémination, le revenu est plus faible pour les animaux encore vides, du fait de la probabilité de plus en plus élevée de non fécondation. La courbe remonte dès que la gestation est engagée. La carrière est interrompue prématurément pour les

plus mauvaises laitières, réformées volontairement dès que leur revenu devient inférieur à celui espéré par leur réforme et leur remplacement. Le revenu dépend très fortement du niveau de production, qui constitue son facteur de variation principal. A niveau laitier donné, le revenu est maximal en troisième lactation.

### 2.2 / Carrière des animaux

Connaissant l'état d'un animal, et en particulier son niveau de production, son âge, son stade de lactation et ses performances de reproduction, la méthode permet de déterminer s'il est destiné à être conservé ou éliminé. Sa carrière type peut donc être reconstituée. Les deux aspects les plus intéressants concernent le compromis intervalle entre vêlages/taux de réforme en fonction du taux de conception moyen, ainsi que la liaison entre niveau laitier et fertilité induite par le fait que l'éleveur tolère des performances de reproduction d'autant plus médiocres que l'animal est plus productif.

#### a / Induction d'une liaison lait fertilité par le mode de conduite

Les résultats présentés au tableau 2 (obtenus sous l'hypothèse d'une corrélation nulle entre taux de conception et niveau laitier) montrent qu'un niveau laitier minimal est requis pour que

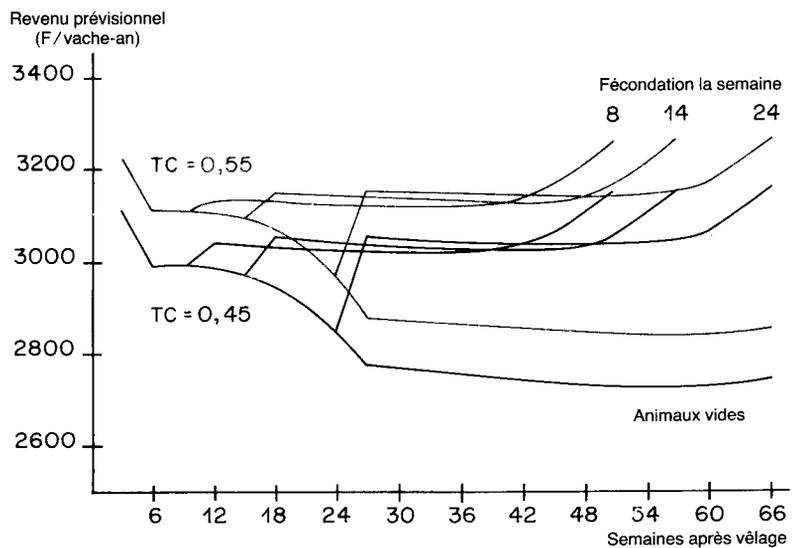
la vache soit inséminée. Plus l'insémination est tardive, plus le niveau laitier exigé est élevé. Cette constatation est logique et confirme les résultats de Van Arendonk et Dijkhuizen (1985) : le choix optimal de l'éleveur dépend avant tout du niveau de production et de l'intervalle vêlage-fécondation de la femelle et, dans une moindre mesure, de son âge et de la fertilité moyenne de l'élevage.

En première lactation, si la fertilité est élevée (60 %) une vache n'est pas inséminée du tout si son niveau de production est inférieur à 80 ou 85 % du niveau d'élevage, ce qui représente environ 5 % des animaux. Une vache encore vide 120 jours après vêlage n'est inséminée que si sa production dépasse 85 à 90 % de la moyenne du troupeau. Ces valeurs assez stables selon les hypothèses traduisent le fait que les possibilités de réforme volontaire sont limitées. Pour les deux tiers des animaux (et donc pas seulement les bonnes laitières) la décision d'insémination est encore prise six mois après mise bas. Ceci traduit que le coût d'une réforme est en général prohibitif par rapport à l'allongement de l'intervalle entre vêlages, malgré tous les inconvénients que cela comporte. Mises à part les plus mauvaises laitières pour lesquelles la réforme est immédiate, l'élimination effective est reportée dans la deuxième partie de la lactation, du 6<sup>e</sup> au 12<sup>e</sup> mois suivant le niveau de production. L'acte de non insémination est donc généralement dissocié dans le temps de la réforme effective. La non insémination correspond à la volonté de ne pas conserver l'animal au-delà de la lactation en cours, donc d'un horizon de 6 à 12 mois. La réforme est ensuite réalisée au moment le plus propice à l'intérieur de ce laps de temps.

Les lactations suivantes présentent des caractéristiques comparables. Cependant, les niveaux minima de production pour inséminer sont relevés. Plus les animaux sont âgés, plus la politique de réforme est sévère en terme de niveau de production. Pourtant, le taux de réforme volontaire diminue avec l'âge du fait des éliminations antérieures et de la liaison des performances laitières entre lactations successives (tableau 3). Il ne réaugmente qu'à partir de la cinquième lactation, parallèlement au taux de réforme global qui s'accroît avec l'âge. Compte tenu de cette politique de sélection massale, le niveau moyen de production laitière augmente lentement avec l'âge.

La corrélation induite entre niveau laitier et intervalle entre vêlages est positive (0,06 à 0,16) bien qu'assez faible. Elle est nette en première lactation, diminue ensuite puis réaugmente à

Figure 1. Courbes de revenu prévisionnel en première lactation selon la date de fécondation et le taux de conception (TC) pour un niveau de production moyen (5500 kg).



partir de la cinquième lactation. Cette liaison positive est entièrement due à la conduite du troupeau et non pas à un éventuel antagonisme production-reproduction. En effet, seuls les animaux très laitiers peuvent exprimer un intervalle entre mise bas anormalement long, les autres étant réformés avant. Les valeurs de corrélation apparaissent inférieures à celles couramment observées dans les élevages. Ceci s'explique par le fait que le niveau de production est exprimé de façon standardisée et que la corrélation entre taux de conception et niveau de production intra-élevage est supposée nulle dans l'exemple présenté alors qu'elle est défavorable dans la réalité.

### b / Evolution du mode de conduite selon le niveau de fertilité de l'élevage

Lorsque le niveau de fertilité diminue, le taux de réforme total augmente mais celui de réforme volontaire diminue (tableau 3). Ceci traduit le fait que la marge de manoeuvre de l'éleveur dans le de ses réformes se réduit. En conséquence, l'augmentation de niveau de production avec l'âge est un peu plus faible. De même, la durée de vie productive (c'est-à-dire l'intervalle première mise bas-réforme) diminue. Malgré l'augmentation du

**Plus les vaches sont âgées ou peu fertiles, plus leur niveau de production doit être élevé pour que l'insémination soit décidée.**

Tableau 2. Seuil minimal de production pour décider l'insémination, exprimé pour la lactation en cours, en % de la moyenne du troupeau après standardisation (305 j, équivalent adulte).

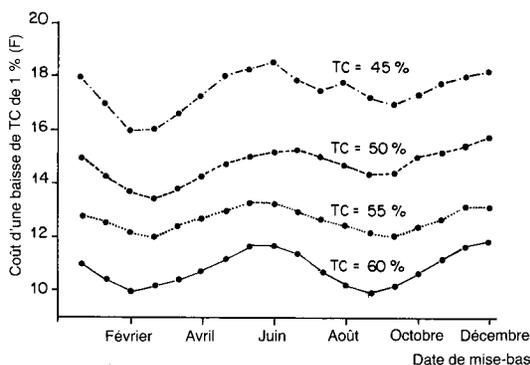
Numéro de lactation	Taux de conception moyen du troupeau					
	60 %			45 %		
	Stade de lactation (mois)			Stade de lactation (mois)		
	3	5	7	3	5	7
1	82	86	90	82	82	86
3	86	90	94	86	86	90
5	90	94	98	86	90	94

Tableau 3. Bilan de la conduite optimale des animaux sous deux hypothèses de fertilité.

Taux de conception moyen	Numéro de lactation	Niveau de production (*)	Corrélation production-intervalle entre vêlages (***)	Taux de réforme total	Taux de réforme volontaire (**)	Intervalle moyen entre vêlages (jours)	Durée de vie productive moyenne (mois)
60 %	1	102,0	0,08	21 %	8 %	375	45
	3	103,0	0,06	17 %	4 %	371	
	6	104,9	0,12	18 %	4 %	369	
45 %	1	101,8	0,10	23 %	6 %	383	41
	3	102,7	0,07	18 %	3 %	379	
	6	103,9	0,16	22 %	3 %	375	

(\*) mesuré à la fin de la lactation standardisée, en % de la moyenne d'élevage initiale  
 (\*\*) infertilité exclue  
 (\*\*\*) sous l'hypothèse d'une corrélation nulle entre taux de conception et niveau de production

Figure 2. Poids marginal du taux de conception (TC) selon son niveau moyen et la date de première mise bas.



taux de réforme, l'intervalle entre vêlages s'allonge. Cette évolution reste toutefois réduite: 8 jours de plus d'intervalle entre vêlages pour 15 points de baisse du taux de conception.

### 3 / Valeur du point de taux de conception

Dans toute la gamme de fertilité analysée, une baisse de taux de conception correspond à une baisse de revenu. L'optimum de taux de conception est donc le plus élevé possible (figure 2).

L'estimation de la valeur économique d'un point de taux de réussite à l'IA, exprimée par vache et par an, est comprise entre 12 et 20 francs, selon les hypothèses. Elle augmente très sensiblement lorsque le niveau moyen de fertilité diminue: lorsque le taux de conception passe de 60 à 45 %, le coût d'une diminution supplémentaire de 1 % passe de 12-14 à 18-20 francs. La part des effets saisonniers dans cette estimation est d'environ 3 francs en moyenne, correspondant aux variations saisonnières des conditions de production, essentiellement du prix du lait. Plus cette part est importante, plus elle impose à l'éleveur une meilleure maîtrise de la reproduction

pour maintenir les mise bas en période optimale. Au cours de l'année, cette contribution, toujours positive, varie de 2 à 4 francs, indiquant que ces contraintes n'ont pas toujours la même intensité. Le maximum est obtenu dans les conditions françaises de production pour des mise bas de génisses de fin d'automne ou de fin de printemps (figure 2). Ces variations saisonnières ne modifient pas l'ordre de grandeur du poids économique de la fertilité.

L'existence d'une répétabilité faible mais non nulle de la fertilité (0,05 à 0,10 selon Hansen *et al* 1983a) contribue aussi à augmenter l'importance de ce caractère, pour 1,5 francs environ.

L'estimation n'est en fait pas constante selon les animaux, ni même selon leur stade physiologique (figure 3). Dans un élevage d'un niveau laitier donné, le coût de l'infertilité est plus élevé pour les meilleures laitières parce que ces animaux sont les plus intéressants économiquement et qu'en cas de réforme, ils sont remplacés par des génisses de niveau inférieur en probabilité. En effet, le progrès génétique moyen, compris entre 50 et 100 kg de lait par an, ne suffit pas à compenser la supériorité d'une bonne laitière, qui dépasse facilement 1000 kg. De même, au cours de la lactation, la valeur du point de fertilité augmente de 3 francs en moyenne et jusqu'à 5 francs pour les meilleures laitières au cours de la période d'IA pour les animaux encore vides. Elle retombe à son niveau de base pour les animaux non susceptibles d'être inséminés (animaux gestants, en dehors de la période d'IA ou de niveau laitier insuffisant).

### 4 / Sensibilité des estimations aux paramètres du modèle

L'effet des variations des paramètres économiques est présenté au tableau 4. Parmi les paramètres considérés, le prix moyen du lait, le niveau de production de l'élevage, la valeur des veaux et le niveau de progrès génétique ne semblent pas modifier sensiblement les estimations précédentes. Par contre, le coût de remplacement et la valeur à

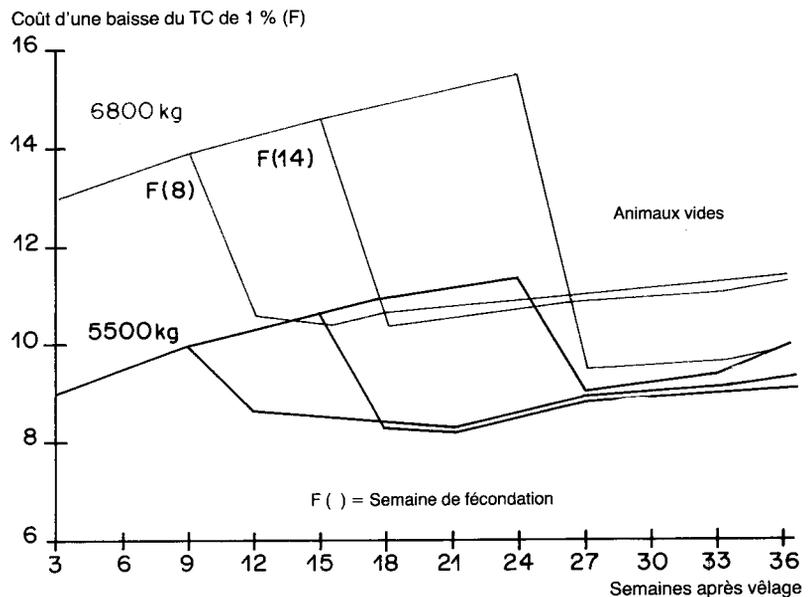
la réforme de la vache ont une influence importante. Van Arendonk (1985b) avait déjà montré que ces deux paramètres modifiaient profondément la politique de renouvellement et de réforme. Lorsque le prix d'une génisse est bas ou la valeur à la réforme élevée, les réformes sont rendues plus faciles (tout en restant dans des limites biologiques acceptables pour le renouvellement) et une baisse de fertilité a un coût moindre. Ainsi, une hausse de 20 % de la valeur à la réforme ou une baisse de 17 % du prix d'une génisse diminuent le coût de l'infertilité de 30 et 40 % respectivement. Cependant, ces deux paramètres ne sont pas indépendants mais au contraire varient dans le même sens, tendant donc à réduire leurs effets.

Par définition, les estimations obtenues sont globales et ne peuvent pas être comparées à celles basées sur un retard à la fécondation. La sensibilité des résultats aux valeurs de renouvellement et de réforme montre à la fois la part importante des réformes dans le coût de l'infertilité quand les conditions ne sont pas favorables, comme l'ont déjà souligné Sol *et al* (1985), mais aussi l'impossibilité de fournir une répartition fixe du coût entre les effets directs, l'allongement de la lactation et l'augmentation des réformes.

## Conclusion

La variabilité des estimations selon le niveau moyen de fertilité d'une part, les valeurs de renouvellement et de réforme d'autre part, ne permet pas de fournir une estimation unique. Une fourchette de valeurs doit être considérée. Une baisse de 1 point du taux de conception moyen d'un élevage coûte entre 10 et 20 francs pour chaque vache et pour une année. Toutes choses égales par ailleurs, entre deux élevages dont les taux de conception moyens diffèrent de 20 points, l'écart entre les revenus de l'exploitation laitière peut donc dépasser 10 %.

Figure 3. Coût d'une baisse du taux de conception (TC) de 55 à 54 % pour des primipares selon le niveau laitier.



Le coût de l'infertilité réellement supporté par l'éleveur est encore supérieur. D'une part, le modèle considère des conditions d'exploitation très favorables, par exemple une réserve de génisses disponibles à tout instant ou une très bonne connaissance de la courbe de lactation. D'autre part, à cette estimation s'ajoute le fait que la politique réellement menée n'est pas forcément optimale.

Du point de vue conduite de troupeau comme du point de vue génétique, quelques conclusions peuvent être tirées.

**Pour une fertilité donnée, le coût marginal de sa diminution dépend surtout du coût de remplacement et de la valeur à la réforme de la vache.**

Tableau 4. Variations de l'estimation du coût d'une baisse du taux de conception (TC) de 55 à 54 %

		Coût d'une baisse de 1 % du TC (F)	
Hypothèse de base (*)		10	
Ecart aux hypothèses de base	Niveau de production 7 500 kg	9	
	Valeur d'une génisse de remplacement 7 500 F	6	
	Valeur du veau 1 300 F, 900 F		10
			10
	Valeur à la réforme 12 F/kg vif	7	
	Prix du lait 2 F / litre	10	
Progrès génétique annuel 100 kg	9		

(\*) Hypothèse de base : niveau de production : 6 500 kg (lactation standardisée)  
 prix du litre de lait : 1,8 F  
 valeur de remplacement : 9 000 F  
 valeur du veau : 1 100 F  
 valeur à la réforme : 10 F/kg vif  
 progrès génétique annuel : 60 kg de lait

L'écart-type génétique du taux de conception est d'environ 5 points et sa valeur économique atteint donc 50 à 100 F, soit 5 à 10 fois moins que celle d'un écart-type génétique de caractère laitier. Une telle pondération permet d'établir un bilan global de la sélection actuelle et éventuellement de mettre en place un index combiné visant à maximiser le revenu de la sélection. Elle illustre cependant que la fertilité reste un caractère génétiquement d'importance non négligeable mais secondaire. La sélection ne constitue donc pas la bonne méthode pour améliorer les performances de reproduction. Elle serait coûteuse en terme de progrès laitier et très peu efficace, comparée à la marge de progrès très importante réalisable par une meilleure maîtrise des conditions de milieu.

Du point de vue conduite du troupeau, il est possible de mesurer l'intérêt des actions visant à améliorer la fertilité, comparé à leur coût de mise en oeuvre. Mais la méthode fournit surtout une très bonne base de départ pour le développement de logiciels d'aide à la conduite du troupeau. Une telle action est en cours de mise en place aux Pays-Bas (Van Arendonk 1988).

### Références bibliographiques

- BOICHARD D., 1987. Analyse génétique des caractères de fertilité femelle chez les bovins laitiers. Thèse de Docteur-Ingénieur, INAPG, Paris, 157p.
- BOICHARD D., 1988. Estimation of the economic weight of fertility in the dairy cow and its factors of variation. *Livest. Prod. Sci.*, (sous presse)
- CHAMPY R., 1982. Les résultats de reproduction en troupeaux laitiers. *Elev. Ins.*, 191, 3-10.
- DIJKHUIZEN A. A., STELWAGEN J., RENKEMA J. A., 1985. Economic aspects of reproductive failure in dairy cattle. I. Financial losses at farm level. *Prev. Vet. Med.*, 2, 351-363.
- HANSEN L.B., FREEMAN A.E., BERGER P.J., 1983a. Variances, repeatabilities and age adjustments of yield and fertility in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 66, 281-292.
- HANSEN L.B., FREEMAN A.E., BERGER P.J., 1983b. Association of heifer fertility with cow fertility and yield in cattle. *J. Dairy Sci.*, 66, 306-314.
- PACCARD P., 1986. Les résultats de reproduction en troupeaux laitiers. In *Annuel pour l'éleveur*, 23-33, ITEB, Paris.
- RAINAUT J., 1985. Importance économique de la conformation en race Française Frisonne. *La Française Frisonne*, 144, 17-25.
- SOL J., STELWAGEN J., DIJKHUIZEN A. A., 1984. A three year herd health and management program on thirty Dutch dairy farms. II. Culling strategy and losses caused by forced replacement of dairy cows. *The Veterinary Quarterly*, 6, 149-157.
- VAN ARENDONK J.A.M., 1985a. A model to estimate the performance, revenues and costs of dairy cows under different production and price situations. *Agricultural Systems*, 16, 157-189.
- VAN ARENDONK J.A.M., 1985b. Studies on the replacement policies in dairy cattle. II. Optimum policy and influence of changes in production and prices. *Livest. Prod. Sci.*, 13, 101-121.
- VAN ARENDONK J.A.M., 1985c. Studies on the replacement policies in dairy cattle. IV. Influence of seasonal variation in performance and prices. *Livest. Prod. Sci.*, 1459-2
- VAN ARENDONK J.A.M., 1988. Management guides for insemination and replacement decisions. *J. Dairy Sci.*, 71, 1050-1057.
- VAN ARENDONK J.A.M., DIJKHUIZEN A.A., 1985. Studies on the replacement policies in dairy cattle. III. Influence of variation in reproduction and production. *Livest. Prod. Sci.*, 13, 333-350.

#### **D. BOICHARD. Estimation of the economic value of fertility in the dairy cow.**

The economic value of fertility in the dairy cow was analysed using a model. The expected future cash flow of a cow, given the average conception rate of the herd, was determined and maximized by dynamic programming which gives an optimum replacement policy. The marginal cost of a decrease in fertility was then estimated by the difference between the expected cash flow of a heifer at calving, divided by the difference in respective average conception rates. The estimate is a minimum because it excludes the cost of a suboptimal policy. It takes into account all the consequences of a change in fertility, i.e. culling rate, current and subsequent lactations and immediate costs. The estimate depends only on two kinds of parameters. It decreases when the average fertility rate increases or when the conditions of culling and replacement are more favourable, i.e. when the culling value is high and the replacement cost low. In present French conditions, using these parameters, the marginal value of 1 % change in conception rate is estimated between 10 and 20 FF per cow per year.

BOICHARD D., 1988. Quel est l'impact économique d'une mauvaise fertilité chez la vache laitière ? *INRA Prod. Anim.*, 1 (4), 245-252.