

Physiologie de la lactation en milieu tropical

1) ÉTUDE DES COURBES DE LACTATION RECUEILLIES EN ZONE SUBGUINÉENNE DE LA PRESQU'ILE DU CAP VERT (SÉNÉGAL)

par C. LABOUCHE

Bien que le contrôle laitier soit souvent effectué dans les stations du Service de l'Élevage en A. O. F. les données de contrôle sont exploitées presque uniquement dans un sens économique. L'appréciation de la production laitière moyenne quotidienne sert de base au calcul des bilans d'exploitation, en négligeant le plus souvent le caractère évolutif de la lactation.

A la Station d'Élevage de Filingué (Niger) (1, 2, 15, 17, 18, 19), des résultats comparatifs ont été publiés en petit nombre, mais l'évolution du phénomène n'a pas été analysée. L'examen de ces résultats permet cependant de remarquer une intensification irrégulière de la lactation depuis la mise bas jusqu'au troisième mois qui succède au vêlage (18) pour des animaux ayant mis bas en saison sèche (1). La lactation décroît ensuite, puis augmente à nouveau lorsque survient la saison des pluies (18), pour dépasser très souvent le niveau de lactation de la mise bas. A la fin de cette période, la production diminue à nouveau.

En Inde, chez la vache Sahiwal, la production augmente en début de lactation puis diminue. Lorsque

la mise bas a lieu en saison des pluies, le rendement laitier est faible. Le changement de climat et le manque d'exercice seraient à la base de ce phénomène (9). Kartha (10) signale que la sécrétion augmente rapidement pendant les semaines qui succèdent au part. Le maximum de lactation est atteint, en général, à la fin du premier mois ou au cours du second. Puis le déclin commence et la quantité de lait produite au cours de la lactation totale dépend principalement de la vitesse de chute observée pendant cette période. La relation entre le logarithme des productions et le temps est une fonction linéaire. Le déclin de la lactation est donc de type exponentiel et le rapport entre les rendements mensuels successifs est constant. Le pourcentage de déficit d'un mois à l'autre est de 8,6 p. 100 pour les Sahiwal sélectionnées et de 11,7 p. 100 pour les Sahiwal ordinaires. Chez la bufflesse, il est de 9,7 p. 100 (11).

A la faveur du contrôle laitier exercé sur le troupeau d'élevage de la ferme de Sangalkam, annexe du Laboratoire Fédéral de l'Élevage, nous avons cherché à voir de quelle manière évoluait la lactation en fonction du temps, si cette évolution s'apparentait à celle observée dans les autres pays tropicaux ou dans la métropole, ou bien si elle affectait une originalité manifeste.

(1) Les chiffres publiés en 1944 (17) ne laissent pas apparaître cette augmentation.

CONDITIONS ÉCOLOGIQUES

La ferme de Sangalkam est située à 35 km au nord-est de Dakar, en bordure d'un marigot, dans la zone des Niayes, « bande étroite de quelques kilomètres à peine, parallèle au trait de la côte qu'elle longe sans l'atteindre, au nord de la presqu'île du Cap Vert » (Trochain). Cette zone fait partie du domaine subguinéen, dont les différentes parcelles constituent des enclaves enchâssées dans l'étage paralit-toral.

1. CLIMAT.

Température. — Elle est sensiblement égale à celle de Dakar, bien que la différence entre la température du jour et de la nuit soit supérieure à celle que l'on observe dans l'agglomération dakaroise. Les températures maxima oscillent autour de 30 à 33°C., tandis que les températures minima s'échelonnent de 15 à 23,5°C. Les minima les plus faibles s'observent en décembre et janvier, puis leur valeur s'élève jusqu'à la saison des pluies.

Pluviométrie. — Les précipitations surviennent de juillet à octobre. Elles sont pratiquement nulles pendant le reste de l'année. La moyenne des précipitations observées au cours de dix années consécutives ressort à 649 mm. Le mois d'août et le mois de septembre, avec respectivement 268,7 et 190,1 mm sont les plus humides. Pendant la saison des pluies (hivernage), les zones avoisinant le marigot sont fréquemment inondées.

2. SOLS.

La concession peut être divisée en deux parties du point de vue pédologique : une vaste zone de pacage à sol sablonneux, parsemée de petites cuvettes humifères, et une dépression humifère traversée par le marigot de Sangalkam.

Les sols de cette dépression sont de composition variable. Ils sont à prédominance sablonneuse ou argileuse suivant que l'on se rapproche ou s'éloigne des dunes bordant la dépression. Ils ne contiennent pas de calcaire et leur teneur en matière organique est faible. Le pH de ces terrains est acide.

3. VÉGÉTATION.

Dans les dépressions humifères, à côté du palmier à huile (*Elæis guineensis*), et du dattier épineux (*Phoenix reclinata*), on trouve tout un ensemble de plantes reliques à affinité guinéenne (domaine subguinéen de Trochain). Sur les dunes s'observe un arbuste vivace, le « néou » (*Parinarium senegalensis*).

Les espèces fourragères dominantes rencontrées en zone sableuse sont, parmi les graminées, *Andropogon amplexans*, *Digitaria chevalierii*, *Cenchrus biflorus*, *Perotis indica* (en fin de saison des pluies) et parmi les légumineuses, *Tephrosia platycarpa*, *Tephrosia linearis*, *Indigofera* sp. En zone humifère, les légumineuses sont pratiquement absentes. Les graminées sont représentées par *Echinochloa colona*, *Echinochloa pyramidalis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Imperata cylindrica*.

PROTOCOLE

Les animaux observés sont des croisements zébus taurin, provenant du cercle de Kita (Soudan Français). Ces animaux ont effectué leur premier vêlage à la ferme. Leur âge varie de 3 à 5 ans.

Pendant la période d'observation (fin 1953 à début 1955), les animaux ont pacagé en brousse sans recevoir de complémentation alimentaire. Pendant la saison sèche, le pacage s'effectue dans les zones avoisinant directement le marigot, tandis qu'il se poursuit sur la zone sableuse pendant la saison des pluies.

Les saillies ont lieu en liberté au pâturage, le tauréau sortant tous les jours avec le troupeau. Elles s'effectuent dès les premières chaleurs qui suivent la mise bas. Elles se produisent donc à des temps très variables après le part (112 à 417 jours; moyenne 245 jours).

Le contrôle laitier a été effectué hebdomadairement à partir du huitième jour de lactation. La traite est accomplie en présence du veau, la mère retenant son lait en l'absence de son produit. Trois à quatre traites successives sont nécessaires pour vider la mamelle. Les quantités de lait obtenues pour vider la mamelle. Les quantités de lait obtenues sont mesurées à l'éprouvette graduée, et la moyenne arithmétique des productions est calculée, en réunissant les données correspondant à des stades de lactation identiques.

RÉSULTATS

1. COURBE MOYENNE DE LACTATION.

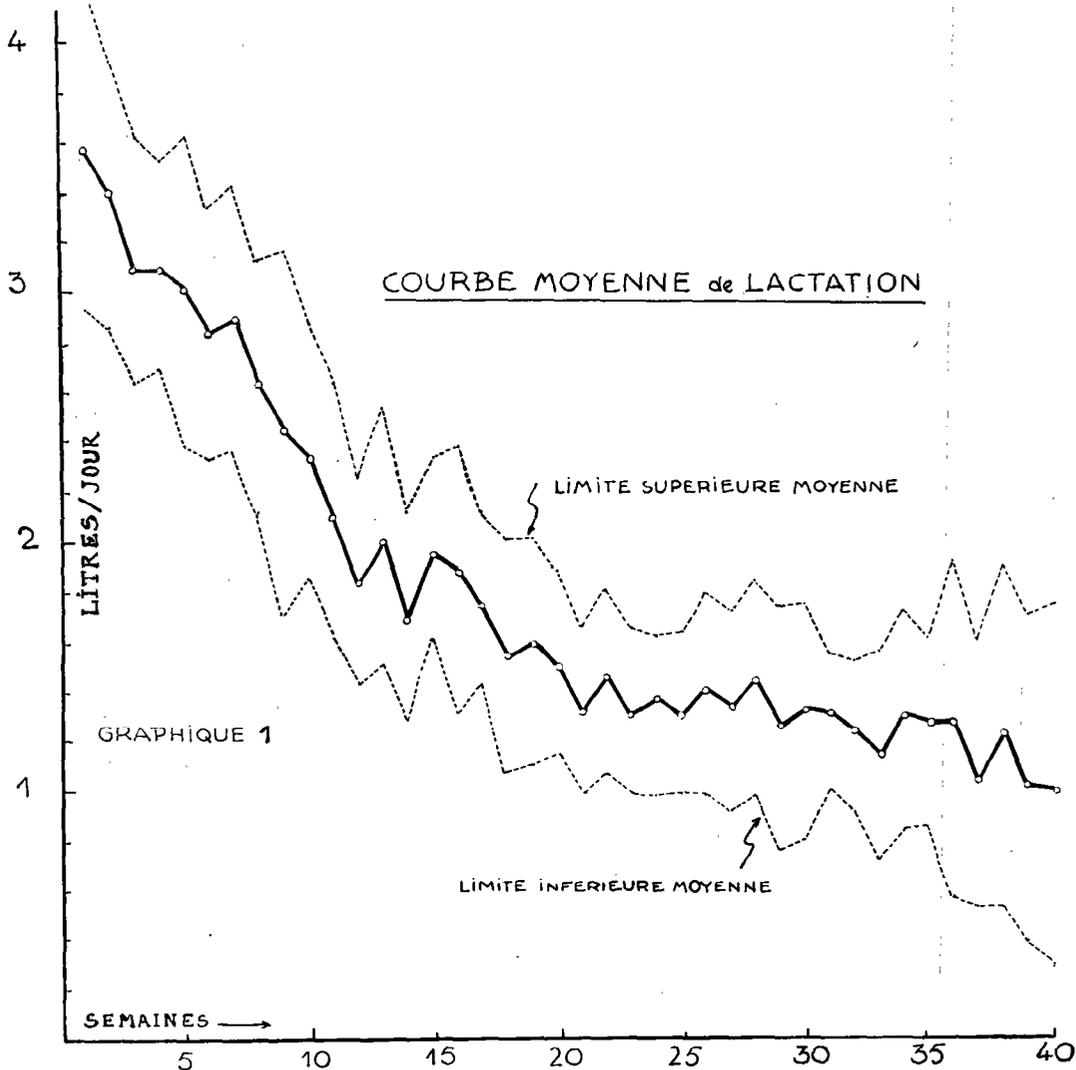
Elle est représentée sur le graphique 1, tandis que les résultats moyens correspondants sont rassemblés dans le tableau I, qui donne, en fonction du temps exprimé en semaines à partir de la mise bas, la production quotidienne moyenne, l'écart-type σ , l'erreur-standard de la moyenne $s_{\bar{x}}$, les limites supérieure et inférieure de fluctuation de la moyenne vraie au seuil $\lambda = 0,95$.

L'examen de ces résultats appelle quelques commentaires :

1° Les observations relevées dans chaque classe de temps sont largement dispersées et les limites de sécurité de la moyenne vraie sont souvent étendues. Ce phénomène est lié à l'hétérogénéité des animaux (certains débutent par des productions quotidiennes

qu'en Inde, le maximum n'est atteint qu'à la fin du premier mois ou au cours du second (10).

En réalité, l'examen des courbes individuelles montre l'existence de deux types différents de lactation :



de 5 litres, tandis que d'autres, placés dans les mêmes conditions, ne fournissent que 1,5 à 2 litres par jour).

A partir de la 35^e semaine de lactation, l'ampleur des limites de fluctuations de la moyenne vraie reflète le nombre réduit de lactations qui ont pu être observées à ce stade. Les observations ont donc été volontairement limitées à la 35^e semaine de lactation.

2° La courbe moyenne de lactation décline dès la première semaine, alors que les observations effectuées à Filingué montrent une intensification irrégulière de la production jusqu'au troisième mois, et

a) Un type général caractérisé par une diminution précoce de la production. Parfois, une stabilisation temporaire de quelques semaines se produit au niveau de mise-bas et précède la période de déclin.

b) Un second type, moins souvent rencontré, dans lequel la lactation est soumise à une intensification fugace d'importance quantitative très variable. La courbe moyenne de production, en nivelant les écarts des courbes individuelles ne permet pas de rendre compte de cette dualité.

3° La chute de lactation est relativement accusée de la 1^{re} à la 25^e semaine, puis la production journa-

lière tend à se stabiliser de la 25^e à la 35^e semaine.

En résumé, la courbe moyenne ne rend qu'imparfaitement compte des modalités de l'évolution de la lactation lorsqu'elle s'adresse à des animaux dont les niveaux respectifs de lactation sont sensiblement différents. Pour éviter les interférences liées à la disparité des valeurs absolues, nous avons alors

exprimé les productions observées en pourcentage de la quantité de lait recueillie lors du contrôle de la première semaine de lactation. Il est possible d'obtenir ainsi une courbe traduisant uniquement le caractère évolutif de la lactation. Cette courbe sera appelée, dans cette étude, *courbe moyenne des pourcentages de lactation*.

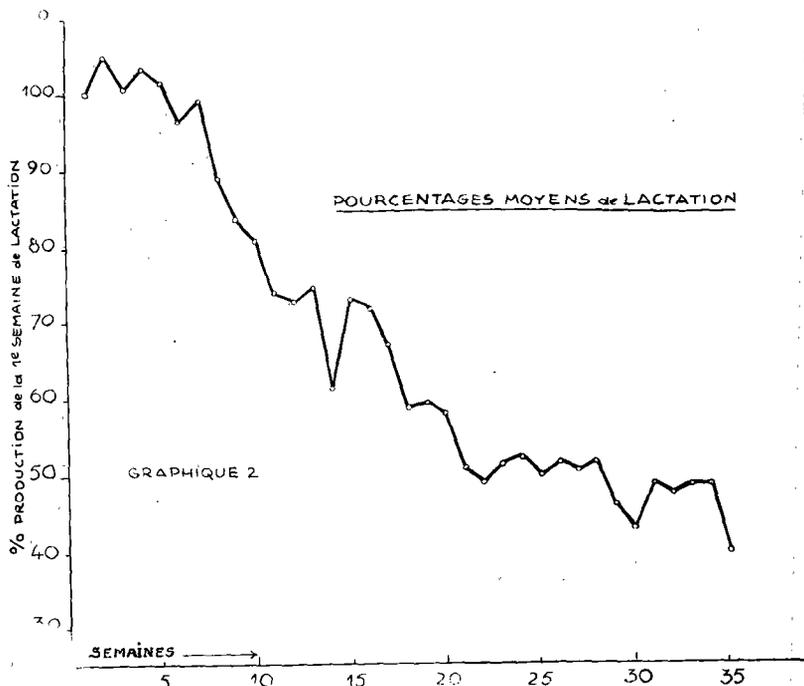
Tableau n° 1. — COURBE MOYENNE DE LACTATION (données numériques)

| Temps (semaines) | Moyennes (litres) | écart type σ | Erreur standard moyenne | L.S.M. | L.I.M. |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|------------------|------------------|
| | | | | $\lambda = 0,95$ | $\lambda = 0,95$ |
| 1 | 3,58 | 1,1 | 0,30 | 4,23 | 2,93 |
| 2 | 3,39 | 1,0 | 0,25 | 3,92 | 2,86 |
| 3 | 3,12 | 0,88 | 0,23 | 3,61 | 2,63 |
| 4 | 3,12 | 0,75 | 0,20 | 3,55 | 2,69 |
| 5 | 3,00 | 0,94 | 0,28 | 3,61 | 2,39 |
| 6 | 2,84 | 0,76 | 0,23 | 3,34 | 2,34 |
| 7 | 2,89 | 0,81 | 0,24 | 3,42 | 2,36 |
| 8 | 2,62 | 0,76 | 0,23 | 3,12 | 2,12 |
| 9 | 2,43 | 1,12 | 0,33 | 3,15 | 1,71 |
| 10 | 2,35 | 0,75 | 0,22 | 2,84 | 1,85 |
| 11 | 2,13 | 0,75 | 0,24 | 2,65 | 1,61 |
| 12 | 1,84 | 0,60 | 0,19 | 2,26 | 1,42 |
| 13 | 2,03 | 0,75 | 0,24 | 2,55 | 1,51 |
| 14 | 1,71 | 0,60 | 0,19 | 2,13 | 1,29 |
| 15 | 1,98 | 0,53 | 0,17 | 2,35 | 1,61 |
| 16 | 1,85 | 0,76 | 0,24 | 2,38 | 1,32 |
| 17 | 1,77 | 0,53 | 0,16 | 2,12 | 1,24 |
| 18 | 1,57 | 0,65 | 0,20 | 2,02 | 1,12 |
| 19 | 1,59 | 0,61 | 0,20 | 2,04 | 1,14 |
| 20 | 1,53 | 0,52 | 0,16 | 1,89 | 1,17 |
| 21 | 1,35 | 0,49 | 0,15 | 1,69 | 1,01 |
| 22 | 1,45 | 0,49 | 0,16 | 1,81 | 1,09 |
| 23 | 1,32 | 0,44 | 0,14 | 1,67 | 1,09 |
| 24 | 1,38 | 0,36 | 0,13 | 1,63 | 1,01 |
| 25 | 1,32 | 0,40 | 0,14 | 1,64 | 1,00 |
| 26 | 1,40 | 0,49 | 0,17 | 1,80 | 1,00 |
| 27 | 1,34 | 0,48 | 0,17 | 1,74 | 0,94 |
| 28 | 1,43 | 0,52 | 0,18 | 1,85 | 1,01 |
| 29 | 1,27 | 0,60 | 0,21 | 1,76 | 0,78 |
| 30 | 1,29 | 0,53 | 0,20 | 1,77 | 0,81 |
| 31 | 1,30 | 0,30 | 0,11 | 1,57 | 1,03 |
| 32 | 1,24 | 0,34 | 0,13 | 1,55 | 0,93 |
| 33 | 1,17 | 0,40 | 0,16 | 1,58 | 0,76 |
| 34 | 1,29 | 0,48 | 0,18 | 1,73 | 0,85 |
| 35 | 1,26 | 0,40 | 0,16 | 1,67 | 0,85 |
| 36 | 1,25 | 0,65 | 0,26 | 1,92 | 0,58 |
| 37 | 1,08 | 0,51 | 0,21 | 1,62 | 0,54 |
| 38 | 1,22 | 0,66 | 0,27 | 1,91 | 0,53 |
| 39 | 1,06 | 0,55 | 0,24 | 1,72 | 0,40 |
| 40 | 1,02 | 0,61 | 0,27 | 1,76 | 0,28 |

2. COURBE MOYENNE DES POURCENTAGES DE LACTATION.

Cette courbe est représentée par le graphique 2, et les données expérimentales correspondantes sont rassemblées dans le tableau II.

Cette courbe d'évolution peut être décomposée en trois parties distinctes :



a) Une période de stabilité, de quelques semaines, durant lesquelles la production laitière se maintient au niveau de mise-bas.

b) Une période de déclin, débutant vers la 7^e semaine et finissant vers la 20-25^e semaine. Au cours de cette période, la vitesse de chute s'atténue progressivement.

c) Une nouvelle période de stabilisation, s'étendant de la 25^e à la 35^e semaine et dont le niveau oscille autour de la valeur 50 p. 100 : la production quotidienne ne représente plus que la moitié de la quantité de lait recueillie par jour pendant la première semaine de lactation.

Cette courbe a été soumise à l'analyse statistique afin de déterminer si le temps était un facteur déterminant de l'évolution de la lactation ou si l'allure générale de la courbe n'était due qu'au hasard ou à la dispersion des résultats expérimentaux, et quelle serait la formule de régression capable de représenter au mieux l'évolution du phénomène en fonction du temps.

3. ÉTUDE STATISTIQUE DE LA COURBE MOYENNE DES POURCENTAGES DE LACTATION (1).

a) Influence du temps sur la production laitière.

Cette influence est déterminée par la comparaison de deux estimations indépendantes de la variance exacte de la population :

Tableau II. - VALEUR MOYENNE DES POURCENTAGES de LACTATION EXPRIMÉS en FONCTION DU TEMPS

| Temps (semaines) | % lactation mise bas | Temps (semaines) | % lactation mise bas |
|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| 1 | 100 | 18 | 58,94 |
| 2 | 104,96 | 19 | 59,27 |
| 3 | 100,63 | 20 | 58,39 |
| 4 | 104,43 | 21 | 50,78 |
| 5 | 103,06 | 22 | 49,73 |
| 6 | 97,53 | 23 | 51,19 |
| 7 | 99,10 | 24 | 53,88 |
| 8 | 88,86 | 25 | 50,11 |
| 9 | 82,87 | 26 | 53,55 |
| 10 | 80,90 | 27 | 51,35 |
| 11 | 73,74 | 28 | 53,27 |
| 12 | 72,99 | 29 | 46,28 |
| 13 | 74,49 | 30 | 43,02 |
| 14 | 62,51 | 31 | 48,73 |
| 15 | 72,61 | 32 | 46,48 |
| 16 | 71,91 | 33 | 47,11 |
| 17 | 67,22 | 34 | 46,82 |
| | | 35 | 40,81 |

(1) Nous remercions M. Vessereau, Professeur à l'Institut de Statistique de l'Université de Paris, qui a vérifié et confirmé cette analyse statistique.

s_e^2 , variance de l'erreur ou variance résiduelle.

s_c^2 , variance « entre colonnes ».

Ces deux estimations sont définies par les formules :

$$s_c^2 = \frac{\sum n_c (\bar{x}_c - \bar{x})^2}{k - 1}$$

$$s_e^2 = \frac{\sum (x - \bar{x}_c)^2}{N - k}$$

expressions dans lesquelles les lettres ont les significations respectives suivantes :

n_c : nombre d'observations dans chaque classe de temps.

\bar{x}_c : moyenne des observations dans chaque classe.

\bar{x} : moyenne générale des observations.

k : nombre de classes.

x : valeur expérimentale observée.

N : nombre total d'observations.

$k - 1$ et $N - k$ représentent respectivement le nombre de degrés de liberté de la variance « entre colonnes » et de la « variance résiduelle ».

En utilisant les relations :

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - N\bar{x}^2$$

$$\sum n_c (\bar{x}_c - \bar{x})^2 = \sum n_c \bar{x}_c^2 - N\bar{x}^2$$

et en remplaçant les lettres par les valeurs expérimentales correspondantes, on obtient le tableau suivant :

| Origine de la variation | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance |
|-------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| entre colonnes | 147 689,785 | 34 | $s_c^2 = 4343,817$ |
| résiduelle | 183 632,361 | 304 | $s_e^2 = 600,764$ |

avec :

$$\frac{s_c^2}{s_e^2} = 7,230$$

Cette valeur est largement supérieure à celle fournie au point 5 p. 100 et au point 1 p. 100 par la table de SNEDECOR. Les deux variances sont distinctes et le temps intervient d'une façon significative dans l'évolution de la lactation.

b) Etude de la régression entre la production laitière et le temps.

Pour déceler la meilleure représentation mathématique de la fonction liant la production laitière au

temps, quatre représentations possibles ont été testées successivement : la droite, qui est la plus simple des relations, l'exponentielle, déjà admise en milieu tempéré (3, 4, 7, 8, 20) et en Inde (10, 11), l'hyperbole, et la parabole. Cette dernière fonction est considérée, dans la métropole, comme la meilleure estimation de l'évolution de la lactation (5).

1. Régression linéaire.

Elle est de la forme générale :

$$y' = a + b(x - \bar{x})$$

On démontre que si $n_1, n_2, n_3, \dots, n_c$, représentent la fréquence des observations y pour les valeurs correspondantes de la variable indépendante $x_1, x_2, x_3, \dots, x_c, \dots$, et si l'on désigne par $y_1, y_2, y_3, \dots, y_c, \dots$ les moyennes des observations y dans chaque colonne les valeurs x, y, a, b , prennent la forme :

$$\bar{x} = \frac{\sum n_c \bar{x}_c}{N} \quad \bar{y} = \frac{\sum n_c \bar{y}_c}{N}$$

$$a = \bar{y}$$

$$b = \frac{\sum n_c \bar{y}_c (x_c - \bar{x})}{\sum n_c (x_c - \bar{x})^2}$$

avec :

$$\sum n_c (x_c - \bar{x})^2 = \sum n_c \bar{x}_c^2 - N\bar{x}^2$$

$$\sum n_c \bar{y}_c (x_c - \bar{x}) = \sum n_c \bar{x}_c \bar{y}_c - N\bar{x} \bar{y}$$

En exploitant les données expérimentales, on obtient :

$$\bar{x} = 15,876$$

$$\bar{y} = 71,940$$

$$a = 71,940$$

$$b = 2,051$$

d'où :

$$y = 71,940 - 2,051(x - 15,876)$$

qui conduit à la formule de régression :

$$y = 104,502 - 2,051x$$

expression dans laquelle x représente le temps exprimé en semaines comptées depuis la mise-bas, et y représente la lactation correspondante exprimée en pourcentage de la production quotidienne de la mise bas.

Erreurs d'échantillonnage des paramètres a et b .

Dans la population totale comprenant une infinité de mesures pour chaque valeur de la variable indépendante, les coefficients de la régression ont une valeur exacte dont a et b ne sont que des estimations dont il importe de connaître la précision.

Erreur d'échantillonnage de b.

La variance d'échantillonnage de b, s_b^2 , est donnée par :

$$s_b^2 = \frac{\sum (y - y')^2}{(N-2) \sum n_c (x_c - \bar{x})^2}$$

avec :

$$\sum (y - y')^2 = \sum y^2 - N\bar{y}^2 - b^2 \sum n_c (x_c - \bar{x})^2$$

En utilisant les données fournies par l'expérimentation, on obtient :

$$s_b^2 = 0,01635$$

$$s_b = \pm 0,1278$$

$t = b/s_b = 16,05$ avec 337 degrés de liberté.

Le coefficient b est donc très significatif.

Erreur d'échantillonnage de a.

La variance d'échantillonnage de a est donnée par la formule :

$$s_a^2 = \sum (y - y')^2 / N(N-2)$$

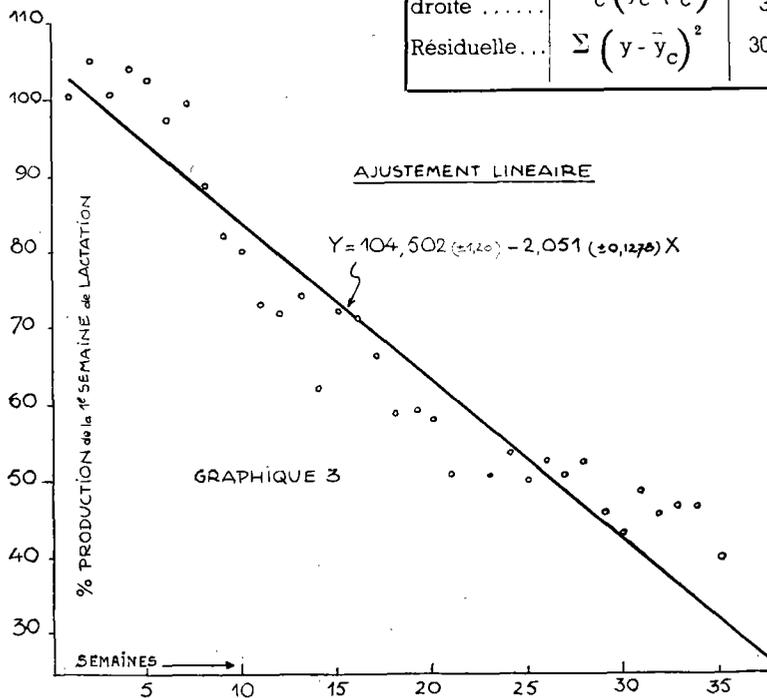
On obtient :

$$s_a^2 = 1,6398$$

$$s_a = \pm 1,28$$

La forme définitive de la régression linéaire entre le temps et la production laitière correspondante, exprimée en pourcentage de la production observée pendant la première semaine, est donc :

$$y = 104,502 (\pm 1,28) - 2,051 (\pm 0,1278) x$$



Test de linéarité.

Le test d'analyse de la variance est utilisé pour éprouver dans quelle mesure il est légitime d'ajuster les observations recueillies à une ligne droite. Il s'agit donc de vérifier que les différences $y_c - y'_c$ entre les valeurs observées et les valeurs ajustées ne sont pas plus élevées que le hasard ne peut le justifier.

On est ainsi amené à comparer la variance résiduelle, s_e^2 , et l'estimation s_D^2 qui traduit les déviations des valeurs observées par rapport à la droite, et qui est définie par l'expression :

$$s_D^2 = \sum n_c (\bar{y}_c - y'_c)^2 / k - 2$$

$\sum n_c (\bar{y}_c - y'_c)^2 = \sum n_c (\bar{y}_c - \bar{y})^2 - b^2 \sum n_c (x_c - \bar{x})^2$
 expression qui traduit que la variation « entre classes » est la somme de la variation « régression linéaire » et des déviations par rapport à la ligne droite.

On obtient ainsi le tableau d'analyse de variance suivant :

| Origine de la variation | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance |
|--|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| Régression linéaire | $b^2 \sum n_c (x_c - \bar{x})^2$ | 1 | — |
| Déviations par rapport à la droite | $\sum n_c (\bar{y}_c - y'_c)^2$ | 33 | $s_D^2 = 142,766$ |
| Résiduelle ... | $\sum (y - \bar{y}_c)^2$ | 304 | $s_e^2 = 600,764$ |

$$s_D^2 / s_e^2 = 0,237$$

Les déviations observées par rapport à la droite sont imputables au hasard et la régression linéaire entre x et y est statistiquement valable.

Valeurs ajustées obtenues par la régression linéaire.

Ces valeurs, obtenues par l'application de la formule de régression, sont consignées dans le tableau III, en regard des valeurs expérimentales. La position relative des points de la droite et des points

représentatifs des productions laitières observées est représentée par le graphique 3.

Il est facile de constater que les valeurs extrêmes de la courbe sont supérieures aux valeurs calculées, tandis que les valeurs centrales leur sont inférieures.

Bien que la droite de régression soit statistiquement valable, elle ne traduit qu'imparfaitement la courbe de lactation. D'autres représentations mieux adaptées aux données expérimentales ont alors été recherchées, en utilisant la méthode des moindres carrés.

TABLEAU III. — COMPARAISON ENTRE LES VALEURS OBSERVÉES ET LES VALEURS OBTENUES POUR CHACUNE DES RÉGRESSIONS ENVISAGÉES

| Temps (semaines) | Valeurs observées | Ajustement linéaire | Ajustement exponentiel | Ajustement hyperbolique | Ajustement parabolique |
|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 100,00 | 102,45 | 104,60 | 133,64 | 114,11 |
| 2 | 104,96 | 100,40 | 101,60 | 96,20 | 106,62 |
| 3 | 100,63 | 98,35 | 98,83 | 83,72 | 103,06 |
| 4 | 104,43 | 96,30 | 96,08 | 77,49 | 99,61 |
| 5 | 103,06 | 94,25 | 93,40 | 73,74 | 96,26 |
| 6 | 97,53 | 92,20 | 90,80 | 71,24 | 93,02 |
| 7 | 99,10 | 90,15 | 88,25 | 69,47 | 89,88 |
| 8 | 88,86 | 88,10 | 85,81 | 68,12 | 86,85 |
| 9 | 82,87 | 86,04 | 83,41 | 67,09 | 83,92 |
| 10 | 80,90 | 84,00 | 81,09 | 66,26 | 81,10 |
| 11 | 73,74 | 81,95 | 78,83 | 65,57 | 78,38 |
| 12 | 72,99 | 79,90 | 76,63 | 65,01 | 75,77 |
| 13 | 74,49 | 77,80 | 74,51 | 64,53 | 73,26 |
| 14 | 62,51 | 75,80 | 72,41 | 64,12 | 70,86 |
| 15 | 72,61 | 73,70 | 70,40 | 63,77 | 68,56 |
| 16 | 71,91 | 71,70 | 68,43 | 63,44 | 66,37 |
| 17 | 67,22 | 69,60 | 66,52 | 63,17 | 64,28 |
| 18 | 58,94 | 67,60 | 64,67 | 62,93 | 62,30 |
| 19 | 59,27 | 65,50 | 62,87 | 62,71 | 60,42 |
| 20 | 58,39 | 63,50 | 61,12 | 62,51 | 58,65 |
| 21 | 50,78 | 61,40 | 59,41 | 62,33 | 56,98 |
| 22 | 49,73 | 59,40 | 57,75 | 62,17 | 55,42 |
| 23 | 51,19 | 57,30 | 56,15 | 62,02 | 53,96 |
| 24 | 53,88 | 55,30 | 54,58 | 61,89 | 52,61 |
| 25 | 50,11 | 53,20 | 53,07 | 61,77 | 51,36 |
| 26 | 53,55 | 51,20 | 51,58 | 61,64 | 50,22 |
| 27 | 51,35 | 49,10 | 50,14 | 61,54 | 49,18 |
| 28 | 53,27 | 47,10 | 48,74 | 61,44 | 48,25 |
| 29 | 46,28 | 45,00 | 47,38 | 61,35 | 47,42 |
| 30 | 43,02 | 43,00 | 46,03 | 61,26 | 46,70 |
| 31 | 48,73 | 41,00 | 44,78 | 61,18 | 46,08 |
| 32 | 46,48 | 38,90 | 43,53 | 61,11 | 45,57 |
| 33 | 47,11 | 36,80 | 42,32 | 61,04 | 45,16 |
| 34 | 46,82 | 34,80 | 41,15 | 60,97 | 44,86 |
| 35 | 40,61 | 32,70 | 39,99 | 60,90 | 44,66 |

2. Régression exponentielle.

Le calcul de cette régression conduit à envisager les relations susceptibles d'exister entre le temps et le logarithme de la production. Dans le cas d'une régression exponentielle cette relation prend la forme :

$$\log y = a + b(x - \bar{x})$$

En exploitant les valeurs recueillies par l'expérimentation, cette équation prend la valeur numérique :

$$\log y = 2,03175 - 1,228 \cdot 10^{-3} x$$

ou

$$y = 107,58 \cdot 10^{-0,01228 x}$$

Le calcul des erreurs d'échantillonnage des paramètres a et b conduit à :

$$s_a = \pm 5,609 \cdot 10^{-3}$$

$$s_b = \pm 5,554 \cdot 10^{-4}$$

Le calcul de : $t = b/s_b = 22,110$ avec 33 degrés de liberté, montre que b, malgré sa faible valeur absolue, est significativement différent de zéro.

La forme définitive de l'exponentielle de régression devient alors :

$$y = 107,58 (\pm 1,38) \cdot 10^{-0,01228 (\pm 0,0005554) x}$$

La comparaison entre les valeurs calculées à l'aide de la régression exponentielle et les valeurs observées est effectuée dans le tableau III et le gra-

phique 4. La somme des carrés des écarts est très inférieure à celle obtenue par la régression linéaire. L'exponentielle est donc statistiquement valable. Cependant, l'ajustement reste imparfait et montre, quoiqu'à un moindre degré, des défauts identiques à ceux relevés lors de l'examen de la régression linéaire. L'éventualité d'une régression hyperbolique, permettant d'obtenir une courbe plus « creusée » s'adaptant mieux aux valeurs centrales de la courbe de lactation, a alors été envisagée.

3. Régression hyperbolique.

Les paramètres a et b de l'équation $y = \frac{a}{x} + b$, traduisant une régression hyperbolique sont donnés par les expressions (5) :

$$a = \frac{\sum \bar{y}_c / x_c - b \sum 1/x_c}{\sum 1/x_c^2}$$

$$b = \bar{y} - \frac{a}{N} \sum 1/x_c$$

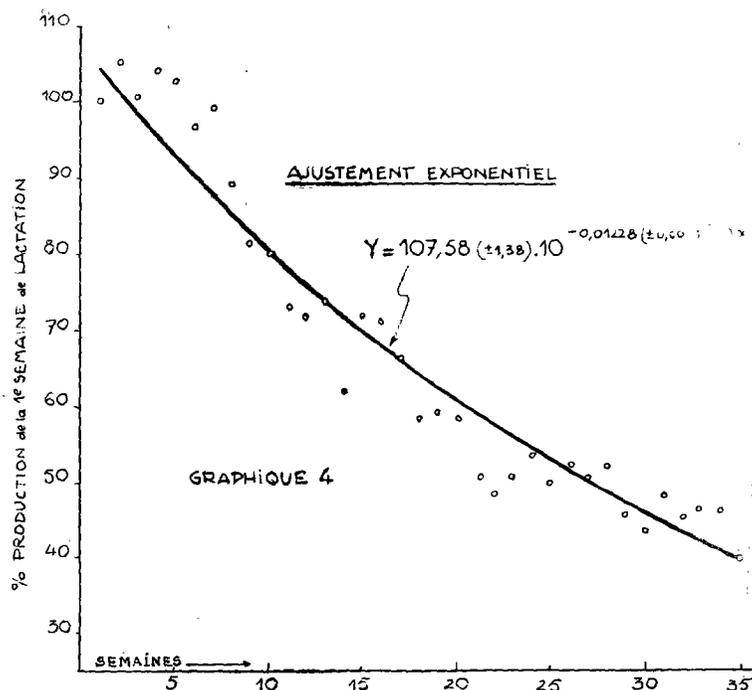
système de deux équations à deux inconnues dont l'exploitation conduit à donner aux paramètres recherchés les valeurs :

$$a = 74,87$$

$$b = 58,77$$

d'où :

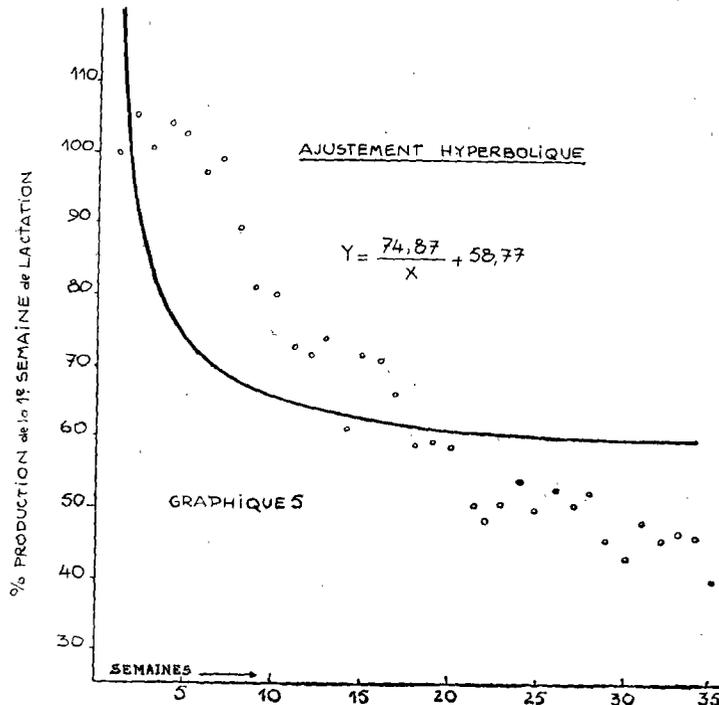
$$y = \frac{74,87}{x} + 58,77$$



La comparaison des valeurs calculées et des valeurs observées est effectuée dans le tableau III et dans le graphique 5. Les valeurs calculées s'éloignent considérablement des valeurs observées, tant

La résolution de ce système d'équations conduit à donner aux paramètres les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} a &= 0,0525 \\ b &= -3,82 \\ c &= 114,054 \end{aligned}$$



en ce qui concerne les valeurs extrêmes que les valeurs centrales de la courbe de lactation. La ligne de régression est trop incurvée. La somme des carrés des écarts entre valeurs calculées et valeurs observées est largement supérieure à celle obtenue dans le cas de la régression linéaire et la régression hyperbolique est à rejeter. Une conclusion identique a déjà été obtenue dans une étude des courbes de lactation effectuée dans la métropole par Delage et coll. (5).

4. Régression parabolique.

Les paramètres a , b , c , de l'équation $y = ax^2 + bx + c$, traduisant une fonction parabolique, sont donnés par les formules (5) :

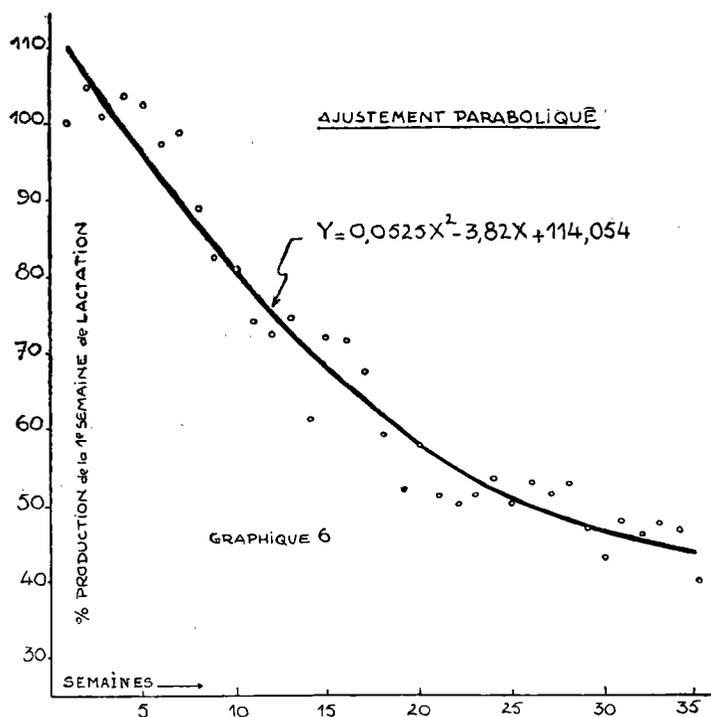
$$\begin{aligned} c &= \bar{y} - b\bar{x} - \frac{a}{N} \sum x^2 \\ b &= \frac{\sum xy - cN\bar{x} - a \sum x^3}{\sum x^2} \\ a &= \frac{\sum x^2 y - b \sum x^3 - c \sum x^2}{\sum x^4} \end{aligned}$$

d'où :

$$y = 0,0525 x^2 - 3,82 x + 114,054$$

La comparaison entre valeurs calculées et valeurs observées est effectuée dans le tableau III et le graphique 6. L'adaptation entre la ligne de régression et la courbe de lactation est bonne et la somme des carrés des écarts est inférieure à la fois à celle de la régression linéaire et à celle de la régression exponentielle. L'ajustement parabolique est donc le meilleur ajustement parmi ceux que nous avons statistiquement testés. Nous confirmons donc, à nouveau, les conclusions de Delage et coll. (5), établies pour la métropole.

En résumé, trois régressions s'avèrent valables pour traduire le caractère évolutif de la production laitière en fonction du temps. Ce sont la droite, l'exponentielle et la parabole, et il convient de réserver une place de choix à ces deux dernières représentations. En dehors de la valeur de la somme des carrés des écarts, nous avons cherché, pour les départager, à déterminer laquelle de ces deux régressions rend le mieux compte des modalités de la persistance de la lactation.



4. PERSISTANCE DE LA LACTATION.

Parmi les très nombreuses expressions qui ont été proposées pour traduire la persistance de la lactation, le rapport de la production d'un mois à celle du mois précédent a été choisie. Plus exactement, étant donné les conditions particulières du contrôle laitier effectué (contrôle hebdomadaire), les productions moyennes se rapportant à des périodes successives de quatre semaines ont été comparées.

Les coefficients de persistance suivants ont alors été obtenus : 0,948 ; 0,800 ; 0,900 ; 0,866 ; 0,843 ; 0,960 ; 0,940 ; 0,972. Ces chiffres traduisent, sous une nouvelle forme, la première et la seconde périodes de stabilisation et l'atténuation progressive de la chute de la lactation (augmentation du coefficient de persistance à partir de la 25^e semaine). Le coefficient moyen de persistance ressort à 0,903.

La représentation linéaire traduit une diminution constante de la lactation et conduit à des coefficients de persistance dont les valeurs diminuent constamment de 0,917 à 0,828 (coefficient moyen : 0,877). La régression linéaire ne fait pas apparaître l'inflexion de la 25^e semaine et ne représente donc que grossièrement les modalités de la persistance.

La régression exponentielle implique la constance du coefficient de persistance qui prend la valeur fixe 0,893, quelle que soit la classe de temps envisagée. Cette représentation est donc impuissante à refléter l'évolution du coefficient de persistance.

Dans la régression parabolique, le terme « -bx » traduit une diminution linéaire des quantités secrétées, mais son action est progressivement freinée par l'intervention du terme « ax² » dont l'efficacité s'accroît avec le carré du temps. La régression parabolique s'accompagne d'une augmentation progressive des coefficients de persistance. Le coefficient moyen obtenu, très proche du coefficient moyen observé, prend la valeur 0,900. Les coefficients calculés ne dépassent la valeur du coefficient moyen qu'aux environs de la 25^e semaine, et témoignent ainsi de l'inflexion de la lactation observée à l'approche du 6^e mois. La régression parabolique doit donc être choisie de préférence à la régression exponentielle.

L'existence de cette inflexion de lactation et la présence de la première phase de stabilisation de production (de la 1^{re} à la 8^e semaine) conduit à adopter deux coefficients moyens pour caractériser la persistance de la lactation : le premier sera calculé entre la 8^e et la 25^e semaine, tandis que le second sera chargé de représenter la période s'étendant du 6^e aux 8^e-9^e mois. Ces conclusions sont précisément celles auxquelles se sont arrêtés, dans la métropole, Delage et coll. (5) :

« La production laitière commence, à la fin du 2^e mois, par diminuer rapidement, puis subit, à partir du 6^e mois, une décroissance plus lente, jusqu'au 25^e jour. »

Il apparaît donc que l'évolution de la lactation se traduit identiquement chez nos animaux et chez les animaux métropolitains. De nombreux points de dissemblance subsistent cependant et en particulier la valeur absolue de la production laitière et l'intensité du déclin de la lactation : au 6^e mois, la production laitière représente encore 70 p. 100 du maximum de lactation dans la métropole, contre 50 p. 100 dans notre observation. Il faut reconnaître ici, l'intervention simultanée du manque de sélection laitière des animaux examinés et de leur état de sous-alimentation chronique. Une note ultérieure précisera, d'ailleurs, l'influence favorable de la saison des pluies, période de pléthore alimentaire, sur la vitesse de chute de la lactation dans les conditions d'exploitation de la ferme de Sangalkam.

CONCLUSIONS

1^o La lactation des femelles laitières zébu x taurin du troupeau du Laboratoire Fédéral de l'Élevage a été contrôlée de 1953 à 1955. Les conditions écologiques sont précisées, ainsi que le mode d'alimentation qui est uniquement assurée par le pacage en brousse.

2^o La courbe moyenne des productions laitières en fonction du temps est impuissante à refléter d'une manière exacte les modalités de l'évolution de la lactation, en raison des différences très importantes de production que l'on peut observer entre les animaux.

3^o L'examen de la courbe des pourcentages de lactation (production de la première semaine = 100) permet de reconnaître trois périodes distinctes : une première période de stabilisation au niveau de production de la 1^{re} semaine et s'étendant de la mise-bas à la 8^e semaine ; une période de déclin, débutant vers la 7^e semaine et finissant vers la 25^e semaine, et au cours de laquelle la vitesse de chute s'atténue progressivement ; enfin, une nouvelle période de stabilisation, de la 25^e à la 35^e semaine, et dont le niveau oscille autour de 50 p. 100 de la lactation de la première semaine. La phase d'augmentation couramment signalée de la mise-bas à la 8^e semaine, en milieu tempéré ou dans certaines régions tropicales, n'est pas apparue dans notre observation.

4^o L'étude statistique de la courbe des pourcentages de lactation permet de choisir entre trois régressions valables : la régression linéaire, la régression exponentielle et la régression parabolique. Ces deux dernières représentations permettent un bon ajustement entre les valeurs calculées et les valeurs observées, mais, seule, la parabole rend compte de l'évolution des coefficients de persistance en fonction du temps.

5^o L'évolution de la lactation est comparable à celle observée dans la métropole, bien que les quantités sécrétées restent bien inférieures et que la vitesse de déclin de la lactation soit plus accentuée qu'en milieu tempéré.

Laboratoire Fédéral de l'Élevage
« Georges Curasson » à Dakar.
Directeur : P. MORNET.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANONYME. — **Qualités laitières de la race bovine de l'Azawak.** *Bull. Serv. Zoot. Epiz.* A. O. F., 1938, **1**, Fasc. 2, 51.
2. ANONYME — **Le contrôle laitier des zébus Azawak a la station d'élevage de Filingué (Niger).** *Bull. Serv. Elev. Ind. Anim.* A. O. F., **1**, Fasc. 2-3, 91-94.
3. BRODY (S.), RAGSDALE (A.-C.), TURNER (C.W.). — **The rate of decline of milk production with the advance of the period of lactation.** *J. Gen. Phys.*, 1924, **6**, 541.
4. BRODY (S.), TURNER (C.-W.), RAGSDALE (A.-C.). — **The relation between the initial rise and subsequent decline of milk secretion following parturition.** *J. Gen. Phys.*, 1924, **6**, 541.
5. DELAGE (J.), LEROY (A.-M.), POLY (J.). — **Une étude sur les courbes de lactation.** *Ann. Zoot.*, 1953, **3**, 225-267.
6. DIXON (W.-J.), MASSEY (F.-J.). — **Introduction to statistical analysis.** New York, 1951, McGraw-Hill, 1 vol., 370 p.
7. GAINES (W.-L.). — **Interpretation of the lactation curve.** *J. Gen. Phys.*, 1926, **9**, 325.
8. GAINES (W.-L.). — **Milk yield in relation to recurrence of conception.** *J. Dairy Sc.*, 1927, **10**, 117.
9. JOSEPH (L.-S.), DAVE (C.-N.). — **Investigations into the fluctuations of milk yield with the advancement of lactation.** *Indian J. Vet. Sc.*, 1931, **1**, 200-212.
10. KARTHA (K.-P.-R.). — **A study of the data of milk yields of various types of cattle obtained from the records of Government military dairy farms. I. Rate of decline in milk yield with advance in lactation.** *Indian J. Vet. Sc. Anim. Husb.*, 1934, **4**, Part I, 36-59.

11. KARTHA (K.-P.-R). — **A study of the data of milk yields of various types of cattle obtained from the records of Government military dairy farms. II. Persistency of lactation and its relation to age and level of production.** *Indian J. Vet. Sc. Anim. Husb.*, 1934, 4, Part II, 126-138
12. LAMOTTE (M.). — **Introduction à la biologie quantitative.** Paris, 1948, Masson, 1 vol., 368 p
13. LHÉRITIER (P.). — **Les méthodes statistiques dans l'expérimentation biologique.** Paris, 1949, Centre National Recherche Scientifique, 1 vol., 93 p.
14. MORICE (E.), TISSERAND (M.), REBOUL (J.). — **Méthodes statistiques en médecine et en biologie.** Paris, 1947, Masson, 1 vol., 181 p.
15. PAGOT (P.). — **Les zébus de l'Azawak.** *Bull. Serv. Zoot. Epiz. A. O. F.*, 1943, 6, 155-163
16. SEN (K.-C.). — **Animal nutrition research in India.** London, 1953, Mc Millan, 1 vol., 370 p.
17. SERVICE ÉLEVAGE NIGER. — **Rapport annuel 1944.**
18. SERVICE ÉLEVAGE NIGER. — **Rapport annuel 1946.**
19. SERVICE ÉLEVAGE NIGER. — **Rapport annuel 1947.**
20. TURNER (C.-W.), RAGSDALE (A.-C.), BRODY (S.). — **How the advance of the period of lactation affects the milk flow.** *J. Dairy Sc.*, 1923, 6, 527.
21. VESSEREAU (A.). — **Méthodes statistiques en biologie et en agronomie.** Paris, 1948, Bailière, 1 vol., 381 p.

SUMMARY

Physiology of lactation in a tropical environment.

The study of the lactations of several crossbred cows (*B. indicus x B. taurus*) during the year 1953 to 1955, showed that the average curve of their milk production in relation to time, could not reflect the actual evolution of lactation, because of the important differences observed between the various animals.

Examination of the curve of "percentages of lactation" permits the recognition of three distinct periods; the first period of stabilization, from calving to the eighth week; a period of decline beginning towards the seventh week and ending towards the twenty-fifth week; a second period of stabilization from the twenty-fifth to the thirty-fifth week.

A comparison is made between the development of lactation of cows living in a tropical quarter and that observed in France.

RESUMEN

Fisiología de la lactación en medios tropicales.

El estudio de la lactación de hembras cebu-taurinas realizado durante los años de 1953 a 1955, ha demostrado que la curva media de las producciones lácteas con relación al tiempo no puede reflejar la evolución de la lactación, debido a importantes diferencias observadas entre los distintos animales. El examen de la curva de los porcentajes de la lactación permite reconocer tres periodos distintos: un primer periodo de estabilización que se extiende desde el parto hasta la 8ª semana; un periodo de declinamiento, que empieza en la 7ª semana y termina hacia la 25ª semana; y un segundo periodo de estabilización de la 25ª semana hasta la 35ª.

Se hace una comparación entre la evolución de la lactación en medio tropical y la observada en la metrópoli.