



**HAL**  
open science

# ÉVALUATION DE CERTAINS CONSTITUANTS DU SANG CHEZ DES CHEVAUX CLINIQUEMENT NORMAUX (1)

J. Bost, M. Fontaine, M. Jean-Blain, M. Lapras, A. Magat, Évelyne Dorléac,  
Josette Letoublon, Marie-José Sayn

► **To cite this version:**

J. Bost, M. Fontaine, M. Jean-Blain, M. Lapras, A. Magat, et al.. ÉVALUATION DE CERTAINS CONSTITUANTS DU SANG CHEZ DES CHEVAUX CLINIQUEMENT NORMAUX (1). *Annales de Recherches Vétérinaires*, 1970, 1 (1), pp.63-91. hal-00900655

**HAL Id: hal-00900655**

**<https://hal.science/hal-00900655>**

Submitted on 11 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## ÉVALUATION DE CERTAINS CONSTITUANTS DU SANG CHEZ DES CHEVAUX CLINIQUEMENT NORMAUX (1)

J. BOST, M. FONTAINE, M. JEAN-BLAIN, M. LAPRAS et A. MAGAT  
avec la collaboration technique d'Évelyne DORLÉAC, Josette LETOUBLON et Marie-José SAYN

*Laboratoire de Recherches de la Chaire de Physiologie,  
Laboratoire de Recherches de la Chaire de Pathologie médicale,  
Laboratoire de Recherches de la Chaire d'Alimentation,  
Laboratoire de Recherches de la Chaire de Chimie médicale,  
École nationale vétérinaire de Lyon  
Institut national de la Recherche agronomique*

---

### RÉSUMÉ

Dans le but de faciliter des études ultérieures sur la pathologie musculaire et hépatique du cheval nous avons procédé au dosage de certains constituants du plasma ou du sérum de 194 chevaux de selle en bonne santé, provenant de 4 effectifs différents.

Le calcul statistique des résultats permet de proposer les limites suivantes pour les variations des valeurs normales, valables en principe pour 95 p. 100 des sujets :

Sodium plasmatique : 2,8 à 4,2 g/l soit 121 à 182 mEq.  
Potassium plasmatique : 74 à 192 mg/l soit 1,8 à 4,8 mEq.  
Calcium plasmatique : 93 à 136 mg/l.  
Magnésium plasmatique : 10 à 29 mg/l.  
Phosphore plasmatique inorganique : 27 à 45 mg/l.  
Glycérol sérique : 8 à 30 mg/l.  
Acides gras non estérifiés sériques : 180 à 550  $\mu$ Eq/l par la méthode de DOLE,  
200 à 475  $\mu$ Eq/l par la méthode de DUNCOMBE.  
Urée sérique : 160 à 460 mg/l.  
Polypeptides sériques : 5 à 100 mg/l.  
Protéines totales sériques : 60 à 115 g/l.  
Bilirubine totale sérique : 3,5 à 30 mg/l.  
Bilirubine conjuguée (directe) sérique : 1 à 10 mg/l.  
Créatinekinase (CPK) sérique : 10 à 80 u./l.  
Transaminase glutamique-oxalacétique sérique (SGOT) : 160 à 420 u./l.  
Transaminase glutamique-pyruvique sérique (SGPT) : 2,2 à 14 u./l.

En outre, toutes les concentrations obtenues pour le glucose, l'acétone, l'acide lactique et la déshydrogénase lactique sont situées entre les valeurs extrêmes suivantes :

Glucose plasmatique : 0,56 à 1,40 g/l  
Acétone du sang total : 0 à 10,5 mg/l  
Acide lactique sérique : 164 à 300 mg/l  
Déshydrogénase lactique (LDH) sérique : 210 à 530 u./ml

(1) Travail réalisé grâce aux crédits accordés par l'Institut national de la Recherche agronomique au titre de l'action concertée « Pathologie musculaire du Cheval ».

Enfin, l'électrophorèse des sérums de ces chevaux, réalisée sur acétate de cellulose à pH 8,2 révèle en général 6 fractions protéiques.

En utilisant une nomenclature proposée antérieurement, et en affectant la valeur 100 au parcours du front des albumines, les déplacements des diverses fractions, repérées par les centres des taches sont, pour des sujets normaux, compris dans les intervalles suivants :

Albumine	: 92,8 à 97,2
Globuline $\alpha'$	: 76,6 à 89,4
— $\alpha_1$	: 59,4 à 80,6
— $\alpha''$	: 49,0 à 73,0
— $\alpha_2$	: 43,4 à 66,6
— $\beta_1$	: 33,2 à 52,8
— $\beta_2$	: 20,1 à 35,9
— $\gamma$	: 6,4 à 11,0

Les globulines  $\beta_1$  et  $\beta_2$  sont assez fréquemment dédoublées.

## INTRODUCTION

La composition chimique du sérum ou du plasma des chevaux normaux a déjà fait l'objet de plusieurs études destinées à des fins cliniques. Les publications de P. KOHL (1950), celles de plusieurs auteurs mentionnées par C.-H. CORNELIUS et J.-J. KANEKO (1963) et celles de GERBER (1964-1966) ont apporté des données statistiques intéressantes. Beaucoup d'autres n'ont pas toujours porté sur un très grand nombre de sujets, ce qui rend difficile une estimation générale de l'importance des variations individuelles. De plus, au moins en ce qui concerne les dosages des activités enzymatiques, la multiplicité des techniques et des modes d'expression des résultats rend difficile les comparaisons d'un auteur à un autre.

C'est pourquoi, disposant d'un ensemble de sujets bien identifiés et destinés à des études ultérieures sur la pathologie du muscle et du foie chez le cheval de selle, il nous est apparu indispensable de connaître sur un plan statistique quelques « constantes » biologiques de ces animaux et leurs fluctuations, découlant non seulement de la diversité des individus mais aussi des erreurs liées aux techniques analytiques qu'il nous a été possible d'adopter. L'objectif de nos mesures semble avoir été rempli par la proposition de normes ou profils biochimiques définis par les limites entre lesquelles varient, suivant des lois sans doute plus complexes que celles que nous avons admises pour une première approche du problème, les valeurs des concentrations ou activités étudiées.

## I. — MATÉRIEL

### *Animaux*

Les prélèvements de sang sont effectués sur 194 chevaux adultes appartenant à quatre effectifs entretenus dans la région sud-est de la France.

Société hippique nationale (S. H. N.) à Lyon : 73 chevaux dont :

15	de race barbe
39	de race de selle française
19	de race pur sang

Institut Méricux (I. M.) à Marcy-l'Étoile (Rhône) : 58 chevaux dont :

6 de trait léger  
52 de race de selle française

Haras nationaux (H. N. C.) à Cluny (Saône-et-Loire) : 47 chevaux dont :

38 de trait  
6 de race de selle française  
3 de race pur sang

Centre équestre de Chapeau-Cornu (Isère) : 16 chevaux dont :

6 de race de selle française  
10 de race pur sang

A l'exception des chevaux de Cluny, tous étalons, les autres effectifs sont constitués d'un nombre sensiblement égal de hongres et de juments, dont 5 étaient en gestation.

#### *Collecte et conservation des prélèvements*

Les prises de sang sont effectuées à la veine jugulaire à l'aide du dispositif stérile Vacutainer (Établissements Michel Medical, Grenoble) muni éventuellement d'un anticoagulant (héparine pour les dosages de sodium, potassium, magnésium, calcium et phosphore ; mélange de Wintrobe pour le glucose).

Le plasma ou le sérum sont séparés par centrifugation, le premier immédiatement après la prise de sang, le second dans les 12 heures suivantes au maximum. Ils sont conservés éventuellement à — 30°C jusqu'au moment des analyses ; la plupart d'entre elles sont cependant effectuées dans le cours de la même journée (glycémie, enzymes, acides gras, glycérol, bilirubines). La séparation rapide du plasma permet d'éviter des erreurs dans la répartition des ions alcalins, potassium notamment, par échange entre globules et plasma.

## II. — TECHNIQUES

Les dosages chimiques ou enzymatiques sont effectués selon les techniques classiques suivantes :

Sodium, potassium et calcium plasmatiques : photométrie de flamme (appareil Eppendorf) après dilution du plasma au 1/40 dans de l'eau distillée et comparaison avec des étalons adaptés (Titrisols Merck).

Magnésium plasmatique : méthode colorimétrique au jaune titane de Masson, Betourne et Boizeau décrite in LECOCQ (1967).

Phosphore minéral plasmatique : méthode de BRIGGS (1924) par réduction de l'acide phosphomolybdique, adaptée à l'électrophotomètre Meunier (Éts Jobin et Yvon).

Acétone du sang total : méthode de NADEAU (1952), méthode colorimétrique basée sur la formation de dihydroxybenzacétone en présence d'aldéhyde salicylique. Elle donne simultanément acétone et acide acétylacétique.

Glucose plasmatique : méthode colorimétrique au réactif phosphomolybdique de Folin-Wu adaptée au photocolorimètre Lumetron (Éts Photovolt Corporation). Elle dose en réalité l'ensemble des substances réductrices, soit un peu plus que le glucose au sens strict.

Acide lactique du sérum : méthode enzymatique en présence de lactico-déshydrase basée sur la réduction du Nicotinamide Adénine Dinucléotide que l'on dose par spectrophotométrie à 366 nm (in LECOCQ, 1967).

Déshydrogénase lactique (LDH) du sérum : méthode de P. G. CABAUD et F. WROBLEWSKI (1958), avec les réactifs Dade distribués par Biolyon (Lyon).

Glycérol sérique : méthode à l'acide périodique reposant sur la formation de formol dosé ensuite colorimétriquement par l'acide chromotropique (FAURE, in LOISELEUR, 1963).

Acides gras non estérifiés du sérum : deux méthodes sont utilisées parallèlement :

— celle de DOLE et MEINERTZ (1960) modifiée par TROUT, ESTES et FRIEBERG (1960) ;

— et celle de DUNCOMBE (1964).

La seconde donne en général des taux d'acides gras (exprimés en  $\mu\text{Eq/l}$ ) systématiquement inférieurs à ceux de la première, car elle ne dose pas, comme la première, les acides gras à courte chaîne et l'acide lactique.

Urée sérique : méthode colorimétrique à la diacétyl-monoxime de SKEGGS *et al.*, adaptée à l'autoanalyseur Technicon.

Polypeptides sériques : méthode de CRISTOL, adaptée par GOIFFON et SPACY et décrite *in* LECOQ (1967).

Protéines totales sériques : méthode basée sur la réaction du biuret adaptée à l'autoanalyseur Technicon. Les sérums doivent être conservés à  $-30^{\circ}\text{C}$  jusqu'au moment de l'analyse.

Bilirubines totale et conjuguée (directe) : méthode colorimétrique (photocolorimètre Lumetron) basée sur la diazoration d'Ehrlich, avec les réactifs BILI-TEST distribués par Biolyon (Lyon).

Transaminases sériques : les deux transaminases SGOT et SGPT ont été dosées suivant la méthode de REITMAN et FRANKEL (1957) avec les réactifs Dade distribués par Biolyon (Lyon).

Créatine kinase sérique : méthode de ROSALKI (1967) avec les réactifs Dade distribués par Eurobio (Paris).

Fractionnement électrophorétique : les fractions protéiques du sérum ont été localisées et identifiées par électrophorèse sur bandes d'acétate de cellulose suivant la technique décrite par J. LACROTTE, A. TAPERNOUX et A. MAGAT (1969). Cependant les bandes d'acétate de cellulose sont du type Sephaphore (distribuées par Mecavigor-Paris), et la tension, de 200 volts, est maintenue constante pendant toute la durée de l'électrophorèse.

### III. — RÉSULTATS

Les résultats des dosages pratiqués individuellement sur l'ensemble des animaux étudiés sont présentés sous forme d'histogrammes dans les figures 1 à 17.

Les concentrations sont exprimées :

— en g/l et en mEq/l pour le sodium (fig. 1), en mg/l et en mEq/l pour le potassium (fig. 2), en mg/l pour le magnésium (fig. 3), le calcium (fig. 4), le phosphore (fig. 5) et pour certains constituants organiques : glycérol (fig. 7), urée (fig. 10), polypeptides (fig. 11), protéines totales (fig. 12), bilirubine totale et bilirubine conjuguée dite directe (fig. 13 et 14).

— en  $\mu\text{Eq/l}$  pour les acides gras non estérifiés (fig. 8 et 9) ;

— en unités/l pour les activités enzymatiques :

créatine kinase : unités internationales (fig. 6) ;

transaminases : SGOT (fig. 15) et SGPT (fig. 16).

Il faut rappeler à ce propos que les unités d'activité enzymatique, même lorsqu'elles sont dites internationales, ne sont définies avec exactitude que dans le cadre de la technique analytique utilisée, ce qui rend très aléatoire la comparaison des résultats chiffrés obtenus avec des techniques différentes.

Les données expérimentales présentées dans les histogrammes tracés en traits pleins sur les figures 1 à 17 ont fait l'objet d'un traitement statistique qui a permis de mentionner sur chaque figure :

— l'intervalle de classe  $i$  ;

— le nombre de données traitées  $N$  ;

— la moyenne de la distribution  $m$  et son écart type  $\sigma$  défini par

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - m)^2}{N - 1}$$

— le coefficient de dispersion  $\frac{\sigma}{m}$

- en tiretés, l'histogramme ajusté de cette distribution expérimentale à une distribution normale calculée avec les mêmes valeurs des paramètres  $N$ ,  $m$  et  $\sigma$  ;
- en trait continu la courbe normale ajustée ;
- la valeur du paramètre  $\chi^2$  de Pearson trouvée dans la comparaison classe à classe des distributions expérimentale et théorique ;
- la valeur critique  $\chi^2_{\alpha}$  de ce même paramètre pour un coefficient de confiance  $P = 0,95$  et un nombre de degrés de liberté égal au nombre de classes comparées moins trois ;
- l'indication S ou NS, suivant que la divergence entre les deux distributions est significative ou non à  $P = 0,95$  ;
- le domaine VN des valeurs que nous considérons comme normales, défini comme suit :

1. lorsqu'il n'existe pas de différence significative entre les deux distributions, le domaine des valeurs normales, valable pour 95 p. 100 des sujets, est l'intervalle  $m \pm 2 \sigma$ .

2. lorsqu'il existe une différence significative, le domaine des valeurs normales est centré sur la classe qui contient la moyenne générale. Il comprend de part et d'autre de cette classe centrale, le plus petit nombre de classes, égal de chaque côté et tel que l'ensemble des sujets inclus représente au moins 95 p. 100 de l'effectif total.

Les limites du domaine coïncident donc dans ce cas avec des limites de classe. Cette façon de procéder, certes approximative, nous est apparue suffisante pour des distributions peu éloignées de la normalité et peu dissymétriques : ce qui a été le cas général.

Pour les polypeptides et à un moindre degré pour la SCOT, dont les distributions sont évidemment beaucoup plus complexes, la méthode précédente est certainement critiquable et nous ne l'avons retenue (voir Discussion) qu'à titre provisoire.

Quatre composants : glucose, acétone, acide lactique et déshydrogénase lactique ont été dosés à plusieurs reprises sur un nombre limité de sujets : les résultats sont présentés plus simplement dans le tableau 1 assortis des moyennes et des écarts types correspondants. L'intervalle des variations normales est défini par les valeurs extrêmes rencontrées.

Les électrophorégrammes ont été exécutés uniquement dans le but de définir avec une certaine précision statistique les positions respectives des différentes fractions désignées dans un travail antérieur (J. LACROTTE, A. MAGAT et A. TAPERNOUX, 1969) et par ordre de mobilité décroissante : albumine, puis globulines,  $\alpha'$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha''$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  et  $\gamma$ .

Nous avons traité dans ce but les électrophorégrammes de 121 chevaux suivant la méthode déjà décrite en détail qui consiste :

1° à définir la mobilité de chaque fraction par la distance (en mm) parcourue par le centre de la tache au cours de l'électrophorèse ;

2° à corriger ces distances pour faciliter les comparaisons entre divers électrophorégrammes, donc divers sérums, en calculant par une simple relation de proportionnalité les longueurs des parcours qu'on aurait observés si tous les déplacements électrophorétiques mesurés au front des albumines avaient été identiques : soit de

TABLEAU I

*Teneurs des sérums de chevaux normaux en glucose, acide lactique et déshydrogénase lactique (L.D.H.)*

Chevaux de selle en période sportive

	Nb de sujets	Valeurs extrêmes	Moyenne	Écart type
Glucose (g/l)	17 fois 5 <sup>(1)</sup> 6 fois 3 <sup>(2)</sup>	0,77-1,40 0,56-0,97	1,00 0,83	0,12
Acétone (mg/l)	48	0-10,5	2,77	3,37
Acide lactique (mg/l)	16 <sup>(3)</sup>	164- 300	239	37,8
L. D. H. UI (ml)	16	210- 530	323	94,9
L. D. H. (unités Wroblewski calculées)	16	434-1 097	668	196,3

<sup>(1)</sup> Prélèvements répétés sur chacun des 5 animaux 17 fois à une semaine d'intervalle le matin au repos.

<sup>(2)</sup> Animaux à jeun depuis 24 à 48 heures, prélèvements répétés 6 fois sur chaque animal.

<sup>(3)</sup> Animaux soumis à un exercice quotidien modéré.

TABLEAU 2

*Valeurs normales du parcours des fractions sériques (121 sérums)  
relativement au parcours du front des albumines*

Fractions	Parcours moyen	Domaines de variation ( $m \pm 2\sigma$ )	Coefficient de dispersion ( $\sigma/m \times 100$ )
Albumine <sup>(1)</sup>	95	92,8 à 97,2	1,1
Globuline $\alpha'$	83	76,6 à 89,4	3,9
— $\alpha_1$	70	59,4 à 80,6	7,6
— $\alpha_1'$	61	49,0 à 73,0	9,4
— $\alpha_2$	55	43,4 à 66,6	10,6
— $\beta_1$	43	33,2 à 52,8	11,4
— $\beta_2$	28	20,1 à 35,9	13,6
— $\gamma$	8,7	6,4 à 11	12,9

<sup>(1)</sup> distance parcourue par le centre de la tache ; celle du front de cette tache étant égale à 100 par hypothèse.

100 mm en l'occurrence (alors qu'ils étaient tous dans nos essais très proches de la valeur moyenne 40,8 mm).

La figure 17 représente sous forme d'histogramme multiple la distribution des parcours des albumines, des globulines  $\alpha'$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_1'$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  et  $\gamma$  calculés pour un dépla-

cement de 100 mm du front des albumines ; les parcours moyens sont indiqués pour chaque fraction.

Le test du  $\chi^2$  de Pearson pour la normalité des distributions n'ayant pas révélé de différence significative au coefficient de confiance  $P = 0,95$ , il a été possible d'en déduire les données du tableau 2.

#### IV. — DISCUSSION

##### 1. *Forme générale des distributions*

Sur les 15 distributions statistiques étudiées, 3 relatives respectivement au calcium (fig. 3), à la SGPT (fig. 16) et à la bilirubine totale (fig. 13) ne s'écartent pas significativement de la normalité, pour un coefficient de confiance  $P = 0,95$ . Pour le potassium (fig. 2), le magnésium (fig. 4) et la C P K (fig. 6) les divergences sont à peine significatives selon le même critère.

Pour le sodium (fig. 1), le phosphore (fig. 5), le glycérol (fig. 7), les acides gras non estérifiés mesurés par la méthode de DUNCOMBE (fig. 9), l'urée (fig. 10), les protéines totales (fig. 12), la bilirubine conjuguée (fig. 14), les divergences sont nettement significatives. Cependant, un examen global des figures, et l'analyse des termes de l'ajustement montrent que le dépassement du  $\chi^2$  critique est dû à un nombre minime d'observations : 2 pour le sodium (sur 156), 2 pour le phosphore (sur 183), 4 pour les acides gras non estérifiés mesurés par la méthode de DUNCOMBE (sur 176), 3 pour l'urée (sur 190), 2 pour le glycérol (sur 182), 1 pour la bilirubine conjuguée (sur 195), 5 pour les protéines totales (sur 175).

Toutes ces valeurs aberrantes sont affectées d'écart-réduits supérieurs à  $2,6 \sigma$  et même souvent  $3 \sigma$  et les distributions peuvent être considérées cependant comme normales dans l'intervalle  $m \pm 2 \sigma$ .

Pour les polypeptides, il est évident que l'asymétrie de la distribution traduite par l'existence d'une dispersion plus grande du côté des valeurs supérieures à la moyenne, doit être prise en considération, alors que nous l'avons négligée dans les cas précédents en raison de sa faible importance. Dans l'impossibilité de présenter actuellement une interprétation correcte de ce fait, il nous est apparu prudent de proposer un intervalle de variation des valeurs normales calculé provisoirement comme pour les constituants dont la distribution est normale dans le domaine  $m \pm 2 \sigma$ , tout en reconnaissant que la limite supérieure : 100 mg/l est probablement beaucoup trop élevée et qu'elle doit se situer plutôt entre  $m + 2 \sigma$  et 100, donc entre 85,9 et 100. Cependant, la moyenne que nous avons obtenue (35,20) est du même ordre de grandeur que la valeur moyenne considérée comme normale par LIÉGEOIS : 30 mg/l (1955) et DARRASPEN et FLORIO : 14 mg/l (1939).

Pour la SGOT, la distribution reste grossièrement symétrique et la valeur élevée du  $\chi^2$  n'est pas seulement imputable à quelques classes marginales du côté des valeurs élevées. On peut se demander si la population observée ne présentait pas une certaine hétérogénéité multiple découlant par exemple de 4 sous-populations correspondant à chacune des 4 classes 200-220, 240-260, 300-320, 400-420 dont les fréquences sont



très élevées, et qui ne coïncident d'ailleurs pas avec les 4 effectifs d'origine de ces chevaux. Le domaine proposé des valeurs normales a été défini provisoirement avec une assez grande marge d'incertitude.

## 2. Comparaison avec d'autres auteurs

Le tableau 3 présente une comparaison de nos résultats avec ceux qui ont été publiés antérieurement et qui ont fait l'objet d'une étude statistique, notamment dans le travail de KOHL (1950) et de TASKER (1966) sous forme de données originales, et dans l'ouvrage de CORNELIUS et KANEKO (1963) où l'on pourra retrouver les références initiales. Les études isolées portant sur un petit nombre de sujets n'ont pu être retenues comme n'ayant pas une valeur statistique suffisante.

On remarquera qu'il existe un accord très satisfaisant pour le sodium, le potassium (moins de 5 p. 100 de différence des moyennes), satisfaisant pour le calcium et les protéines totales (5 à 10 p. 100) et médiocre pour le magnésium et le phosphore, la LDH, le glucose et l'urée mesurée au xanthidrol (10 à 20 p. 100). Pour les deux formes de bilirubine nos valeurs moyennes sont placées très sensiblement au centre de l'éventail des diverses moyennes trouvées dans la littérature.

Pour l'acide lactique, nos valeurs moyennes sont de 60 p. 100 supérieures à celles de FORENBACHER (1955), environ 4 fois plus grandes que celles de CROMBE (1968), et 2 à 3 fois plus grandes que celles de CARLSSON, FORBERG et PERSSON (1965). Cette divergence est peut-être imputable pour une part aux techniques légèrement différentes mais sans doute aussi aux conditions d'entretien des sujets étudiés.

Pour les deux transaminases, les comparaisons avec les résultats obtenus par d'autres auteurs sont très complexes en raison de la multiplicité des techniques suivies. Une analyse comparative détaillée de nos données a été publiée par FELIZOT (1969). Il semble suffisant de préciser ici que nos valeurs de SGPT de moyenne 7,92 s'inscrivent assez bien dans le domaine des moyennes de 6 auteurs, qui vont de 4 à 8,85, pour ne tenir compte que des résultats obtenus par la même technique et exprimés avec les mêmes unités. Parmi nos valeurs de SGOT de moyenne 288, 21 paraissent plutôt élevées bien que les moyennes publiées par les mêmes chercheurs varient de 59 à 295. Cette dispersion n'est pas cependant très étonnante si l'on tient compte des observations faites par CORNELIUS, BURNHAM et HILL (1963) d'une part et CARDINET, FOWLER et TYLER (1963) d'autre part, selon lesquels le taux de SGOT peut augmenter considérablement, de 2 à 3 fois, suivant l'importance de l'exercice physique imposé aux animaux.

La C. P. K. a déjà été étudiée largement par GERBER (1964 et 1966) qui affecte au domaine des valeurs normales les limites 0 et 2,8 UI, la moyenne étant 1 UI et l'écart type 0,9. Ces chiffres ne peuvent malheureusement pas être comparés valablement avec ceux que nous avons obtenus par une technique tout à fait différente. On peut remarquer cependant que le coefficient de variation trouvé par cet auteur : 0,9 est encore plus élevé que le nôtre : 0,45.

Pour le glycérol, les polypeptides, les acides gras non estérifiés, l'absence de données statistiques dans la littérature n'a pas permis de faire figurer des comparaisons dans le tableau 3. Cependant les quelques valeurs données par CARLSSON, FRÖBERG et PERSSON (1965) pour le glycérol, comprises entre 0,1 (chevaux au repos) et 0,2 mM/l (chevaux soumis à un exercice très modéré) s'inscrivent bien dans notre

TABLEAU 3  
 Comparaison de nos résultats avec ceux d'autres auteurs

Constituant par litre de sérum ou plasma	Nos observations			Autres auteurs				
	N	m	σ	N	m	σ	V. E.	Réf.
Sodium (g et mEq)	156	3,78	0,34	101	139	3,5	131,5-145,6	Tasker Kohl Cornelius
		151,30	14,78	10	3,43 149			
Potassium (mg et mEq)	179	133,44	29,60	111	128	0,57	107-136	Kohl Cornelius Tasker
		3,33	0,74		3,3 3,51			
Calcium (mg)	181	114,29	10,89	10	123	38	112-134	Kohl Cornelius Craige
		152	4,75	30 107	124 121			
Magnésium (mg)	183	19,67	4,75	10	24	5	125-268	Cornelius Craige
		16	33,99	107	19,3			
Phosphore (mg)	183	33,99	7,72	10	37,7	6,1	27,3-57,9	Kohl Craige
		5	4,00	38	39,3			
Glucose (g)	5 x 17 (1)	1,00	0,12	15	0,78	0,10	0,90-1,50	Zelmicek Kohl
		16	239	40	1,12			
Ac. lactique (mg)	16	239	37,8	50	142	114-205	Forenbacher Crombe	
		16	323 UI 668 UW	46	54			
L. D. H U/ml et UW (2)	16	323 UI 668 UW	94,9 196,3	46	390 UI 572 UW	14,8	291-476 410-900	Gerber Michel
		16	323 UI 668 UW	46	390 UI 572 UW			

TABLEAU 3 (suite)

Constituant par litre de sérum ou plasma	Nos observations			Autres auteurs				
	N	m	$\sigma$	N	m	$\sigma$	V.E	Ref.
Urée (mg)	190	304	75	112 11	529 (3) 334 (4)		214-514 459-593 252-472	Tasker Kohl Kohl
Protéines totales (g)	175	89,35	14,36	20 30 112	80,05 71 64	20,82 6,5	66-96 53-75	Kohl Cornelius Tasker
Bilirubine totale (mg)	194	16,74	6,64		9,9 (5) à 27		2-20,7	Cornelius
Bilirubine (conjuguée mg)	195	5,91	2,33		1 (6) à 8,7		0,2-7,2	Cornelius

Légende : N = nombre de données.

m = moyenne.

V. E. = valeurs extrêmes.

 $\sigma$  = écart-type.

Ref. = référence bibliographique.

(1) = 5 animaux et 17 prélèvements par animal.

(2) UI = unités internationales, uW : unités Wroblewski.

(3) = méthode à l'hypobromite.

(4) = méthode au xanthidrol.

(5) = deux auteurs différents.

(6) = cinq auteurs différents.

intervalle des valeurs normales. Avec les acides gras non estérifiés, les chiffres des mêmes auteurs, 100 à 400  $\mu\text{Eq/l}$ , sont en parfaite concordance avec les nôtres. Mais, en moyenne, ils sont inférieurs de moitié environ (810  $\mu\text{Eq/l}$ ) à ceux qu'a obtenus VON H. WEIK (1969) sur 10 chevaux.

### 3. *Électrophorèse*

Les données condensées dans la figure 17 et le tableau 2 à partir de l'étude de 121 sérums tendent à préciser la nature de l'électrophorégramme type du sérum de cheval — dans nos conditions expérimentales — par la définition du nombre des fractions ainsi que leurs positions relatives. Elles confirment presque entièrement les premiers résultats obtenus par LACROTE, TAPERNOUX et MAGAT (1969).

Nous devons cependant constater une progression moindre des globulines  $\beta_2$  et  $\gamma$  qui, pour un déplacement de 100 au niveau du front des albumines, ont des parcours respectifs de 28 et 8,7 au lieu de 36 et 20. Ce fait est expliqué par la nouvelle tension électrique appliquée (200 V) et la nature légèrement différente des supports (voir au § Techniques) dans les deux séries d'expériences.

Les différences sont négligeables pour les 6 fractions les plus mobiles.

Il faut ajouter que l'on a constaté dans certains cas un dédoublement des fractions  $\beta_1$  ou  $\beta_2$ , qui n'a pas été pris en considération jusqu'ici dans notre travail et qui mérite cependant d'être signalé. En effet parmi les 121 sérums étudiés le dédoublement s'observe :

- 25 fois pour les globulines  $\beta_1$  et  $\beta_2$
- 56 fois pour les globulines  $\beta_1$  exclusivement
- 7 fois pour les globulines  $\beta_2$  exclusivement

L'étude analytique de ces phénomènes apparaît actuellement très complexe.

### CONCLUSIONS

Ce travail tend à établir un cadre et une base de départ pour des études sur la pathologie musculaire et hépatique du cheval de sport ou de course : la connaissance, précise sans doute, mais surtout utilisable d'un point de vue statistique pour séparer les sujets normaux et anormaux à l'égard de tel ou tel composant sanguin nous apparaît comme une première étape indispensable aux développements cliniques. La méthode même qui a été retenue pour fixer les limites des variations normales ne constitue qu'une première approximation, et les normes proposées peuvent avoir un caractère provisoire. Il serait souhaitable que des travaux ultérieurs, plus détaillés, puissent expliquer certaines anomalies ou divergences constatées dans nos résultats.

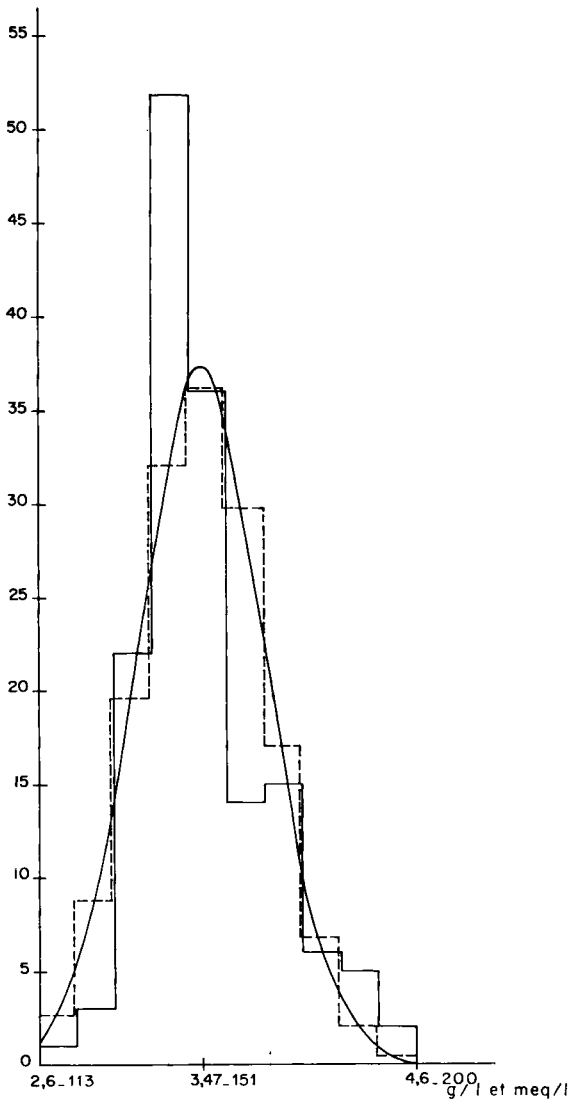


FIG. 1. — Sodium

$i = 0,2 \text{ g} ; 8,69 \text{ mEq.}$        $N = 156$        $m = 3,48 \text{ g, } 151, 30 \text{ mEq.}$        $\sigma = 0,34 ; 14,78$        $\frac{m}{\sigma} = 0,10$   
 $\chi^2 = 37,04$        $\chi_c^2 = 14,07$        $S$        $VN = 2,8-4,2 \text{ g} ; 121-182 \text{ mEq.}$

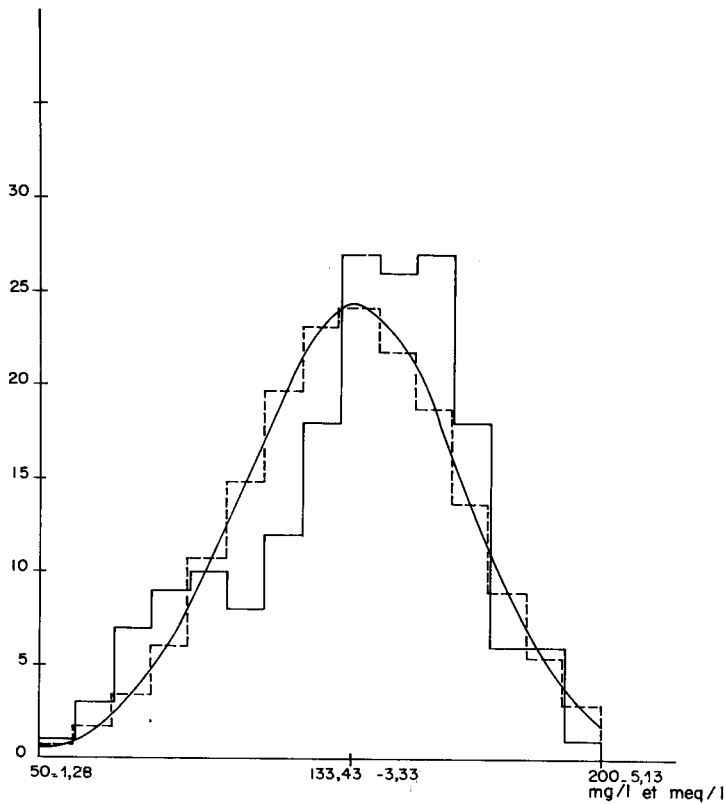


FIG. 2. — Potassium

$i = 10 \text{ mg ; } 0,25 \text{ mEq.}$      $N = 179$      $m = 133,44 ; 3,33$      $\sigma = 29,60 ; 0,74$      $\frac{\sigma}{m} = 0,22$      $\chi^2 = 21,97$   
 $\chi^2 = 21,03$     S    VN = 74,24-192,64 mg ; 1,83-4,82 mEq.

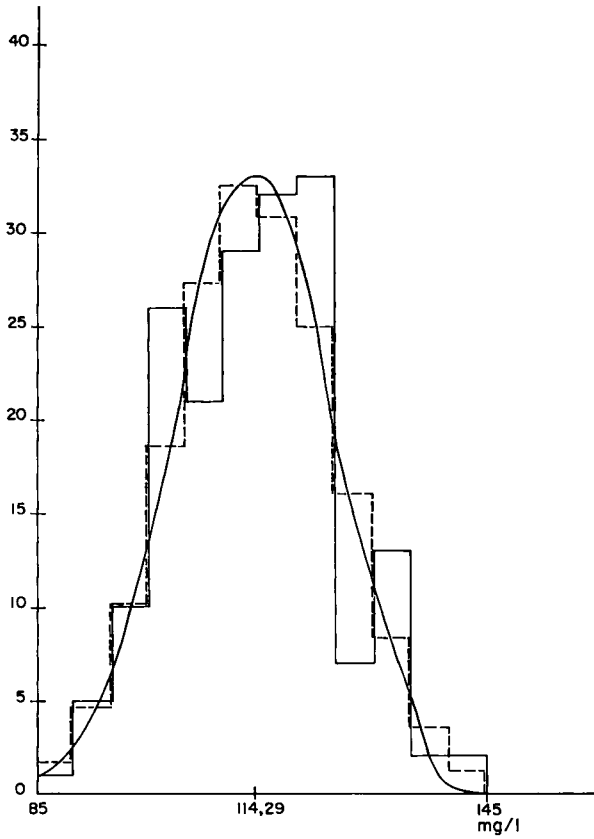
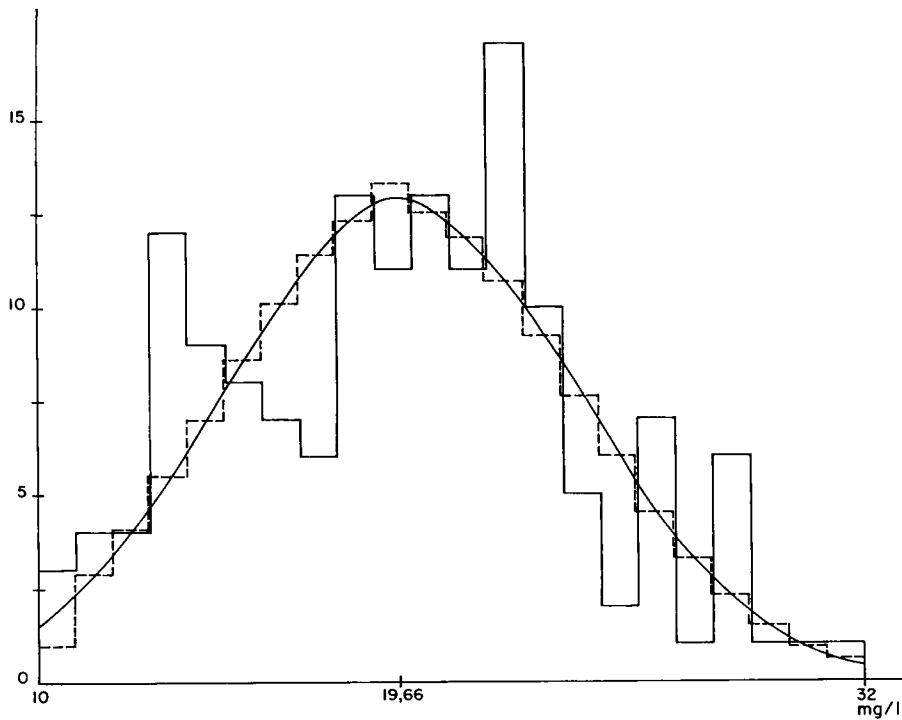


FIG. 3. — Calcium

$i = 5$      $N = 181$      $m = 114,29$      $\sigma = 10,89$      $\frac{\sigma}{m} = 0,10$      $\chi^2 = 16,56$      $\chi_c^2 = 16,92$     NS  
 $VN = 92,51-136,07.$



V-G. 4. — Magnésium

$i = 1$      $N = 152$      $m = 19,67$      $\sigma = 4,75$      $\frac{\sigma}{m} = 0,24$      $\chi^2 = 30,29$      $\chi^2_0 = 30,14$     S  
 VN = 10, 17-29, 17.



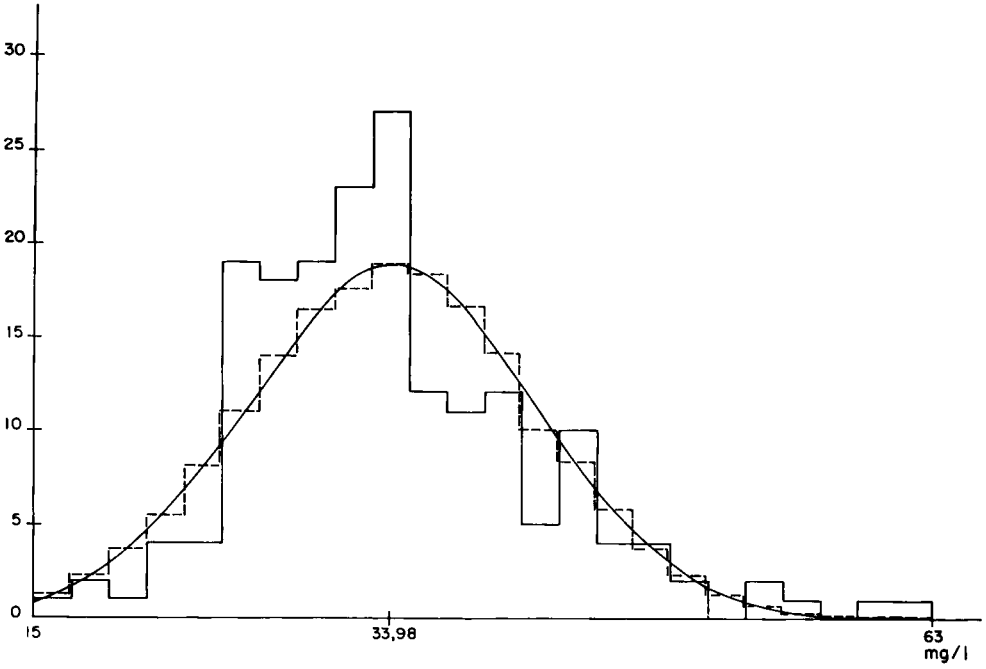


FIG. 5. — *Phosphore*

$i = 2$      $N = 183$      $m = 33,99$      $\sigma = 7,72$      $\frac{\sigma}{m} = 0,23$      $\chi^2 = 67,66$      $\chi_c^2 = 31,41$     S  
 VN = 27-45.

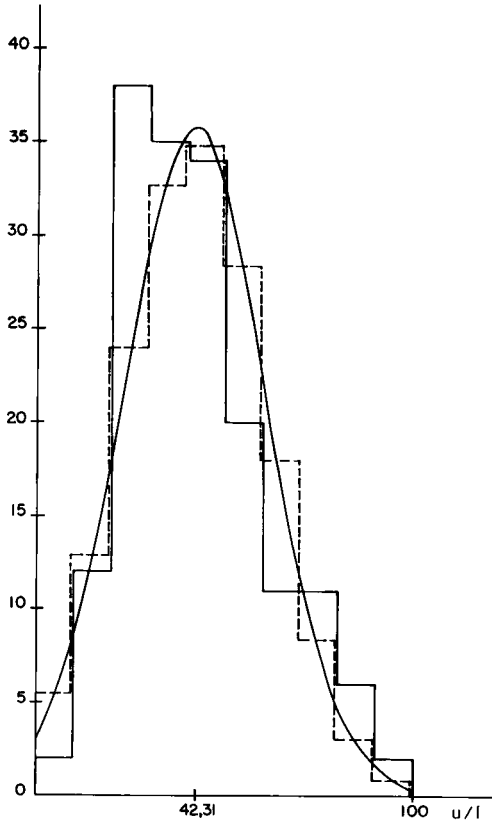
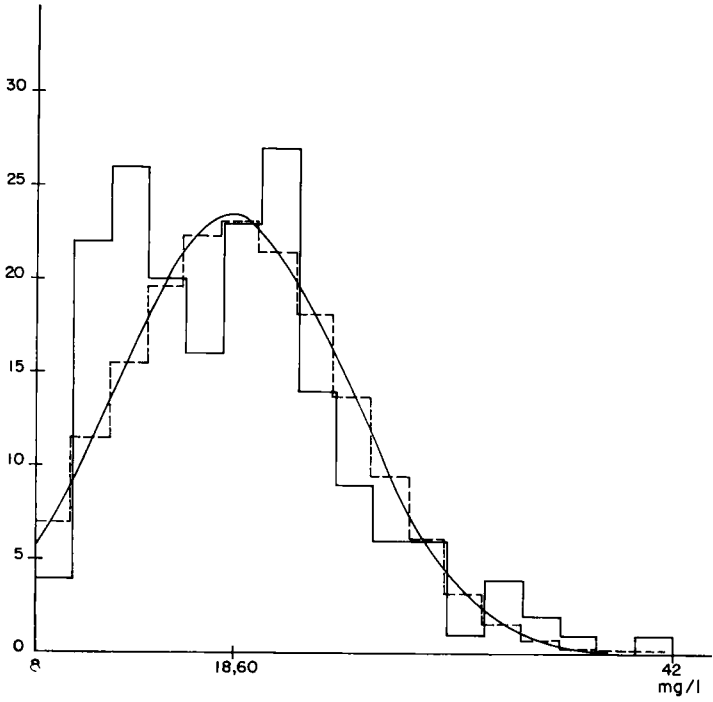


FIG. 6. — C.P.K.

$i = 10$      $N = 171$      $m = 42,31$      $\sigma = 19,15$      $\frac{\sigma}{m} = 0,45$      $\chi^2 = 20,91$      $\chi^2_c = 14,07$     S  
 VN = 10-80.

FIG. 7. — *Glycérol*

$i = 2$      $N = 182$      $m = 18,60$      $\sigma = 6,21$      $\frac{\sigma}{m} = 0,33$      $\chi^2 = 50,80$      $\chi_c^2 = 23,69$     S  
 VN = 8-30.

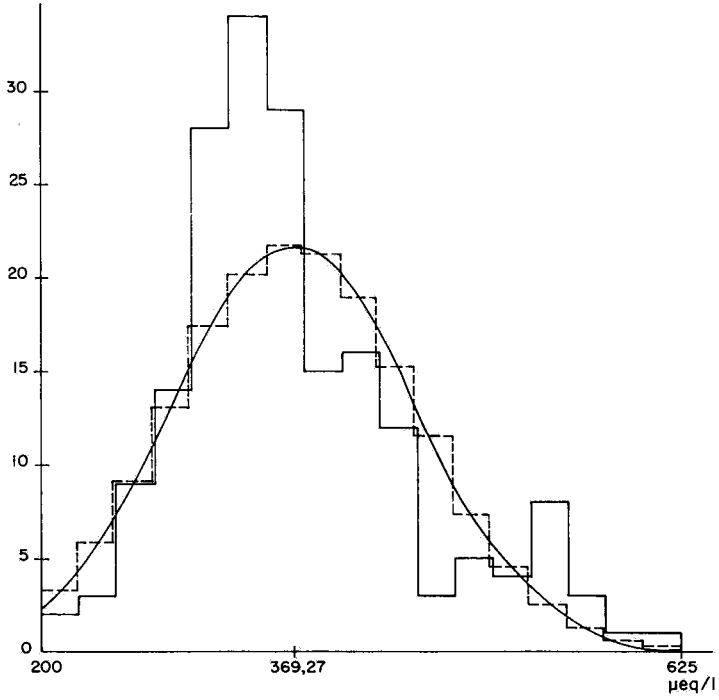


FIG. 8. — *Acides gras non estérifiés* (DOLE)

$i = 25$     $N = 177$     $m = 369,27$     $\sigma = 80,37$     $\frac{\sigma}{m} = 0,22$     $\chi^2 = 46,84$     $\chi^2 = 23,69$    S  
 VN = 180-550.

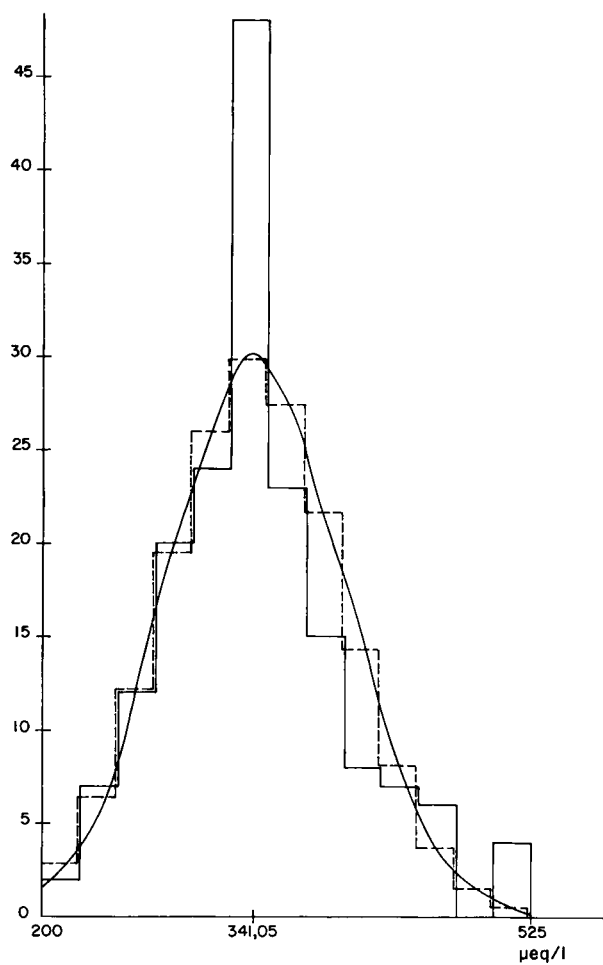


FIG. 9. — *Acides gras non estérifiés* (DUNCOMBE)

$i = 25$     $N = 176$     $m = 341,05$     $\sigma = 59,27$     $\frac{\sigma}{m} = 0,17$     $\chi^2 = 46,19$     $\chi_c^2 = 18,31$    S  
 VN = 200-475.

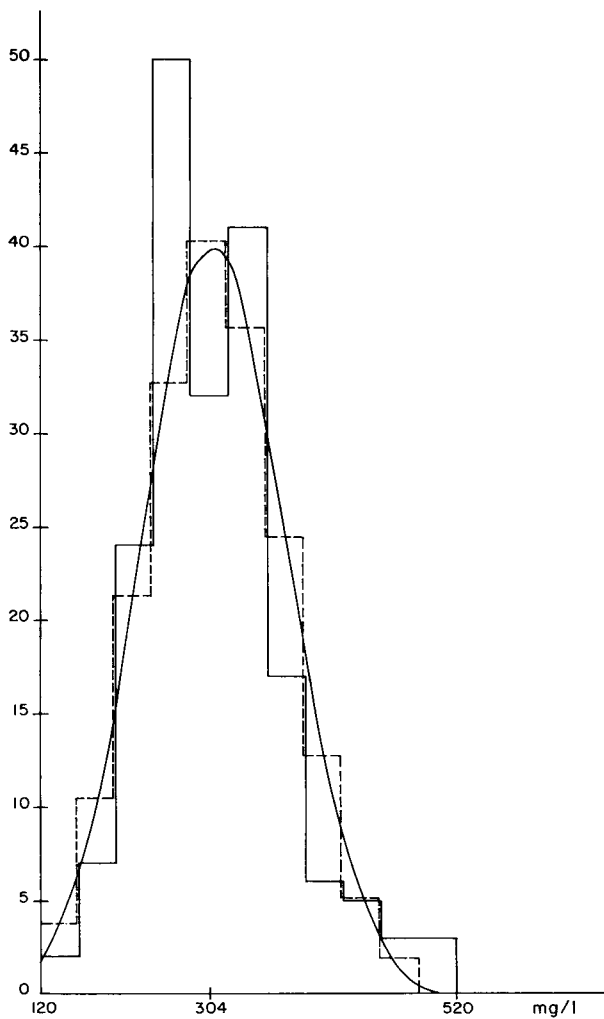
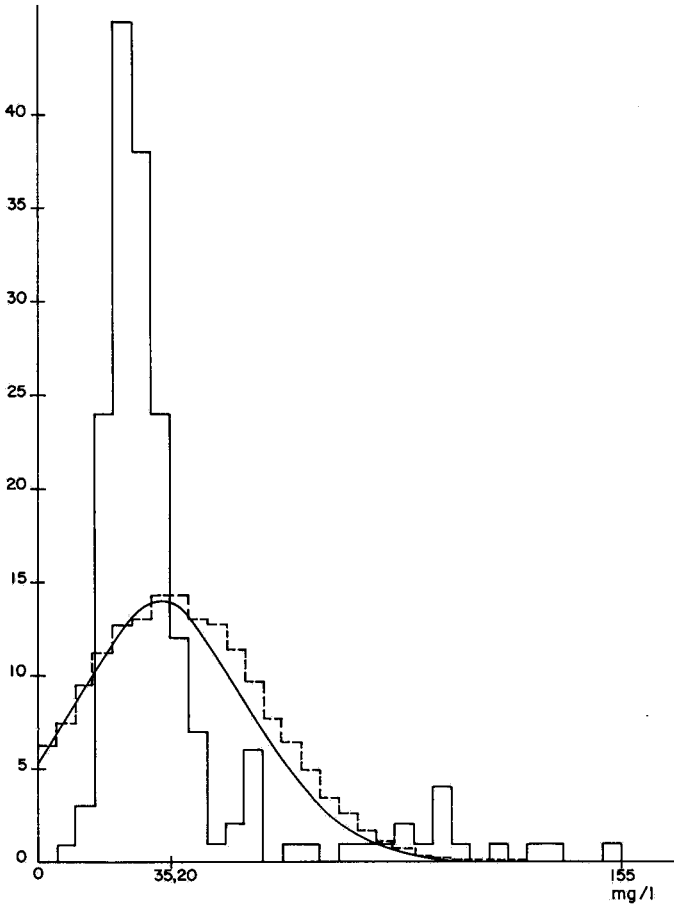


FIG. 10. — Urée

$i = 40$      $N = 190$      $m = 304$      $\sigma = 75$      $\frac{\sigma}{m} = 0,25$      $\chi^2 = 194,45$      $\chi^2_c = 15,50$     S  
 VN = 120-480.

FIG. 11. — *Polypeptides*

$i = 5$     $N = 180$     $m = 35,20$     $\sigma = 25,33$     $\frac{\sigma}{m} = 0,72$     $\chi^2 = 300$     $\chi^2_0 = 41,34$    S  
 VN = 5-100.

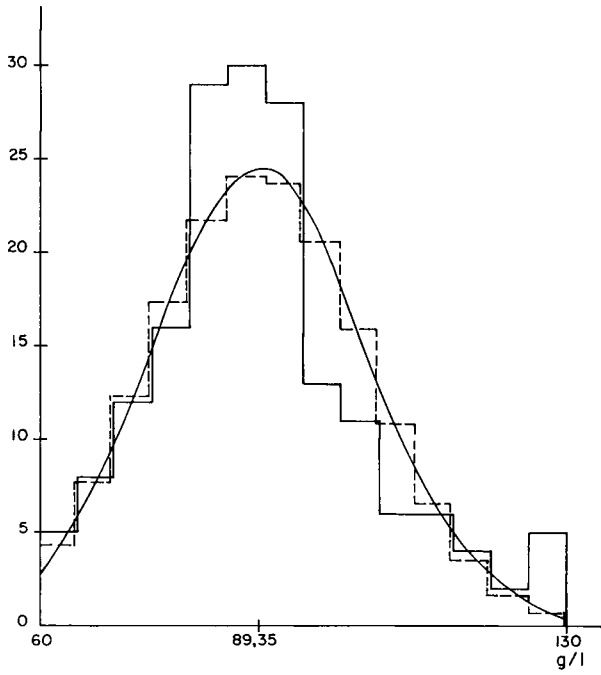


FIG. 12. — *Protéines totales*

$i = 5$     $N = 175$     $m = 89,35$     $\sigma = 14,26$     $\frac{\sigma}{m} = 0,16$     $\chi^2 = 37,17$     $\chi^2_c = 19,68$    S  
 VN = 60-115.

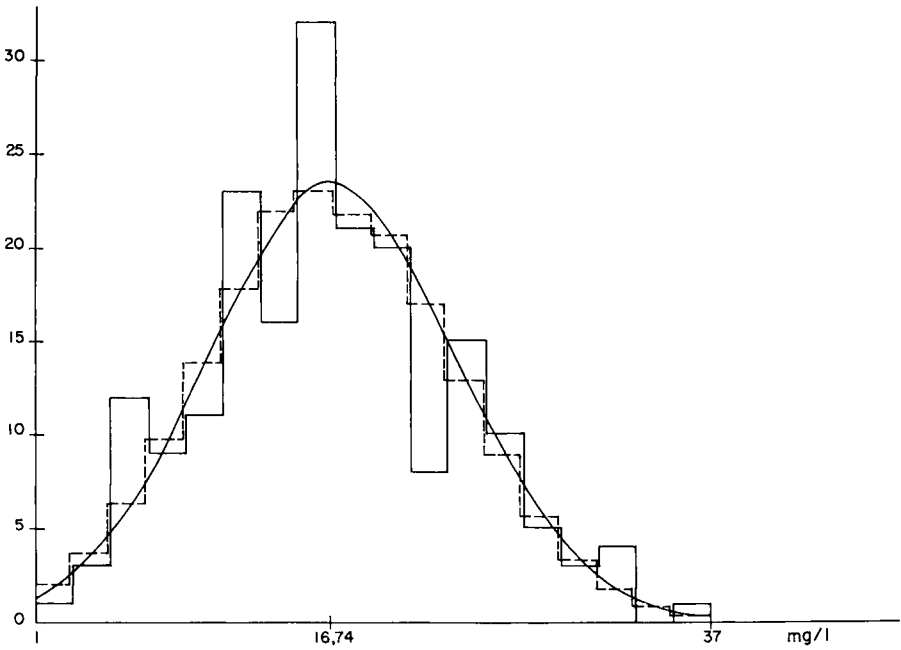
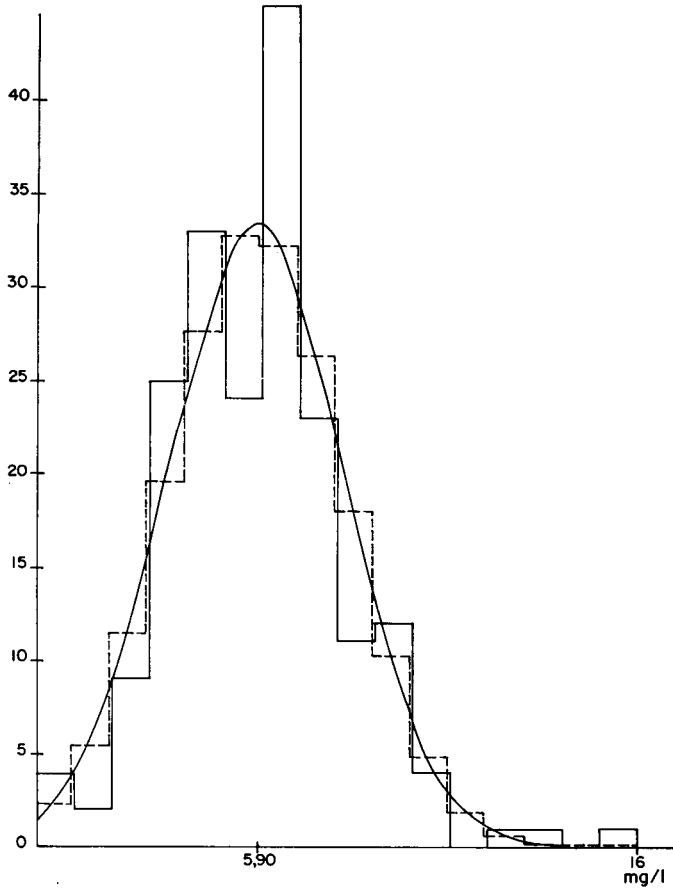


FIG. 13. — *Bilirubine totale*

$i = 2$     $N = 194$     $m = 16,74$     $\sigma = 6,64$     $\frac{\sigma}{m} = 0,40$     $\chi^2 = 23,48$     $\chi^2_c = 25,00$    NS  
 VN = 3,46-30,02.



FIG. 14. — *Bilirubine conjuguée*

$i = 1$     $N = 195$     $m = 5,91$     $\sigma = 2,33$     $\frac{\sigma}{m} = 0,39$     $\chi^2 = 88,25$     $\chi^2 = 22,36$    S  
 VN = 1-10.

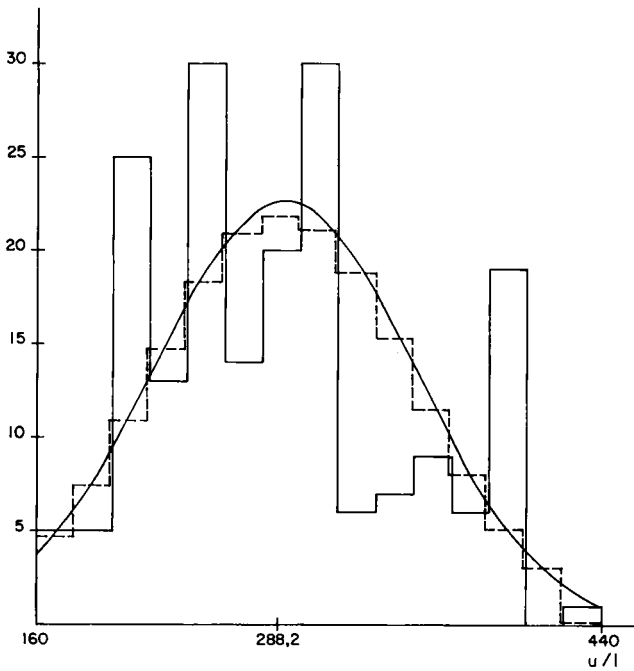


FIG. 15. — S.G.O.T.

$i = 20$      $N = 190$      $m = 288,21$      $\sigma = 66,87$      $\frac{\sigma}{m} = 0,23$      $\chi^2 = 88,42$      $\chi_c^2 = 21,03$     S  
 VN = 160-420.

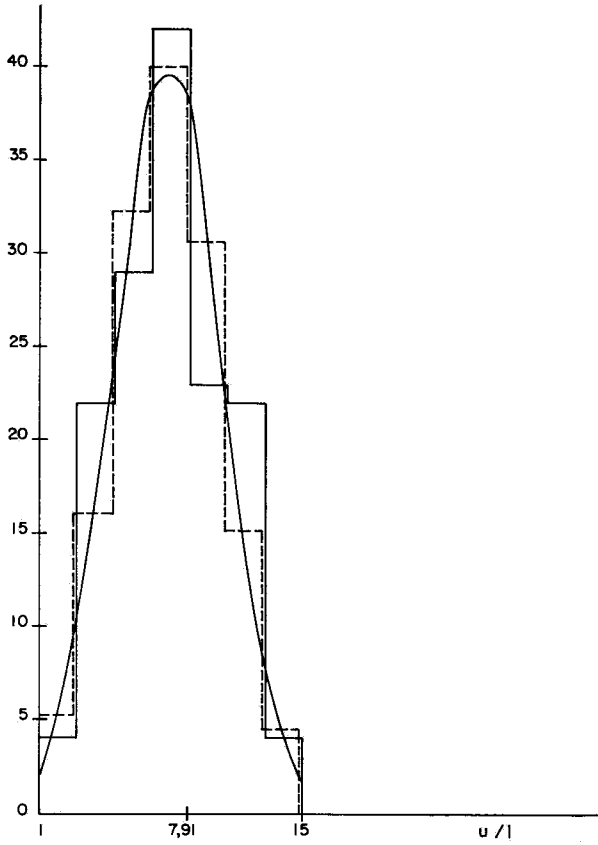


FIG. 16. — S.G.P.T.

$i = 2$      $N = 146$      $m = 7,92$      $\sigma = 2,88$      $\frac{\sigma}{m} = 0,36$      $\chi^2 = 7,89$      $\chi^2_c = 9,49$     NS  
 $VN = 2,16-13,68.$

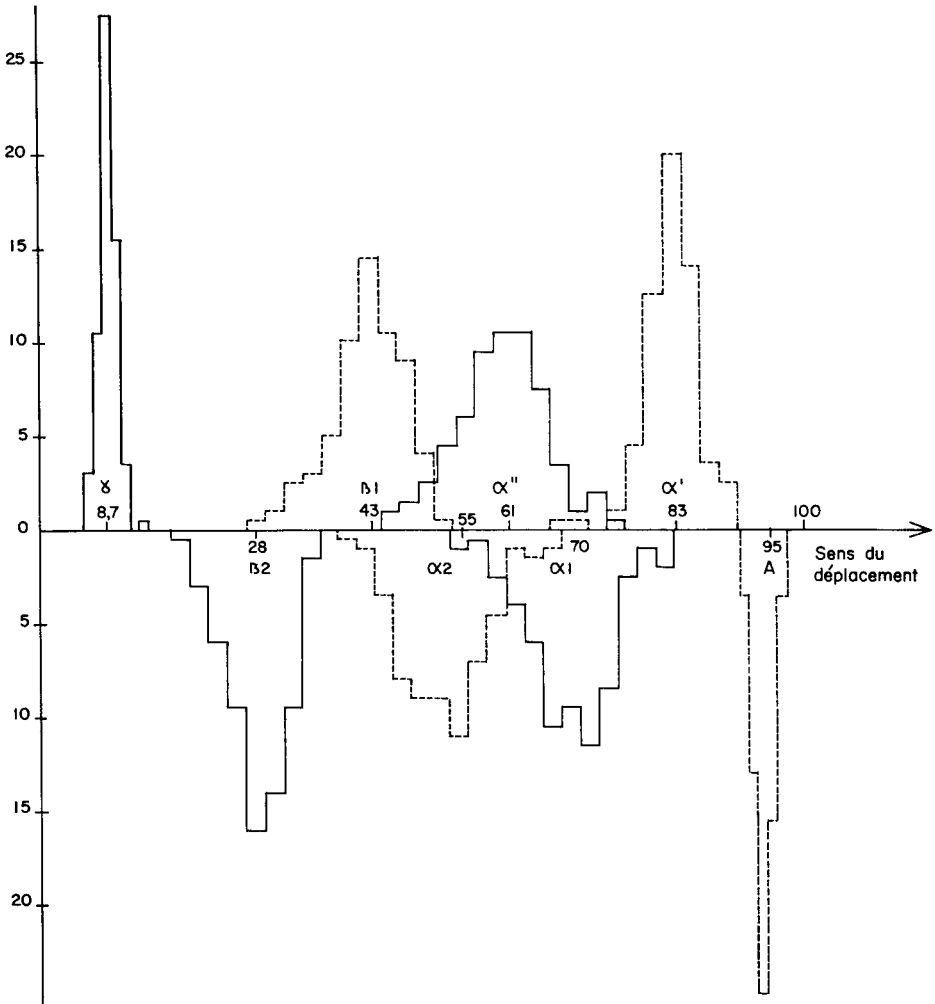


FIG. 17. — Histogrammes montrant les distributions des parcours électrophorétiques des différentes fractions protéiques, calculés en pourcentages du parcours du front de l'albumine

N. B. Pour plus de clarté les histogrammes ont été représentés alternativement au-dessus et au-dessous de l'axe représentant la migration électrophorétique.

## SUMMARY

EVALUATION OF CERTAIN CONSTITUANTS OF BLOOD  
IN CLINICALLY NORMAL HORSES

The authors measured 19 biological constituents or enzyme activities in the plasma or serum of 194 apparently healthy riding horses. They used standard method of the clinical laboratory.

In the great majority of the cases, it was established that the values obtained followed a Gaussian distribution. From this, it seemed legitimate to suggest a distribution having for its center the mean found and for its limits the two symmetrical values of the variable chosen in such a fashion that the distribution represents 95 p. 100 of the subjects studied, considered as sample of a given population.

However, in the cases of glucose, acetone, lactic acid, and lactic dehydrogenase, where only a small number of analyses were possible (8-16 different subjects), the extreme values were used as the limits of this range.

These ranges, for a liter of plasma, are :

Sodium .....	2.8	to	4.2	g or	121	to	18	mEq
Potassium .....	74	to	192	mg or	1,8	to	4,8	mEq
Calcium .....	93	to	136	mg				
Magnesium .....	10	to	29	mg				
Phosphorus .....	27	to	45	mg				
Glucose .....	0,56	to	1,40	g				

and for a liter of serum (except where otherwise indicated) :

acetone .....	0	to	10,5	mg				
lactic acid .....	164	to	300	mg				
lactic dehydrogenase .....	210	to	530	i. u. per ml				
glycerol .....	8	to	30	mg				
urea .....	160	to	460	mg				
non sterified fatty acids .....	180	to	550	$\mu$ Eq (DOLE method),	200	to	475	$\mu$ eq
total bilirubin! .....	3,5	to	30	mg				(DUNCOMBE method)
conjugated bilirubin .....	1	to	10	mg				
creatine kinase .....	10	to	80	international units				
oxalacetic transaminase .....	160	to	420	RIETMAN-FRANKEL units				
pyruvic transaminase .....	2,2	to	14	RIETMAN-FRANKEL units				

Electrophoresis of 121 sera was carried out on cellulose acetate strips at pH 8.2 and at 200 volts. This showed 6 protein fractions for which the mobilities, calculated as a percentage of the albumin front, fell in the following ranges :

Albumin	93	to	97
Globulin $\alpha'$	77	to	89
$\alpha_1$	59	to	81
$\alpha''$	49	to	73
$\alpha_2$	43	to	67
$\beta_1$	33	to	53
$\beta_2$	20	to	36
$\gamma$	6	to	11

The  $\beta_1$  globulins were doubled in 67 per 100 of the cases, the  $\beta_2$ -globulins in 6 p. 100, and the  $\beta_1$  and  $\beta_2$  doubled together in 22 p. 100.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRIGGS A. P., 1924. *J. Biol. Chem.*, **59**, 255. In LECOQ (*loc. cit.*).  
 CABAUD P. G., WROBLEWSKI F., 1958. *Amer. J. Chim. Pathol.*, **30**, 234. 1967, in Lactic Dehydrogenase (LDH), technique Dade, Miami (USA), CH 6-DA (rev. 7-67).

- CARLSON L. A., FROBERG S., PERSSON S., 1965. Concentration and Turnover of the Free Fatty Acids of Plasma and Concentration of Blood Glucose during exercise in Horses. *Acta Physiol. Scand.*, **63**, 434-41.
- CORNELIUS C. E., KANEKO J. J., 1963. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Academic Press édit, New York and London.
- CRAIGIE A. H., GADD J. D., 1941. The Determination and Clinical correlation of variations in calcium, inorganic phosphorus and serum proteins of horse blood. *Amer. J. veter. Res.*, **2**, 227-56.
- CROMBE C., 1968. Quelques remarques sur le comportement de chevaux de concours hippiques lors de la III<sup>e</sup> Semaine préolympique Mexico, altitude 2 300. *Rev. Corps Veter. Biol. Armées*, **21**, 47-51.
- DARRASPEN E., FLORIO R., 1939. Contribution à l'études des ictères chez le Cheval et le Chien. *Rev. Med. Veter.*, **3**, 425-61.
- DOLE V. P., MEINERTZ H., 1960. Microdetermination of Long-Chain Fatty Acids in Plasma and Tissues. *J. Biol. Chem.*, **235** (9), 2595-99.
- DUNCOMBE W. G., 1964. The Colorimetric micro-determination of nonesterified Fatty Acids in Plasma. *Clin. Chem. Acta* (Pays-bas), **9** (2), 122-25.
- FAURE M., In LOISELEUR, 1963. *Techniques de Laboratoire*, tome I, 1247-1308, Masson édit. Paris.
- FÉLIZOT C., 1969. *Les transaminases sériques chez le cheval*. Thèse Doctorat vétérinaire, Lyon.
- FORENBACHER S., 1955. Istrazivanja o Paralitenoj mioglobinemiji Konja. *Veter. Archiv. Zagreb*, **25**, 275-84.
- GERBER H., 1964. Aktivitätsbestimmungen von Serumenzymen in der Veterinärmedizin. *Schweiz Archiv. Tierh.*, **106**, 478-91.
- GERBER H., 1966. *Id. ibid.*, **108**, 33-46.
- KOHL P., 1950. *Composition chimique du sang des mammifères domestiques et de laboratoire*. Thèse doctorat Pharmacie, Paris.
- LACROTTE J., TAPERNOUX A., MAGAT A., 1969. Essai d'identification comparative avec l'Homme des fractions protéiques obtenues par électrophorèse de sérums de bœuf et de cheval. *Bull. Soc. Sci. veter. Med. Comp.*, **71**, 163-75.
- LECOCQ R., 1967. *Manuel d'analyses médicales et de biologie chimique*. 2<sup>e</sup> édit., Doin édit., Paris.
- LIEGEOIS F., 1955. *Traité de Pathologie Médicale des animaux domestiques*. J. Duculot, édit., Gembloux (Belgique).
- MAGAT A., BACQUES F., 1968. La créatinekinase : son intérêt en pathologie vétérinaire. *Cahiers Med. Veter.*, **37**, 82-88.
- MICHEL C., CROMBE C., GODARD J.-L., PERY P., METTE D., 1969. Contribution à l'étude des constantes biologiques en médecine vétérinaire. La lactico-déshydrogénase sérique. *Rech. Med. Veter.*, **145**, 433-53.
- NADEAU G., 1952. The interference of acetone in blood alcohol determinations. A simple method for the determination of blood acetone. *Canad. Med. Assoc. J.*, **67**, 158-9.
- REITMAN S., FRANKEL S., 1957. A colorimetric method for the determination of serum glutamic-oxalacetic and glutamic-pyruvic transaminases. *Amer. J. Clin. Pathol.*, **28**, 56-63.
- ROSALKI S. B., 1967. An improved procedure for serum creatinephosphokinase determination. *J. Lab. Clin. Med.*, **69** (4), 695-705.
- TASKER J. B., 1966. Fluid and electrolyte studies in the horse J. Blood values in 100 Normal Horses. *Cornell Vet.*, **15**, 67-75.
- TROUT D. L., ESTES E. H., FRIEBERG S. J., 1960. Titration of Free Fatty Acids of Plasma : a study of current methods and a new modification. *J. Lipid Res. (U. S. A.)*, **1**, (3) 199-202.
- VON WEIK H., 1969. Ein Vergleich der freien Fettsäuren im Blut plasma des Pferdes mit den Fettsäuren im Depotfett. *Z. Tierphysiol. Tiernähr. Futtermittell.*, **25**, 65-8.
- ZELNICEK E., 1968. Blood levels of glucose and some  $\alpha$ -ketoacids in domestic animals and the fowl. *Comp. Biochem. Physiol.*, (G. B.), **25** (3), 1117-20.