

1521

15ème Journée d'Etude

8 Mars 1989



TRANSFERT DE L'IMMUNITE PASSIVE CHEZ LE POULAIN

Par Catherine GENIN et Françoise CLEMENT
 Institut du Cheval
 Station de Pathologie Porcine
 B.P. 9
 22440 PLOUFRAGAN

RESUME:

Une enquête sur 254 transferts de l'immunité passive montre que le taux de gammaglobulines (γ gl.) dans le sérum du poulain âgé d'1 à 3 jours est de 9.4 ± 6.2 g/l. 22.4 % des poulains sont immunodéficients (taux < 4 g/l) et 49 % d'entre eux (n=51) tombent malades et/ou meurent. Les échecs de transfert sont dus à l'absorption d'un colostrum de mauvaise qualité (taux de γ gl. < 55 g/l) ou à un délai naissance-lère tétée supérieur à 10 heures. Le colostrum bovin ne peut être utilisé à la place du colostrum équin par suite de la destruction rapide des immunoglobulines bovines dans le sérum. Un kit de dosage rapide et semiquantitatif des immunoglobulines G (IgG) sériques est présenté et comparé aux techniques de référence avec succès.

Mots-clés: Immunité, Poulain, Colostrum.

SUMMARY:

A field study about 254 transfers of passive immunity showed that the level of serum gammaglobulins (γ gl.) of the foal between 1 and 3 days old is 9.5 ± 6.2 g/l. 22.4 % of the foals had a low immune status (γ gl. < 4 g/l) and 49 % of them (n=51) contracted a fatal or debilitating disease. Failure of passive transfer was attributable to a poor colostrum (γ gl. < 55 g/l) or a delay birth-first suckling greater than 10 hours. Bovine colostrum was unable to replace equine colostrum because of a rapid destruction of the bovine immunoglobulin (Ig.) in the foal's serum (n=4). A rapid and semiquantitative test for dosage of the serum IgG was evaluated and successfully compared with the reference technics.

Key-words: Immunity, Foal, Colostrum.

1521

INTRODUCTION

Description du phénomène: Le poulain naît dépourvu d'immunoglobulines (Ig.) sériques puisque le placenta est imperméable à ces grosses molécules^(10,22,27). La glande mammaire de la jument concentre activement et sélectivement dans le colostrum les Ig. à partir du sérum^(10,17). Ce phénomène est unique au cours de chaque gestation. Il commence 3 à 5 semaines avant la mise-bas^(25,33), la concentration en Ig. est maximale au moment du poulinage⁽²⁵⁾. En 12 à 24 heures le colostrum sera progressivement remplacé par du lait dépourvu d'Ig.^(10,25)

Le poulain absorbe les Ig. contenues dans le colostrum. Il s'agit d'un mécanisme de pinocytose assuré par des cellules épithéliales spécialisées de l'intestin grêle. Ce mécanisme est éphémère puisqu'il diminue progressivement depuis la naissance jusqu'à 24 heures approximativement^(9,26).

Le taux d'Ig. dans le sérum du poulain atteint des niveaux proches de ceux de l'adulte en 18 heures⁽¹⁰⁾. Il varie selon les auteurs:

- le taux de γ gl. est estimé à 8.1 ± 0.1 g/l à partir de 29 foals âgés de 12 à 96 heures³⁰. 22 poulains de race Quarter-Horse ou Pur Sang ont présenté un taux de γ gl de 18 ± 8 g/l à 24 heures et de 16 ± 6 g/l à 72 heures⁶.

- le taux d'IgG de 46 Pur Sang âgés de 1 à 14 jours est estimé à 13.4 ± 6.5 g/l⁽¹⁸⁾ (seuls les foals possédant un taux > 4 g/l sont pris en compte). 8 poneys ont présenté un taux d'IgG de 8.2 ± 1.1 g/l à 12 heures et de 7.1 ± 0.8 g/l entre 2 et 4 jours⁶.)

Les échecs de transfert: fréquence et conséquences:

Mc Guire et al. (1977) estiment qu'au moins 25 % des poulains sont immunodéficients (taux d'IgG < 4 g/l.).

M. Leblanc, (1984) a montré :

- que 75 % des poulains présentant un taux d'IgG < 2 g/l tombent malades et/ou meurent (échec total du transfert),
- que 50 % des poulains avec un taux compris entre 2 et 4 g/l sont atteints de pathologies infectieuses (échec partiel du transfert),
- que le risque d'infection persiste chez les poulains présentant un taux d'IgG compris entre 4 et 8 g/l,
- que les poulains dont le taux est supérieur à 8 g/l sont correctement immunisés puisque moins de 15 % de ces poulains déclarent une maladie.

Les facteurs responsables d'un échec du transfert de l'immunité sont:

1. Une mauvaise qualité du colostrum, rencontrée chez 20 % des juments⁽²⁾. La lactation prématurée avant la mise-bas⁽⁸⁾ serait la principale cause.
2. L'absence de colostrum lors de mise-bas prématurée ou de poulain orphelin⁽¹⁰⁾.
3. La non-ingestion du colostrum, dans un délai de 18 à 24 heures, en cas de rejet du poulain par la mère⁽¹⁰⁾ d'absence de réflexe de succion⁽⁹⁾ de faiblesse du nouveau-né incapable de se lever pour téter⁹.
4. La non-absorption intestinale, en cas de retard de la lère tétée. De plus, un certain nombre de poulains (3 à 4 %) présenteraient une absorption intestinale inadéquate des Ig. alors qu'ils ont tété un bon colostrum dans un délai normal^(8,20). Le stress au moment ou après la naissance libérerait des glucocorticoides et diminuerait l'absorption intestinale^(9,10).

Diagnostic d'un échec de transfert de l'immunité: il est réalisé par dosage des Ig. dans le sérum du poulain âgé de 18 à 24 heures. Les méthodes de dosage font appel à:

1. des techniques de laboratoire quantitatives, précises mais trop longues à réaliser pour être utilisées en élevage:
 - l'électrophorèse donnant le taux de gammaglobulines^(5,22),

- l'immunodiffusion radiale donnant le taux d'immunoglobulines (17.19)
Ces deux méthodes obtiennent des résultats voisins (r= 0.71 sur 50 comparaisons⁶²)

2. des techniques rapides:

- le test turbidimétrique au Sulfate de Zinc, facile, peu couteux, rapide (1 heure), mais d'une précision insuffisante^{10.16.31})
- l'agglutination au latex, semi-quantitatif et rapide mais non commercialisé en France^{2.35})

Traitement des échecs de transfert: il consiste à:

- créer une banque de colostrum congelé disponible en cas de besoin³⁴)
- faire ingérer du colostrum au poulain trop faible pour téter (biberon) ou dépourvu du réflexe de succion (sonde naso-oesophagienne^{1.3.10.31})
- utiliser des succédanés du colostrum (sérum lyophilisé⁶) ou colostrum interspécifique⁷). Ces techniques ne sont pas encore applicables,
- transfuser du plasma équin au poulain immunodéficient et âgé de plus de 24 heures¹⁴)
- pratiquer une antibiothérapie à large spectre et de durée prolongée⁶⁴).

Cette étude a pour objectif de:

- I. quantifier l'importance de ces échecs de transferts dans l'élevage français et déterminer quelques facteurs de variation,
- II. essayer de remplacer le colostrum équin parfois indisponible par du colostrum bovin commercialisé,
- III. tester un nouveau kit de diagnostic rapide du statut immunitaire du nouveau-né.

I) LES ECHECS DE TRANSFERT: FREQUENCE, CONSEQUENCES ET FACTEURS FAVORISANTS

Matériels et méthodes

Durant la saison 1988 une enquête a été organisée auprès d'éleveurs et de haras privés afin d'étudier le transfert de l'immunité passive chez environ 400 poulains. A chaque mise-bas enquêtée:

- un échantillon de colostrum était prélevé de préférence avant la lère tétée du foal puis congelé jusqu'à l'analyse du prélèvement.
- des prises de sang au poulain et à la jument étaient réalisées entre 1 et 3 jours suivant la naissance. Les sérums correspondants étaient également congelés jusqu'à l'analyse.
- un questionnaire portait sur les caractéristiques individuelles de la jument, les conditions d'élevage, le déroulement du poulinage et l'avenir du poulain jusqu'à l'âge de 3 mois.

Finalement, 254 transferts ont pu être analysés suite à l'élimination des prélèvements mal collectés, préparés ou conservés, de certains poulinages non surveillés ou de mortalités à la naissance.

Ces 254 transferts concernent des juments de race variée (46 % trait, 7 % pur-sang, 13 % trotteur français, 20 % selle français, 11 % anglo-arabe, 2 % arabe et 1 % poney), d'un âge allant de 3 à 23 ans et avec un rang de poulinage allant de 1 à 15.

Le taux de gammaglobulines (γgl.) de chaque échantillon a été défini par 1) dosage des protéines totales par la méthode du Biuret, 2) détermination de la fraction de γgl. par électrophorèse puis 3) calcul du taux de γgl. (taux de protéines x % de γgl.).

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Variabilité du taux d'immunoglobulines chez la jument et son poulain:

Les taux de γgl. dans le sérum de juments, dans le colostrum et dans le sérum des poulains après transfert de l'immunité sont extrêmement variables (figure I).

28 % (n= 247) des colostrums analysés dans notre enquête sont de qualité insuffisante (taux de γ gl. < 55 g/l). Ce seuil de 55 g/l est fixé d'après les travaux de M. Leblanc (1984), qui estime qu'un colostrum déficient possède un poids spécifique inférieur à 1.06 et d'après nos études préliminaires montrant que ces colostrums ont un taux moyen de γ gl. de 55 g/l. Le taux de γ gl. dans le colostrum d'une jument est indépendant du taux sérique de γ gl. (r= 0.01, n= 243). Ceci montre bien la fonction active de la glande mammaire dans le processus de sélection et de concentration des γ gl.

La qualité du transfert est étudiée à partir des échantillons de sérum prélevés sur 247 poulains âgés de 1 à 3 jours :

- 6.5 % ont présenté un échec total (taux de γ gl. < 2 g/l).
- 15.4 % un échec partiel (taux compris entre 2 et 4 g/l).
- 23.1 % sont "à risque" (taux compris entre 4 et 8 g/l).
- 55 % sont bien protégés (taux > 8 g/l).

Le taux de γ gl. dans le sérum du poulain âgé d'un à 3 jours est corrélé au taux colostrale (r= 0.38, n= 241, P < 0.001). En effet, l'absorption intestinale des γ gl. chez le nouveau-né est active mais non sélective.

2. Facteurs de variation

* Le taux de γ gl. dans le sérum d'une jument ne varie pas selon sa race. Il augmente avec l'âge et la parité de la poulinière (tableau 1).

* Le taux de γ gl. dans le colostrum (tableau 2) varie avec la race (taux plus élevé chez les juments lourdes). Contrairement au taux sérique, il diminue avec l'âge et la parité de la jument. Néanmoins, le taux colostrale de la 1ère lactation est inférieur à celui de la seconde. Le même phénomène (augmentation entre la 1ère et 2ème lactation, puis diminution du taux d'Ig.) est observé chez les bovins^(1,15,23) La perte de lait avant la mise-bas est préjudiciable à la qualité immunitaire du colostrum.

* La protection immunitaire du poulain (tableau 3) ne varie pas en fonction de la race, l'âge ou la parité de la jument, contrairement au taux colostrale de γ gl. Celle-ci diminue nettement si le délai naissance-1ère tétée dépasse 10 heures, si la qualité du colostrum ingéré est insuffisante (taux < 55 g/l) et par conséquent si la jument a présenté une lactation prématurée avant la mise-bas.

Parmi les 51 poulains immunodéficients (taux γ gl. < 4 g/l) et pour lesquels l'information est complète:

- 24 (47 %) ont bu un mauvais colostrum (taux γ gl. < 55 g/l),
- 4 (8 %) ont tété après la 10ème heure suivant la naissance,
- 23 (45 %) ont bu un bon colostrum dans un délai normal (mauvaise absorption ?).

3. Conséquences des échecs du transfert

Le devenir du poulain durant les 3 premiers mois de sa vie est conditionné par la qualité du transfert. Ainsi, 25 (49 %) des 57 poulains immunodéficients (taux de γ gl. < 4 g/l) sont tombés malades et 11 d'entre eux (22 %) n'ont pas survécu. En revanche, seulement 11 % (n= 22) des 192 poulains à risque ou bien protégés (taux γ gl. > 4 g/l) sont tombés malades et 8 d'entre eux (4 %) sont morts.

II) LE COLOSTRUM BOVIN PEUT-IL REMPLACER LE COLOSTRUM EQUIN ?

Matériels et méthodes

Le colostrum équin n'est pas commercialisé en France. Un problème d'approvisionnement se pose en cas de lactation prématurée, d'absence de lactation, de poulain orphelin. En revanche, le colostrum bovin est disponible dans certaines coopératives agricoles ou plus facile à obtenir en cas d'urgence.

Afin de tester si les γ gl. de ce dernier :

- sont absorbées correctement par l'intestin d'un poulain nouveau-né,
- apparaissent en quantité suffisante et pendant une durée correcte dans le sérum du poulain,
- confèrent une protection antiinfectieuse de qualité,

4 poulains lourds ont été muselés dès la naissance et pendant 24 heures ont reçu au biberon et *ad libitum* 3.5 à 4 litres d'un colostrum bovin de mélange puis un lait de remplacement. Le taux moyen de γ gl. des échantillons de colostrums bovin est de 24.6 ± 0.7 g/l, ce qui est très inférieur au taux observé dans les sécrétions mammaires de jument. Les juments correspondantes sont maintenues avec leur poulain et traites toutes les demi-heures jusqu'à enlèvement de la muselière.

3 poulains "témoins" ont tété le colostrum maternel possédant un taux de γ gl. moyen de 91.4 ± 4.9 g/l.

Des prélèvements de sang ont été effectués sur ces 7 poulains à la naissance, 12 et 24 heures plus tard, puis une fois par semaine pendant 3 mois. Le sérum collecté à partir de chaque échantillon est congelé jusqu'au dosage de tous les prélèvements.

La méthode de MANCINI d'immunodiffusion radiale en gélose a été choisie car c'est la seule technique capable de différencier les immunoglobulines G (IgG) bovines des IgG équines.

Résultats et discussion

La cinétique des IgG dans le sérum des 4 poulains traités est représentée sur la figure II et comparée à celle des 3 poulains témoins représentée sur la figure III. Le taux maximal d'IgG est atteint vers la 12ème heure dans les deux lots.

Les 4 poulains traités présentent alors un taux d'IgG très inférieur à celui des 3 témoins (11.2 ± 0.5 vs. 34.2 ± 4.2 g/l). S'agit-il d'une quantité d'IgG bovines ingérées insuffisantes (grossièrement évalué à 50 % de moins chez les traités) ou à un défaut d'absorption dû au stress des manipulations.

Le taux d'IgG bovines chute très rapidement dans le sérum. Ce taux atteint 3.8 ± 1.6 g/l au bout de la 1ère semaine, soit 66 % de moins que le taux maximal.

Chez les témoins, le taux d'IgG équines reste élevé vers la 1ère semaine (25.7 ± 0.6 g/l) soit 25 % de moins que le taux maximal. Les IgG bovines seraient plus rapidement détruites dans le sérum du poulain que les IgG équines d'origine maternelle. Le colostrum bovin et probablement les IgG stimuleraient l'activité phagocytaire des neutrophiles du poulain⁽²⁷⁾.

Ces poulains traités sont immunodéficients jusqu'à ce que le taux des IgG issues de leur propre synthèse soit > 4 g/l. Ceci se produit dès la 5ème semaine chez un poulain, la 7ème chez 3 d'entre eux et à la 10ème semaine chez la totalité. Ce manque de protection immunitaire a entraîné une polyarthrite infectieuse chez 1 poulain traité dès l'âge de 15 jours.

La figure III montre bien chez les 3 poulains témoins la décroissance progressive du taux sérique d'IgG jusqu'à la 5ème semaine (catabolisme des IgG maternelles), un palier minimal entre 5 et 8 semaines, puis une remontée du taux d'IgG (synthèse par le poulain de ses propres Ig).

En conclusion, le colostrum bovin n'a pas apporté une immunité satisfaisante aux poulains traités.

III) DIAGNOSTIC RAPIDE DES POULAINS IMMUNODEFICIENTS

En 1988, la France ne possédait pas sur le marché de méthode de dosage rapide et fiable des Ig sériques. Rhône-Mérieux se propose de commercialiser un kit sous réserve d'une fiabilité et d'une facilité d'emploi correctes. C'est l'objectif de cette étude.

Description de la technique

Il s'agit d'un dispositif comprenant une membrane comme support d'anticorps anti-IgG équine et possédant 4 zones de réaction. 3 sont calibrées à l'aide de standards à 2, 4 et 8 g/l d'IgG équine. La 4^{ème} est destinée au sérum à tester. Le dépôt sur la membrane du sérum entraîne la capture de ses IgG par les Ac anti-IgG. Cette réaction sera révélée par une enzyme se couplant aux Ac puis par un substrat donnant une réaction colorimétrique bleue d'intensité proportionnelle au taux d'IgG équine.

La comparaison de la couleur obtenue par le sérum à tester par rapport aux standards permet de donner une estimation semi-quantitative du taux d'IgG du sérum (<2, = 2, < 4, = 4, < 8, = 8 et > 8 g/l).

La réalisation d'un dosage dure 10 minutes. Deux dosages maximum peuvent être réalisés simultanément.

Contrôle technique du test

74 sérums ont été sélectionnés à partir des échantillons des 2 études précédentes en fonction de la répartition du taux de γ gl. de 0 à > 8 g/l.

La répartition des sérums en fonction du taux d'IgG obtenu par le kit testé et par la méthode de Mancini est présentée dans le tableau 4. La comparaison avec le dosage par électrophorèse figure dans le tableau 5.

68/74 = 92 % des sérums obtiennent le même classement du taux d'IgG selon la méthode de Mancini et le résultat du kit. 62/74 = 84 % des sérums obtiennent un classement identique selon le résultat du kit et de l'électrophorèse. Il faut noter que les sérums "mal classés" se déplacent d'une case, c'est-à-dire que le désaccord est partiel et non total.

De plus, la méthode d'électrophorèse semble sousévaluer les taux élevés d'IgG par rapport à la méthode de Mancini, ce qui expliquerait les 12 sérums "mal classés" du tableau 5.

Enfin, l'objectif de ce kit est le diagnostic rapide des poulains immunodéficients (taux < 4 g/l) en vue de leur traitement. 97 % (72/74) des sérums concordent dans les deux méthodes pour une telle discrimination. Ce kit nous semble donc facile à réaliser et très fiable pour être utilisé en pratique d'élevage.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les différents collaborateurs de cette étude :

- Les Haras Nationaux de Lamballe, Hennebont, Pompadour, Le Pin, Montier en Der, Angers et Pau,*
- la Station Expérimentale de Chamberet,*
- l'INRA de Theix, les différents éleveurs et vétérinaires qui ont participé à cette enquête,*
- la S.E.A. de Ploufragan qui a permis la réalisation des dosages,*
- l'E.N.V. de Nantes qui a réalisé une partie des dosages d'IgG,*
- la Société Rhône-Mérieux.*

Tableau 1: Facteurs de variation du taux de γ gl. dans le sérum de jument.
Table 1: Level of serum gammaglobulin in mares according to the maternal characteristics.

Facteurs de variation	Taux de γ gl. (g/l)	Effectif	P*
Race juments de sang juments de trait	14.8 + 4.0 15.5 + 4.4	136 112	P > 0.05
Age < 5 ans < 10 ans < 15 ans > 15 ans	13.4 + 2.7 14.4 + 4.2 15.6 + 4.2 17.2 + 4.0	29 112 56 47	P < 0.001
Parité 1�re mise-bas 2�me mise-bas 3 � 6�me mise-bas > 7�me mise-bas	13.2 + 2.9 14.5 + 4.0 15.9 + 4.5 16.5 + 4.0	59 43 100 37	P < 0.001

* Degré de signification du F de l'analyse de variance   un facteur.

Tableau 2: Facteurs de variation du taux de γ gl. dans le colostrum de jument.

Table 2: Factors involved in the variability of the level of the colostrum γ gl.

Facteur �tudi�	Taux de γ gl. (g/l)	Effectif	P*
Race juments de sang juments de trait	66.9 + 31.5 86.6 + 40.6	134 113	P < 0.001
Age < 5 ans < 10 ans < 15 ans > 15 ans	92.7 + 32.9 79.2 + 38.6 69.3 + 32.4 67.6 + 34.4	28 109 56 48	P < 0.025
Parité 1�re mise-bas 2�me mise-bas 3 � 6�me mise-bas > 7�me mise-bas	78.1 + 30.3 82.1 + 44.8 75.2 + 38.2 70.3 + 29.0	57 44 100 37	P > 0.05
Lactation prématurée inexistante - 24 H. avant poulinage + 24 H. avant poulinage	83.6 + 38.4 64.2 + 29.3 50.4 + 24.7	169 52 24	P < 0.001

* degré de signification du F de l'analyse de variance   un facteur.

Tableau 3: Facteurs de variation du taux de γ gl. dans le sérum du poulain agé de 1 à 3 jours.

Table 3: Factors involved in the variability of the level of serum γ gl. in foals between 1 and 3 days old.

Facteurs de variation	Taux de γ gl. (g/l)	Effectif	P*
Race Poulains de sang Poulains de trait	9.0 + 5.4 10.1 + 6.9	135 111	P > 0.05
Délai Naissance-lère tétée < 10 Heures > 10 Heures	9.5 + 6.1 5.3 + 5.2	217 10	P < 0.05
Qualité du colostrum bu Taux de γ gl. < 55 g/l Taux de γ gl. > 55 g/l	5.9 + 4.0 10.9 + 6.3	68 173	P < 0.001
Lactation Prématurée inexistante - 24 Heures avant poulinage + 24 Heures avant poulinage	10.3 + 6.3 8.8 + 5.8 5.6 + 4.2	167 52 25	P < 0.001

*Degré de signification du F de l'analyse de variance à un facteur.

Tableau 4: Répartition des 74 sérums en fonction du taux d'IgG obtenu selon la méthode de Mancini et le kit testé.

Table 4: Repartition of the 74 serum according to the IgG values determined by the method of Mancini and the new test.

Kit Mancini Taux d'IgG	Taux d'IgG		
	< 4 g/l	< 8 g/l	<u>> 8 g/l</u>
< 4 g/l	30	0	0
< 8 g/l	2	3	1
<u>> 8 g/l</u>	0	3	35

Tableau 5: Répartition des 74 sérums en fonction du taux de γ gl. obtenu par la méthode d'électrophorèse et du taux d'IgG obtenu par le kit testé.

Table 5: Repartition of the 74 serum according to the γ gl. values determined by electrophoresis and the IgG values determined by the new test.

Kit Electrophorèse Taux de γ gl.	Taux d'IgG		
	< 4 g/l	< 8 g/l	<u>> 8 g/l</u>
< 4 g/l	32	2	0
< 8 g/l	0	4	10
<u>> 8 g/l</u>	0	0	26

FIGURE I: Histogramme de répartition du taux de gammaglobulines dans le sérum de juments, le colostrum et le sérum de poulains.

FIGURE I: Repartition of the level of gammaglobulin in the mare's serum, the colostrum and the foal's serum.

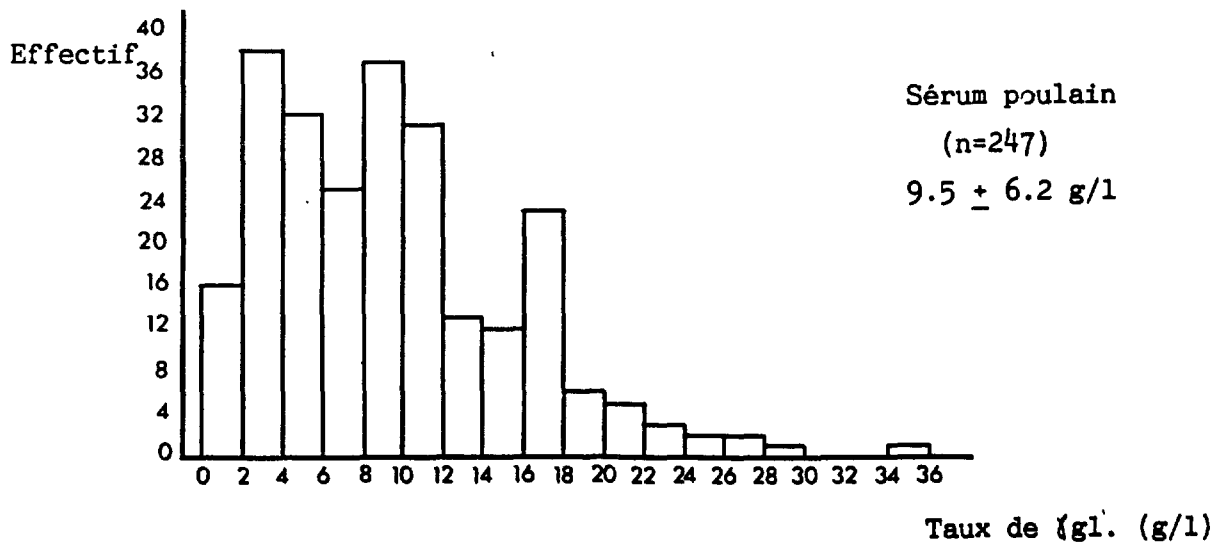
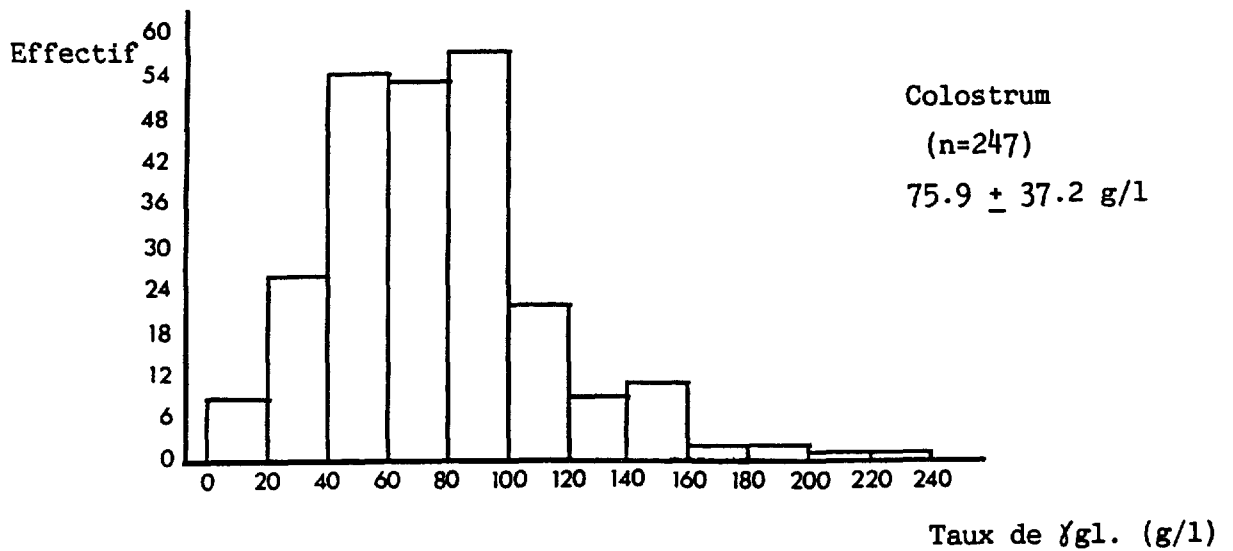
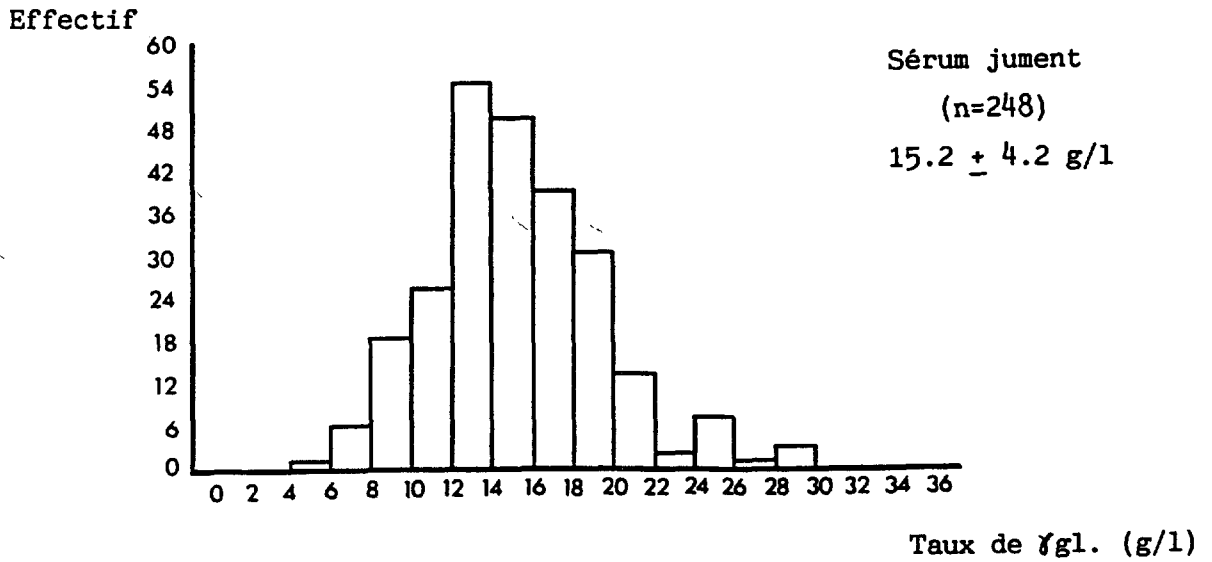


FIGURE II: Cinétique du taux d'IgG bovines et équines des 4 poulains ayant ingéré du colostrum bovin.

FIGURE II: Level of bovine and equine IgG in the 4 foals after ingestion of the bovine colostrum.

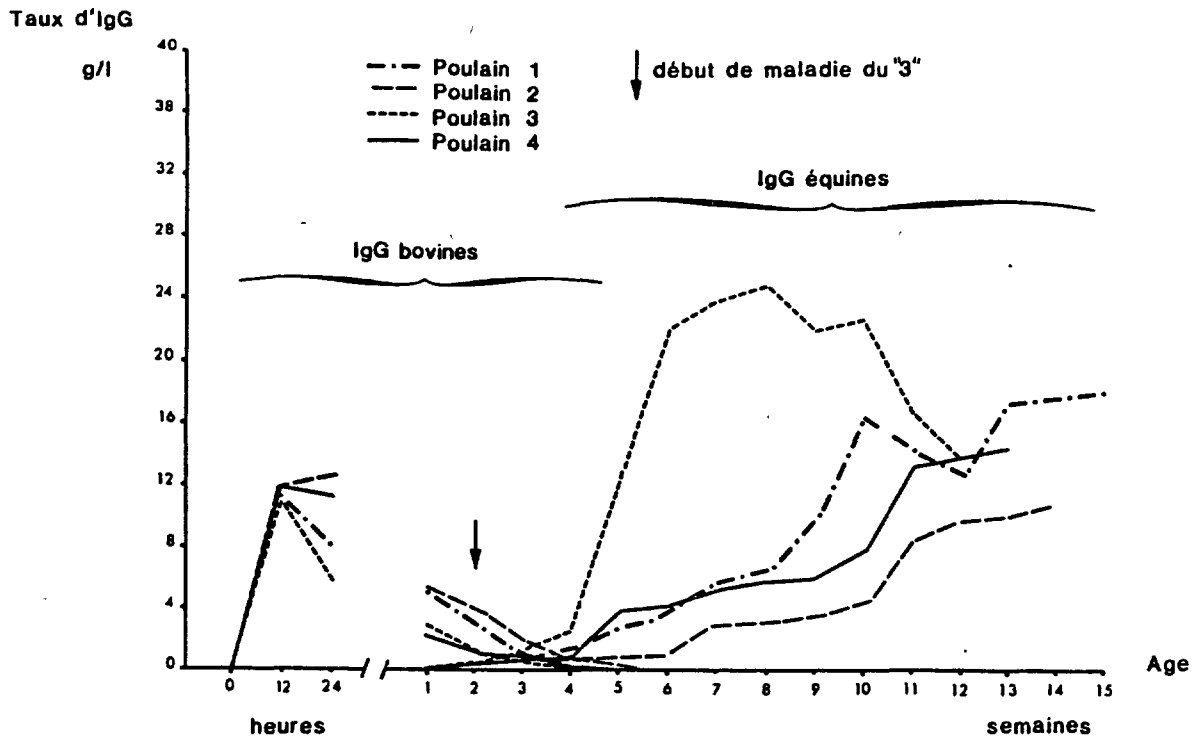
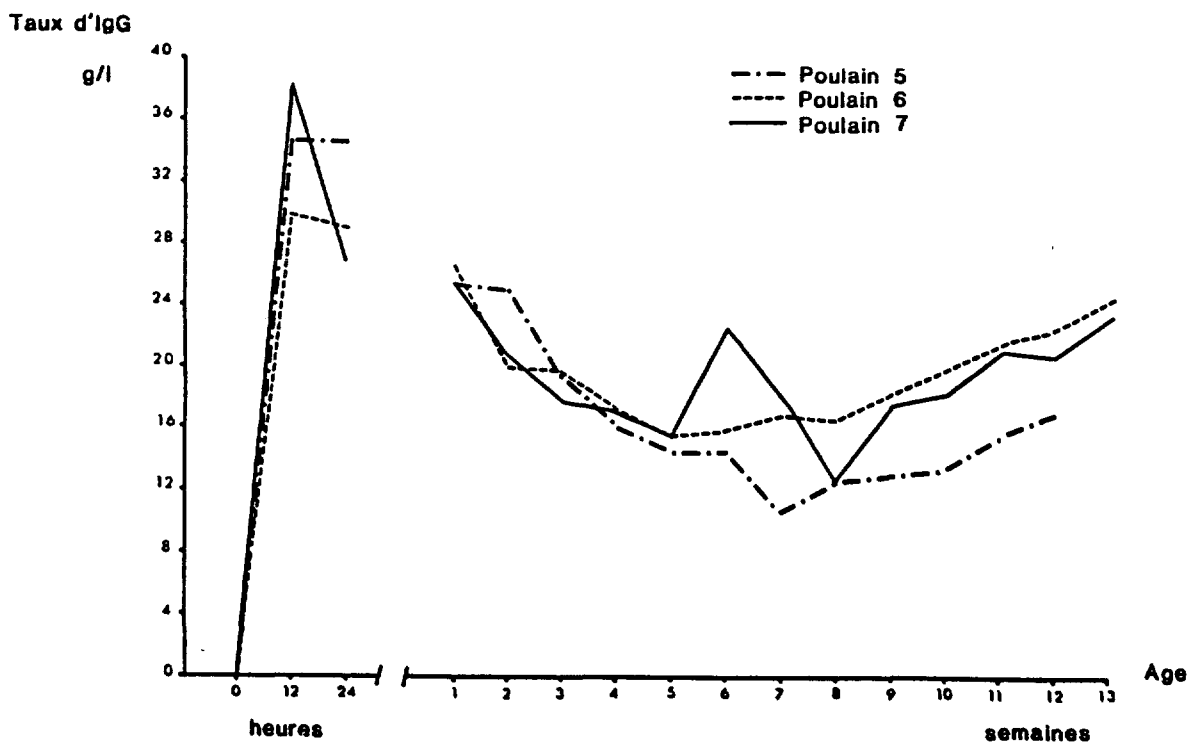


FIGURE III: Cinétique du taux d'IgG équines chez les 3 poulains témoin.

FIGURE III: Level of equine IgG in the 3 foals after ingestion of equine colostrum.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- BECHT J.L., SEMRAD S.D., 1985. Hematology, blood typing and immunology of the neonatal foal. *Vet Clin North Am [Equine Pract]*, 1 (1), 105-116.
- 2- COWLES R.R., COPELAND D.D., CONBOY H.S. et al., 1983. A new test for the detection of immunoglobulin levels in the neonatal foal. *Proc 29th Annu Conv AAEP*, 415-418.
- 3- CRAWFORD T.B., PERRYMAN L.E., 1980. Diagnosis and treatment of failure of passive transfer in the foal. *Equine Pract.*, 2 (1), 17-23.
- 4- DIVERS T.J., BYARS T.D., GEORGE L.W., 1981. Lyophilized immunoglobulins as a means of passive transfer of antibodies in foals. *Proc 27th Annu Conv AAEP*, 473-478.
- 5- EK N., 1970. Studies of electrophoresis on cellulose acetate membrane of serum proteins from normal horses, sheeps and pigs. *Acta Vet Scand.*, 11, 295-304.
- 6- HARVEY J.W., BAUER J.E., ASQUITH R.H., 1984. Hematologic and Chemistry Values of foals from day 0 to 1 year. *Equine Vet J, (Suppl)* 3.
- 7- JAGAR J.E., KRAMER T.T., 1979. The effects of the administration of bovine colostrum to newborn foals. *Proc 25th Annu Conv AAEP*, 377.
- 8- JEFFCOTT L.B., 1971. Perinatal Studies in Equidae with special reference to passive transfer of immunity. Ph.D. thesis, University of London.
- 9- JEFFCOTT L.B., 1972. Passive immunity and its transfer with special reference to the horse. *Biol Rev*, 47, 439-464.
- 10- JEFFCOTT L.B., 1974. Some practical aspects to the transfer of passive immunity to newborn foals. *Equine Vet J*, 6 (3), 109-115.
- 11- KRUSE V., 1970. Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at the first milking after parturition. *Anim Prod*, 12, 697-626.
- 12- LEBLANC M.M., 1984. Colostrometer : Method of evaluating immunoglobulin content in mare colostrum. *Proc Equine Neonat Res Conf*. Gainesville, Fl.
- 13- LEBLANC M.M., 1984. Failure of passive transfer in foals. *Proc Equine Neonat Res Conf*. Gainesville, Fl.
- 14- LIVESAY-WILKINS P.A., HILLMAN R.H., DILL S.G., REBHUN W.C., 1988. Treatment of failure of passive transfer in the equine neonate : The efficacy of intravenous plasma therapy. *Equine Vet J [Suppl]*, 5, 55.
- 15- LOGAN E.F., 1978. Factors influencing the quantity and quality of colostrum in the cow. *Vet Sci Comm*, 2, 39-46.
- 16- McEWAN A.D., FISHER E.W., SELMAN I.D. et al., 1970. A turbidity test for the estimation of immune globulin levels in neonatal calf serum. *Clin Chim Acta*, 27, 155-163.
- 17- McGUIRE T.C., CRAWFORD T.B., 1973. Passive immunity in the foal. Measurement of immunoglobulin classes and specific antibody. *Am J Vet Res*, 34, 1299-1303.
- 18- McGUIRE T.C., CRAWFORD T.B., HALLOWELL A.L., MACOMBER L.E., 1977. Failure of colostrum immunoglobulin transfer as an explanation for most infections and deaths of neonatal foals. *JAVMA*, 170 (11), 1302-1304.
- 19- McGUIRE T.C., CRAWFORD T.B., HENSON J.B., 1972. The isolation, characterization and functional properties of equine immunoglobulin classes and subclasses. In *Proceedings*, 3rd Internat. Conf. Equine Infectious Diseases, 364-381.
- 20- McGUIRE T.C., POPPIE M.G., BANKS K.L., 1975. Hypogammaglobulinemia predisposing to infection in foals. *J Am Vet Med Assoc.*, 166, 71-75.
- 21- MORGAN D.O., BRYANS J.T., MOCK R.E., 1975. Immunoglobulins produced by the antigenized fetus. *J Reprod Fertil [Suppl]*, 23, 735-738.
- 22- MORGAN D.O., MOCK R.E., 1975. Serum proteins of the neonatal foal. In *Proceedings*, 1st Internat Symposium of Equine Hematology, 183-188.
- 23- MULLER L.D., ELLINGER D.K., 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J Dairy Sci*, 64, 1727-1730.

- 24- OUSEY J.C., DUDAN F., ROSSDALE P.D., 1984. Preliminary studies of mammary secretions in the mare to assess foetal readiness for birth. *Equine Vet J.*, 16, 259-263.
- 25- PEARSON R.C., HALLOWELL A.L., WARWICK M.B., 1984. Times of appearance and disappearance of colostral IgG in the mare. *Am J Vet Res*, 45, 186-190.
- 26- PERRYMAN L.E., 1981. Immunological management of young foals. *Compend Contin Educ Pract Vet*, 3 (6), 5223-5228.
- 27- PRITCHARD E.L., LEBLANC M.M., 1988. Effects of bovine colostrum and age on chemiluminescence response of foals neutrophils. *Equine Vet J*, [Suppl], 5, 54.
- 28- REDMAN D.R., 1979. Prenatal influence on immunocompetence of the neonate. *J Anim Sci.*, 49 (1), 258-265.
- 29- ROSSDALE P.D., 1972. Modern concepts of neonatal disease in foals. *Equine Vet J*, 4, 117-128.
- 30- ROSSDALE P.D., RICKETTS S.W., 1978. Le poulain, élevage et soins vétérinaires. Ed. Maloine. 229.
- 31- RUMBAUGH G.E., ARDANS A.A., 1979. Field determination of the immune status of the newborn foal. *Equine Pract.*, 1 (4), 37-42.
- 32- RUMBAUGH G.E., ARDANS A.A., GINNO D. et al., 1978. Measurement of neonatal equine immunoglobulins for assesment of colostral immunoglobulin transfer : Comparison of single radial immunodiffusion with the zinc sulfate turbidity test, serum electrophoresis, refractometry for total serum proteins, and the sodium sulfite precipitation test. *JAVMA*, 172, 321-325.
- 33- SMITH K.L., MUIR L.A., FERGUSON L.C. et al., 1971. Selective transport of IgG into the mammary gland : Role of estrogen and progesterone. *J. Dairy Sci.*, 54, 1886-1894.
- 34- VARNER D.D., VAALA W.E., 1986. Equine Perinatal Care. Part II: Routine Management of the Neonatal Foal. *Compend Contin Educ Pract Vet*, 8 (2), S81-S94.
- 35- WATSON D.L., BENNELL M.A., GRIFFITHS J.R., 1980. A rapid, specific test for detecting absorption of colostral IgG by the neonatal foal. *Aust Vet J*, 56, 513-515.