

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE -ALGER

المدرسة الوطنية للبيطرة - الجزائر

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

**Dosage des triglycérides et du cholestérol chez la
vache laitière :**

A quelles normes se référer ?

**Présenté par : YAKOUBI NACER EDDINE
SELLOUM IMAD EDDINE**

Soutenu le : 01 JUILLET 2008

Le jury :

- | | | |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------|
| - Président | : Mr. BESSEKOUAD | Maitre de conférences à l'ENV |
| - Promoteur | : Mr. ZOUAMBI. B | Chargé de cours à l'ENV |
| - Examineur | : Mr. BENTCHIKOU. T | Chargé de cours à l'ENV |
| - Examineur | : Mlle. MOUZALI | Maitre assistant à l'ENV |
| - Examineur | : Mme. CHORFI | Maitre de conférences à l'ENV |

Année universitaire : 2007/2008

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier :

Mr BESSEKOUAD, d'avoir eu l'amabilité d'accepter de présider le jury,

Aux membres du jury : Mr BENTCHIKOU T., Mlle MOUZALI, et Mme CHORFI pour l'intérêt porté au travail et leur contribution à son amélioration,

Mr ZOUAMBI B., notre promoteur, pour les orientations, et l'aide qu'il n'a pas manqué de nous prodiguer lors de la réalisation de ce travail,

Mme DJELLOUT B. pour toutes les explications, aides et efforts qu'elle nous a prodigué, et surtout de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail,

AMMI BOUALEM et Dr. AFEF de l'ITELV (sans qui, on n'aurait pas avancé d'un pas !) ainsi que ensemble du personnel de l'ITELV,

AMMI TAHER gérant de la ferme de Staoueli,

Mlle KERMEZLIM. pour son aide et sa disponibilité,

Mr. KHELLAF, Mr. ADJERAD, Mme ILES pour leurs soutien et conseils,

Mme REMMAS et Mme GAOUAS pour leurs encouragements et pour l'intérêt porté à notre travail,

Toutes nos deux familles, spécialement nos chers parents,

Il nous est très agréable de remercier RACHID et AHMED respectivement responsables du laboratoire d'histopathologie et de parasitologie pour leur aide et leur disponibilité

A mon copain de chambre BILEL

Que toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail, trouve ici notre profonde gratitude et soit vivement et infiniment remerciée.

Dédicaces

A tous ceux qui m'ont soutenu durant l'élaboration de ce travail et m'ont aidé à le finir

Mes très chers parents,

Mes frères et sœurs,

Tous mes adorés neveux et mes chères nièces,

Tous mes amis, dont si je cite les noms ça risque d'être long

Tout le personnel de l'école nationale vétérinaire,

Je dédis ce travail

Racer -eddine

Dédicace

Préalablement je remercie Dieu de m'avoir aidé à terminer mon cycle d'étude.

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers.

A mes chers parents HOCIN et ZAHIA, pour avoir toujours cru en moi, et qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études, que Dieu les garde pour moi et leur procure santé et longue vie.

A mes frères bien aimés ABDELMOUMEN et ACHRAF.

A mes chères sœurs WARDA, MAYADA et SARAH.

A la mémoire de mon grand père LAKHDER et ma grande mère MA SAADYA.

A mon grand père ALAOUA et ma grande mère MA NOUARA.

A mes oncles : ABD ELHAK et TOUFIK.

A mes tantes : CHAHIRA, AZIZA et DALEL

A tous mes cousins et cousines.

A mon aimable ami et mon binôme NACER

A tous mes amis YUCEF, TARIK, FAYCEL, HAMZA, ABBES RAMI et ILYAS.

A mes collègues du groupe VII.

A tous mes amis, collègues de l'école nationale vétérinaire.

IMAD

Liste des abréviations

AG = Acide gras

AGL = Acide gras libre

CHE = Cholestérol estérase

CHOD = Cholestérol oxydase

CM = Chylomicron

EDTA = Ethylène diamine tétra acétate

GK = Glycérol kinase

g/l = Gramme par litre

GPO = Glycérol 3 phosphate oxydase

HDL = High density lipoprotein

IDL = Intermediate density

lipoprotein

ITELV = Institut technique d'élevage

Kcal = Kilocalories

KS = Kolmogorov- Smirnov

LDL = Low density lipoprotein

LP = Lipoprotéine

LPL = Lipoprotéine lipase

MG = Monoglycéride

mg = Milligramme

ml = Millilitre

μl = Microlitre

PL = Phospholipide

POD = Peroxydase

TG = Triglycérides

VLDL = Very low density lipoprotein

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure générale d'un triglycéride.....	9
Figure 2 : Origine et devenir du cholestérol.....	10
Figure 3 : Histogramme des Triglycérides sériques.....	22
Figure 4 : Histogramme des Triglycérides plasmatiques.....	23
Figure 5 : Histogramme du cholestérol sérique.....	24
Figure 6 : Histogramme du cholestérol plasmatique.....	25
Figure 7 : Test de KS pour les TG sériques.....	27
Figure 8 : Test de KS pour le cholestérol sérique.....	28
Figure 9 : Test de KS pour le cholestérol plasmatique.....	29
Figure 10 : Cholestérol sérique en fonction du stade de lactation.....	Annexe V
Figure 11 : Cholestérol sérique en fonction du stade de gestation.	Annexe V
Figure 12 : Cholestérol plasmatique en fonction du stade de lactation.....	Annexe V
Figure 13 : Cholestérol plasmatique en fonction du stade de gestation.	Annexe V
Figure 14 : Triglycérides sériques en fonction du stade de lactation.	Annexe V
Figure 15 : Triglycérides sériques en fonction du stade de gestation.	Annexe V

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Concentrations plasmatiques des lipoprotéines du ruminant.....	12
Tableau 2 :	Données relatives aux conditions d'élevage de l'effectif.....	17
Tableau 3 :	données relatives aux valeurs des Triglycérides sériques.....	23
Tableau 4 :	données relatives aux valeurs des Triglycérides plasmatiques...	24
Tableau 5 :	données relatives aux valeurs du cholestérol sérique.....	25
Tableau 6 :	données relatives aux valeurs du cholestérol plasmatique.....	26
Tableau 7 :	résultats du test t pour les Triglycérides sériques (Test 1).....	30
Tableau 8 :	résultats du test t pour les Triglycérides sériques (Test 2).....	31
Tableau 9 :	résultats du test t pour le cholestérol sérique (Test 1).....	31
Tableau 10 :	résultats du test t pour le cholestérol sérique (Test 2).....	31
Tableau 11 :	caractéristiques physico-chimiques des lipoprotéines plasmatiques bovines.....	(Annexe I)
Tableau 12 :	Données relatives aux vaches ayant servi d'échantillons à l étude.....	(Annexe II)

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE PRELIMINAIRE : NOTIONS DE BIOCHIMIE CLINIQUE

Qu'est ce qu'un examen biochimique	2
Qu'est ce qu'un dosage	2
Qu'est ce qu'une exploration fonctionnelle biochimique	2
Utilisation des dosages et des explorations fonctionnelles	2
Choix d'un dosage biochimique efficace	2
Critères d'une bonne technique	2
Les erreurs et leur évaluation	3

CHAPITRE I : LES VALEURS DE REFERENCE : DEFINITION ET MESURE

I.1. Détermination et usage des valeurs de référence	4
I.1.1. Sélection des valeurs de référence	4
I.1.2. Problème de la collecte et du traitement des échantillons avant l'analyse	5
I.1.3. Procédure analytique et contrôle de qualité	6
I.2. Analyses statistiques des valeurs de référence	6
I.2.1. Répartition des valeurs de référence	6
I.2.2. Examen de la distribution	6
I.2.3. Identification des valeurs déviantes	7
I.2.4. Détermination des limites des valeurs de référence	8

CHAPITRE II : TRIGLYCERIDES ET CHOLESTEROL CHEZ LA VACHE LAITIERE

II.1. Les triglycérides	9
II.1.1. Définition et structure	9
II.1.2. Rôles biologiques	9
II.2. Le cholestérol	10
II.2.1. Définition et structure	10
II.2.2. Rôles biologiques	10
II.3. Digestion, absorption et transport sanguin des lipides chez la vache laitière	11
II.3.1. Dégradation des lipides dans le rumen-réseau	11
II.3.2. Digestion après le rumen-réseau et absorption	11
II.3.3. Transport sanguin des triglycérides et du cholestérol.....	11
II.3.4. Concentrations plasmatiques des lipoprotéines chez le bovin.....	12
II.4. Les lipides plasmatiques et le lait.....	14

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : PRESENTATION DES ANIMAUX ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

I. Matériels et méthodes	16
I.1. Matériels	16
I.1.1. Les animaux	16
I.1.2. Matériel de laboratoire.....	17
I.1.3. Matériel de prélèvement.....	17
I.1.4. Logiciel de statistiques utilisé.....	18
I.2. Méthodes	18
I.2.1 Protocole expérimental	18
I.2.2. Traitement pré analytique des prélèvements	18

I.3. Mesure des paramètres.....	18
I.3.1. Méthode de dosage des triglycérides.....	19
I.3.1.1 Principe.	19
I.3.1.2. Dosage	20
I.3.2. Méthode de dosage du cholestérol.....	20
I.3.2.1 Principe.....	20
I.3.2.2. Dosage	21

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Résultats du dosage des triglycérides.....	22
II.1.1. Dans le sérum.....	22
II.1.2. Dans le plasma.....	23
II.2. Résultats du dosage du cholestérol	24
II.2.1. Dans le sérum	24
II.2.2. Dans le plasma	25
II.3. Les taux des TG et du cholestérol en fonction de la gestation et de la lactation.....	26
II.4. Les tests de normalité	27
II.4.1. Les triglycérides sériques	27
II.4.2. Les triglycérides plasmatiques.....	28
II.4.3. Le cholestérol sérique	28
II.4.4. Le cholestérol plasmatique.....	29
II.5. Comparaison des moyennes obtenues avec des références bibliographiques	29
II.5.1. Résultats du test.....	30
II.5.1.1 Pour les TG sériques.....	30
II.5.1.2 Pour le cholestérol sérique.....	31
II.5.1.3. Conclusion pour les tests de comparaison des moyennes.....	32
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	33

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

Parmi les méthodes de diagnostic dont dispose le vétérinaire praticien, les dosages biochimiques sont devenus un moyen précieux pour localiser les états pathologiques. L'intérêt évident des dosages biochimiques est de permettre au clinicien de diagnostiquer des affections que les autres méthodes révèlent difficilement.

L'approche consiste à comparer les paramètres biologiques du patient à ceux recueillis dans la littérature (appelés valeurs de référence). Or, souvent ces valeurs de référence varient d'un auteur à un autre, et le praticien se trouve dans l'expectative et il ne sait pas à quelles valeurs (auteurs) se référer.

En outre, peu d'études, en Algérie, ont entrepris l'étude biochimique sanguine et l'établissement de valeurs de référence spécifiques à la vache laitière.

C'est dans ce contexte que s'insère notre problématique, et qui se veut de répondre à la question : Quelles valeurs de référence pour le praticien vétérinaire en ce qui concerne les paramètres biochimiques sanguins chez la vache laitière.

En prenant comme exemple le dosage des triglycérides et du cholestérol chez la vache laitière, nous avons voulu attirer l'attention sur cette problématique récurrente et essayer de contribuer à préconiser une démarche à suivre.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

**CHAPITRE PRELIMINAIRE : NOTIONS DE BIOCHIMIE
CLINIQUE**

➤ **Qu'est ce qu'un examen biochimique ?**

• **Qu'est ce qu'un dosage ?**

Doser une substance consiste à obtenir, au moyen d'une méthode adéquate, la concentration de cette substance par unité de volume ou de masse. On appelle concentration d'une substance en solution la quantité de cette substance exprimée en masse dissoute dans l'unité de volume de la solution. **(BOREL et al., 1981)**

• **Qu'est ce qu'une exploration fonctionnelle biochimique ?**

On entend par explorations fonctionnelles biochimiques les dosages réalisés après qu'on ait modifié ou tenté de modifier les conditions de vie du sujet, afin de provoquer une réaction métabolique. Une anomalie n'apparaîtra parfois que si l'organisme est poussé à réagir. **(BOREL et al., 1981)**

• **Utilisation des dosages et des explorations fonctionnelles**

Le recours à des épreuves de laboratoire appropriées permet au clinicien de reconnaître, de localiser et de traiter avec sûreté la maladie. En revanche, l'utilité des examens de laboratoire est limitée, s'ils sont mal choisis. Les tests faits au hasard peuvent non seulement réduire la capacité du clinicien à établir un diagnostic mais peuvent aussi retarder ce dernier. **(SODIKOFF, 1984).**

Les informations fournies par le laboratoire n'ont de valeur que si le vétérinaire a demandé les analyses qui conviennent, et s'il est capable d'en interpréter les résultats. **(GODEAU, 1998).**

➤ **Choix d'un dosage biochimique efficace**

• **Critères d'une bonne technique**

Une bonne technique doit être aussi simple que possible (d'où économie de temps et de personnel). Elle doit être **précise**. Elle doit être **sensible**, c'est-à-dire qu'une faible différence de concentration doit fournir un signal de détection d'amplitude suffisante. La limite de détection doit être assez basse pour permettre d'évaluer les faibles concentrations.

La méthode doit être **reproductible**, c'est-à-dire que, si elle est appliquée plusieurs fois au même échantillon, éventuellement plusieurs jours de suite, elle doit fournir un résultat sinon identique, du moins compris dans certaines limites bien définies.

La méthode doit être **exacte**, c'est-à-dire que le résultat trouvé dans un laboratoire doit être identique (dans les limites de l'écart-type usuel) aux résultats trouvés dans les autres laboratoires.

Enfin, la méthode doit être **spécifique**, c'est-à-dire qu'elle doit permettre de doser seulement le composé recherché, sans interférence avec d'autres molécules. **(BOREL et al., 1981)**

- **Les erreurs et leur évaluation**

Aucune technique n'est exempte d'erreurs. Il n'est pas du domaine scientifique d'éviter les erreurs de mesure, mais seulement d'évaluer avec autant de précision que possible l'erreur commise dans une mesure. Il faut choisir une technique qui offre le minimum d'erreurs et ensuite tenir compte de la marge d'erreur dans l'interprétation du résultat. **(BOREL et al., 1981)**

- **Interprétation des résultats**

Il ne suffit pas qu'un dosage soit exact et précis. Il faut encore qu'il apporte au vétérinaire un résultat utile, c'est-à-dire ayant une valeur diagnostique ou pronostique. Cette valeur est presque toujours basée sur l'existence d'une différence entre le résultat obtenu et le taux normal établi sur une population de référence. **(BOREL et al., 1981)**

Conclusion :

Tout examen biochimique aboutit à des données dont l'interprétation est un cas particulier où la décision est prise après avoir comparé les résultats des analyses par rapport à des valeurs de référence. Celles-ci doivent non seulement être connues pour des animaux en bonne santé (et par espèce), mais aussi pour les animaux malades.

Cette comparaison n'est possible, lorsqu'on s'adresse à des ouvrages de référence, que dans le cas où le clinicien possède une masse d'informations sur la manière dont les valeurs de référence ont été obtenues (méthode de dosage, appareillage, température, etc....), ce qui n'est pratiquement jamais le cas (GODEAU, 1998)

CHAPITRE I

VALEURS DE REFERENCE : DEFINITION ET MESURE STATISTIQUE

Les valeurs de référence sont obtenues par le laboratoire lorsqu'une analyse quantitative d'un paramètre donné a été faite sur une population d'individus sélectionnés sur base de critères bien définis, de telle sorte que d'autres personnes puissent utiliser ces valeurs à bon escient.

En médecine vétérinaire, l'établissement des valeurs de référence est souvent loin d'être optimal. Il est nécessairement coûteux en temps et en argent, compte tenu du nombre des espèces en cause, de la diversité des particularités raciales, des effets de l'âge, du sexe et autres facteurs et du nombre d'animaux "normaux" de chaque catégorie, nécessaires de façon idéale.

En médecine humaine, les compagnies d'assurance paient les laboratoires pour tester de grands nombres de personnes normales dans le cadre d'examens de routine. Cela fournit une large base de données dont on dispose difficilement en médecine vétérinaire (WILLARD, 1993).

I.1. Détermination et usage des valeurs de référence

I.1.1. Sélection des valeurs de référence

En médecine humaine, les valeurs de référence sont acceptées sur base d'un certain nombre de critères d'exclusion, les individus présentant des facteurs de risques (obèses, hypertendus, à risques génétiquement déterminés), en traitement (suite à une pathologie ou ingérant de l'alcool en excès,...etc.), malades, ou se trouvant à un stade physiologique inapproprié (en gestation, stressés, en exercice intense) ne peuvent servir à l'élaboration de valeurs de référence.

En médecine vétérinaire, des exclusions semblables doivent être faites, mais il n'est pas toujours aisé de dépister les animaux qu'il faut exclure, faute de connaître en détail l'histoire de l'animal. Idéalement, le laboratoire doit donc s'entendre avec les praticiens qui auront pour tâche de dépister les bons sujets de référence.

Idéalement aussi, les références individuelles - servant à déterminer les valeurs de référence de la population - doivent être établies sur des individus choisis au hasard au sein d'une population présélectionnée. Il faut donc, tout d'abord trouver

une population d'individus acceptables (ceux-ci doivent tous être examinés en fonction des critères¹ de sélection), et ensuite sélectionner au hasard un lot d'individus qui servira à établir les valeurs de référence, ce qui est toujours difficile sinon impossible à réaliser en pratique.

Par exemple, en médecine vétérinaire, les valeurs de référence du chien sont souvent obtenues sur des chiens de race Beagle, car ces animaux servent fréquemment comme matériel d'expérience et on les trouve facilement. Ce qui ne veut pas dire, que ces valeurs de référence soient valables pour d'autres races. Il faut donc toujours être très prudent dans l'utilisation de valeurs de référence fournies par la littérature car celle-ci ne donne pratiquement jamais les critères de sélection appliqués ni la race choisie.

Il est également évident que les valeurs de référence en médecine vétérinaire ne sont pas établies en fonction de l'âge et du sexe, ce qui indique clairement qu'il faut prendre d'énormes précautions pour manipuler les valeurs de référence proposées pour la médecine vétérinaire par les laboratoires d'analyse. (GODEAU, 1998).

I.1.2. Problème de la collecte et du traitement des échantillons avant l'analyse

Pour éviter les variations pré-analytiques, les échantillons qui sont collectés doivent subir les mêmes traitements entre le moment de la prise de sang et le moment de l'analyse. Il faut une standardisation de la collecte au même titre que la méthode d'analyse. Comme on peut mesurer plusieurs paramètres sur un même échantillon sanguin, on préconise de faire les prises de sang par piqûre au travers de la peau (sang capillaire) ou par voie intraveineuse.

¹ Exemples de critères à retenir pour établir des sous-groupes : Age, Sexe - Race (génétique), environnement, facteur chronobiologique (moment du prélèvement), altitude, facteurs physiologiques : état du cycle sexuel, état de gestation, condition physique (exercice, entraînement, effort, repos, poids, ...)

L'importance de cette standardisation n'est pas équivalente pour tous les paramètres : certains seront plus sensibles que d'autres au traitement subi par l'échantillon avant l'analyse. (GODEAU, 1998).

I.1.3. Procédure analytique et contrôle de qualité

Les valeurs de référence doivent toujours être publiées en donnant les spécifications suivantes :

- ✓ la méthode analytique, y compris l'équipement utilisé, les réactifs, les standards, le type de valeur brute obtenue, et les méthodes de calcul utilisées pour donner le résultat final
- ✓ le contrôle de qualité effectué
- ✓ les critères de certitude utilisés

Ces données doivent permettre à n'importe quel autre laboratoire de retrouver les mêmes valeurs s'il pratique de la même manière, ou de pouvoir comparer les valeurs trouvées sur un malade ou un individu bien portant aux valeurs de référence publiées par le laboratoire ayant fait la publication. (GODEAU, 1998).

I.2. Analyses statistiques des valeurs de référence

I.2.1. Répartition des valeurs de référence

Il est indispensable de regrouper les échantillons qui peuvent l'être en fonction des critères de sélection des sous-populations (en fonction de l'âge, du sexe, de la race, etc...) pour minimiser les variations dues à ces facteurs (âge,...).

Les fourchettes de normalité seront d'autant plus étroites lorsqu'on tiendra compte de ces critères. En revanche, elles seront plus larges si on n'en tient pas compte, ce qui est très fréquent en médecine vétérinaire et rend leur utilisation pratique plus difficile. (GODEAU, 1998).

I.2.2. Examen de la distribution

Il convient toujours de représenter les données à l'aide d'un histogramme et vérifier s'il a les caractéristiques suivantes :

- ✓ présence ou non de valeurs déviantes, indiquant qu'il y a ou non des données erronées dans la série (à éliminer le plus souvent);

- ✓ distribution bimodale ou polymodale, à 2 ou plusieurs sommets (modes²) : la distribution n'est pas homogène. S'il y a plus d'un pic, les critères retenus pour classer les échantillons en population doivent être revus, ou il faut les classer en fonction de la race, de l'âge...etc, si cela n'a pas été fait ;
- ✓ la forme de la courbe peut être observée, elle peut être asymétrique ou plus pointue ou plus aplatie que la courbe de Gauss, ou à la fois asymétrique et anormale du point de vue Gaussienne.
- ✓ la courbe peut fournir une approximation des limites des valeurs de référence qui seront utilisées pour contrôler la validité des calculs.

I.2.3. Identification des valeurs déviantes

Les valeurs erronées peuvent parfois provoquer des déviations pouvant influencer les valeurs de référence. Soit, elles se trouvent totalement en dehors des valeurs de référence, soit elles sont incluses à l'intérieur de la distribution des valeurs de référence. L'inspection visuelle d'un histogramme est la méthode classique pour les découvrir³.

En passant par une représentation logarithmique de l'histogramme, on peut mieux débusquer ces valeurs déviantes. Certaines peuvent être mises en évidence par des tests statistiques⁴.

On peut identifier une valeur extrême (que la courbe soit une courbe de Gauss ou non) comme une valeur déviante si la différence entre les deux valeurs les plus hautes (ou entre les deux valeurs les plus basses) de la distribution excède le 1/3 de l'étendue⁵ de toutes les valeurs. (GODEAU, 1998).

² Le mode d'une série est la valeur la plus fréquente d'une série

³ Une autre méthode est aussi pratique qui est la boîte à moustaches ou « Box plot »

⁴ Comme le test « Q »

⁵ L'étendue d'une série correspond à la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de cette série

I.2.4. Détermination des limites des valeurs de référence

En biochimie clinique, on compare la valeur d'un patient avec une "fourchette de normalité" ou un "intervalle de référence"⁶. Cet intervalle est en plus limité par deux frontières qui sont les "valeurs limites" des valeurs de référence.

Il ne faut pas confondre ces limites des valeurs de référence avec les limites de décision médicale (= les limites utilisées pour décider d'un diagnostic, d'un pronostic, d'une thérapie).

Les bases pour estimer les limites d'une décision clinique reposent sur plusieurs collections de valeurs de référence.

Conclusion

L'établissement des valeurs de référence en médecine vétérinaire, comme en médecine humaine, est une opération ardue qui nécessite l'établissement d'un plan de travail bien maîtrisé (choix de la population, moment, mode et traitement du prélèvement), des méthodes d'analyse normalisées, des moyens humains (praticiens, techniciens de laboratoire et des statisticiens) et des moyens financiers.

⁶ Se référer à l'annexe IV pour davantage de détails

CHAPITRE II

LES TRIGLYCERIDES ET LE CHOLESTEROL SANGUINS CHEZ LA VACHE LAITIERE : GENERALITES SUR CES DEUX PARAMETRES

Les Triglycérides et le cholestérol représentent deux paramètres sanguins importants chez la vache laitière. Leurs concentrations plasmatiques diffèrent selon les publications, et sont fonction de plusieurs facteurs de variations comme le stade de lactation, l'alimentation et le stade de gestation. Les TG sanguins comme le cholestérol subissent des variations importantes lors de certaines maladies métaboliques.

Ce chapitre aborde d'une manière générale ces deux types de lipides.

II.1. Les triglycérides

II.1.1. Définition et structure

Les triglycérides (TG), appelés également triacylglycérols ou lipides neutres, appartiennent à la famille des lipides simples, qui comporte les glycérides et les stérides.

Ce sont des esters d'acides gras (AG) et de glycérol, c'est-à-dire qu'ils naissent de l'estérification des trois fonctions alcool du glycérol (alcool avec trois carbones) par des acides gras. (Figure 1)

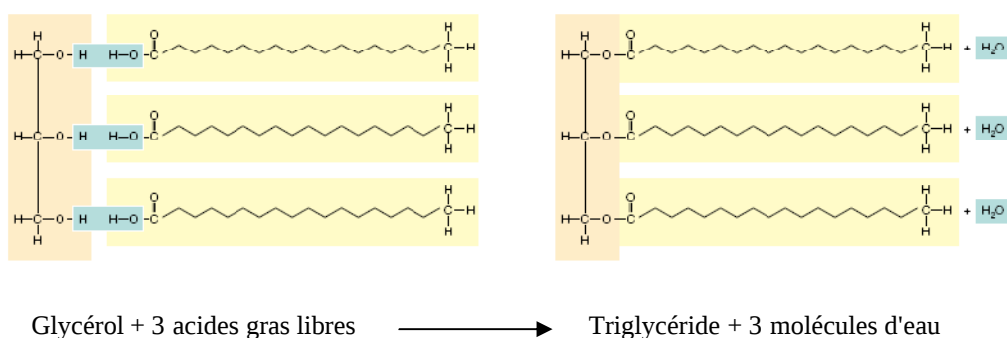


Figure 1: Structure générale d'un triglycéride

Les TG plasmatiques ont une double origine : **exogène** (ils sont présents en faible quantité¹ dans la ration des vaches laitières), et **endogène** (synthèse au niveau hépatique).

II.1.2. Rôles biologiques

Les triglycérides constituent la catégorie de lipides la plus abondante, même s'ils ne sont pas des constituants des membranes biologiques, et interviennent pour 60 à 90% du poids des tissus adipeux (GODEAU, 1998).

¹ Environ 2 à 6% dans la matière sèche de la plupart des aliments des ruminants (GADOUD et al, 1998)

Chez les animaux, les adipocytes (cellules lipidiques) sont spécialisées dans le métabolisme et le stockage des triglycérides qui constituent la forme principale de stockage des ressources énergétiques de l'organisme. Cette énergie est mobilisable, et un gramme de lipides libère neuf kilocalories ($1\text{g lipides} \rightarrow 9\text{ Kcal}$)².

II.2. Le cholestérol

II.2.1. Définition et structure

Le cholestérol a une structure très différente des autres lipides (figure 2), composée de 3 cycles hexagonaux + un cycle pentagonal correspondant au cyclopentanoperhydrophénanthrène. Il possède une fonction alcool secondaire en C3 et une double liaison en Δ^5 . Le cholestérol peut être estérifié en C3 par un acide gras (cholestéryl-ester ou ester de cholestérol ou acylcholestérol).

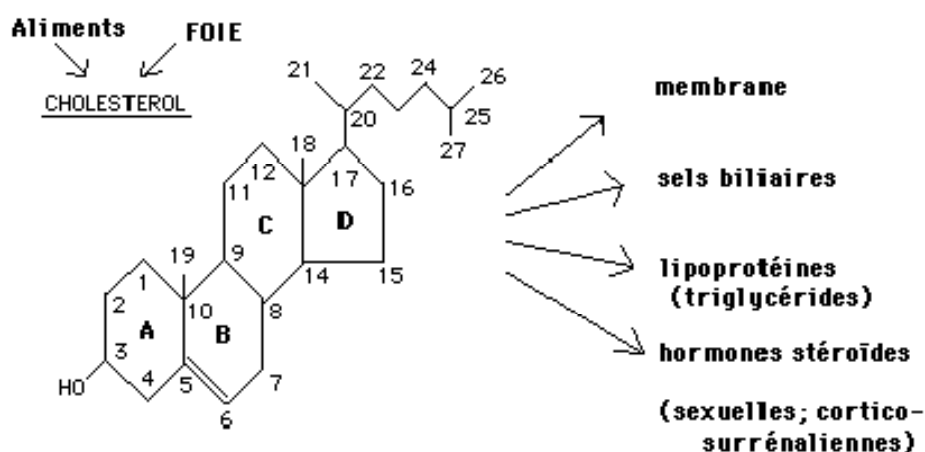


Figure 2 : Origine et devenir du cholestérol (GODEAU, 1998).

Le cholestérol sanguin est d'origine **exogène** (alimentaire), absorbé dans l'intestin, et endogène, synthétisé dans la plupart de tissus dont le foie (ALLAOUA, 2003 ; cité par BOUJENAH, 2008).

II.2.2. Rôles biologiques

- C'est un constituant majeur des membranes (rôle dans la fluidité).
- Le cholestérol précurseur de 3 groupes de molécules :
 - ✓ Les hormones stéroïdes (cortisol, testostérone...)
 - ✓ La vitamine D3
 - ✓ Les acides biliaires

² Cette énergie est supérieure à celle que libère 1 gramme de glucides ($1\text{g glucides} \rightarrow 4\text{ Kcal}$).

II.3 Digestion, absorption et transport sanguin des lipides chez la vache laitière

II.3.1. Dégradation des lipides dans le rumen-réseau

Les lipides arrivant dans le rumen sont constitués environ pour moitié par des triglycérides, pour moitié par des acides gras libres. Deux points caractérisent la digestion des lipides dans le rumen-réseau :

- au cours d'une lipolyse microbienne complète, les triglycérides sont hydrolysés en acides gras et glycérol ;
- les acides gras sont fixés sur les particules alimentaires avec lesquelles ils passent dans le feuillet, ou sont repris par les bactéries qui élaborent ainsi leurs propres acides gras, essentiellement des acides gras longs saturés (hydrogénation des doubles liaisons). (GADOUD et al., 1992).

II.3.2. Digestion après le rumen-réseau et absorption

A leur entrée dans la caillette, les lipides sont en majeure partie des AG non estérifiés d'origine alimentaire ou microbienne. (BAUCHART et al., 1985 ; TOULLEC et LALLES, 1995). La sécrétion biliaire dans le duodénum permet la mise en émulsion des AG en phase aqueuse, et donc leur absorption par les cellules de la muqueuse intestinale (BAUCHART, 1993). Les AG sont principalement absorbés dans le jéjunum et les sels biliaires sont réabsorbés dans l'iléon (DOREAU et FERLAY, 1994 ; BAUCHART, 1993 ; cités par F.AKRAIM, 2005).

Dans les cellules de la muqueuse intestinale, les AG libres absorbés sont réestérifiés en triglycérides et en phospholipides (NOBLE, 1981; cité par F.AKRAIM 2005). Les TG sont synthétisés à partir des AGL dont la taille atteint au moins 12 carbones et sont transportés par voie lymphatique et déversés dans la circulation sanguine (BAUCHART, 1993; cité par F.AKRAIM 2005). Les AGL à courte chaîne ne subissent aucune modification au niveau de l'entérocyte, et sont véhiculés directement jusqu'au foie par l'albumine sérique via le sang portal. (GODEAU, 1998)

II.3.3. Transport sanguin des triglycérides et du cholestérol

Les TG et le cholestérol ont pour caractère commun leur insolubilité dans l'eau. Le plasma étant essentiellement aqueux, des protéines particulières, les apolipoprotéines ou apoprotéines, synthétisées par le foie et la muqueuse intestinale participent avec les phospholipides (PL) à la solubilisation de ces deux lipides dans une structure moléculaire lipoprotéique : **les lipoprotéines (LP)**.

Les lipides ne se trouvent donc pratiquement jamais sous une forme libre, même si le laboratoire peut doser séparément chaque constituant lipidique qui entre dans leur composition. (GODEAU, 1998)

Les lipoprotéines sont des complexes macromoléculaires constitués de TG, de PL, de cholestérol libre ou estérifié et de protéines (appelées plus exactement apolipoprotéines).

En fonction de la densité, on peut définir quatre classes de LP : Les **chylomicrons (CM)**, les **Very Low Density Lipoprotein (VLDL)**, les **Low Density Lipoprotein (LDL)**, et les **High Density Lipoprotein (HDL)**. Ces trois dernières classes se rencontrent à tout moment dans la circulation sanguine, mais des différences existent entre espèces. (GODEAU, 1998). Les lipoprotéines plasmatiques du bovin ainsi que leurs caractéristiques physico-chimiques sont présentées dans le tableau 1 de l'annexe I.

II.3.4. Concentrations plasmatiques des LP chez le bovin

Les concentrations plasmatiques, rapportées dans la littérature, des différentes lipoprotéines du ruminant sont présentées dans le tableau 2. Celles-ci peuvent être données en mg de lipides totaux associés à chaque fraction de lipoprotéine par litre de plasma (tableau 1), ainsi qu'en mg de lipoprotéines par litre de plasma.

Tableau 1³ : Concentrations plasmatiques des lipoprotéines du ruminant

Références	Lipoprotéines ¹							
	CM		VLDL		LDL		HDL	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Vache laitière en lactation								
Raphael <i>et al.</i> , 1973a ²	-	-	47 ⁷	0,9	1970 ⁸	38,8	3270	64,4
Wendlandt et Davis, 1973 ³	-	-	86 ^{7,9}	2,0 ⁹	1128 ^{8,9}	26,5	3040 ⁹	71,5
Grummer et Davis, 1984 ⁴	-	-	43 ⁷	1,2	208 ⁸	5,8	3327	93,0
Van Dijk et Wensing, 1989 ⁵	86	1,5	262	4,7	2067	38,2	3118	55,6
Vache laitière tarie et gestante								
Raphael <i>et al.</i> , 1973a	-	-	139 ⁷	4,5	701 ⁸	22,9	1900	62,1
Van Dijk et Wensing, 1989	84	2,5	243	7,2	1074	32,7	1985	57,6
Boeuf								
Dryden <i>et al.</i> , 1971	-	-	152 ⁷	8,3	421 ⁸	23,0	1261	68,8
Forte <i>et al.</i> , 1981	ND ⁶	-	164	5,5	543 ⁸	18,2	2283	76,4

1. CM : chylomicron ; VLDL : very low density lipoprotein ; LDL : low density lipoprotein ; HDL : high density lipoprotein. Valeurs exprimées en mg de lipides totaux par litre de plasma ainsi qu'en % de lipoprotéines, calculés sur base du total des concentrations individuelles ou donnés par l'auteur

2. 5 à 10e semaine de lactation

3. Stade de lactation non précisé. Production laitière journalière de 18 à 28 kg

4. 7e à 19e semaine de lactation

5. 3e mois de lactation

6. Non déterminé

7. Comprend les lipoprotéines de densité < 1.005 ou 1.006

8. Comprend les lipoprotéines de densité 1.006 à 1.063

9. Calculés à partir des résultats de l'auteur

³ Rapporté par CUVELIER *et al* (2005).

Les CM, sont présentes chez le bovin, mais normalement en faibles concentrations, vraisemblablement en raison des faibles ingestions de lipides du ruminant et de son mode de digestion. (**PALMQUIST, 1976 ; FERRERI et ELBEIN, 1982 ; VAN DIJK et WENSING, 1989 ; BAUCHART, 1993 ;** cités par CUVELIER et al, 2005).

Les VLDL plasmatiques constituent également une classe minoritaire, puisque seulement 1 à 8 % des lipides totaux y sont associés (**DRYDEN et al, 1971 ; RAPHAEL et al, 1973; FORTE et al, 1981 ; GRUMMER et DAVIS, 1984 ; VAN DIJK et WENSING, 1989 ;** cités par CUVELIER et al, 2005).

De même, les lipoprotéines de densité intermédiaire (**Intermediate Density Lipoprotein ou IDL**) sont présentes en très faibles concentrations dans le plasma (**CHAPMAN, 1980 ; FERRERI et ELBEIN, 1982 ; PUPPIONE et al, 1982 ;** cités par CUVELIER et al, 2005).

Les LDL constituent, de façon générale, une classe de lipoprotéines relativement peu abondante chez le ruminant. Des différences non négligeables sont néanmoins observées dans la littérature.

Chez la vache en lactation, le temps de demi-vie des LDL est approximativement 100 fois plus élevé que celui des VLDL ou des CM, estimé entre 1,6 et 4,5 minutes. Ce turnover plus rapide des CM et des VLDL explique partiellement le faible rapport du contenu du sérum de bovin en TG sur celui en cholestérol et en phospholipides. (**GLASCOCK et WELCH, 1974 ; PALMQUIST et MATTOS, 1978 ;** cités par CUVELIER et al, 2005). Cette particularité résulte du métabolisme, de la digestion gastro-intestinale et, chez l'animal en lactation, du métabolisme lipidique de la mamelle. L'animal étant un ruminant, il ingère peu de lipides, ceux-ci subissant des transformations majeures dans le rumen. De plus, les digesta passent en continu par le duodénum (contrairement au monogastrique, où le passage est uniquement postprandial): en conséquence, des CM ne peuvent pas être synthétisés en grandes quantités en période postprandiale, mais en petites quantités et de façon continue au cours de la journée. (**GODEAU, 1998**).

Quant aux VLDL, on ne peut attribuer leur faible concentration par l'interférence de la mamelle chez la vache laitière, puisque leurs taux sont aussi bas chez la vache tarie. (**GODEAU, 1998**).

Les HDL représentent ± 80 % du poids total des lipoprotéines sériques. Elles constituent ainsi la classe majeure de lipoprotéines du ruminant (**MILLS et TAYLAUR, 1971 ; Jonas, 1972; FERRERI et GLEOKLER, 1979; FORTE et al, 1981;** cités par CUVELIER et al, 2005).

En conclusion :

Comme les LP de moindre densité sont moins abondantes que les LDL et HDL, et comme ces dernières sont riches en cholestérol et PL, ces deux formes lipidiques sont les principaux constituants des lipides plasmatiques chez le bovin. (**GODEAU, 1998**).

Les PL et le cholestérol estérifié constituent donc approximativement 90 % du contenu lipidique plasmatique total, le cholestérol libre 8 % et les TG 2 % (**RAPHAEL et al, 1973** ; cités par CUVELIER et al, 2005).

Chez la vache, la concentration plasmatique en TG est comprise entre 80 et 230 mg/l, selon les auteurs et le stade physiologique de l'animal (**RAPHAEL et al, 1973** ; **PUPPIONE et al, 1982**; **MAZUR et RAYSSIGUIER, 1988** ; **VAN DIJK et WENSING, 1989** ; **TAKAHASHI et al, 2003** ; cités par CUVELIER et al, 2005). Elle est approximativement deux fois plus élevée chez la vache tarie en gestation que chez la vache en lactation : 226 vs 114 mg/l selon **VAN DIJK et WENSING (1989)**, 232 vs 135 mg/l selon **TAKAHASHI et al (2003** ; cités par CUVELIER et al, 2005), bien que les besoins en énergie de la vache en lactation soient accrus (**GODEAU, 1998**). Approximativement 60 % des TG plasmatiques se retrouvent dans les lipoprotéines de densité inférieure à 1,006 g/ml, tandis que les IDL en contiennent 35 % (**PUPPIONE et al, 1982** ; cités par CUVELIER et al, 2005).

La concentration en esters de cholestérol est élevée chez le bovin et se situe entre 1,4 et 2,5 g/l (**RAPHAEL et al.1973a** ; **VAN DIJK et WENSING, 1989** ; cités par CUVELIER et al, 2005). Les vaches en lactation présentent les teneurs les plus élevées et les vaches tarées gestantes les teneurs les plus basses (**VAN DIJK et WENSING, 1989** ; **TAKAHASHI et al.2003** ; cités par CUVELIER et al, 2005).

La concentration en cholestérol libre est approximativement 5 à 7 fois plus faible que celle en cholestérol estérifié (**RAPHAEL et al, 1973** ; **VAN DIJK et WENSING, 1989** ; cités par CUVELIER et al, 2005). La teneur totale en cholestérol se situe quant à elle entre 1 et 3 g/l (**RAPHAEL et al, 1973** ; **PUPPIONE et al, 1982** ; **MAZUR et RAYSSIGUIER, 1988** ; **VAN DIJK et WENSING, 1989** ; **TAKAHASHI et al, 2003** ; cités par CUVELIER et al, 2005).

II.4. Les lipides plasmatiques et le lait

Chez la vache laitière, le plasma fournit à la mamelle 50 % des AGL entrant dans la composition des lipides du lait. Les 50% restant sont synthétisés de novo dans la glande mammaire (à partir de l'acétate et du β -hydroxybutyrate). Mais ces proportions varient

fortement en fonction du stade physiologique (mois de lactation) et des apports alimentaires en lipides.

Les AGL libérés des TG des adipocytes peuvent être directement prélevés par la mamelle, ou être réexpédiés dans le sang sous la forme de TG et de LP.

Lorsque l'alimentation de la vache laitière est équilibrée (d'un point de vue énergétique), seuls les AGL des TG des LP circulantes sont prélevés par la mamelle grâce à sa LP Lipase, et les VLDL jouent un rôle déterminant dans ce processus.

Lorsque l'alimentation est incorrecte, ou lors d'un jeûne, la glande peut accroître ses prélèvements plasmatiques en AGL libres. Il existe également des interactions entre le métabolisme de l'azote et celui des lipides au niveau de la mamelle. **(GODEAU, 1998).**

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

PRESENTATION DES ANIMAUX ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Ce travail a été réalisé au niveau de deux fermes, la station de l'ITELV (institut technique d'élevage) et au niveau d'une ferme privée à Staoueli. Le choix de ces deux zones s'est fait par rapport à deux paramètres : garantir l'homogénéité de l'effectif laitier relativement aux conditions d'élevage. La proximité des fermes par rapport au laboratoire d'analyse (ENV) constitue le deuxième critère, les échantillons sanguins nécessitant un traitement immédiat (centrifugation et réfrigération).

Le présent chapitre retrace la présentation des animaux et le protocole expérimental ayant fait l'objet de notre étude qui a duré 2 mois (Février et Mars, 2008).

I. Matériels et méthodes

I.1. Matériels

I.1.1. Les animaux

La taille de l'échantillon est de 72 vaches laitières, réparties comme suit:

- Un effectif est de 20 vaches appartenant à la ferme privée de Staoueli. Les vaches sont toutes de race Prim'holstein, avec une moyenne d'âge de 5 ans.
- Un effectif est de 52 vaches appartenant à la station de l'ITELV. La majorité est constituée de Prim'holstein (81%), la Montbéliarde et la Brune des Alpes constituent respectivement 11% et 8% de l'échantillon. Le tableau 3 de l'annexe II revient sur les détails concernant chaque vache.



Prim'holstein



Montbéliarde

Les conditions d'élevage sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 2 : Données relatives aux conditions d'élevage de l'effectif

	Ferme de Staoueli	ITELV
Habitat	-Élevage semi - extensif -Bâtiment à stabulation libre	-Élevage semi – extensif -Bâtiment à stabulation libre
Programme sanitaire	NF ^A	NF
Alimentation	-Concentré (maïs + son) - Foin - herbe	- Concentré (NF) - Foin - herbe et ensilage

A : non fourni.

I.1.2. Matériel de laboratoire :

- Centrifugeuse (P-SELECTA[®]).
- Vortex (IVAC[®]).
- Bain marie thermostaté (JOUAN[®]).
- Spectrophotomètre à absorption moléculaire (LKB BIOCHROM[®]).
- Congélateur (ENIEM[®]).
- Pipettes graduées en verre de 1 ml (STEINER[®]).
- Micropipettes de 1000 µl et 10 µl (HIRCHMANN LABORGERATE[®]).
- Propipettes (BRAND[®]).
- Cupules Eppendorf.

I.1.3. Matériel de prélèvement :

- Tubes à prélèvement sous vide stériles et prêts à l'emploi (Vacutainer[®]).
- Aiguilles de ponction adaptables sur tube vacutainer.
- Porte aiguille.
- Glacière.
- Coton et alcool de désinfection.
- Fiches de renseignement.

I.1.4. Logiciel de statistique utilisé

- MINITAB[®] 14.0 pour Windows[®].

I.2. Méthodes

I.2.1. Protocole expérimental

Le protocole consiste à effectuer un seul prélèvement sanguin sur chaque vache. Tous les prélèvements sont effectués à la même heure, le matin, avant la distribution de l'aliment. Ils sont faits au niveau de la veine jugulaire ou à la veine caudale, dans des tubes à prélèvement sous vide stériles et prêts à l'emploi (Vacutainer N.D). Il s'agit:

- de tubes secs pour les prélèvements de sérum (tubes à bouchon brique),
- de tubes contenant un anticoagulant (E.D.T.A) pour les prélèvements de plasma (tube à bouchon lavande).

I.2.2. Traitement pré analytique des prélèvements

Le sang récolté est mis dans des glacières et amené au laboratoire de biochimie de l'ENV (il ne faut pas dépasser les 4 heures entre le prélèvement et la centrifugation).

Après une centrifugation à 3000 tours par minute pendant au moins 5 minutes effectuée pour chaque tube (après avoir décollé le sang coagulé sur la paroi pour les tubes secs) ; et avec la micropipette, le sérum est extrait des tubes secs, et le plasma des tubes E.D.T.A. Tous les deux sont ensuite mis dans des cupules Eppendorf (2 à 3 Eppendorf pour chaque tube) et sont ensuite congelés. Cette manipulation se répète à chaque nouvelle collecte.

I.3. Mesure des paramètres

Une fois la collecte du sang achevée (72 vaches), nous avons procédé à la mesure des triglycérides et du cholestérol dans le plasma et dans le sérum pour chaque sujet. Ce qui donne un total de 288 dosages (72×4) pour l'ensemble de l'effectif.

Après décongélation, le sérum et le plasma par lots, à la température du laboratoire, on procède aux dosages selon les protocoles expérimentaux correspondant à chaque paramètre,

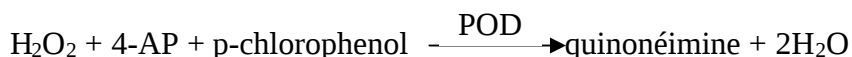
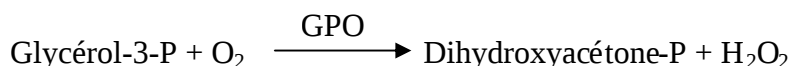
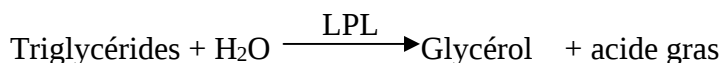
On effectue la lecture des absorbances pour le standard et les échantillons, et chaque fois on note la densité optique pour chaque échantillon.

I.3.1. Méthode de dosage des triglycérides

I.3.1.1 Principe

Méthode enzymatique colorimétrique (Kit triglycérides GPO-PAP Lab. SPINREACT[®]),

Les triglycérides sont hydrolysés en glycérol et acides gras par une lipoprotéine lipase (LPL); Le glycérol libéré est soumis aux actions successives d'une glycérol kinase (GK), d'une glycérol-3 phosphate oxydase (GPO) et d'une peroxydase (POD), selon les réactions suivantes :



La quinonéimine est de couleur rose violacé.

➤ Composition des réactifs :

Réactif 1 : - GOOD Buffer, pH 7,5.....50 mmol/L.

- p-chlorophenol.....2 mmol/L.

Réactif 2 : - Lipoprotéine lipase.....150000 U/L.

- Glycérol Kinase.....500 U/L.

- Glycérol-P-oxydase.....2500 U/L.

- Peroxydase.....440 mmol/L.

- 4-Aminophénazone.....0,1 mmol/L.

- ATP.....0,1 mmol/L.

Standard : - Triglycérides.....200 mg/dL.

➤ Le protocole expérimental :

	BLANC	STANDARD	DOSAGE
Standard	--	10 µl	--
Échantillon	--	--	10 µl
Réactif de travail	1,0mL	1,0mL	1,0mL

- ✓ Trois tubes sont préparés suivant les détails du tableau ci dessus
- ✓ Mélanger les tubes au vortex puis incuber pendant 5 mn à 37°C ou 10 mn à température ambiante.
- ✓ Longueur d'onde : 505 nm (490-550).
- ✓ Zéro de l'appareil : blanc réactif.
- ✓ La coloration est stable pendant 30 mn.

I.3.1.2. Dosage

La concentration de la molécule dosée est égale à l'absorbance du dosage divisée par l'absorbance du standard, le tout multiplié par la concentration de ce dernier (formule 1).

Formule 1 : Calcul de la concentration à partir de l'absorbance

$$[X] = \frac{A_{\text{dosage}}}{A_{\text{standard}}} \times n$$

[X] : la concentration recherchée.

A : l'absorbance ou la densité optique.

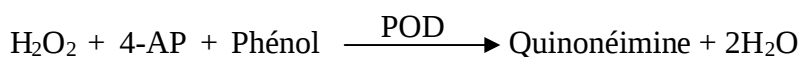
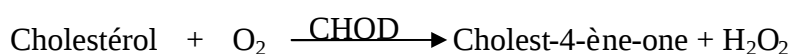
n : concentration du standard (200 mg/dl).

I.3.2.Méthode de dosage du cholestérol

I.3.2.1 Principe

Méthode enzymatique colorimétrique. (Kit cholestérol CHOD-PAP, Lab. SPINREACT®).

Le cholestérol et ses esters sont libérés à partir des lipoprotéines par des détergents. Le cholestérol-estérase (CHE) hydrolyse les esters, et le H₂O₂ est formé dans la réaction enzymatique d'oxydation du cholestérol par le cholestérol-oxydase (CHOD) puis transformé par une peroxydase (POD). L'ensemble des réactions est résumé dans les lignes suivantes.



4-AP = Amino-4-antipyrine.

La quantité de quinonéimine (de teinture rose violacé) formée est proportionnelle à la concentration de cholestérol.

➤ **Composition des réactifs :**

Réactif 1 : - Tampon Pipes, pH 6,7.....90 mmol/L.
 - Phénol.....26 mmol/L.
 Réactif 2 : - Peroxydase.....1250 U/L.
 - Cholestérol estérase.....300 U/L.
 - Cholestérol oxydase.....300 U/L.
 - 4-Aminophénazone.....0,4 mmol/L.
 Standard : - Cholestérol sol.....200 mg/dL.

➤ **Le protocole expérimental :**

	BLANC	STANDARD	DOSAGE
Standard	--	10 µl	--
Échantillon	--	--	10 µl
Réactif de travail	1,0mL	1,0mL	1,0mL

- ✓ Trois tubes sont préparés suivant les détails du tableau ci dessus
- ✓ Mélanger puis incubé pendant 5 mn à 37°C ou 10 mn à 15-25°C.
- ✓ Longueur d'onde : 505 nm (500-550).
- ✓ Zéro de l'appareil : blanc réactif.
- ✓ La coloration est stable pendant 60 mn.

I.3.2.2 Dosage

Les concentrations sont calculées de la même façon que pour les TG, par la formule 1 donnée précédemment.

L'ensemble des valeurs obtenues est rapporté dans l'annexe III.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre nous exposerons les résultats obtenus pour chaque paramètre (TG et cholestérol) dosés dans le plasma et le sérum. Des traitements statistiques sont faits tels que l'étude de la distribution des valeurs. Une approche simplifiée de la relation existant entre les taux sériques du cholestérol avec le stade de lactation et celui de gestation. La même chose est faite avec les TG. Une comparaison est faite entre les moyennes des taux de TG et du cholestérol sériques obtenues au laboratoire et quelques valeurs issues de la bibliographie. Nous terminerons ce travail par une conclusion et des recommandations déduites des résultats obtenus à partir des tests effectués.

II.1 Résultats du dosage des TG

II.1.1. Dans le sérum

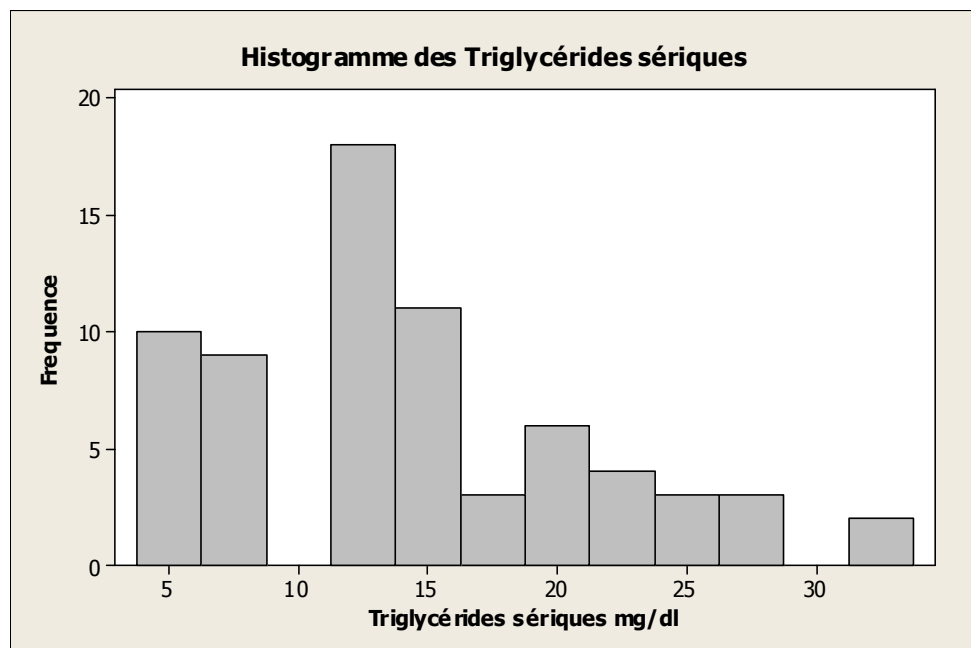


Figure 3 : histogramme des TG sériques

La figure 3 représente l'histogramme des TG sériques. Cet histogramme révèle la distribution des valeurs de TG sériques. Il est unimodal et décrit une distribution plus ou moins acceptable du point de vue Gaussien, avec une déviation vers la droite et un coefficient d'asymétrie de 0.74. Le tableau 5 présente les données relatives aux valeurs

des TG sériques. L'annexe IV revient sur les calculs effectués, les formules correspondantes ainsi que leurs significations.

Tableau 3 : données relatives aux valeurs des TG sériques

N^A	69
Moyenne	14,23
Déviat	6,82
ESM^B	0,821
Minimum	5,88
Médiane	13,33
Maximum	33,33
Etendue	27,45
Asymétrie	0,74

A : Taille de l'échantillon après élimination des valeurs déviantes (3)

B : Erreur standard de la moyenne

L'intervalle de référence obtenu pour l'ensemble de l'échantillon concernant les valeurs des TG sériques est : [0,60 – 27,85] mg/dl, ce qui correspond à [6 – 278,5] mg/l. Cet intervalle présente deux limites :

- ✓ une valeur limite inférieure = la moyenne – 2 S
- ✓ une valeur limite supérieure = la moyenne + 2 S

S représentant la déviation standard (ou écart-type) de la série des valeurs obtenues.

Cet intervalle sera calculé de la même façon pour l'ensemble de paramètres.

II.1.2. Dans le plasma

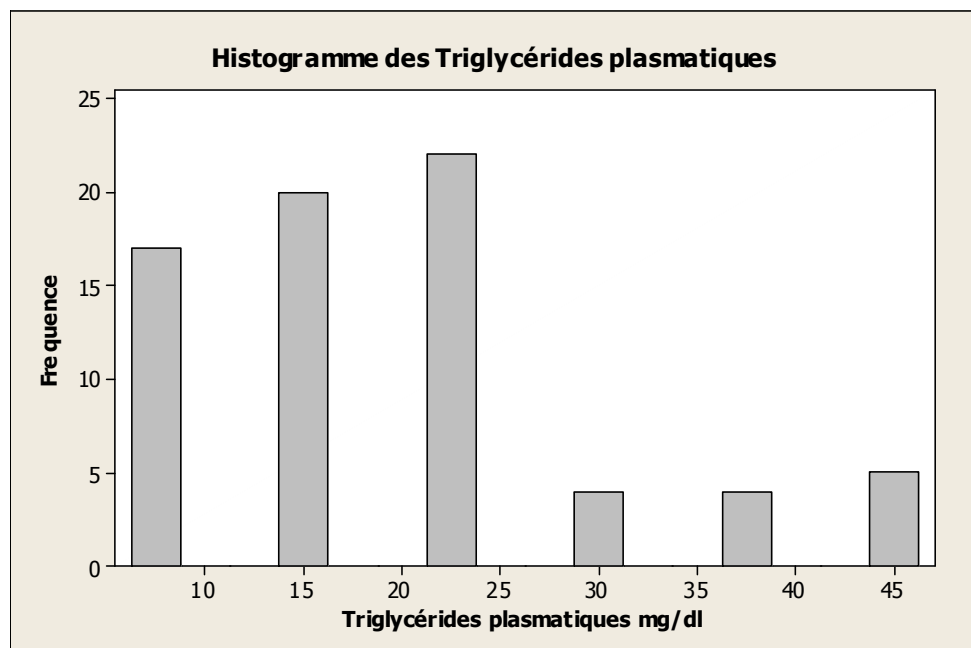


Figure 4 : histogramme des TG plasmatiques

L'histogramme des TG plasmatiques (figure 4) montre une distribution aléatoire. Le coefficient d'asymétrie confirme ce constat avec une valeur de 0,91. Donc, un test sera établi ultérieurement pour juger de la normalité de ces valeurs. Le tableau 6 présente des données statistiques relatives aux valeurs des TG plasmatiques.

Tableau 4 : données relatives aux valeurs des TG plasmatiques

N	72
Moyenne	20,19
Déviat	10,85
ESM	1.28
Minimum	7,69
Médiane	15,38
Maximum	46,15
Etendue	38,18
Asymétrie	0,91

Concernant les valeurs des TG plasmatiques, le calcul de l'intervalle $m \pm 2S$, ce qui devrait représenter 95% de la population, donne des valeurs négatives, ce qui, sur le plan biologique ne veut rien dire. Ceci s'explique par l'interférence des anticoagulants avec la méthode de dosage, il est donc préférable d'effectuer le dosage des TG sur sérum comme préconisé par **BOREL et al ; 1981**.

II.2 Résultats du dosage du cholestérol

II.2.1 Dans le sérum

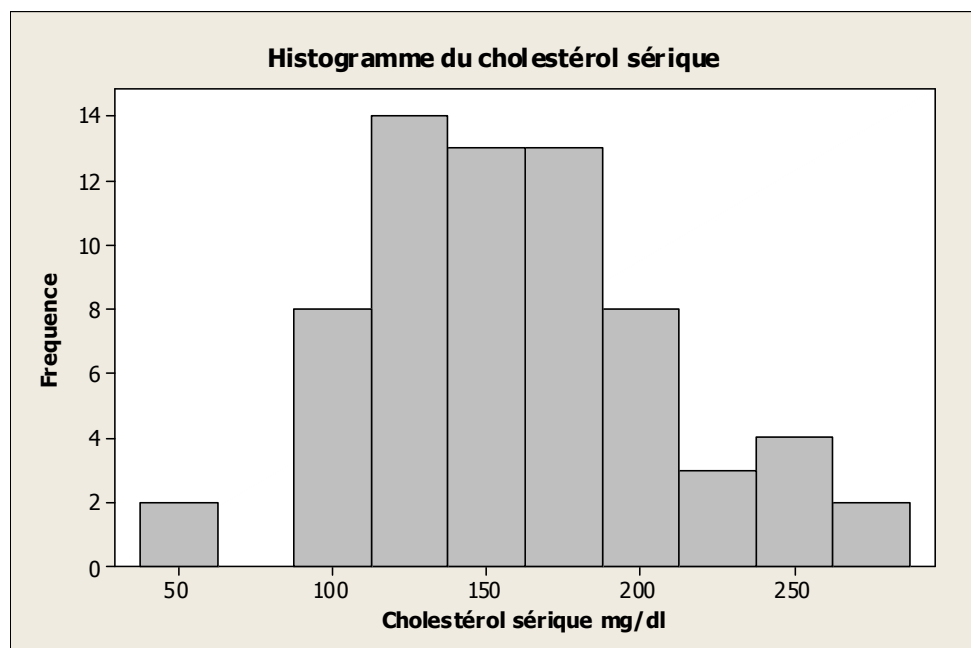


Figure 5 : histogramme du cholestérol sérique

Cette représentation (figure 5) décrit une distribution des valeurs du cholestérol sérique. Avec un coefficient d'asymétrie assez faible (0,3), cette distribution est plus ou moins correcte du point de vue Gaussien. L'élimination des valeurs déviantes pourrait être à l'origine de cette homogénéité. Le tableau 7 résume quelques données utiles relatives aux valeurs du cholestérol sérique.

Tableau 5 : données relatives aux valeurs du cholestérol sérique

N^A	67
Moyenne	159,14
Déviat ion standard	49,81
ESM	6,09
Minimum	41,38
Médiane	148,39
Maximum	271,79
Etendue	230,41
Asymétrie	0,3

A : Taille de l'échantillon après élimination des valeurs déviantes (5)

L'intervalle de référence obtenu pour l'ensemble de l'échantillon concernant les valeurs du cholestérol sérique est : [59,5 – 258,76] mg/dl, ce qui correspond à [595 – 2587,6] mg/l ou [0,59 – 2,59] g/l.

II.2.2. Dans le plasma

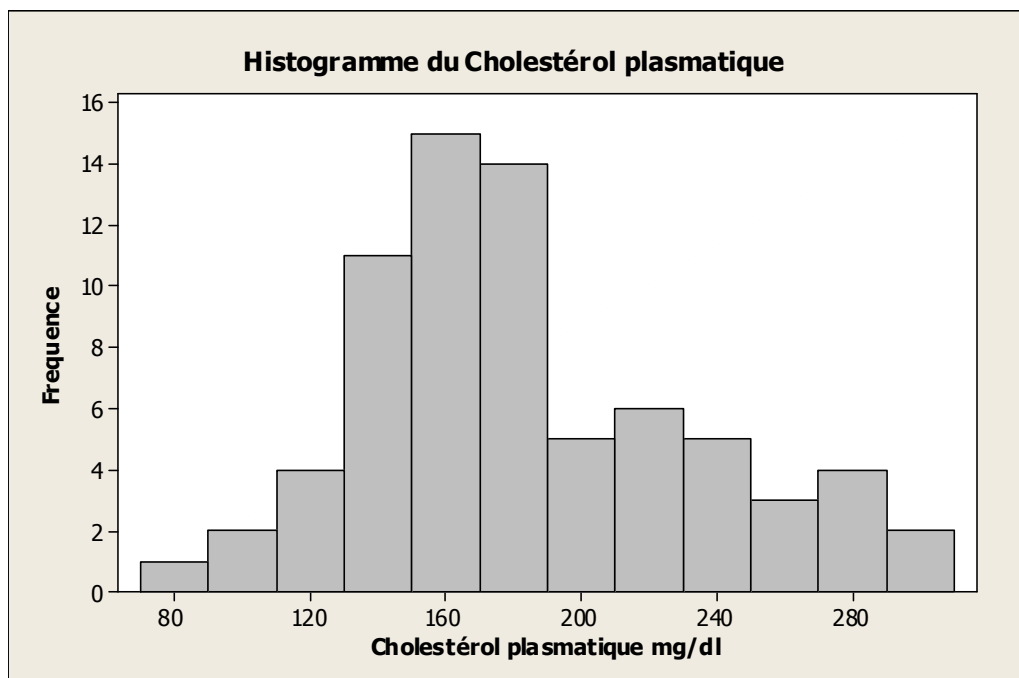


Figure 6 : histogramme du cholestérol plasmatique

L'histogramme ci-dessus (figure 6) reflète la distribution des valeurs du cholestérol plasmatique de l'ensemble de l'échantillon. On peut y voir une distribution qui se rapproche d'une courbe théorique de Gauss. A noter une légère déviation à droite. Le tableau 8 rassemble quelques informations d'ordre statistique concernant le cholestérol plasmatique.

Tableau 6 : données relatives aux valeurs du cholestérol plasmatique

N	72
Moyenne	181,91
Déviati on standard	50,73
ESM	5,98
Minimum	89,47
Médiane	178,57
Maximum	300,00
Etendue	210,53
Asymétrie	0,52

L'intervalle de référence obtenu pour l'ensemble de l'échantillon concernant les valeurs du cholestérol plasmatique est : [80,45 – 283,37] mg/dl, ce qui correspond à [804.5 – 2837,7] mg/l ou [0.8 – 2,83] g/l.

Conclusion

Les représentations par histogramme ne fournissant que des informations sur la distribution des valeurs, il importe de vérifier la normalité de cette distribution, afin de permettre l'utilisation de tests de comparaison des valeurs obtenues avec d'autres valeurs relevées de la bibliographie.

II.3 Les taux des TG et du cholestérol en fonction de la gestation et de la lactation

Pour la gestation, les vaches sont groupées suivant leur état (gestantes ou non) puis selon le stade (en mois) de gestation. Le tri établi pour la lactation, consiste à classer les vaches en vaches taries et vaches en lactation. Pour ces dernières, le groupement se fait selon le stade de lactation (en mois). Il importe de noter que les facteurs gestation et lactation sont traités séparément. Les moyennes sont calculées pour chaque groupe, et les résultats obtenus permettent de représenter graphiquement l'évolution des TG et du cholestérol selon le stade physiologique pris en considération. L'annexe V regroupe ces représentations. D'après ces graphiques, les TG et le cholestérol subissent des variations considérables au cours de ces deux états physiologiques, ce qui indique clairement que les

valeurs de référence doivent être établies en prenant compte non seulement de ces deux facteurs, mais aussi d'autres critères pouvant influencer les concentrations sanguines du paramètre dosé.

II.4 Les tests de normalité

Le test de normalité utilisé est le KS ou Kolmogorov-Smirnov (**HUN M.P., 2006**). Ce test vérifie la normalité de la distribution. Pour un échantillon à un nombre d'observation « n » supérieur à 35 et un degré de confiance de 95 % (au risque de 0,05), ce test a une valeur critique égale à : $1,36/\sqrt{n}$.

Si les valeurs du KS sont supérieures à cette valeur critique, l'hypothèse nulle qui considère la distribution comme étant normale est rejetée au seuil du risque considéré (0,05 ici). Sinon, l'hypothèse nulle est acceptée au seuil considéré. Les résultats sont représentés pour chaque paramètre, par des graphiques.

II.4.1 Les TG sériques

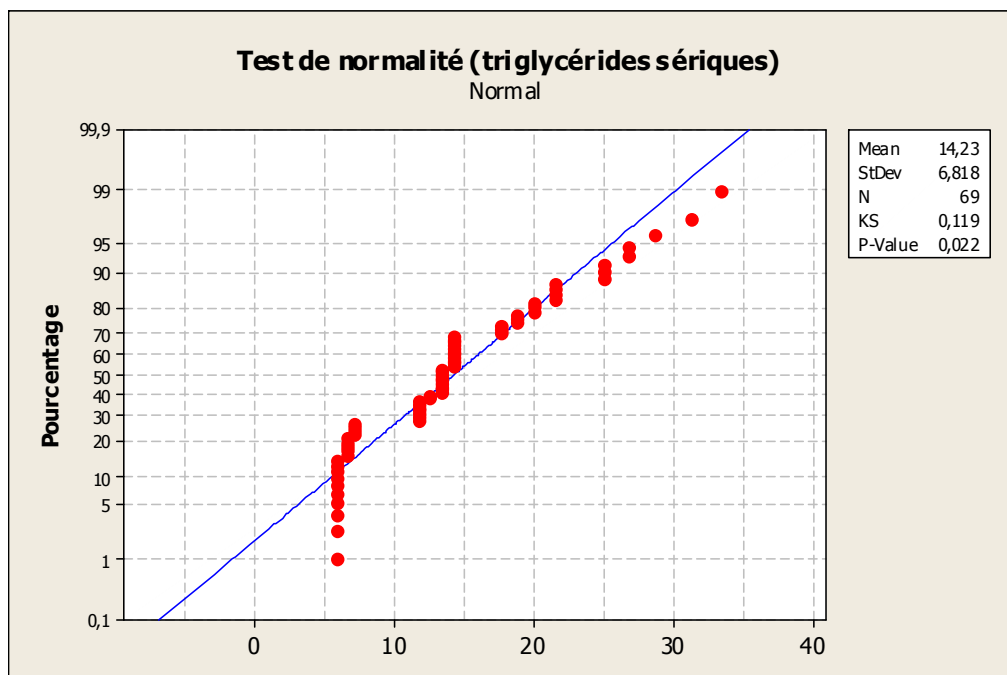


Figure 7 : Test de KS pour les TG sériques

A : Mean=moyenne ; StDev=déviati n standard ;N= Taille de l'échantillon ; KS= valeur calculée du test KS ; P-Value= valeur de P.

Pour les TG sériques (figure 7) le KS calculé renvoie une valeur de 0,119 pour une valeur critique égale à 0,163 ($1,36/\sqrt{69}$). Donc La valeur KS calculée est inférieure à la valeur critique. On en conclut que les valeurs de TG sériques suivent -selon le test de KS- une distribution normale au seuil de risque de 0,05.

II.4.2 Les TG plasmatiques

Vu l'instabilité des TG plasmatiques et les valeurs aberrantes obtenues, il n'est pas nécessaire de les traiter sur le plan statistique.

II.4.3. Le cholestérol sérique

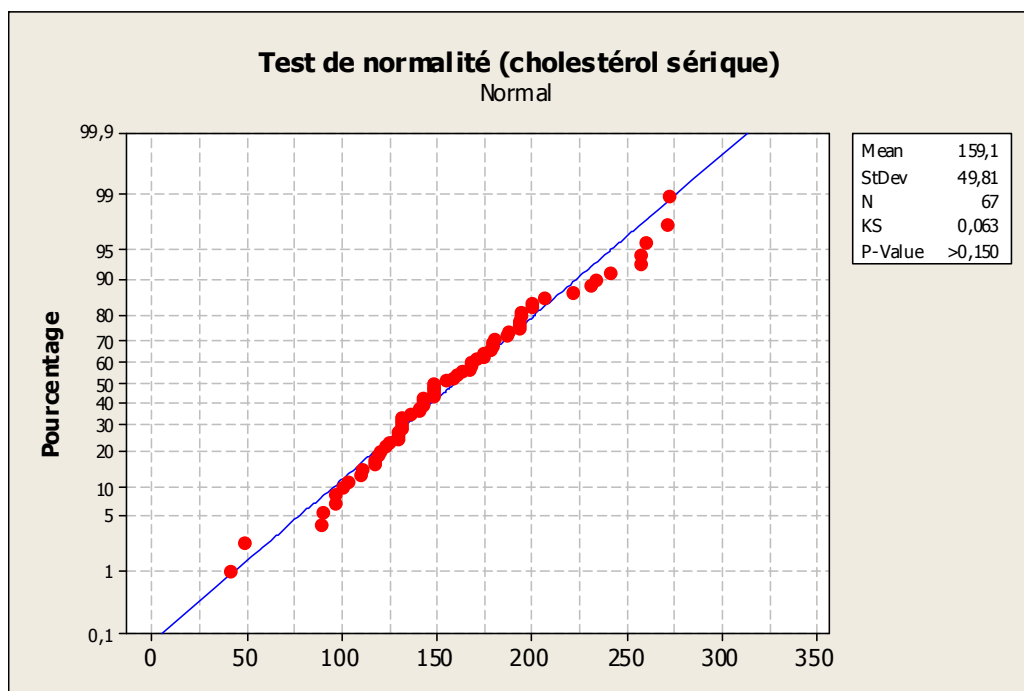


Figure 8 : Test de KS pour le cholestérol sérique

Pour le cholestérol sérique (figure 8), la distribution est considérée comme normale, puisque la valeur de KS (0,063) obtenue est largement inférieure à la valeur critique qui est de 0,166 ($1,36/\sqrt{67}$) avec un seuil de risque de 0,05.

II.4.4 Le cholestérol plasmatique

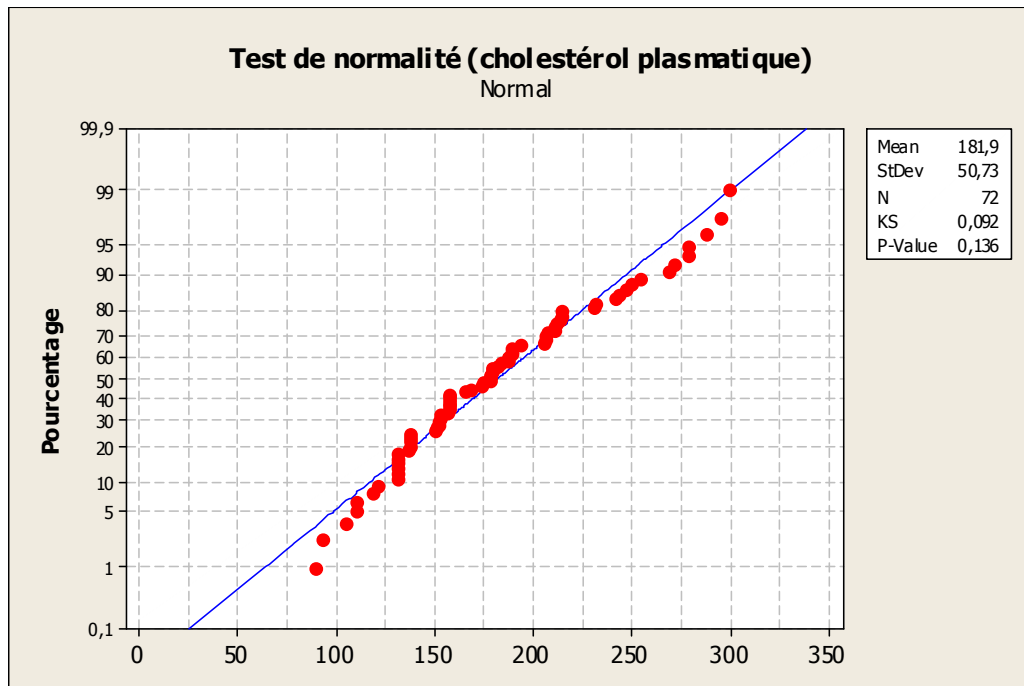


Figure 9 : Test de KS pour le cholestérol plasmatique

La valeur de KS (0,092) étant inférieure à la valeur critique (0,160), les valeurs du cholestérol plasmatique obéissent à une loi normale.

La normalité des résultats obtenus pour tous les paramètres mesurés est vérifiée, des tests paramétriques peuvent être réalisés sur ces données. Le test t est le mieux adapté à notre problématique.

II.5. Comparaison des moyennes obtenues avec des références bibliographiques

Les moyennes obtenues pour chaque paramètre sont comparées à des moyennes recueillies dans la bibliographie. Le but de cette comparaison est de démontrer la présence ou l'absence de différence significative entre ces moyennes et de conclure à l'acceptation ou non des valeurs recueillies dans la bibliographie comme valeurs de référence.

Le test statistique utilisé est le test « t » ou test de Student (**MOTULSKY , 2002**). Ce test paramétrique repose sur des comparaisons de moyennes.

Dans notre cas, on applique le test t à deux échantillons indépendants puisque les deux moyennes concernent la même variable mais proviennent de deux échantillons différents. Le test t à deux échantillons indépendants répond à la question : L'écart entre m_1 et m_2 est-

il significatif ? (m_1 et m_2 étant respectivement les moyennes de l'échantillon 1 et de l'échantillon 2)

Soient m_1 et m_2 respectivement, les moyennes de l'échantillon 1 et de l'échantillon 2

L'hypothèse nulle H_0 est :	$m_1 - m_2 = 0$
L'hypothèse alternative H_1 est :	$m_1 - m_2 \neq 0$

Le test consiste à calculer la probabilité « P » de l'hypothèse nulle au risque de 0,05. Si P calculée est inférieure au seuil fixé (0,05), l'hypothèse nulle est rejetée, et on prend en considération l'hypothèse alternative et conclure que les moyennes sont différentes au risque de 0,05. Si par contre P est supérieure à 0,05, l'hypothèse nulle est retenue, c'est-à-dire que les deux moyennes ne sont pas significativement différentes. La valeur de P détermine la probabilité de retrouver la même moyenne ou une moyenne supérieure à celle calculée si on devait refaire la même expérimentation.

II.5.1 Résultats du test

II.5.1.1 Pour les TG sériques

Moyenne établie = 14.27 mg/dl

Moyenne rapportée = 25,66 mg/dl (**BASOGLU et al ; 2003**)

Les résultats du test sont reportés dans le tableau 9

Tableau 7 : résultats du test t pour les TG sériques (Test 1).

Valeur t	Valeur P
-13,93	0,001

La valeur P (0,001) signifie que la probabilité pour que les deux moyennes soient égales au seuil de 0,05 est de 1/1000. Cette probabilité étant trop faible pour se produire, on prendra donc l'hypothèse alternative pour dire que la différence entre les moyennes des deux échantillons est très significative.

Le même test est réalisé avec une autre moyenne rapportée de la bibliographie (**Anonyme, 2002**) égale à 72.5 mg/dl. Le tableau 10 résume les résultats obtenus.

Tableau 8 : résultats du test t pour les TG sériques (Test 2).

Valeur t	Valeur P
-70,99	0,001

Le deuxième test fournit un résultat semblable au premier, et confirme la différence existant entre la moyenne établie et celles rapportées.

II.5.1.2 Pour le cholestérol sérique

Moyenne établie = 159,44 mg/dl

Moyenne rapportée =150,08 mg/dl (**BASOGLU et al ; 2003**). Le tableau 11 retrace les résultats issus du test t pour le cholestérol sérique

Tableau 9 : résultats du test t pour le cholestérol sérique (Test 1).

Valeur t	Valeur P
1,49	0,141

La valeur P (0,141) signifie que la probabilité calculée est supérieure au seuil de 0,05, donc l'hypothèse nulle est retenue, et il n'y a pas de différence significative entre la moyenne de notre échantillon et celle rapporté par la bibliographie. Le cas échéant, la valeur P signifie que si l'on refait la même expérimentation, nous avons 141 chances sur 1000 de retrouver un résultat identique ou supérieur, étant une probabilité assez importante ; ceci nous permet de retenir l'hypothèse nulle et de considérer que les deux moyennes sont identiques.

Le même test est établi avec une autre moyenne rapportée par la bibliographie (**KANEKO et al, 2002**), égale à 81.8 mg/dl. Le tableau 12 résume les résultats obtenus.

Tableau 10 : résultats du test t pour le cholestérol sérique (Test 2).

Valeur t	Valeur P
12,82	0,001

La valeur P (0,001) signifie que la probabilité pour que les deux moyennes soient égales au seuil de 0,05 est de 1/1000. Cette probabilité étant trop faible pour se produire, on prendra donc l'hypothèse alternative pour dire que la différence entre les moyennes des deux échantillons est très significative.

II.5.1.3. Conclusion pour les tests de comparaison des moyennes

A la lumière de la statistique réalisée, et à l'exception d'un seul test concernant le cholestérol sérique où il n'y avait pas de différence significative entre la moyenne de notre échantillon et une moyenne relevée dans la bibliographie, les tests de comparaison des moyennes traduisent les divergences existant entre les moyennes auxquelles a abouti notre enquête et celles relevées dans la bibliographie.

CONCLUSIONET RECOMMANDATIOONS

Conclusion générale et recommandations

Les paramètres (TG et cholestérol) ainsi que l'espèce (vache laitière) testés ont simplement servi d'exemple pour illustrer la problématique à laquelle est confronté le praticien : A quelles normes se référer lors de dosage de paramètres biochimiques ?

Les résultats obtenus à la suite de notre expérimentation, appuyés par des tests statistiques paramétriques puissants, ont démontré le risque encouru en s'appuyant sans réserve sur des valeurs relevées dans la bibliographie.

Ce constat a été déjà fait par d'autres auteurs, et selon **GODEAU (1998)** : « il faut prendre d'énormes précautions pour manipuler les valeurs de référence proposées pour la médecine vétérinaire par les laboratoires d'analyse ».

Il apparaît donc clairement qu'il est nécessaire d'établir des valeurs de référence spécifiques à notre cheptel et à notre environnement en prenant le soin :

- ✓ D'avoir un échantillon assez large : La taille théorique de l'échantillonnage nécessaire pour estimer l'intervalle de référence (à 95%) est de 40 données, mais il faut au moins 120 valeurs pour faire une estimation sérieuse (**SOLBERG, cité par GODEAU, 1998**)
- ✓ De prendre en considération les différents critères (Age, sexe, état gestatif, lactation, engraissement,...etc) qui peuvent influencer le paramètre biochimique testé.

Il va de soi que pareille entreprise nécessite des moyens humains et financiers assez importants qui doivent être pris en charge par les secteurs concernés.

Dans la pratique courante, pour les animaux de rente, et dans le cas où les analyses biochimiques sont demandées pour diagnostiquer une pathologie donnée, nous préconisons de faire en parallèle des prélèvements sur des animaux sains issus du même élevage, de la même race et se trouvant dans le même stade physiologique, et dont les valeurs serviront de référence.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **BOREL J. ; CHANARD J. ; GOUGEON J. ; LEUTENEGGER M. ; POTRON G. ; RANDOUX A. ; ZEITOUN P., 1981** : Comment prescrire et interpréter un examen de biochimie, éditions Maloine, pp : 16-27, 90.
2. **Basoglu et al, 2004** : Cholesterol and cholesterol esters on dairy cattle in fatty liver, Selçuk University, Department of veterinary science, Turkey.
3. **BOUJENAH A., 2008** : Effets de la supplémentation en levure probiotique *Saccharomyces Cerevisiae* dans l'alimentation de vaches laitières en péri-partum. Thèse de magistère, Ecole Nationale Vétérinaire, 161 pages.
4. **Cuvelier C., Cabaraux J.-F., Dufrasne I., Istasse L., Hornick J.-L., 2005** : Transport sanguin et métabolisme hépatique des acides gras chez le ruminant, Université de Liège, pp : 117- 120
5. **AKRAIM F.,** Effet du traitement thermique des graines de lin sur la biohydrogénation ruminale des acides gras polyinsaturés et la qualité de la matière grasse du lait de vache. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.137 pages.
6. **GADOUD R., JOSEPH M.M., JUSSIAU R., LISBERNEY M.-J., MANGEOL B., MONTMEAS L., TARRIT A., 1992** : nutrition et alimentation des animaux d'élevage, collection INRAP, Editions Foucher, pp : 41
7. **Godeau J.M, 1998** : Biochimie Pathologique et Clinique, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Liège. (PDF).
8. **HUN M. P., 2006:** Univariate Analysis and Normality test. The trustees of Indiana University
9. **Mazerolle F., 2008:** Statistique descriptive, notes de cours 1ere année de licence AES-Marseille & Aix.

- 10. MOTULSKY H.J., 2002 :** Biostatistique une approche intuitive. 257-268 Ed De Boeck.
- 11. KANEKO et al :** Clinical biochemistry of domestic animals; pp:890,894; 5^e Edition
- 12. SODIKOFF C., 1984 :** Guide de diagnostic de laboratoire, éditions Vigot, p : 3
- 13. WILLARD M. D.1993 :** Le laboratoire en clinique vétérinaire, éditions Maloine, p : 11

ANNEXES

Annexe I :

Tableau 11 : caractéristiques physico-chimiques des lipoprotéines plasmatiques bovines ¹

Lipoprotéines ²	Densité (g/ml)	Diamètre (Å)	Composition (% Matière sèche)					Composition en apolipoprotéines
			Cholestérol libre	Cholestérol estérifié	Triacylglycérols	Phospholipides	Protéines	
CM	< 0,95	650-3000	4-6	1-4	72-87	4-5	2-3	AI, AIV, B48, CI, CII, CIII, CIV
VLDL	< 1,006	250-800	3-9	2-15	45-74	7-25	6-23	B48, B100, CI, CII, CIII, CIV, E
IDL	1,006-1,020	ND ³	8	2-3	61-66	13	11-16	AIV, B48, B100
LDL	1,019-1,076	190-250	5-11	31-41	0-21	18-41	19-32	B100, E
HDL	1,060-1,21	70-150	1-6	13-37	0-6	12-41	28-68	AI, AII, AIV, CI, CII, CIII, CIV, E

1. Données résumées de : Mills et Taylaur, 1971 ; Raphael et al., 1973 ; Stead et Welch, 1975 ; Forte et al., 1981 ; Ferreri et Elbein, 1982 ; Puppione et al., 1982 ; Bauchart et al., 1989 ; Bauchart, 1993 ; Takahashi et al., 2003 ; rapporté par CUVELIER et al, 2005)

2. CM : chylomicrons ; VLDL : very low density lipoprotein ; IDL : intermediate density lipoprotein ; LDL : low density lipoprotein ; HDL : high density lipoprotein

3 Non déterminé

Annexes

Annexe II :

Tableau 12 : Données relatives aux vaches ayant servi d'échantillons à notre étude.

N° Echantillon	Matricule	Race	Age (Années)	N° Lactation / Stade	Gestation/Stade
1	4006	P	7	2 / 6è mois	Non
2	3446	P	7	3 / 5è mois	oui / 3è mois
3	4004	P	4	3 / 10è mois	oui / 4è mois
4	6488	P	7	2 / 10è mois	oui / 4è mois
5	5428	P	7	3 / 10è mois	oui / 7è mois
6	2572	P	7	3 / Tarie	oui / 3è mois
7	7221	P	7	3 / 6è mois	Non
8	3280	P	7	3 / 10è mois	Non
9	1638	P	7	3 / 10è mois	Non
10	3556	P	7	4 / 6è mois	Non
11	7169	P	7	3 / 10è mois	Non
12	230	P	7	3 / 10è mois	Non
13	4002	P	4	2 / 10è mois	Non
14	7449	P	7	3 / 10è mois	Non
15	4522	P	7	2 / Tarie	Non
16	2255	P	6	3 / Tarie	Non
17	4947	P	5	2 / 10è mois	Non
18	4948	P	5	3 / 10è mois	Non
19	2330	P	4	2 / 10è mois	Non
20	2573	P	7	4 / 6è mois	oui / 3è mois
21	236	P	7	4 / 6è mois	oui / 3è mois
22	4457	P	5	3 / 6è mois	oui / 3è mois
23	3308	P	6	3 / 6è mois	oui / 4è mois
24	3311	P	6	4 / 10è mois	oui / 7è mois
25	1629	P	7	3 / 6è mois	oui / 3è mois
26	5365	P	7	3 / 6è mois	oui / 3è mois
27	2409	P	7	3 / 6è mois	oui / 3è mois
28	1162	P	7	3 / 6è mois	oui / 3è mois
29	2635	P	5	2 / 6è mois	oui / 3è mois
30	2263	P	6	3 / 4è mois	Non
31	21008	P	7	4 / 6è mois	Non
32	24012	P	3	1 / 2èmois	Non
33	7007	P	5	2 / 5è mois	oui / 3è mois
34	2278	M	5	3 / 3è mois	Non
35	7154	M	6	3 / 4è mois	Non
36	3552	P	5	2 / 8è mois	oui
37	9303	BA	5	2 / 2è mois	Non
38	8708	BA	4	2 / 8è mois	Non
39	9478	P	5	2 / 6è mois	Non

Annexes

N° Echantillon	Matricule	Race	Age (Années)	N° Lactation / Stade	Gestation/Stade
40	8710	BA	4	2 / 2è mois	Non
41	99006	P	9	5 / Tarie	Oui / Fin
42	7014	P	6	3 / 5è mois	Non
43	7738	P	5	2 / Tarie	Non
44	5913	M	6	2 / Tarie	Non
45	1111	P	5	2 / 6è mois	Non
46	25010	P	3	1 / 6è mois	Non
47	2954	P	5	2 / Tarie	Oui / Fin
48	21009	P	7	3 / Tarie	Non
49	7798	P	6	2 / 8è mois	Non
50	25002	M	3	1 / 1è mois	Non
51	25015	P	3	1 / 4è mois	Non
52	5755	P	5	3 / 3è mois	Non
53	1354	BA	4	2 / 4è mois	Non
54	25009	P	3	1 / 6è mois	Non
55	1442	P	6	2 / 6è mois	Non
56	2283	P	6	2 / 1è mois	Non
57	97003	P	10	3 / Tarie	Non
58	23001	P	5	2 / 1è mois	Non
59	25012	P	3	Génisse	Oui / Fin
60	20012	P	8	3 / Tarie	Oui / Fin
61	21006	P	7	3 / Tarie	Oui / Fin
62	4755	M	5	2 / Tarie	Oui / Fin
63	25019	P	3	Génisse	Oui / Fin
64	24013	P	3	Génisse	Oui / Fin
65	22005	M	6	Tarie	Oui / Fin
66	25016	P	3	Génisse	Oui / Fin
67	26001	P	2	Génisse	Oui / Début
68	3831	P	5	2 / Tarie	Oui
69	24008	P	4	1 / 8è mois	Non
70	25013	P	3	Génisse	Oui
71	99005	P	9	4 / 1è mois	Non
72	23003	P	5	2 / Tarie	Non

P = Prim'holstein ; M= Montbéliarde ; BA= Brune des Alpes

Annexes

Annexe III : Résultats des dosages des quatre paramètres : Triglycérides (sériques et plasmatiques) et cholestérol (sérique et plasmatique)

N° Echantillon	TG Sériques (mg/dl)	TG Plasmatiques (mg/dl)	Cholestérol Sérique (mg/dl)	Cholestérol Plasmatique (mg/dl)
1	20	30,77	180	131,58
2	6,67	7,69	120	105,26
3	13,33	7,69	233,33	189,47
4	6,67	7,69	193,33	157,89
5	20	23,08	160	121,05
6	13,33	15,38	100	89,47
7	13,33	15,38	166,67	157,89
8	13,33	15,38	193,33	157,89
9	6,67	15,38	326,67 *	231,58
10	6,67	7,69	260	184,21
11	20,00	15,38	241,03	110,53
12	26,67	7,69	271,79	189,47
13	13,33	7,69	123,08	152,63
14	13,33	7,69	302,56 *	189,47
15	33,33	30,77	276,92 *	136,84
16	13,33	46,15	256,41	210,53
17	13,33	23,08	323,08 *	294,74
18	26,67	46,15	230,77	157,89
19	13,33	15,38	256,41	210,53
20	6,67	15,38	297,44	131,58
21	17,65	15,38	193,55	278,95
22	5,88	23,08	167,74	247,37
23	11,76	7,69	154,84	152,63
24	5,88	7,69	174,19	205,26
25	5,88	7,69	148,39	173,68
26	5,88	7,69	109,68	137,5
27	5,88	7,69	206,45	268,75
28	17,65	23,08	129,03	131,25
29	11,76	23,08	141,94	168,75
30	5,88	23,08	167,74	193,75
31	5,88	30,77	270,97	287,5
32	5,88	23,08	148,39	150
33	17,65	23,08	148,39	131,25
34	5,88	15,38	148,39	175
35	11,76	7,69	174,19	187,5
36	11,76	15,38	193,55	206,25
37	11,76	23,08	303,23 *	231,25
38	11,76	23,08	129,03	156,25
39	11,76	23,08	187,10	187,5
40	5,88	23,08	135,48	137,5
41	28,57	23,08	186,21	243,75

Annexes

N° Echantillon	TG Sériques (mg/dl)	TG Plasmatiques (mg/dl)	Cholestérol Sérique (mg/dl)	Cholestérol Plasmatique (mg/dl)
42	14,29	23,08	103,45	118,75
43	14,29	23,08	179,31	331,25
44	14,29	15,38	131,03	278,79
45	21,43	7,69	193,10	212,12
46	14,29	15,38	179,31	181,82
47	14,29	7,69	117,24	151,52
48	7,14	15,38	110,34	157,58
49	14,29	15,38	158,62	254,55
50	21,43	15,38	124,14	157,58
51	14,29	23,08	131,03	206,06
52	7,14	23,08	220,69	339,39
53	7,14	7,69	117,24	151,72
54	21,43	23,08	131,03	206,90
55	14,29	23,08	131,03	241,38
56	14,29	15,38	96,55	213,79
57	14,29	15,38	48,28	110,34
58	7,14	46,15	41,38	137,93
59	14,29	15,38	96,55	131,03
60	21,43	38,46	89,66	151,72
61	56,25 *	38,46	141,94	179,31
62	25,00	46,15	129,03	131,03
63	25,00	23,08	148,39	165,52
64	31,25	23,08	141,94	137,93
65	43,75 *	46,15	140,74	179,31
66	43,75 *	38,46	177,78	178,57
67	25,00	38,46	140,74	271,43
68	12,50	30,77	170,37	214,29
69	18,75	23,08	200	214,29
70	18,75	15,38	162,96	178,57
71	12,50	7,69	118,52	92,86
72	18,75	15,38	88,89	178,57

* : Valeurs extrêmes éliminés par le test de la boîte à moustaches (Box plot).

Annexe IV : Statistiques appliquées pour le traitement des résultats des dosages

1. La moyenne

La moyenne arithmétique d'une série ou moyenne arithmétique simple se calcule par une formule qui est donnée par l'expression :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- $\bar{x}$ désigne classiquement la moyenne.
- n correspond au nombre d'observations (taille de l'échantillon)
- i : est un indice qui varie de 1 à n .

2. Minimum, maximum et intervalle de variation (aussi appelée « étendue »)

Les minimum et maximum d'une série donnent immédiatement une certaine idée de la dispersion. L'intervalle de variation (IV) ou l'étendue de la série est obtenu ainsi :

$$\text{Intervalle de variation de la série} = \text{valeur maximale} - \text{valeur minimale}$$

3. La variance

La variance est un indicateur de la dispersion d'une série par rapport à sa moyenne. Elle se résume à un seul chiffre qui s'obtient par la formule :

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- s^2 désigne la variance des n valeurs associées aux n unités statistiques de la population. Chacune de ces valeurs est désignée par x_i , le i étant un indice i qui varie de 1 à n ($i = 1, \dots, n$) $\bar{x}$ est la moyenne arithmétique simple des n valeurs associées aux unités statistiques x_i ($i = 1, \dots, n$).
- $\bar{x}$ est la moyenne arithmétique simple des n valeurs associées aux unités statistiques x_i ($i = 1, \dots, n$).

4. La déviation standard ou écart-type

La définition de l'écart-type d'une série de chiffres est donnée par la formule :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

En d'autres termes, l'écart-type est égal à la racine carrée de la variance.

De façon générale :

- si l'écart-type est faible, cela signifie que les valeurs sont assez concentrées autour de la moyenne.
- si l'écart-type est élevé, cela veut dire au contraire que les valeurs sont plus dispersées autour de la moyenne.

5. Erreur standard sur la moyenne (ESM)

Elle est donnée par la formule:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

S représentant la déviation standard.

6. Coefficient d'asymétrie (Skewness en Anglais)

Il est calculé à partir du cube des écarts à la moyenne et mesure le manque de symétrie d'une distribution. Désigné « g_1 » Il est obtenu par la formule :

$$g_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- Un coefficient positif indique une queue de distribution étalée vers la droite.
- Un coefficient négatif indique une queue de distribution étalée vers la gauche.

Annexes

Dans le cas d'une distribution normale, par symétrie on a: $\beta_1 = 0$

7. Le test t de Student

La formule est donnée ci-dessous

$$= \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

$$= \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

μ = moyenne de la population (dans notre cas, il est bien entendu que la moyenne de la bibliographie est considérée comme étant la moyenne de la population).

$\sigma / \sqrt{n}$ = erreur standard sur la moyenne

Annexe V : Variations des TG et du cholestérol en fonction du stade de lactation et celui de gestation

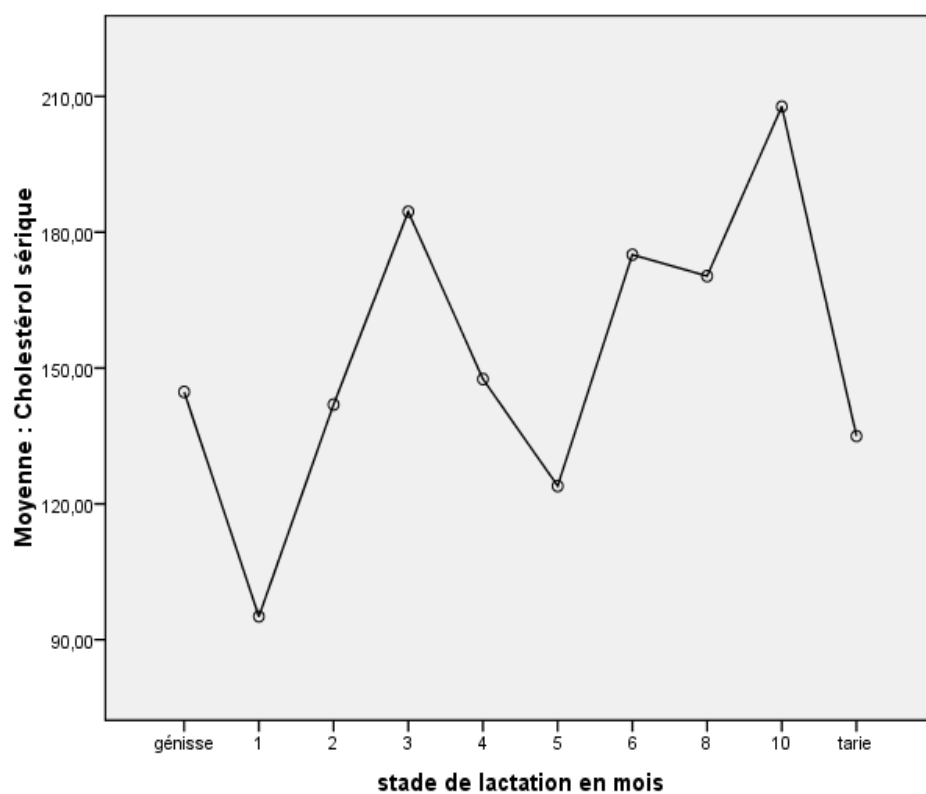


Figure 10 : Cholestérol sérique en fonction du stade de lactation

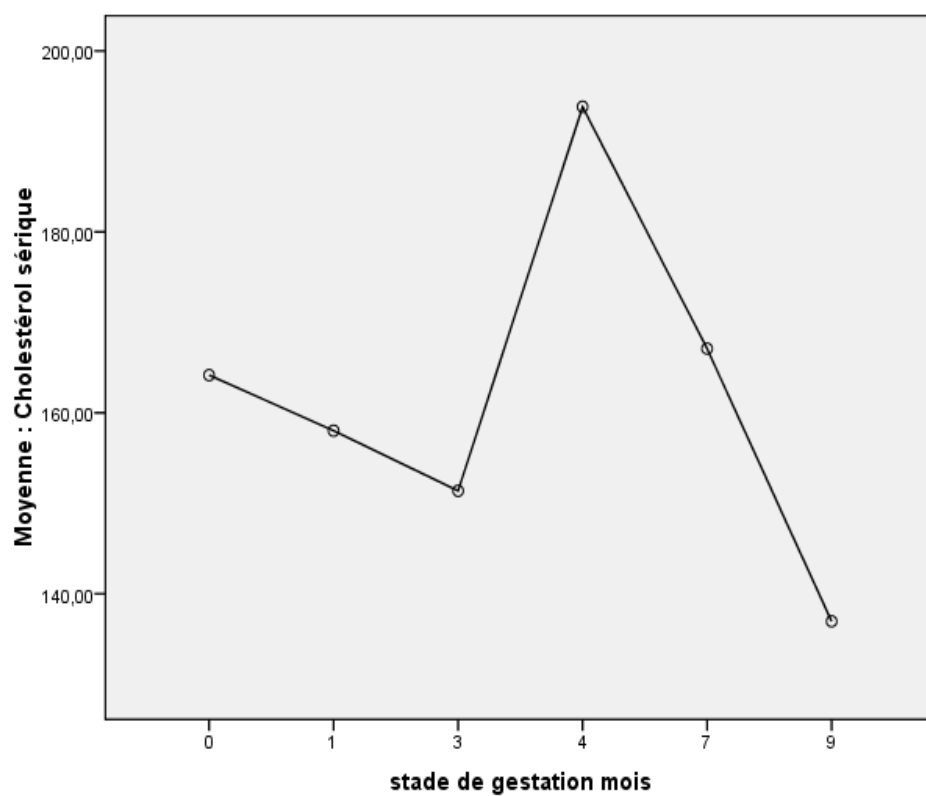


Figure 11 : Cholestérol sérique en fonction du stade de gestation

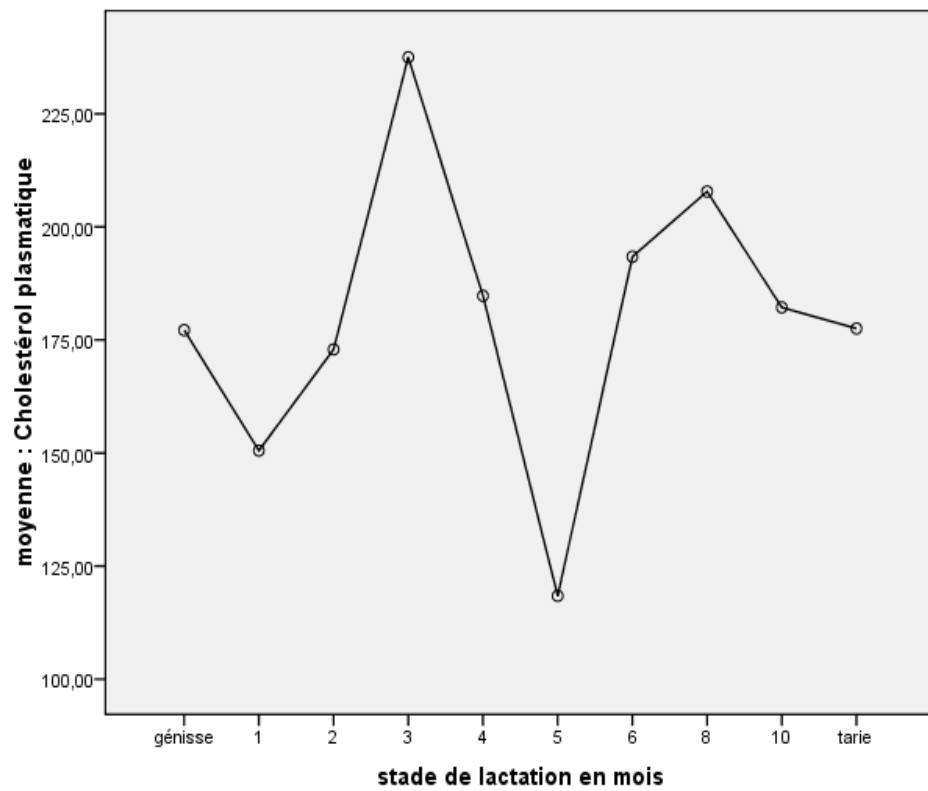


Figure 12 : Cholestérol plasmatique en fonction du stade de lactation

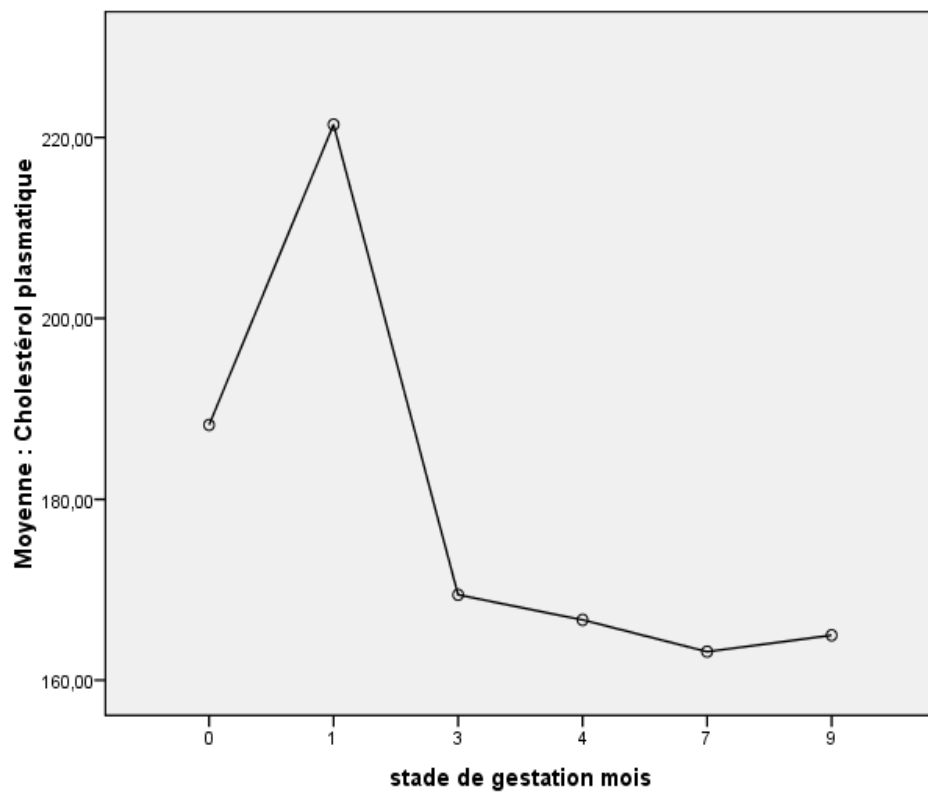


Figure 13 : Cholestérol plasmatique en fonction du stade de gestation

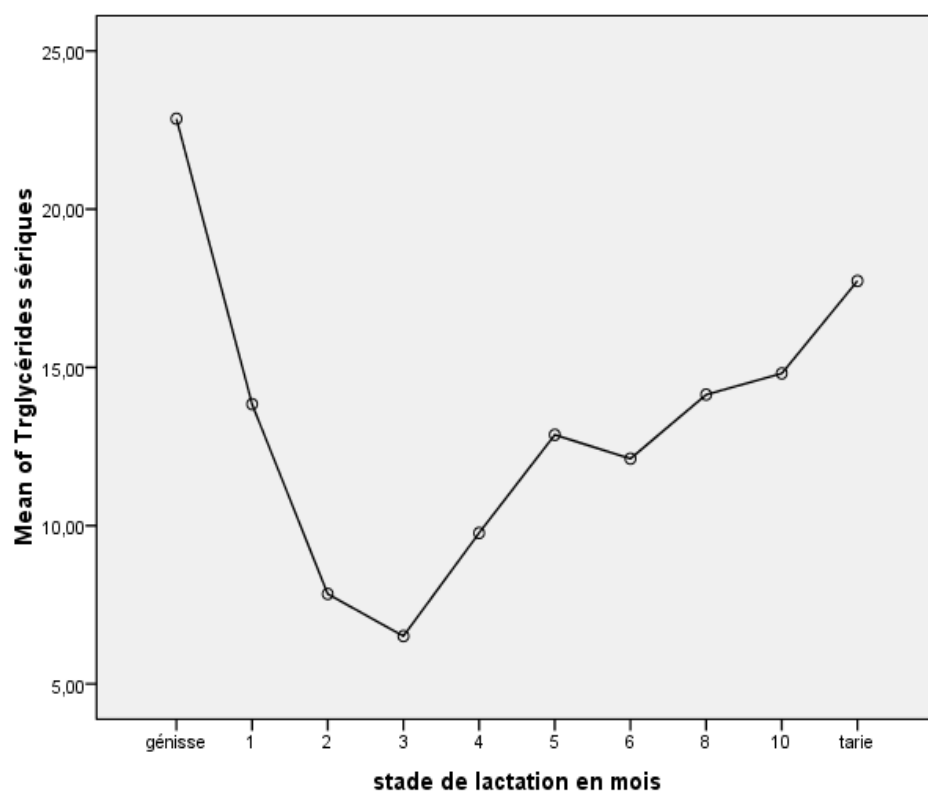


Figure 14 : Triglycérides sériques en fonction du stade de lactation

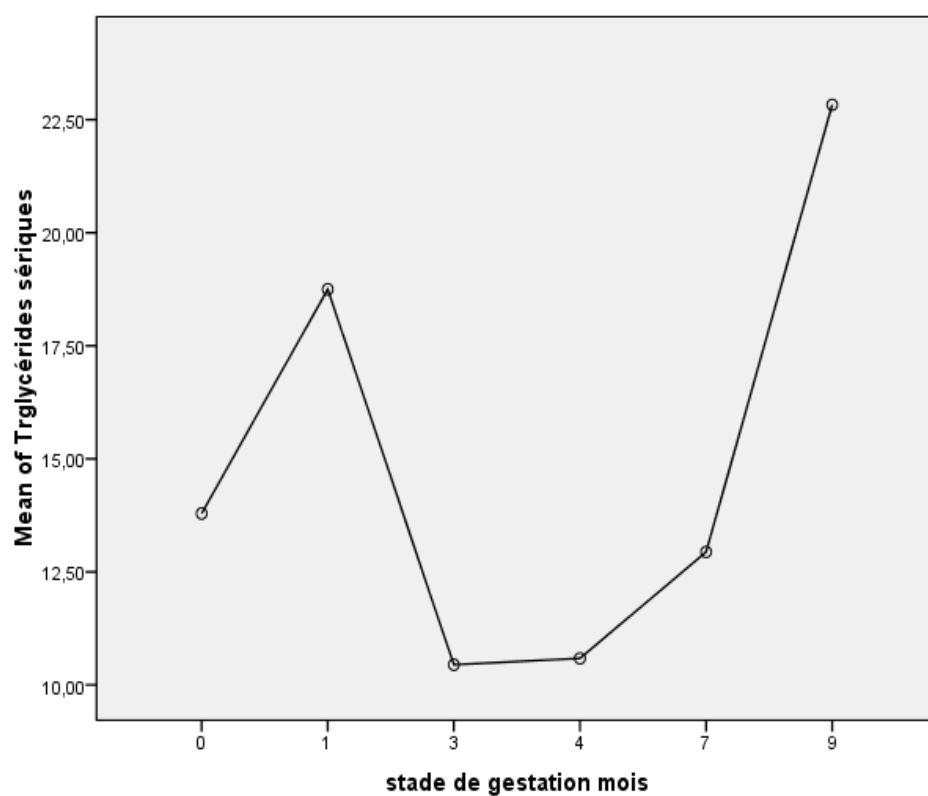


Figure 15 : Triglycérides sériques en fonction du stade de gestation