

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et physiologie cellulaire

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :

(Option) GENIE BIOLOGIQUE

Thème

Etude des variations des taux de plusieurs paramètres
sériques du dromadaire (*Camelus dromedarius*) en fonction
de certains facteurs intrinsèques et extrinsèques de l'animal

Soutenu le :15/09/2015

présenté par :

M^{elle} Boukhibar Sabrina Ihen

M^{elle} Mokrani Iméne

Devant le Jury :

Mr OUSAADOU L

M.A.A

BPC, U.B. 1

Président

Mme AMOKRANE A

M.A.A

BPC, U.B. 1

Examinatrice

Mme DJAZOULI ALIM F Z

M.C.A

BPO, U.B. 1

Promotrice

Promotion 2014/2015

✿ Je dédie cette thèse à ... ✍

A ma très chère mère NADIA

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon Père Djamel Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes chers frères et sœur que j'adore: Abdelhak, Mohamed et Rayan En témoignage de mon amour et de ma profonde admiration. Que Dieu vous protège et vous prête bonne santé et longue vie.

A mes tantes et mes oncles spécialement : Leïla

A mes cousins et cousines et spécialement : Zineb

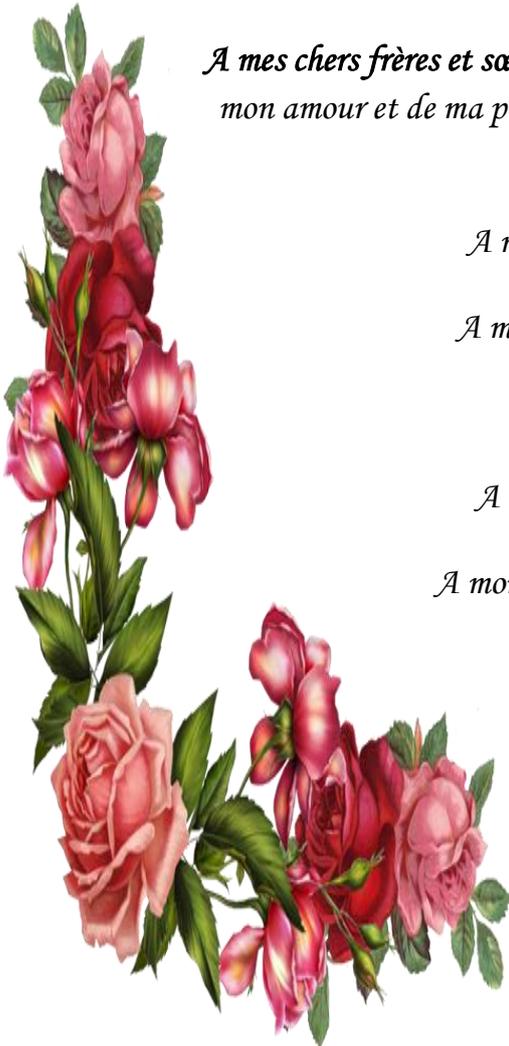
À ma meilleure amie et ma binôme : Imène

A mes amies : Zoubida, Souhila, Faiza, Hadjira.

A mon fiancé Abdelhafid qui m'a beaucoup donné

A toute ma famille sans exception.

Ihcen



✿ *Je dédie cette thèse à ...* ✍

A la mémoire de mon Père Ahmed

*Aucune dédicace, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour toi,
Tu es toujours dans mon esprit et dans mon cœur,
Et Que Dieu, le miséricordieux, t'accueil dans son éternel paradis.*

A ma très chère mère Meriem

*Toute l'encre du monde ne pourrait suffire pour exprimer mes sentiments envers un être très chère. Tu as toujours été mon école de patience, de confiance et surtout d'espoir et d'amour.
Tu es et tu resteras pour moi ma référence, la lumière qui illumine mon chemin.
Ce travail est le résultat de l'esprit de sacrifice dont tu es fait preuve, de l'encouragement et le soutien que tu ne cesses de manifester,
J'implore Dieu, tout puissant, de tu accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.*

A Mes grands-pères et mes grand-mères maternels et paternels

A Mes chers frères et sœurs

*Mohamed, Rabah, Hichem, Sihem, Nacima, et surtout ma sœur Saida et son mari Foade
Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Que dieu vous garde, et vous procure santé, bonheur et longue vie.*

A mes tantes et oncles maternels et paternels

Spécialement Mouhamed rabi yarhemou

À ma meilleure amie et ma binôme : IHCEN

A mes amies Aicha, Zoubida.

Imene



Remerciements

Tout d'abord :

Louange à DIEU le Tout Puissant, de nous avoir donné la force et le courage afin de réaliser ce travail



Nous remercions vivement Mr OUSAAO L. maitre-assistant au département de biologie et physiologie cellulaire d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de notre travail. Nous tenons à vous exprimer ici notre profonde gratitude.

Nos remerciements s'adressent aussi à M^{me} AMOKRANE A. maitre assistante au département de biologie et physiologie cellulaire d'avoir accepté de juger ce modeste travail, pour cela, nous tenons à vous exprimer notre profonde gratitude et respects.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre promotrice, M^{me} DJAZOULI ALIM F Z. Maitre de Conférence au département de Biologie et Physiologie des Organismes pour son encadrement, ses orientations scientifiques, Ses conseils et ses encouragements durant la réalisation de ce mémoire.

Nos sincères remerciements s'adressent également à Mr Djazouli Z pour son aide a la réalisation de l'étude statistique et à l'équipe de laboratoire d'analyse médicale de l'EPH de Blida, pour toute l'aide apporté pendant notre stage.

Un grande merci à tous nos enseignants de la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'Université BLIDA-1-, pour la précieuse formation que nous avons reçue de leur part tout au long de notre cursus universitaire, un grand merci.

Enfin, A tous nos camarades de la promotion 2014/2015 Génie Biologique, et nos amis, merci pour tous ces moments de partage, de complicité et de rire sans lesquels la pression aurait été insoutenable.

Sommaire

INTRODUCTION

CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

| | | |
|---------|---|----|
| I.1 | Le maintien des limites physiologiques..... | 1 |
| I.1.1 | Paramètres physiologiques et homéostasie..... | 1 |
| I.1.2 | Paramètres Biochimiques sanguins..... | 1 |
| I.1.2.1 | Electrolytes..... | 4 |
| I.1.2.2 | Paramètres organiques azotes..... | 7 |
| I.1.2.3 | Paramètres organiques énergétiques..... | 11 |
| I.1.3 | Etude comparée des concentrations optimales des paramètres biochimiques dans le milieu interne..... | 12 |
| I.1.3.1 | Chez les grands mammifères..... | 12 |
| I.1.3.2 | Chez les petits mammifères..... | 13 |
| I.2 | Les animaux déserticoles et l'adaptation aux conditions extrêmes..... | 13 |
| I.2.1 | Particularités des milieux désertiques chauds..... | 14 |
| I.2.2 | Mammifères déserticole et réponses physiologiques: cas du dromadaire... .. | 15 |
| I.2.3 | Particularités biochimiques..... | 16 |

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.

| | | |
|----------|--|----|
| II.1 | Lieux de réalisation des étapes expérimentales..... | 18 |
| II.2 | Matériel d'étude | 18 |
| II.2.1 | Modèle animal..... | 18 |
| II.2.3. | Matériel biologique | 19 |
| II.2.3.1 | Lieux et mode des Prélèvements..... | 19 |
| II.2.3.2 | Mode d'obtention des sérums..... | 20 |
| II.2.3.3 | Stockage et transport..... | 20 |
| II.2.4 | Matériel non biologique | 20 |
| II.3 | Caractéristiques climatiques du bioclimat du dromadaire..... | |
| II.4 | Méthodes d'études..... | 20 |
| II.5 | Analyses statistiques des données..... | 27 |

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.

| | | |
|-------------------------|---------------------------------------|----|
| III.1 | Les variations de l'Urée..... | 29 |
| III.2 | Les variations de La créatinine | 31 |
| III.3 | Les variations du Phosphore | 32 |
| III.4 | Les variations du Calcium..... | 35 |
| III.5 | Les variations du chlore..... | 37 |
| III.6 | Les variations du Sodium..... | 39 |
| III.7 | Les variations du Potassium..... | 41 |
| CONCLUSION | | 45 |

| | | |
|--|--|----|
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | | 46 |
|--|--|----|

ANNEXE

Liste des tableaux

| tableau | Titre | page |
|---------------------|---|-------------|
| Tableau I | les constantes biochimiques usuelles de certains mammifères | 13 |
| Tableau II | Les constantes biochimiques usuelles de certains petits mammifères | 13 |
| Tableau III | Classification taxonomique du dromadaire (<i>Camelus Dromedarius</i>) | 18 |
| Tableau IV | Dosage de l'urémie | 21 |
| Tableau V | Dosage de la créatinine | 22 |
| Tableau VI | Dosage de calcium | 23 |
| Tableau VII | Dosage de phosphore | 24 |
| Tableau VIII | Dosage du potassium | 25 |
| Tableau IX | Dosage du sodium | 26 |
| Tableau X | Dosage du chlore | 27 |
| Tableau XI | Résultats statistiques de la calcémie | Annexes 5 |
| Tableau XII | Résultats statistiques de la chlorémie | Annexes 5 |
| Tableau XIII | Résultats statistique de la natrémie | Annexes 5 |
| Tableau XIV | Résultats statistiques de la kaliémie | Annexes 5 |
| Tableau XV | Résultats statistiques de l'urée | Annexes 5 |
| Tableau XVI | Résultats statistiques de la Créatinine | Annexes 5 |
| Tableau XVII | Les résultats obtenus | Annexes 6 |

Liste des figures

| Figure | Titre | page |
|-----------------|---|-------------|
| Figure 1 | Schéma de la répartition des ions de part et d'autre de la membrane plasmique | 7 |
| Figure 2 | Électrophorèses des protéines sériques | 8 |
| Figure 3 | schéma de la synthèse de l'urée à partir des acides aminés | 9 |
| Figure 4 | métabolisme de la créatine | 10 |
| Figure 6 | photographie représentant le dromadaire | 18 |
| Figure 7 | Profil de l'urémie en fonction de l'âge | 29 |
| Figure 8 | Profil de l'urémie en fonction de la saison | 30 |
| Figure 9 | Profils de la créatinémie en fonction de l'âge | 31 |
| Figure10 | Profils de la créatinémie en fonction de la saison | 32 |
| Figure11 | Profils de la phosphatémie en fonction de l'âge | 33 |
| Figure12 | Profils de la phosphatémie en fonction de la saison | 34 |
| Figure13 | Profil de la calcémie en fonction de l'âge | 35 |
| Figure14 | Profil de la calcémie en fonction de la saison | 36 |
| Figure15 | Profil de la chlorémie en fonction de l'âge | 37 |
| Figure16 | Profil de la chlorémie en fonction de la saison | 38 |
| Figure17 | Profil de la chlorémie en fonction de sexe | 39 |
| Figure18 | Profil de la natrémie en fonction de l'âge | 40 |
| Figure19 | Profil de la natrémie en fonction de la saison | 40 |
| Figure20 | Profil de la natrémie en fonction de sexe | 41 |
| Figure21 | Profil de la kaliémie en fonction de l'âge | 42 |
| Figure22 | Profil de la kaliémie en fonction de la saison | 43 |
| Figure23 | Profil de la kaliémie en fonction de sexe | 44 |
| Figure24 | graphe de l'absorbance en fonction de la concentration | Annexes 2 |
| Figure25 | Principe de fonctionnement système vacutainer | Annexes 3 |

Résumé

L'objectif de ce travail est d'effectuer une étude comparative des paramètres sanguins (Urée, Phosphore, Créatinine, Ca, Na, Cl et K) d'une population hétérogène de dromadaire (*Camelus dromedarius*) du point de vue, âge, sexe, saison et état gestationnel. Les animaux sont originaires de la région sud-est de l'Algérie. Le dosage de ces paramètres biochimiques sanguins a été effectué par des méthodes spectrophotométriques. En effet, nos résultats indiquent que : les valeurs moyennes de l'urémie sont de l'ordre de 0.42 ± 0.24 g/l, avec une différence significative entre les différentes classes d'âge et entre les deux saisons, les mêmes résultats ont été obtenus pour le phosphore en fonction de l'âge et de la saison, dont la moyenne est 129.86 ± 44.12 mg/l. La créatinémie présente une moyenne de 13.66 ± 4.07 mg/l, nous n'avons pas noté une variation en fonction de l'âge. Mais plutôt une variation au cours de la saison, importante en hiver et basse en été. Pour la calcémie une différence hautement significative a été trouvée entre les deux saisons avec des valeurs très importantes en été qu'en hiver, les valeurs moyennes sont de 104.43 ± 24.93 mg/l. Les résultats de la natrémie montrent une différence hautement significative en fonction de la saison, mais aucune différence significative n'a été enregistrée en fonction de l'âge et de sexe, la moyenne obtenue est de 145.42 ± 3.24 mmol/l. Concernant la chlorémie la valeur moyenne obtenue est de 116.88 ± 4.99 mmol/l. Avec des différences statistiquement significatives en fonction de sexe, hautement significative en fonction de la saison, et non significative en fonction de l'âge. En fin la moyenne du potassium est de 6.14 ± 0.89 mmol/l et la comparaison des valeurs moyennes entre les différentes classes d'âge de kaliémie ne relève pas des différences significatives par contre des différences significatives sont notées en fonction du sexe et hautement significative en fonction de la saison. Il semble d'après nos résultats que l'urémie et la phosphatémie varient en fonction de l'âge et de la saison tandis que la chlorémie, la kaliémie présente une variation en fonction de sexe et la créatinémie, la calcémie, et la natrémie varient en fonction de la saison.

Mots-clés : dromadaire, paramètres sanguins, sexe, âge, saison.

Abstract

The objective of this work is to accomplish a comparative study of blood parameters (urea, phosphor, creatinine, Ca, Na, Cl and K) of dromedary heterogeneous population according to various factors including: age, sex, season and pregnancy. The animals originated from the southeast region of Algeria. The dosage of these biochemical parameters was performed by colorimetric methods and reading the optical density with a spectrophotometer. The overall results indicate that: The average values of uremia obtained are of the order of 0.42 ± 0.24 g/l, with a significant difference between the different age groups and between the two seasons, same results were obtained for the phosphorus for age and season, the average was 129.86 ± 44.12 mg /l. Creatinine has an average of 13.66 ± 4.07 mg /l. Although there is not a variation with age, the results varied a lot during the season which is high in winter and low in summer. A highly significant difference was found between serum calcium two seasons with important values in summer compared to winter, the average values are 104.43 ± 24.93 mg/l. The results of serum sodium showed a highly significant difference depending on the season, but no significant difference was recorded for age and sex, the average obtained is 145.42 ± 3.24 mmol/l. The mean value of serum chlorine, obtained in our study is 116.88 ± 4.99 mmol/l. With statistically significant differences according to sex, highly significant in terms of the season, and not significantly in terms of age and the average of potassium is 6.14 ± 0.89 mmol/l, and the comparison between the averages values of different classes of age doesn't cover any significant differences, However significant differences are noted according to sex and highly significant depending on the season. It seems from our results that uremia and phosphate varies with the age and the season while the serum chloride and potassium levels present variation according to sex and creatinine, serum calcium, and serum sodium varies depending on the season.

Key words: Camel; blood parameters; sex; age; season.

الملخص

إن الهدف من هذا العمل هو تحقيق دراسة مقارنة لمكونات الدم (صوديوم وكالسيوم وبوتاسيوم ويوريا وكرياتينين وفوسفور) لمجموعة غير متجانسة من الجمال العربية بالنسبة لعدة عوامل أهمها : العمر والجنس و الحمل والموسم. المنشأ الأصلي لهذه الحيوانات هو جنوب شرق الجزائر. تمت معايرة هذه القياسات الدموية البيوكيميائية عن طريق استخدام أساليب طيفية. حوصلة النتائج تشير إلى أن: معدل القيم بالنسبة لليوريا المتحصل عليه هو: 0.24 ± 0.42 غ/ل باختلافات معتبرة بين مختلف المجموعات العمرية و بين الموسمين, نفس النتائج المتحصل عليها بالنسبة للفوسفور من اجل العمر والموسم حيث أن المعدل كان 44.12 ± 129.86 مغ/ل. معدل الكرياتينين هو 4.07 ± 16.66 مغ/ل , حيث لم نلاحظ أي تغير للمعايير بالنسبة للعمر في حين توجد تغيرات خلال الموسمين وهي مرتفعة في موسم الشتاء ومنخفضة في موسم الصيف. بالنسبة للكالسيوم فقد وجدنا فروقات معتبرة بين الموسمين بقيم مرتفعة في موسم الصيف مقارنة بموسم الشتاء القيم المتوسطة هي 24.93 ± 104.43 مغ/ل, ولقد اظهرت نتائج الصوديوم تباينا كبيرا بدلالة الموسم ولكن لم نسجل أي تباين بدلالة العمر أو الجنس حيث أن المعدل المتحصل عليه هو 3.24 ± 145.42 ممول/ل. القيم المتوسطة للكلور التي تحصلنا عليها في دراستنا هي 4.99 ± 116.88 ممول/ل مع تباينات إحصائية بدلالة الجنس وتكون مرتفعة بدلالة الموسم ومنعدمة بالنسبة للعمر. معدل القيم المتحصل عليه بالنسبة للبوتاسيوم هو 0.99 ± 6.14 ممول/ل. و المقارنة بين مختلف المجموعات العمرية لم تظهر أي تباينات معتبرة خلافا هناك اختلافات كبيرة سجلت بالنسبة للجنس و الموسم. وفي الختام تم العثور على اختلافات ذات دلالة إحصائية: تبعا للعمر من اجل اليوريا والفوسفات, حسب الجنس للكلور والبوتاسيوم ووفقا للموسم من اجل اليوريا والفوسفات والكرياتينين والكالسيوم والصوديوم والكلور والبوتاسيوم.

الكلمات المفتاحية: الجمال, القياسات الدموية, الجنس, العمر, الموسم.

Introduction

Les paramètres sanguins (Urée, Phosphore, Créatinine, Ca, Na, Cl, K) peuvent être influencés par différents facteurs tels que l'âge, le sexe, la saison et l'état physiologique de l'animale (gestation, lactation..).

Le maintien de la concentration relativement constant de ces paramètres vis à vis les changements du milieu est appelé homéostasie qui est primordiale pour le bon fonctionnement de l'organisme, puisque le déséquilibre de cette dernière est responsable d'un état de maladie (Brooker, 2001).

Le dromadaire, est rare parmi les animaux possédant une remarquable capacité d'adaptation à son milieu hostile, en préservant cette homéostasie. Cependant les études des fluctuations des paramètres biochimiques en fonction du statut physiologiques et des variations environnementales restent rares et incomplets.

Depuis quelques années des recherches se sont émergées telles que les travaux Ben Romdhane et al. (2003) en Tunisie ont travaillé sur des dromadaires et qu'ont trouvé des différences statistiquement significatives en fonction du sexe pour le calcium, le phosphore, l'urée et la créatinine. Les moyennes des minéraux, de glucose, et de créatinine étaient plus élevées chez les mâles. Une diminution statistiquement significatif en fonction de l'âge ont été également constatées pour le phosphore, le potassium, le calcium. concernant l'état physiologique des femelles, ces auteurs ont remarqué une natrémie plus importante chez les femelles gestantes que chez les femelles non gestante non allaitante ou allaitantes, et une diminution de la concentration des minéraux (Ca^{2+} , P) chez les chamelles allaitantes par rapport aux femelles vides non allaitantes. Par ailleurs, les travaux de Aichouni et al en (2013) portant sur qu'ont travaillé sur l'influence de la saison sur les paramètres biochimiques de dromadaires Algérie ont observé une augmentation hautement significative de calcium, de phosphore, d'urée et de créatinine, et une diminution de potassium et de sodium pendant la saison humide.

De notre part, nous avons tenté d'étudier les fluctuations de quelque paramètres sanguins sur une population hétérogène de dromadaires provenant du sud-est algérien, dans le but de rapporté un compliment des informations par rapport aux études réalisé précédemment sur le dromadaire élevée en Algérie.

Notre mémoire s'articule autour sur trois parties: dans la première partie nous présentons les données comparées des principaux paramètres biochimiques chez le dromadaire et chez les autres mammifères. La deuxième traite la systématique de l'animale, l'échantillonnage

ainsi que les méthodes de dosage spectrophotométriques pour chaque paramètre. En fin, la troisième partie comporte nos résultats et discussion puis la conclusion.

I.1. Le maintien des limites physiologiques

Le maintien de l'équilibre de la concentration des paramètres biochimiques dans le milieu intérieur est important pour le bon fonctionnement de l'organisme et repose sur sa capacité à anticiper les variations extérieures. Les cellules de l'organisme connaissent un environnement relativement stable, vis-à-vis la température interne, la concentration en glucose, le pH, l'oxygène, les concentrations ioniques...etc (Eckert et al., 1999). Toute perturbation de l'équilibre de ces paramètres aboutit à la perte de cette homéostasie ce qui est l'origine de l'apparition d'un état de déséquilibre ou de maladie (Brooker, 2001).

I.1.1 Paramètres physiologiques et homéostasie

Au dix-neuvième siècle, Claude Bernard, reconnut le premier l'importance du maintien de la stabilité du milieu intérieur pour le fonctionnement vital des animaux, il remarquait la capacité des mammifères à réguler leur environnement interne dans des limites étroites (Eckert et al., 1999).

En 1972, il concluait que « la constance du milieu intérieur est la condition d'une vie libre », argumentant que la capacité des animaux à survivre dans des environnements stressants et variable, représente directement leur capacité à maintenir un environnement interne stable. L'évolution de l'homéostasie et des systèmes physiologiques qui la maintiennent, ont été des facteurs essentiels pour permettre aux animaux de survivre hors les environnements favorables et d'occuper des environnements plus hostiles aux processus vitaux (Eckert et al., 1999).

En 1929, Cannon introduit le terme d'homéostasie pour décrire la tendance à stabiliser le milieu intérieur.

L'homéostasie est la capacité d'un individu à maintenir ses conditions internes constantes lorsqu'il est confronté à un environnement extérieur variable (Eckert et al., 1999).

Elle correspond au fonctionnement optimal des systèmes physiologiques, ce qui définit un état de bonne santé (Brooker, 2001).

I.1.2. Paramètres Biochimiques sanguins

Pour connaître le statut sain ou malade d'un individu, il est nécessaire de comparer les valeurs des paramètres biochimiques de l'individu testé à des valeurs de référence « l'intervalle de référence ». Les analyses biochimiques sanguines ont pour objectif d'aider le praticien à établir un diagnostic et un pronostic le plus fiable possible (Denys et Furon, 2014).

I.1.2.1. Les électrolytes

L'ionogramme représente la mesure des taux sanguins des ions, qui sont présents dans les différents fluides corporels (Parot, 2011). Chaque compartiment liquidien a sa propre composition en électrolytes (Brooker, 2001).

Les ions se distinguent entre eux par :

- la nature de leur charge: positive dans le cas des cations, négative dans le cas des anions.
- le nombre de charges.

Le Sodium

Le sodium fait partie des ions déterminant le gradient électrochimique des membranes cellulaires. Il est en forte concentration dans le compartiment extracellulaire, et en faible concentration dans le compartiment intracellulaire. Il tend donc à entrer passivement dans les cellules. C'est le cation le plus représenté dans le compartiment extracellulaire (Parot, 2011).

La natrémie représente le rapport entre la quantité de sel et la quantité d'eau présente dans l'organisme. Les variations de sa concentration traduisent une modification de la quantité de sodium ou d'eau dans l'organisme (Siby, 2008). Le sodium est apporté par l'alimentation. Trois mécanismes permettent son absorption dans l'intestin: 1. Diffusion passive selon le gradient électrochimique, 2. Co-transport avec des électrolytes : entrée simultanée de chlorure, Cl^- , ou sortie simultanée d'un proton, H^+ . 3. Entrée couplée à celle d'une molécule organique de glucose ou acide aminé. L'absorption a lieu sur toute la longueur des intestins mais elle est plus marquée dans l'iléon et le côlon (Hornbuckle et al., 2008), le sodium plasmatique est filtré par les glomérules et réabsorbé par les tubules rénaux (Le Meur et al., 1998).

L'hyponatrémie résulte généralement : 1. D'une dilution en cas d'absorption excessive d'eau, de troubles de son excrétion d'origine cardiaque ou hépatique. 2. D'une déplétion sodée en cas de pertes digestives lors de gastro-entérite, de pertes rénales par insuffisance surrénalienne ou traitement diurétique non adapté (Boulangre 1971 in Naami, 1991).

En revanche, l'hypernatrémie est provoquée essentiellement par une déshydratation globale consécutive à une insuffisance d'apport d'eau ou à des pertes digestives, ou rénales (Kaneko, 1989 in Naami, 1991). L'hypernatrémie peut contribuer à l'hypertension artérielle et à l'insuffisance cardiaque (Nguyen et Bourouina, 2008).

Le Potassium

L'ion potassium (K^+) est très important dans l'organisme (Siby, 2008), il est la principale cation du compartiment intracellulaire (Vaubouradolle, 2007). La concentration plasmatique du K^+ est contrôlée par le rein (Naami, 1991) et la peau par sudation (comme c'est le cas chez le cheval) (McConaghy et al., 1995).

Le potassium a un rôle dans : le maintien de la teneur hydrique de la cellule ; le maintien du potentiel électrique membranaire de repos et déclenchement du potentiel d'action.

Les carences en potassium sont rarement d'origine alimentaire, elles sont plutôt dues à des diarrhées, des vomissements importantes; L'hypokaliémie peut induire une asthénie musculaire majeure, voire une paralysie ainsi qu'à des anomalies cardiaques.

Un excès de potassium et souvent du a une atteinte rénal sévère: l'hypokaliémie résultante entraîne des troubles du rythme avec risque d'arrêt cardiaque (Nguyen et Bourouina, 2008).

Le Chlore

Le chlore est le principal anion du compartiment extracellulaire (Kubab et al., 2014), il se trouve sous forme de NaCl ou KCl. Son métabolisme semble être contrôlé par des mécanismes passifs (Naami, 1991). L'absorption intestinale de Cl^- suit celle du Na^+ par co-transport. Dans certains cas, l'entrée d'un ion Cl^- se fait en échange de la sortie d'un ion HCO_3^- (Hornbuckle et al., 2008).

Le Bicarbonate

Les bicarbonates (HCO_3^-), encore appelés réserve alcaline, proviennent de la décomposition de l'acide carbonique (H_2CO_3) lui-même issu de la condensation d'une molécule de CO_2 et d' H_2O . Dans les conditions normales, les bicarbonates filtrés par le rein sont réabsorbés en totalité (Naami, 1991).

Le Calcium

Le calcium est un messenger intracellulaire ubiquitaire contrôlant de nombreux processus tels que la dépolarisation, la contraction des muscles lisses ou striés, la sécrétion hormonale, l'activation d'enzymes (comme la phospholipase A2), les transports intracellulaires, et l'activation de transports ioniques (Buyck, 2008). On le retrouve dans le plasma ou le sérum sous trois formes différentes : soit sous forme ionisée Ca^{2+} ou libre, soit

sous forme liée à des protéines dont l'albumine ou soit chélaté à des anions organiques (phosphate de calcium) (Stockham et Scott, 2008).

La concentration extracellulaire de calcium, est élevée par rapport à sa concentration intracellulaire. La concentration de calcium intra-cytoplasmique reste faible, car la cellule possède des moyens de l'expulser à l'extérieur et peut le séquestrer dans certains organites intracellulaires comme le réticulum endoplasmique et les mitochondries (Buyck, 2008).

La concentration sérique en calcium est régulée par un système endocrinien complexe faisant intervenir deux hormones: 1. La parathormone, la vitamine D qui permet la mobilisation des réserves osseuses de calcium et une augmentation de la calcémie, 2. La calcitonine: qui permet au contraire le stockage du calcium dans les os et entraîne une diminution de la calcémie (Parot, 2011).

Le phosphore

La majeure partie du phosphore de l'organisme est associée au calcium dans les os. Le phosphore joue un rôle essentiel dans les processus de transfert d'énergie (ADP en ATP), de l'activation de nombreuses molécules (glucose en glucose 1-phosphate), de la synthèse des acides nucléiques ou encore de la régulation enzymatique (glycogène phosphorylase) (Leverve et al., 2001).

Il existe sous différentes formes en fonction du pH. Dans l'organisme, et se trouve essentiellement sous la forme d'ions phosphates (H_2PO_4^- et HPO_4^{2-}) (Denys et Furon, 2014). Le taux sérique du phosphore est sous la régulation hormonale principalement de la parathormone qui diminue le taux de réabsorption tubulaire et augmente donc l'excrétion rénale (Murer et al., 1996).

Le Magnésium

Le magnésium est un élément minéral d'origine alimentaire essentiel, sa répartition est approximativement: 60% dans le tissu osseux, 38% dans les tissus mous et 1 à 2% dans le milieu extracellulaire. Les tissus mous qui contiennent le plus de magnésium sont les muscles striés squelettiques, le cœur et le foie, avec une concentration intracellulaire proportionnelle à l'activité métabolique de la cellule. De même que pour le calcium, le magnésium plasmatique existe sous trois formes: lié à des protéines (principalement l'albumine), complexé à des anions de petites taille (phosphate, lactate), ionisé (Mg^{2+}) qui est la forme physiologiquement active (Lopez et al., 2006).

La répartition entre les compartiments intra- et extracellulaire des ions Na^+ , K^+ et Cl^- est représentée schématiquement dans la fig 1:

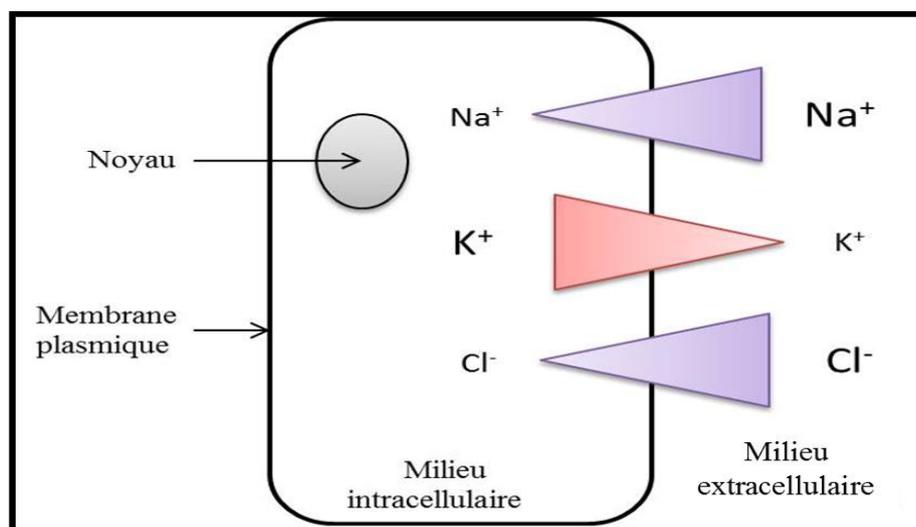


Figure 1. Schéma de la répartition des ions de part et d'autre de la membrane plasmique (Parot, 2011).

I.1.2.2. Paramètres organiques azotes

✚ Les Protéines

Les protéines sériques se partagent entre albumine et globulines, l'albumine, est la protéine la plus abondante du sérum, synthétisée par le foie, elle a en particulier deux principales fonctions qui sont le maintien de la pression oncotique et le transport dans le sang de molécules liposolubles (la bilirubine), et d'ions (Ca^{2+}) (Rand et Murray, 2002).

Les globulines sont pour la plupart synthétisées par le foie, mais certaines sont fabriquées par des cellules plasmiques, comme par exemple la synthèse des γ -globulines par les plasmocytes ou encore par les cellules endothéliales, ils sont subdivisés selon leur vitesse de migration électrophorétique en α -globulines: ($\alpha 1$ -globulines, $\alpha 2$ -globulines), β -globulines: ($\beta 1$ -globulines, $\beta 2$ -globulines), γ -globulines: ce sont des immunoglobulines: IgA, IgM, IgE, IgD et IgG (Eckersall, 2008).

Un rôle clé des protéines est de contribuer à la pression osmotique qui permet au fluide corporel de rester dans le milieu intravasculaire (Denys et Furon, 2014). De plus ils jouent un rôle dans le transport de molécules liposolubles (cholestérol), dans l'immunité (immunoglobulines), messagers chimiques, l'hémostase (fibrinogène) (Rand et Murray, 2002).

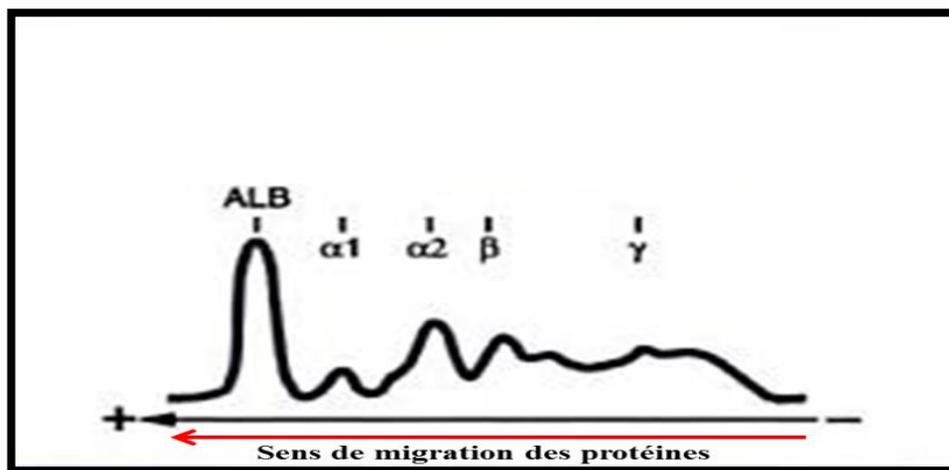


Figure 2. Électrophorèses des protéines sériques (Bernard et Frédéric, 2003).

La protéinémie s'exprime en grammes par litre (g/L).

Certain état pathologiques abaissent le taux de protéines, on parle alors d'hypoprotéinémie qui apparait dans le cas d'une insuffisance de production de protéines, en cas d'atteinte hépatique, ou une fuite de protéines (hémorragie).

A l'inverse, des hyperprotéinémies peuvent être constatées lors d'une inflammation, d'un phénomène infectieux, ou d'une déshydratation (Parot, 2011).

✚ L'Urée

L'urée représente la principale forme d'élimination non-toxique de l'azote chez les mammifères (Denys et Furon, 2014), c'est le produit final du métabolisme des protides (Guénard et al., 2001).

Les protéines sont dégradées en acides-aminés dont la désamination entraîne la formation d'ammoniac, celui-ci est capté presque exclusivement par le foie (White et al., 1973) qui le transforme alors en urée. La formation d'une molécule d'urée consomme deux ions ammonium NH_4^+ . La biosynthèse de l'urée peut être divisée en quatre étapes (figure 3): transamination, désamination oxydative du glutamate, transport de l'ammoniac, réactions du cycle de l'urée.

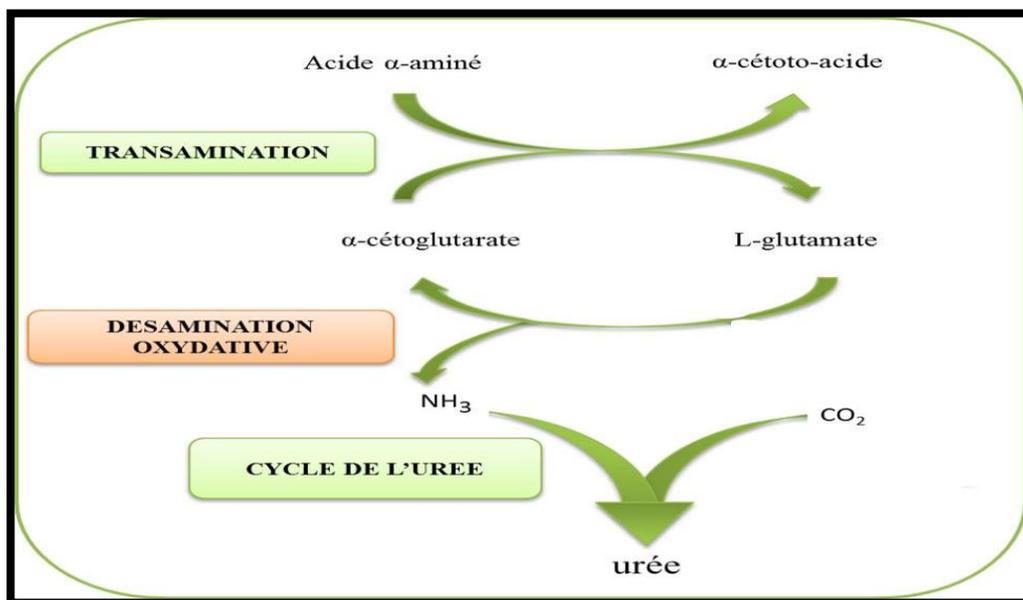


Figure 3. La synthèse de l'urée à partir des acides aminés (Murray et al., 2002 in Parot, 2011).

Une fois synthétisée dans le foie, l'urée emprunte la voie sanguine jusqu'aux reins où elle est excrétée dans l'urine. Elle est réabsorbée partiellement au niveau tubulaire (Denys et Furon, 2014).

L'augmentation de l'urée plasmatique peut provenir d'une augmentation du catabolisme protéique, diminution de l'excrétion urinaire (Eckersall, 2008).

✚ La Créatinine

La créatine est une substance ergogénique, c'est-à-dire pouvant augmenter l'activité musculaire, c'est un composé naturel de l'organisme qui est soit apporté directement par les aliments, soit synthétisé par le foie, les reins et le pancréas à partir d'acides aminés. La synthèse de la créatine se fait en deux étapes et nécessite trois acides aminés: la glycine, l'arginine et la méthionine. La fig.4 résume les différentes étapes de cette synthèse.

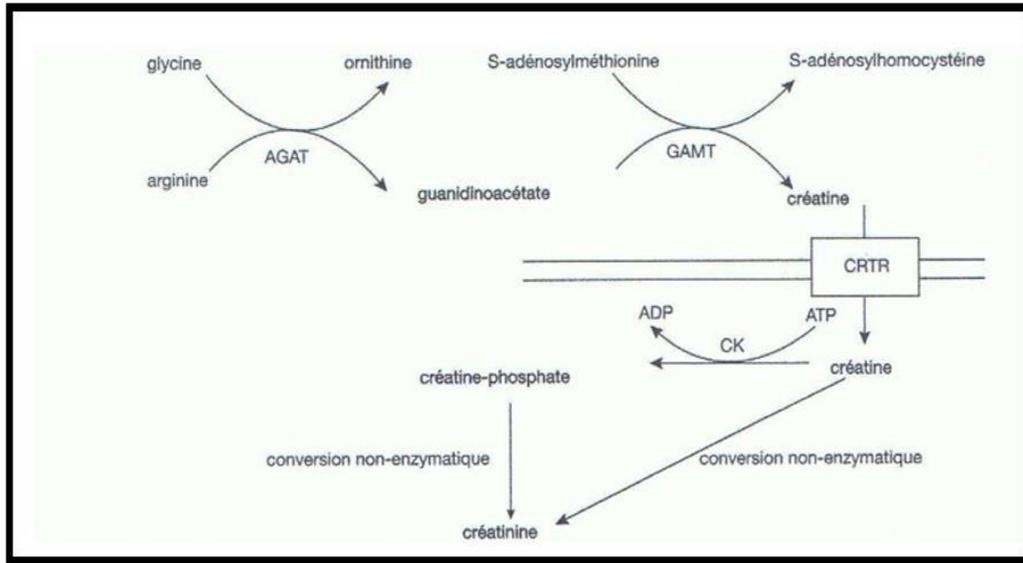


Figure 4. Métabolisme de la créatine (Lassime, 2013)

AGAT : L'arginine glycine amidinotransférase ; GAMT : guanidinoacétateméthyltransférase

CRT : transporteur de la créatine ; CK : créatine-kinase ; ATP : adénosine triphosphate

ADP : adénosine diphosphate.

Dès le début du XX^e siècle, une hypothèse posée que la créatine que ce soit sous sa forme libre ou sous sa forme phosphorylée (phosphocréatine ou créatine phosphate), joue un rôle clé dans le métabolisme musculaire.

La contraction d'un muscle nécessite de l'Adénosine triphosphate (ATP) pour assurer son activité contractile. L'ATP est la seule source d'énergie pour produire la contraction d'un muscle. Il doit donc être régénéré de façon continue. Cette régénération va se faire selon trois voies : la voie anaérobie alactique, la voie anaérobie lactique et la voie aérobie.

Dans la voie anaérobie alactique, le substrat utilisé pour le recyclage de l'ADP en ATP est la créatine phosphate (CrP), cette dernière étant présente dans la cellule musculaire

La dégradation de la créatine est un processus non enzymatique avec cyclisation en créatinine, elle diffuse passivement hors de la cellule, pour se retrouver dans la circulation générale, puis éliminée dans les urines. L'excrétion urinaire de la créatinine représente un indicateur de la masse musculaire. Elle est couramment utilisée comme marqueur de la fonction rénale (Lassime, 2013).

Une augmentation de la concentration sérique de la créatinine peut être le signe d'une néphropathie (au moins 70% des néphrons non fonctionnels), d'une déshydratation, d'un déséquilibre électrolytique, d'une hypoalbuminémie, d'un catabolisme tissulaire (fièvre,

traumatisme musculaire, myosite) ou peut être due à des médicaments (glucocorticoïdes, tétracycline, thyroxine) (Coffman, 1981).

Une diminution de la concentration sérique de la créatinine peut être le signe de cachexie. Les jeunes animaux ont une concentration sérique en créatinine plus basse compte tenu de leur musculature moins développée (Farver, 2008).

La Bilirubine

La bilirubine est une molécule organique issue du catabolisme des chromoprotéines, et principalement de l'hémoglobine. Ce pigment qui donne sa couleur verte à la bile existe sous deux formes dans l'organisme: une forme dite non conjuguée dite aussi forme libre ou forme indirecte, et une forme dite conjuguée appelée aussi forme directe. La forme non conjuguée est liposoluble, tandis que la forme conjuguée est hydrosoluble. La bilirubine totale désigne l'ensemble des deux formes (Parot, 2011).

Quand la bilirubine libre ou conjuguée s'accumule dans le sang, la peau, la sclérotique et les muqueuses deviennent jaunes, cette coloration jaune est connue sous le nom d'ictère (jaunisse).

I.1.2.3. Paramètres organiques énergétiques

Le Glucose

Le glucose occupe une place centrale dans le métabolisme, à la fois comme carburant et comme précurseur de glucides de structure essentiels et d'autres molécules biologiques. Le cerveau et les globules rouges dépendent presque exclusivement du glucose comme source d'énergie (Voet et Voet, 2005).

La glycémie indique la quantité instantanée de glucose contenu dans le sang. Elle exprime la capacité plasmatique à fournir du glucose aux cellules pour leur synthèse et leurs besoins énergétiques. Son taux varie dans des limites précises exprimées soit en gramme par litre de sang, soit en millimole par litre de sang. Les variations du taux de glucose plasmatique peuvent intervenir de manière extrêmement rapide.

Le glucose provient de la digestion du bol alimentaire mais peut être synthétisé dans le foie lors de la glycogénolyse ou encore lors de la néoglucogenèse quand les réserves de glycogène sont épuisées. Il représente la principale source d'énergie dans l'organisme.

Il est transporté dans l'organisme par le sang où son taux est maintenu stable grâce à de nombreux systèmes complexes et très fins, faisant intervenir entre autres l'insuline, le glucagon, et l'adrénaline...etc (Cornus, 2010).

Les lipides

Les lipides sont des substances insolubles dans l'eau mais solubles dans les liquides non polaires comme l'alcool (Sherwood, 2006). La grande famille des lipides possède des fonctions différentes selon leur nature et leur distribution: les lipides de réserve se trouvent dans les tissus adipeux de l'organisme, ce sont des substances capables de fournir de l'énergie; les lipides de structure sont des constituants essentiels des membranes cellulaires, des glycérophospholipides, des sphingomyélines, des glycolipides et du cholestérol. Les lipides fonctionnels, le cholestérol est le précurseur de certaines hormones lipophiles (progestérone, testostérone,...). Les lipides sont ainsi des constituants indispensables au fonctionnement de l'organisme (Claverie et Panet, 2008).

Les Lipides

La teneur en acide gras libres du dromadaire est proche de celle de bovine. Par contre, la cholestérolémie et la phospholipidémie sont relativement plus basses et se situent entre 0,52 et 2,59 mmol/l pour la cholestérolémie, et entre 0.26 et 0.72 mmol/l pour la phospholipidémie. La triglycéridémie cameline qui est de l'ordre de 0.19 à 0.80 mmol/l est supérieure à celle des bovins (Naami, 1991).

I.1.3. Etude comparée des concentrations optimales des paramètres biochimiques dans le milieu interne

I.1.3.1 Chez les petits mammifères

Le tableau 1 résume les constantes biochimiques usuelles des chevaux, ovins, bovins, chiens et dromadaires.

Tableau I. Constantes biochimiques usuelles de certains mammifères

| | Cheval | Ovin | Bovin | Chien | Dromadaire | chat |
|---------------------------|-----------|-------------|----------|-------------|------------|-----------|
| Urée (mmol/l) | 1,64 – 4 | 1,33 - 3,33 | 3,33 – 5 | 1,67- 4,66 | 2 – 16,9 | 6.6-13.3 |
| Créatinine (µmol/l) | 106 – 168 | 106 – 168 | 88 -177 | 1,67 – 4,66 | 2 – 16,9 | 46-158 |
| Glucose (mmol/l) | -- | -- | -- | -- | -- | 3.9-14.5 |
| Protéines totales (g/l) | 52-79 | 60-79 | 67-75 | 54-71 | 49-83 | -- |
| Bilirubine T (µmol/l) | 0-34,2 | 1,7-7,2 | 0,1-8,1 | 1,7-5,1 | 0,6-11,8 | 2 - 6 |
| Acide urique (µmol/l) | 54-65 | -- | 0-119 | -- | 8-12 | -- |
| Cholestérol (g/l) | -- | -- | -- | -- | -- | 0.6 - 3 |
| Ca ²⁺ (mmol/l) | -- | -- | -- | -- | 2,0-4,1 | 2.27-2.78 |
| K ⁺ (mmol/l) | 2,4-4,7 | 3,9-5,4 | 3,9-5,8 | 4,4-5,7 | 3,6-6,1 | -- |
| Cl ⁻ (mmol/l) | 99-120 | 95-103 | 97-111 | 105-115 | 107-132 | -- |
| Na ⁺ (mmol/l) | 132-146 | 139-152 | 132-152 | 141-152 | 129-170 | -- |

(Naami, 1991, Denys et Furon, 2014)

I.1.3.2. Chez les petits mammifères**Tableau II.** Constantes biochimiques usuelles de certains petits mammifères

| | Cobaye | rat | Souris | Gerbille de Mongolie |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| Urée (g/l) | 0,1-0,5 | 0,1-0,3 | 0,2-0,5 | 0,17-0,30 |
| Créatinine (mg/l) | 2-8 | 6-22 | 3-10 | 6-14 |
| Glucose (g/l) | 0,50-1,35 | 0,5-1,8 | 0,6-19,0 | 0,5-1,4 |
| Protéines totales (g/l) | 56-86 | 46-64 | 35-72 | 45-125 |
| Bilirubine totale (mg/l) | 2-6 | 2-9 | 1-9 | 2-6 |
| Albumine (g/l) | 35-48 | 21-39 | 25-48 | 18-58 |
| Cholestérol (g/l) | 0,4-1,3 | 0,16-0,43 | 0,26-0,96 | 0,9-1,5 |
| Ca ²⁺ (mg/l) | 55-135 | 53-120 | 111-121 | 37-62 |
| K ⁺ (mmol/l) | 4,3-5,6 | 3,8-8,9 | 5,0-7,6 | 3,8-5,3 |

(Boussarie, 2003)

I.2. Les animaux déserticoles et l'adaptation aux conditions extrêmes

Les milieux extrêmes sont, fréquemment, caractérisés par des écosystèmes stables marqués par la présence d'au moins un facteur aux limites de la tolérance pour la plupart des organismes. Par contre, la majorité des milieux terrestres et aquatiques comportent des

écosystèmes fluctuants présentant une grande variabilité des facteurs chimique et physique (Grouzis et Le Floc'h, 2003).

Les Déserts représentent des environnants extrêmes pour la vie animale universellement reconnus. La vie dans les déserts nécessite des adaptations aux déficiences de l'eau et à la température forte... (Tinsley, 1999).

La plupart des animaux se sont adaptés aux conditions désertiques essentiellement grâce à des ajustements physiologiques et comportementaux. Les vertébrés de petite taille (reptiles, rongeurs) s'abritent ainsi pendant la journée (Walsberg, 2000), en creusant dans le sol pendant les périodes chaudes, limitant ainsi la perte d'eau et d'accéder à une relative fraîcheur. Un tel comportement est évidemment inconcevable pour un animal de la taille comme le dromadaire. Autres mécanismes physiologiques qui rendent cette espèce, un modèle biologique remarquable de la résistance à l'aridité. Nous pouvons apporter ces mécanismes d'adaptation vers la déshydratation en deux mécanismes principaux:

- La réduction de la perte d'eau.
- Le maintien de l'homéostasie par règlement de la concentration des paramètres vitaux et un maximum d'excrétion des déchets métaboliques (Aichouni, 2013b).

Pour la plupart des organismes du désert chaud. Il y a aussi une exigence pour résister à de longues périodes de Pénurie de nourriture pour laquelle l'adaptation implique souvent la dormance (Tinsley, 1999).

I.2.1 Particularités des milieux désertiques chauds

Le Sahara est un lieu aride, il se caractérise par des précipitations annuelles inférieures à 250 mm (Noy-Meir, 1973). ce qui limite la croissance des végétaux (Raven et al., 2008). De ce fait, la couverture végétale est moins abondante qu'en pays humides (Vatan, 1967). Une hygrométrie généralement inférieure à 40% durant la saison chaude (Noy-Meir, 1973) engendre des températures journalières extrêmement chaudes et donc une amplitude de température entre le jour et la nuit (Raven et al., 2008). Les vents sont fréquents et accroissent la dessiccation et recouvrent la maigre végétation du sable qu'ils charrient. La température ambiante est très élevée, dépassant fréquemment 45°C à l'ombre durant l'été (Noy-Meir, 1973).

À cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, l'intensité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (Chehma, 2005).

L'absence de nuages entraîne une forte déperdition diurne et des températures hivernales qui peuvent très nettement s'abaisser à moins de 4°C (Henriet, 2005).

I.2.2 Mammifères déserticole et réponses physiologiques: cas du dromadaire

Le dromadaire appartient à l'ordre des Artiodactyles, au sous-ordre des Tylopodes, à la famille des *Camelidés* et au genre *Camelus* (Mahaman, 1979), qui comprend deux espèces *Camelus dromedarius* (dromadaire à une bosse) et *Camelus bactrianus* ou chameau de Bactriane (à deux bosses). Le premier est un animal des déserts chauds d'Afrique, du Proche et Moyen Orient, et on le retrouve jusqu'au désert du Thar en Inde, soit en tout 35 pays. Le second en revanche est un animal des déserts froids d'Asie Centrale, et se rencontre jusqu'en Mandchourie (Faye, 1997).

Le dromadaire est l'animal domestique par excellence des déserts (Ramet, 1993). Il est connu pour sa résistance à la soif (Bengoumi et Faye, 2002), à la chaleur, à la sous-nutrition protéique et minérale (Faye et Bengoumi, 2000). Il peut survivre sans eau ni nourriture pendant huit jours à une température de 50°C. Dans cette période, il perdra 22% de son poids totale. Amaigri, il peut survivre tout en ayant perdu une quantité d'eau équivalent à 40% du poids de son corps. L'une des raisons de sa résistance à la soif est un mécanisme qui permet à l'animal d'augmenter sa température interne jusqu'à 41°C, minimisant ainsi les pertes en eau dans les conditions les plus extrêmes. Il peut également réduire la température de son corps jusqu'à 34°C dans les nuits froides du désert (Yahya, 2002). Il se caractérise parmi les autres animaux herbivores par la variété de son régime alimentaire: il peut indifféremment se nourrir de plantes herbacées, d'arbustes, de pousses d'arbres et même de cactées et de noyaux de dattes. Pendant la saison sèche, il ne dispose le plus souvent que de plantes desséchées ou épineuses, pauvres en protéines mais très riche en fibres et en cellulose (Ramet, 1993).

Pour faire face aux contraintes du milieu désertique, le dromadaire a développé un certain nombre de facultés physiologiques qui lui ont conféré une légendaire réputation. Cette adaptation n'est pas limitée aux mécanismes physiologiques mais est souvent intimement associée à son anatomie et à son comportement particulier, chacun de ces caractères se renforçant les uns aux les autres. Il est donc souvent difficile de distinguer quelle adaptation contribue le plus à une capacité de l'organisme à survivre et prospérer dans un environnement difficile (Wilson, 1989).

Les particularités adaptatives du dromadaire sur le plan nutritionnel sont liées d'une part à sa physiologie de la nutrition tournée vers une alimentation souvent de faible valeur nutritive, et d'autre part à sa capacité surprenante et remarquable d'ingérer des fourrages et de l'eau salée sans pour autant affecter ses fonctions métaboliques. Cependant, bien que le dromadaire soit

habitué à survivre dans l'univers minéral des zones arides et semi-arides, il n'échappe pas aux risques d'une alimentation déficitaire en éléments minéraux majeurs ou mineurs.

L'adaptation au désert met donc en œuvre un ensemble de perfectionnements métaboliques et physiologiques qui isolément n'apportent qu'un modeste avantage comparatif mais qui pris dans leur ensemble donne sens à la réputation de cette espèce, seule capable parmi les grands mammifères domestiques à survivre dans les conditions que lui imposent les milieux désertiques (Seboussi, 2008).

I.2.3 Particularités biochimiques

Les paramètres biochimiques varient en fonction de différents facteurs tels que la génétique, la physiologie, l'alimentation et la situation géographique, il semblait alors important de rechercher la variation de ces paramètres dans des conditions alimentaire et environnementale définies, en tenant compte de l'âge, du sexe et des états physiologiques de l'animale.

En effet, alors que chez la plupart des espèces domestiques animales, ces profils biochimiques sont bien connus, les connaissances sont incomplètes et parfois contradictoires chez le dromadaire (Ben romdhane et al., 2003).

La volémie est de 93mL/kg, ce qui est supérieur aux autres animaux domestiques (Faye, 1997). L'hématocrite est peu influencé par l'état d'hydratation. Chez d'autres espèces, un abreuvement trop rapide entraîne une hypotonicité plasmatique, pouvant causer une hémolyse parfois mortelle. Les hématies du dromadaire sont ovoïdes, capables de changer de volume, et particulièrement résistantes aux variations d'osmolarité, leurs durée de vie augmente en période de déshydratation (Driot, 2009).

Le dromadaire présente une glycémie comparable à celle de l'homme (Bengoumi et Faye, 2002; Faye, 1997). Il présente une glucogénèse très active tant au niveau du foie que du rein, ce qui lui permet de maintenir une glycémie presque normale en cas de privation de nourriture, sans céto-génèse.

L'urine du dromadaire est très concentrée, ce qui lui permet d'économiser un maximum d'eau (Bengoumi et Faye, 2002).

Le foie est aussi un organe qui diminue les rejets liquides en recyclant son urine soit en protéines soit en eau (Ouldahmed, 2009). La concentration de créatinine dans le sérum augmente pendant la saison des pluies qui peut être attribué à la grande consommation des protéines l'alimentation (Aichouni et al., 2013b).

La concentration sérique de calcium et de phosphore augmente au cours de la saison des pluies qui peut être attribuée à la disponibilité des plantes riches en minéraux pendant la cette saison. La concentration sérique de sodium est supérieure à d'autres animaux domestiques, le métabolisme de sodium est fortement influencé par la déshydratation (Aichouni et al., 2013a).

La concentration de potassium augmente lors de la déshydratation (Charnot, 1961) tandis que la filtration glomérulaire et l'excrétion de potassium diminue simultanément.

Les paramètres biochimiques sanguins peuvent constituer des indicateurs assez fidèles de l'état nutritionnel des animaux. Ils permettent de déceler une éventuelle carence alimentaire et de diagnostiquer les principaux troubles pathologiques subcliniques (Titaouine, 2006).

II.1. Lieux de réalisation des étapes expérimentales

Notre travail a été réalisé aux niveaux du laboratoire d'analyse médicale de l'EPH de Blida, Unité Ibrahim Trichine « Fabore », durant 3 mois (mars à mai 2015).

II.2. Matériel d'étude

2.1. Modèle animal

Le modèle animal de notre étude, est un mammifère saharien appartenant à la famille des camélidés à une seule bosse le dromadaire (*Camelus Dromedarius*), sa classification est comme suit d'après chahma, 1995 in Titaouine, 2006.

Tableau III : Classification taxonomique du dromadaire (*Camelus Dromedarius*).

| Règne | Animal |
|--------------------|--------------------------|
| Sous- règne | Métazoaires |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embranchement | Vertebratés |
| Super-classe | Tetrapodes |
| Classe | Mammifère |
| Sous-classe | Theria (placentaires) |
| Infra classe | Eutheria |
| Super-ordre | Praxonia |
| Ordre | Artyodactyles |
| Sous-ordre | Tylopoda |
| Famille | Camelidées |
| Sous-famille | Camelinées |
| Genre | Camelus |
| Espèces | dromedarius |



Figure 5 : photographie représentant
Le dromadaire (Driot, 2009)

2.2. Matériel biologique

2.2.1. Lieux et mode des Prélèvements

Se sont déroulés dans des abattoirs au sud algérien (région de la wilayat d'El Oued...) à deux saisons différentes, hivernales et estivales (2013), dont les températures et l'hygrométrie varient respectivement entre 6.6 °C et 22 °C.

Le matériel biologique comprend le sang de 34 dromadaires (*camelus dromedarius*), composés de 30 femelles et de 4 males dont l'âge varie entre 2 et 23 ans.

Afin de démontrer l'influence de l'âge sur les paramètres biochimiques, nous avons utilisé 3 tranches d'âge se répartissant comme suit :

| Age | Nombre |
|---------------------------------------|--------|
| Jeunes (âge inférieur à 5 ans) | 10 |
| Adultes [5ans -12 ans[| 14 |
| Ages [12ans -23ana) | 6 |

Pour rechercher l'influence de la saison deux prélèvements ont été réalisés :

| Saison | Nombre |
|--------------------------|--------|
| humide (décembre) | 10 |
| sèche (mars) | 20 |

Et afin de rechercher l'influence du sexe, des prélèvements sur les deux sexes ont été réalisés :

| Sexe | Nombre |
|-----------------|--------|
| Femelles | 30 |
| Males | 4 |

Les prélèvements se sont déroulés dans deux sites: au niveau de la région de Sliaa (Djamaa, El-Oued) et au niveau de la région Bir Enaam (Doucen Biskra). Les prises de sang sont réalisées par Mr Hocine Mohamed au niveau de la veine jugulaire, à l'aide d'une aiguille, d'un porte aiguille et d'un tube vacutainer® de 4 ml

La contention des animaux est faite à l'aide de la préhension de la lèvre supérieure et

inférieure de l'animal debout.

2.2.2. Mode d'obtention des sérums

Le sang récupéré dans le tube vacutainer est délicatement agité plusieurs fois, puis mis à centrifuger à une vitesse de 3000 tr/min pendant 5 mn.

2.2.3. Stockage et transport

Le stockage est réalisé à une température de - 20 °C. Puis le transport à une température de + 4 °C.

2.3. Matériel non biologique

Le matériel utilisé pendant notre expérimentation comprend:

1. Des Tubes vacutainer (tube sec avec activateur de coagulation) principes de fonctionnement (voir annexe n°3).

2. Centrifugeuse (Hettich RotoFix 32 A)

3. Produit sous forme de Kits « SPINREACT » pour tous les paramètres biochimiques analysés; (Composition des réactifs est présentée en annexe n° 4).

4. Spectrophotomètre (marque HUMALYSER 3500) Principe du fonctionnement du spectrophotomètre (voir annexe n°2).

II.3 .Caractéristiques climatiques du bioclimat du dromadaire

L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude. Le climat est de type méditerranéen extra-tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des hautes Plaines, et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. Le climat en Algérie a été caractérisé (Nedjraoui, 2003), en se référant aux données de 1913-1938 pour l'ensemble du pays (Seltzer, 1946), celles de 1926-1950 pour les stations sahariennes (Dubief, 1959; 1963), ainsi que celles de 1913 à 1961 pour la carte pluviométrique de l'Algérie Septentrionale (Chaumont et Paquin, 1971).

II.4. Méthodes d'études

Les paramètres dosés dans notre sont le calcium, le phosphore, le potassium, le sodium, le chlore, l'urée, la créatinine, le choix de ces paramètres est basé sur la disponibilité des réactifs

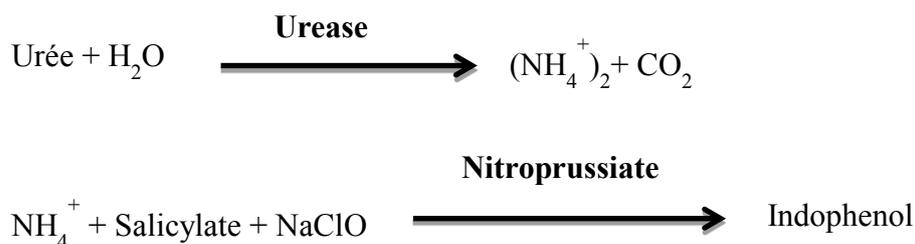
Les analyses de l'urée, calcium et phosphore sont effectuées manuellement en vue de la détermination de la densité optique à l'aide d'un spectrophotomètre.

4.1. Dosage de l'Urée

L'urée plasmatique est dosée par méthode enzymatique colorimétrique de Berthelot

4.1.1. Principe

l'urease catalyse l'hydrolyse de l'urée en ammoniac et dioxyde de carbone. L'ion ammoniac formé réagit avec le salicylate et l'hypochlorite, en présence du catalyseur nitroprussiate, pour former un indophénol vert.



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration d'urée dans l'échantillon qui est mesurée à une longueur d'onde de 580nm (Young, 1995)

4.1.2. Procédure

Tableau IV : Dosage de l'urémie

| | Blanc | Modèle | Echantillon |
|------------------|-------|--------|-------------|
| RT (mL) | 1 | 1 | 1 |
| Modèle (µL) | -- | 10 | -- |
| Echantillon (µL) | -- | -- | 10 |

Les tubes sont agités, puis incubés pendant 5 minutes à 37°C ou 10 min à température ambiante (15-25°C).

| | Blanc | Modèle | Echantillon |
|---------|-------|--------|-------------|
| R2 (mL) | 1 | 1 | 1 |

R₂=deuxième réactif

Les tubes sont agités, puis incubés pendant 5 min à 37°C ou 10 min à température ambiante (15-25°C). L'absorbance du standard et de l'échantillon est mesurée à 580 nm après l'ajustement de spectrophotomètre par le blanc à 0 ($A=0$), La couleur reste stable pendant au moins 30 minutes à 15-25°C.

4.1.3. Calcul de la concentration

$$[\text{urée}] \frac{\text{mg}}{\text{dl}} = (A)\text{Echantillon} / (A) \text{modèle} \times 50(\text{conc de modèle})$$

Le facteur de conversion: $\text{mg/dL} * 0,1665 = \text{mmol/L}$.

4.2. Dosage de la Créatinine

Le dosage de la créatinine se fait par la méthode colorimétrique cinétique de Jaffé (Young, 1995; Young, 2001).

4.2.1. Principe

La créatinine réagit avec le picrate alcalin en formant un complexe de couleur rouge. L'intervalle de temps choisi pour les lectures permet d'éliminer une grande partie des interférences connue pour la méthode. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration de créatinine présente dans l'échantillon testé qui est mesurée à une longueur d'onde de 492 nm (490-510) (Young, 1995; Young, 2001).



4.2.2. Procédure

Tableau V : Dosage de la créatinine

| | Blanc | Modèle | Echantillon |
|--------------------------|-------|--------|-------------|
| RT (mL) | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Modèle (μL) | -- | 100 | -- |
| Echantillon | -- | -- | 100 |

Les tubes sont agité, ensuite l'absorbance est mesurée du standard et de l'échantillon (A_1) au bout de 30 secondes puis de 90 secondes (A_2) a une longueur d'onde 492 nm.

La différence entre A_1 et A_2 est calculée.

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

4.2.3. Calcul de la concentration

$$[\text{Creatinine}] \text{ mg/dl} = \frac{\Delta A \text{ Echantillon} - \Delta A \text{ Blanc}}{\Delta A \text{ Modèle} - \Delta A \text{ Blanc}} \times 2 \text{ (conc de modèle)}$$

4.3. Dosage du Calcium

Le calcium est dosé par la méthode colorimétrique o-cresolphtalein (Young, 1995; Young, 2001).

4.4.1. Principe

La mesure du calcium dans l'échantillon est basée sur la formation d'un complexe de couleur bleu entre le calcium et o-cresolphtalein en milieu alcalin.



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration en calcium, dans l'échantillon (Young, 1995; Young, 2001).

4.4.2. Procédure

Tableau VI: Dosage de calcium

| | Blanc | Modèle | Echantillon |
|-------------|-------|--------|-------------|
| R1 (mL) | 1,0/2 | 1,0/2 | 1,0/2 |
| R2 (mL) | 1,0/2 | 1,0/2 | 1,0/2 |
| Modèle (µL) | -- | 20/2 | -- |
| Echantillon | -- | -- | 20/2 |

Les tubes sont agité et sont incubés pendant 5 min à 37°C / 15-25°C, L'absorbance du standard et de l'échantillon est mesurée à 570 nm (550-590) nm après l'ajustement de

spectrophotomètre par le blanc à 0 ($A=0$), La couleur reste stable pendant au moins 40 minutes.

4.4.3. Calcul de la concentration

$$[\text{Calcium}] \text{ mg/dl} = \frac{(A)\text{Echantillon}}{(A)\text{calibrateur}} \times 10(\text{conc calibrateur})$$

Facteur de conversion : mg/dL * 0,25= mmol/L.

4.5. Dosage du Phosphore

Le phosphore est dosé par méthode colorimétrique phosphomolybdate.

4.5.1. Principe

Le Phosphore inorganique dans le sérum réagit avec l'acide molybdique pour former un complexe phosphomolybdique (complexe acide).

Le phosphomolybdique est réduit par le sulfate d'ammonium ferreux en molybdène bleu.

L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration en phosphore inorganique dans l'échantillon (Young, 1995; Young, 2001).

4.5.2. Procédure

Tableau VII: Dosage de phosphore

| | Blanc | Modèle | Echantillon |
|-------------|-------|--------|-------------|
| R (mL) | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Modèle | -- | 50 | -- |
| Echantillon | -- | -- | 50 |

Les tubes sont agités et sont incubés pendant 10 min à 37°C ou 30 min à température ambiante (15-30°C). L'absorbance du standard et de l'échantillon est mesurée au spectrophotomètre à 710nm (620-750) (après l'ajustement de spectrophotomètre à 0). La couleur reste stable pendant au moins 2 heures.

4.5.3. Calcul de la concentration

$$[\text{Phosphore}] \text{ mg/dl} = \frac{(A)\text{Echantillon}}{(A)\text{calibrateur}} \times 5 (\text{conc de calibrateur})$$

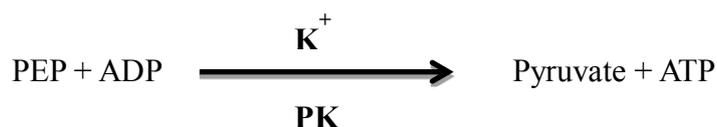
Facteur de conversion : $\text{mg/dl} \times 0.323 = \text{mmol/l}$.

Les ions (Na^+ , K^+ , Cl^-) sont analysés par un automate de Jokoh EX-D Electrolyte Analyzer (Japon) (voir annexe 1). Qui aspire le plasma à l'aide de l'aiguille de l'ionogramme puis l'appareille donne les résultats directement.

➤ 4.6. Dosage du Potassium

4.6.1. Principe

Le potassium est déterminé enzymatiquement par le pyruvate kinase dépendante de potassium en utilisant comme substrat phosphoenolpyruvate.



Le pyruvate formé réagit avec NADH en présence de LDH pour former du lactate et NAD. La diminution correspondante de l'absorbance à 340 nm est proportionnelle à la concentration du potassium (Tietz, 1986).



4.6.2. Procédure

- **Tableau VIII:** Dosage du potassium

| | Modèle | Echantillon |
|-------------|-------------------|-------------------|
| R1 | 720 μL | 720 μL |
| R2 | 290 μL | 290 μL |
| Modèle | 20 μL | -- |
| Echantillon | -- | 20 μL |

La lecture de l'absorbance est réalisée après 120s (A_1) et après 240s (A_2).

La différence entre A_2 et A_1 est calculée.

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

4.6.3. Calcul de la concentration

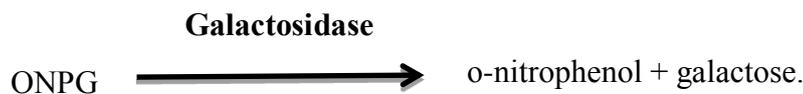
$$[\text{potassium}] \text{ mmol/l} = \frac{\Delta A \text{ échantillon}}{\Delta A \text{ calibrateur}} \times \text{conc de calibrateur}$$

➤ 4.7. Dosage du Sodium

Le sodium plasmatique est dosé par une méthode enzymatique colorimétrique (Tietz, 1983).

4.7.1. Principe

Le sodium est dosé par voie enzymatique par galactosidase dépendant de sodium avec ONPG comme substrat. L'absorbance du produit O-nitrophényle à 405 nm est proportionnelle à la concentration de sodium (Tietz, 1983).



ONPG = o-nitrophenyl D-galactopyranose.

4.7.2. Procédure

- **Tableau IX** : Dosage du sodium

| | Modèle | Echantillon |
|-------------|--------|-------------|
| R1 | 720 µL | 720 µL |
| R2 | 290 µL | 290µL |
| Modèle | 30 µL | -- |
| Echantillon | -- | 30 L |

La lecture de l'absorbance est réalisée après 60s (A1) et après 120s (A2).

La différence entre **A₁** et **A₂** est calculée :

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

4.7.3. Calcul de la concentration

$$[\text{sodium}] \text{ mg/dl} = \frac{(A) \text{ Echantillon}}{(A) \text{ calibrateur}} \times \text{conc de calibrateur}$$

➤ 4.8. Dosage du Chlore

Le chlore plasmatique est dosé par méthode colorimétrique Thiocyanate-Hg (Young, 1995 ; Young, 2001).

3.8.1 Principe

Le déplacement quantitatif de thiocyanate par chlorure à partir de thiocyanate mercurique et la formation subséquente d'un complexe thiocyanate ferrique rouge.



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration en ions chlorure dans l'échantillon (Young, 1995; Young, 2001).

4.8.2. Procédure

Tableau X: Dosage du chlore

| | Blanc | Modèle | Echantillon |
|------------------|-------|--------|-------------|
| R (mL) | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Modèle (µL) | -- | 10 | -- |
| Echantillon (µL) | -- | -- | 10 |

Les tubes sont agités et sont incubés pendant 5 min à 37°C° /15-25 °C L'absorbance du standard et de l'échantillon est effectuée au spectrophotomètre à 505nm (500-550) (après l'ajustement de spectrophotomètre à 0). La couleur reste stable pendant au moins 30 minutes.

4.8.3. Calcul de la concentration

$$[\text{chlore}] \text{ mmol/L} = \frac{(A)\text{Echantillon}}{(A)\text{calibrateur}} \times 125(\text{conc calibrateur})$$

II.5. Analyses statistiques des données

La comparaison des moyennes entre les différents groupes (sexe, Age, saison), ont été effectuées à l'aide de test de la variance par le logiciel SYSTAT.

La variance a été calculée selon la formule :

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

δ^2 = Variance

\bar{x} = la moyenne

N = degré de liberté

La différence a été considérée significative au seuil de probabilité ($p < 0,05$), et pour calculer les moyennes et l'écart types nous avons utilisé le logiciel Excel 2007.

La moyenne a été calculée selon la formule :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

L'écart type a été calculé selon la formule :

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

III. 1. Les variations de l'Urée

Les valeurs moyennes de l'urémie que nous avons obtenues sont de l'ordre de 0.42 ± 0.24 g/l avec un minima de 0.13 g/l et un maxima de 0.92g/l, nos résultats sont supérieurs par rapport aux travaux de Abdelgadir et al. (1979) (0.12g/l) et Sellaouti (1984) (0.29 ± 0.03), mais elle concorde avec les travaux de Naami (1991), Ben romdhane et al. (2003) qui donnent des valeurs comprises respectivement entre 0.12-0.96 g/l, et 0.18-0.7 g/l, et Bogin (2000) qui donne une moyenne de 0.49g/l. A titre comparatif les dromadaires présentent une urémie largement supérieure, à celle retrouvée chez les autres espèces domestiques (Kelnemer, 2003). Pour les bovins l'urémie varie entre 0.2 et 0.3 g/l. Chez les ovins, elle varie de 0.08 à 0.2 g/l et chez le cheval elle est de 0.2 à 0.3 g/l (kaneko, 1989).

Les différences des taux d'urée plasmatique dépendraient de l'espèce animale, la composition du régime alimentaire et de l'état physiologique de l'animal (Emmanuel et al., 1976). Dans des études faites par Torell et al. (1974), la concentration d'urée dans le sang est un indice de l'état nutritionnel des moutons. De plus, la concentration d'urée peut servir comme indicateur pour estimer les rejets azotés urinaires et évaluer le niveau de l'alimentation azotée chez les ruminants (Sanz Sampelayo et al., 1998; Favardin et Verite, 2004).

L'augmentation de l'urée chez le dromadaire est peut être expliqué par le fait que cet animal à une capacité remarquable de recyclé l'urée dans le rumen et les glandes salivaires, ainsi qu'une réabsorption importante au niveau rénal (Kelnemer, 2003).

III.1.1. Les variations de l'Urée selon l'âge

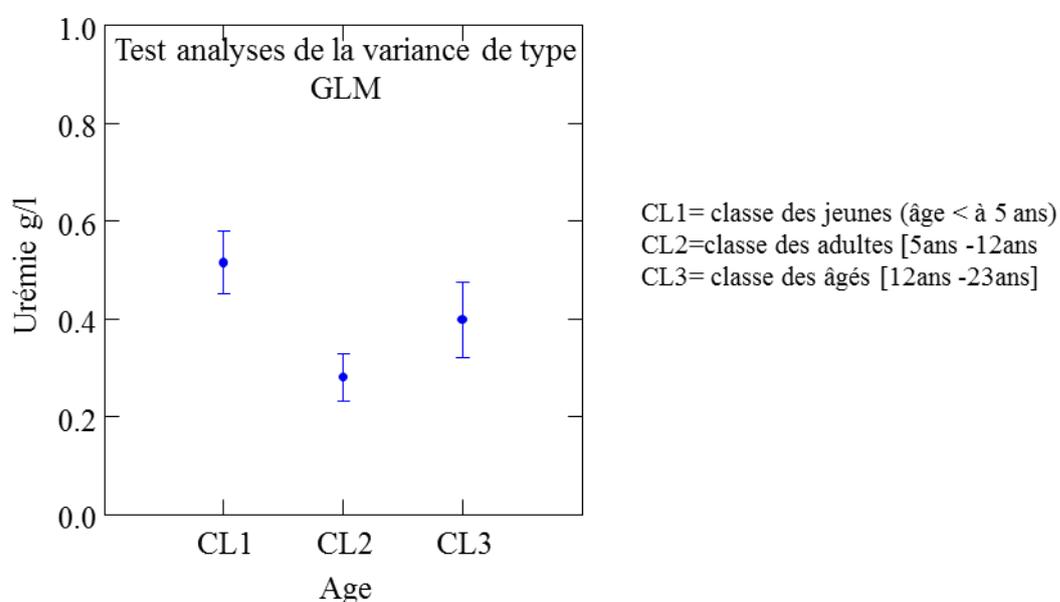


Figure7 : Profil de l'urémie en fonction de l'âge

Les résultats obtenus montrent une prédominance des valeurs de l'urémie des jeunes et des âgés par rapport à celles des adultes, la différence est significative de ($p=0.028$) entre les différentes classes d'âge.

L'augmentation de l'urée chez les jeunes par rapport aux adultes et aux âgés peut être expliqué par le fait que les jeunes consomment plus de protéines que les autres tranches d'âge à cause de leur croissance rapide.

Chez les adultes, la diminution de l'urée, peut être expliqué par la période de lactation, le même résultat a été trouvé par Mellado et al. (2005), ces auteurs ont constaté une diminution de l'urémie au début de lactation chez la chèvre.

III.1.2. Les variations de l'urée selon la saison

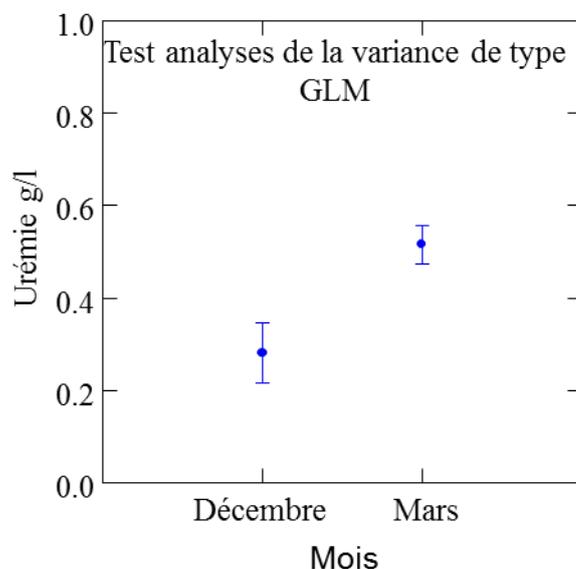


Figure8. Profil de l'urémie en fonction de la saison

Les comparaisons entre les deux saisons démontrent que les dromadaires en saison sèche ont des valeurs plus élevées, ces différences sont significatives de ($p=0.005$).

Le métabolisme de l'urée est fortement influencé par l'effet saison. Chez les animaux domestiques, la diminution de la filtration glomérulaire s'accompagne d'une augmentation très marquée de l'urémie. Cependant, la réabsorption tubulaire de l'urée et son recyclage digestif sont particulièrement accentués chez le dromadaire (Emmanuel et al., 1976). En saison sèche, on observe une diminution de la filtration glomérulaire et une réabsorption tubulaire de l'urée, il en résulte une augmentation de l'urémie et une chute de la concentration urinaire (Mousa et al., 1983). L'urée paraît jouer un rôle important lors de la déshydratation

surtout en saison sèche chez le dromadaire. En effet, par ses effets osmotiques, l'urée permet l'attraction de l'eau des autres compartiments liquidiens vers le plasma (Bengoumi et al., 2002).

III.2. Les variations de la Créatinine

Les valeurs moyennes de la créatinine, obtenues dans notre étude sont de 13.66 ± 4.07 mg/l, ce résultat est en accord avec celle rapportée par Naami (1991) avec une créatinémie variant entre 4 et 24 mg/l. Ces résultats sont comparables à ceux retrouvés chez les ruminants tels que les bovins entre 10 et 20 mg/l, et les ovins, de même que chez le cheval, elle varie entre 12 et 19 mg/l (kaneko, 1989). Par contre Barakat et al. (1971) (18 ± 1); Snow et al. (1988); Sellaouti (1984) (19 ± 2) ont rapporté des valeurs relativement supérieures à celles que nous avons obtenu.

III.2.1. Les variations de la créatinine selon l'âge

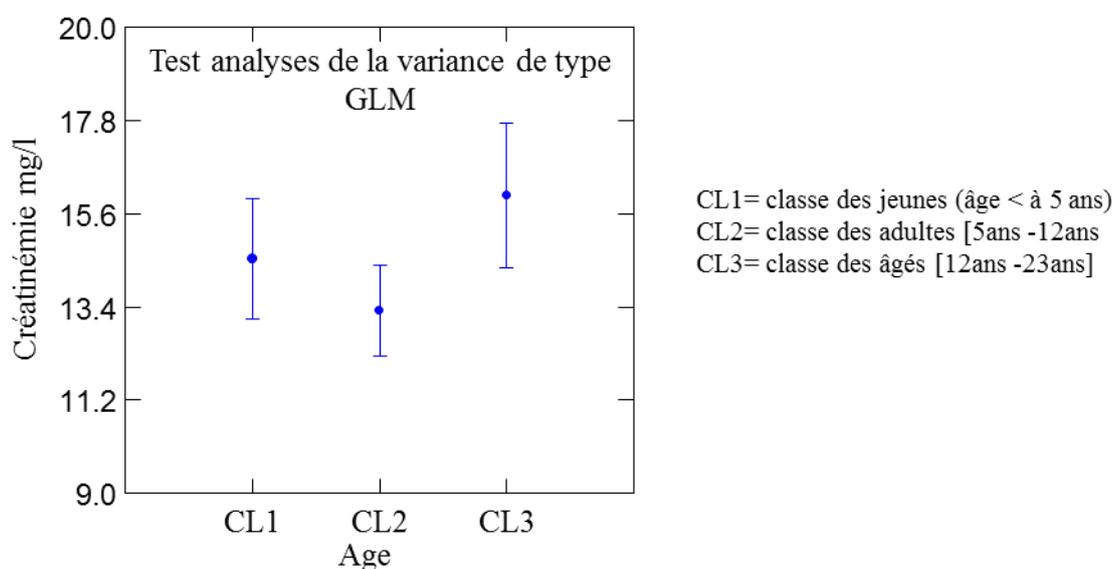


Figure9. Profil de l'créatinémie en fonction de l'âge

La comparaison de la créatinémie entre les tranches d'âge montre des valeurs relativement important chez les âgés par rapport aux jeunes et aux adultes, toute fois cette différence est non significative ($p= 0.427$).

La créatinine filtrée est entièrement éliminée par le rein; elle ni secrétée, ni réabsorbée (Bengoumi et al., 2002). Donc elle reflète la filtration glomérulaire.

Selon Rainfra et al. (2000), la filtration glomérulaire diminue avec l'âge, ceci peut expliquer cette augmentation chez les âgé.

III.2.2. Les variations de la créatinine selon la saison

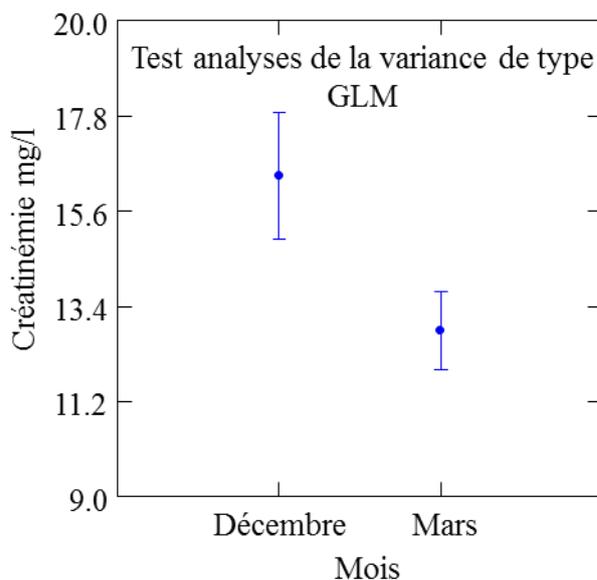


Figure10. Profil de la créatinémie en fonction de la saison

Les teneurs de la créatinémie montre une diminution significative ($p=0.049$) entre la saison humide et la saison sèche.

Selon Aichouni et al. (2013b). L'augmentation observée de la concentration de créatinine sérique pendant la saison des pluies, peut être attribuée à l'apport élevé de protéines dans le régime alimentaire consommé par les dromadaires. Abokouider et al. (2001) ont rapporté une baisse des concentrations de créatinine pendant la saison sèche. Cependant, Salman et Afzal (2004) ont rapporté que le niveau de la créatinine sérique n'a montré aucune variation saisonnière.

Nos résultats sont contradictoires avec celles obtenu par Titaouine (2005) qui a trouvé que la créatinine augmente au cours de la saison sèche par rapport à la saison humide. Cependant, aucune différence significative n'a été enregistrée. Il a expliqué cette augmentation par la diminution de la filtration glomérulaire lors de la déshydratation en saison sèche qui entraîne une baisse de la clairance de la créatinine.

III.3. Les variations du Phosphore

Le phosphore se présente sous plusieurs formes dans le sang, le taux de phosphore inorganique est beaucoup plus fluctuant dans l'organisme, que celui de calcium. La difficulté

du dosage vient du fait qu'une portion d'ester phosphorique se trouve dans les hématies, peut être libéré dans le plasma en cas d'hémolyse (Kaneko, 1980).

La valeur moyenne de la phosphatémie obtenue dans notre étude est de 129.86 ± 44.12 mg/l avec un intervalle de variation très important entre les valeurs extrêmes (71.4 à 185mg/l). Comparé aux autres espèces animales, les dromadaires présentent une phosphorémie supérieure à celle trouvée chez les bovins, qui varie de 55 à 61 mg/l (Mylrea et Baufield, 1968).

III.3.1. Les variations du phosphore selon l'âge

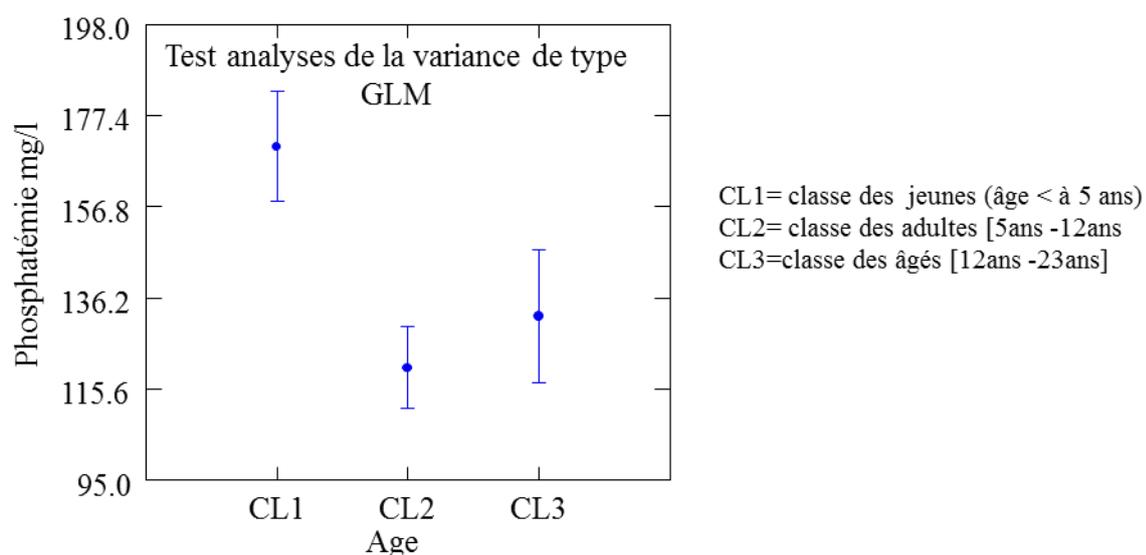


Figure 11. Profil de la phosphatémie en fonction de l'âge

La phosphatémie des jeunes reste supérieure à celle des adultes et des âgés. Nous avons constaté une diminution entre les jeunes et les adultes suivi par une augmentation chez les âgés, ces différences sont significatives de ($p=0.012$).

Selon Scott et Mc Lean (1981) la capacité d'absorption de phosphore diminue avec l'âge. Mylrea et Bayfield (1968) rapportent les normes suivantes : chez les bovins et les veaux elle est de l'ordre de (89.6 mg/l), chez les génisses (62.5 ± 6 mg/l) et chez les adultes est de (55 ± 8 mg/l). La même observation chez le cheval a été faite, Simensen (1972) rapporte que: chez les jeunes moins de 1an, le taux est de 51 mg/l, et entre 1 et 5 ans il est de 42 mg/l. Plus de 5 ans, le taux se stabilise à 28,5 mg/l. Une observation similaire a été faite chez le chien (Fletcher et Smart, 1973 in Kelanemer, 2003).

La diminution de phosphore chez les adultes (par rapport aux âgés) peut être expliquée par le fait que la phosphatémie prend une allure décroissante de la gestation à la lactation. La femelle gestante répond à la demande (importante) élevée en phosphore durant la gestation (ostéogenèse) par l'augmentation de l'absorption digestive et la diminution de l'excrétion urinaire de phosphore ainsi que par la mobilisation du phosphore de réserve. La diminution chez les femelles allaitante est probablement associée à une fuite en phosphore dans le lait de la chamelle (Ben romdhane et al., 2003).

III.3.2. Les variations du phosphore selon la saison

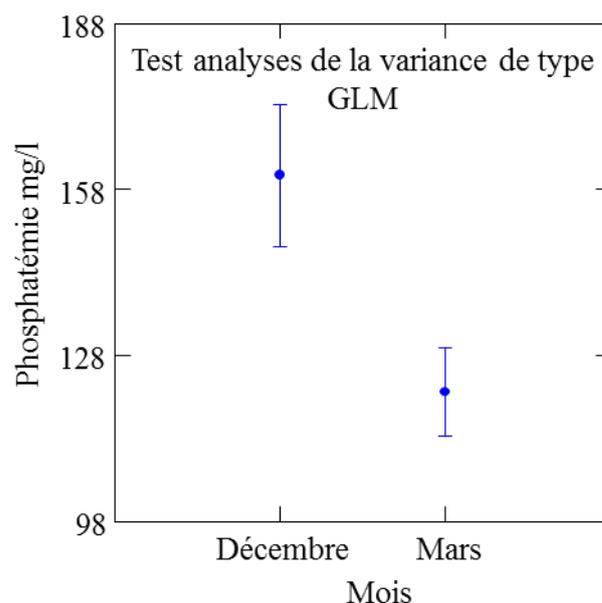


Figure 12. Profil de la phosphatémie en fonction de la saison

La comparaison entre les deux saisons fait ressortir une plus grande phosphatémie chez les dromadaires en saison humide. Ces différences sont significatives de ($p=0.016$). L'augmentation des concentrations sériques de phosphore au cours de la saison humide peut être attribuée à la disponibilité des plantes riches en minéraux pendant la saison des pluies (Aichouni et al., 2003a). Selon Orden et al. (1999) la variation saisonnière du phosphore pourrait être liée aux fluctuations des conditions climatiques. Ces résultats sont également en accord avec Mtimuni et al. (1990), ces auteurs ont suggéré que l'information sur les interrelations des minéraux entre le sol, les plantes et les animaux pourrait donner le profil exact des minéraux de plasma sanguin.

III.4. Les variations du Calcium

Dans notre étude, les valeurs moyennes de la calcémie obtenu est de l'ordre de 104.43 ± 24.93 mg/l, avec un minima de 71 et un maxima de 125.5 mg/l, Elle est en accord avec celle rapportée par Naami (1991). Ces résultats sont comparables à ceux retrouvé chez les ruminants tels que les bovins entre 102 et 110 mg/l, et les ovins de l'ordre de 210 mg/l.

III.4.1. Les variations du calcium selon l'âge

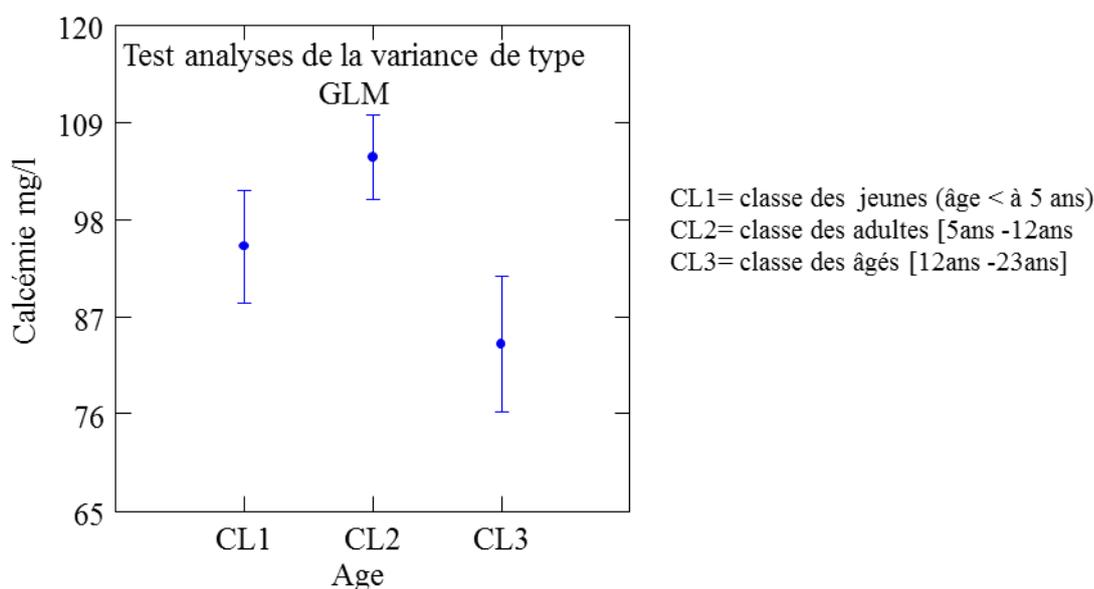


Figure 13 : Profil de la calcémie en fonction de l'âge

La comparaison de calcémie entre les tranches d'âge montre des valeurs très important chez les adultes par rapport aux jeunes et les âgés, mais aucune différence significative n'a été enregistrée.

La concentration élevée de calcium chez les jeunes pourrait être considérée comme une réponse physiologique à l'augmentation des besoins en calcium déterminés par la croissance tissulaire et la minéralisation du squelette chez le jeune dromadaire. Ceci confirme les travaux d'El Khazmi et al. (2000) qui a travaillé sur l'ostéocalcinémie, comme un indicateur sanguin de la croissance osseuse.

La concentration élevée du calcium chez les adultes peut être expliqué par un rationnement supplémentaire (besoin de gestation et de lactation des femelles) en calcium réalisée par les chameliers.

La diminution de la calcémie chez les âgés pourrait être due à la diminution ou la perte de la capacité d'absorption intestinale du Ca, et la diminution de la mobilisation osseuse (la perte de masse osseuse) (Gueguen et Pointillart, 2000).

III.4.2. Les variations du calcium selon la saison

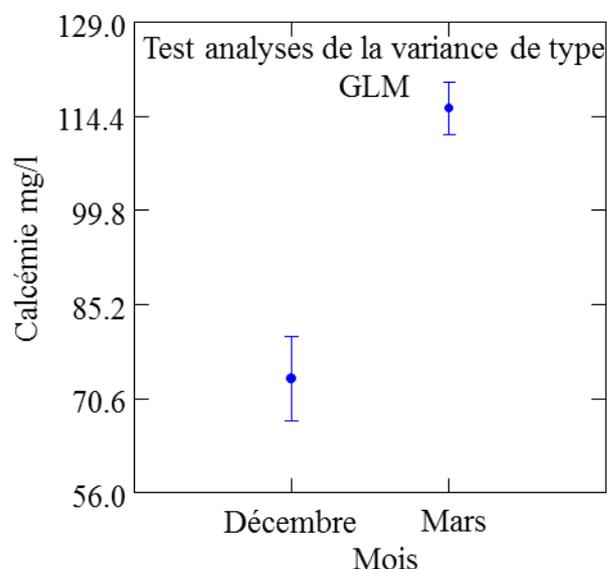


Figure 14. Profil de la calcémie en fonction de la saison

L'analyse statistique des résultats fait ressortir une influence hautement significative de la saison sur la calcémie ($p < 0.001$). On note des taux sériques de calcium très bas en saison humide comparativement à la saison sèche.

L'accroissement de la teneur en Ca, pourrait être due au soleil (Kolb, 1970; Medouer, 1982). Il est largement reconnu que les rayons solaires (particulièrement les UV) ont l'avantage d'augmenter la synthèse de la Vit D3 au niveau de la peau (Gueguen et Barlet, 1978), qui à son tour hydroxylée dans le foie et les reins en 1,25 (OH) D3. Ce dernier favorise l'absorption intestinale du Ca, et aussi leur mobilisation osseuse, ce qui entraîne par conséquence l'augmentation de la calcémie (Jean-Blain, 2002).

Khan et al. (2003) ont observé que l'excrétion du Ca et du Mg dans les fèces a été maximale durant l'hiver que pendant l'été, donc une diminution de l'absorption dans le tractus gastro-intestinal, ceci peut être la cause de la diminution de calcium pendant l'hiver.

III.5. Les variations du Chlore

La valeur moyenne de chlorémie, obtenue dans notre étude est de 116.88 ± 4.99 mmol/l, elle est en accord avec celle rapportée par Naami (1991) 107- 132 mmol/l, snow et al. (1988) 112-120mmol/l. Cependant, nos valeurs sont plus basses en comparaison aux travaux de Bengoumi et al. (1991) (114 ± 3 mmol/l).

III.5.1. Les variations du chlore en fonction de l'âge

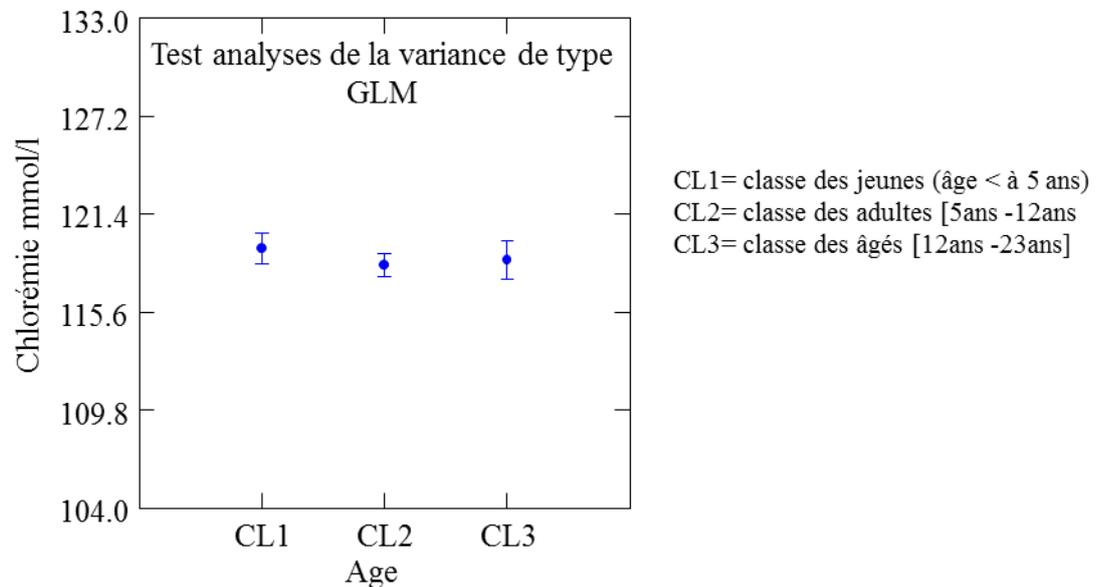


Figure 15. Profil de la chlorémie en fonction de l'âge

Une légère différence de la concentration de chlore entre les différentes classes d'âge est observée, mais aucune différence significative n'a été enregistrée.

III.5.2. Les variations du chlore en fonction de la saison

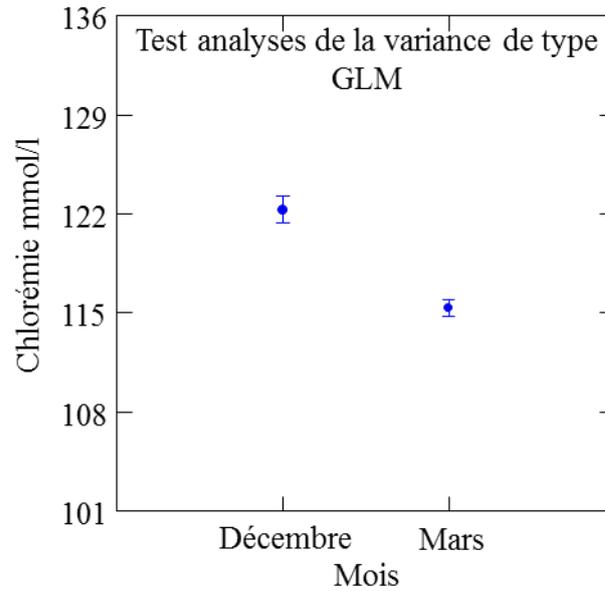


Figure 16. Profil de la chlorémie en fonction de la saison

Le profil de chlorémie montre une diminution hautement significative pendant la saison sèche.

Le chlore n'est pas soumis à une régulation spéciale, son métabolisme suit celui du sodium (Bengoumi et Faye, 2002).

Le dromadaire préfère les plantes halophytes qui sont riche en électrolytes (Faye et Bengoumi, 2000; Faye, 1995), ceci peut expliquer la concentration élevé du chlore en saison humide.

III.5.3. Les variations du chlore en fonction de sexe

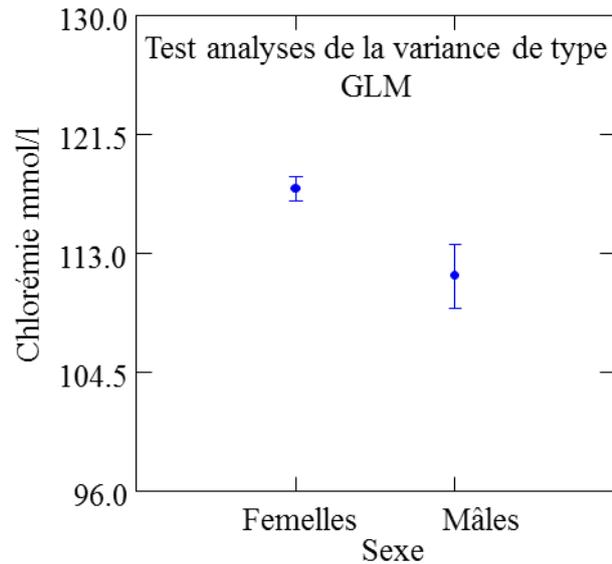


Figure 17. Profil de la chlorémie en fonction de sexe

La comparaison des valeurs moyennes de la chlorémie entre les deux sexes, reflète des différences statistiquement significatives ($p=0.012$). On observe que les femelles présentent une chlorémie supérieure à celle observée chez les mâles.

III.6. Les variations du Sodium

La valeur moyenne de la natrémie obtenue, dans cette étude est de l'ordre de 145.42 ± 3.24 mmol/l avec une valeur minimale de 139.5 mmol/l et une maximale de 151.7 mmol /l, elle est en accord avec celle retrouvée, dans la bibliographie. Naami (1991) et EL Kasmi (1989) rapportent une natrémie qui varie respectivement entre 129-170 mmol/l et 139-147 mmol/l respectivement. Par contre, d'autres auteurs rapportent des valeurs relativement supérieures à celles que nous avons obtenue Bengoumi et al. (1991); rapportent une natrémie de l'ordre de 163 à 171 mmol/l.

III.6.1. Les variations du sodium selon l'âge

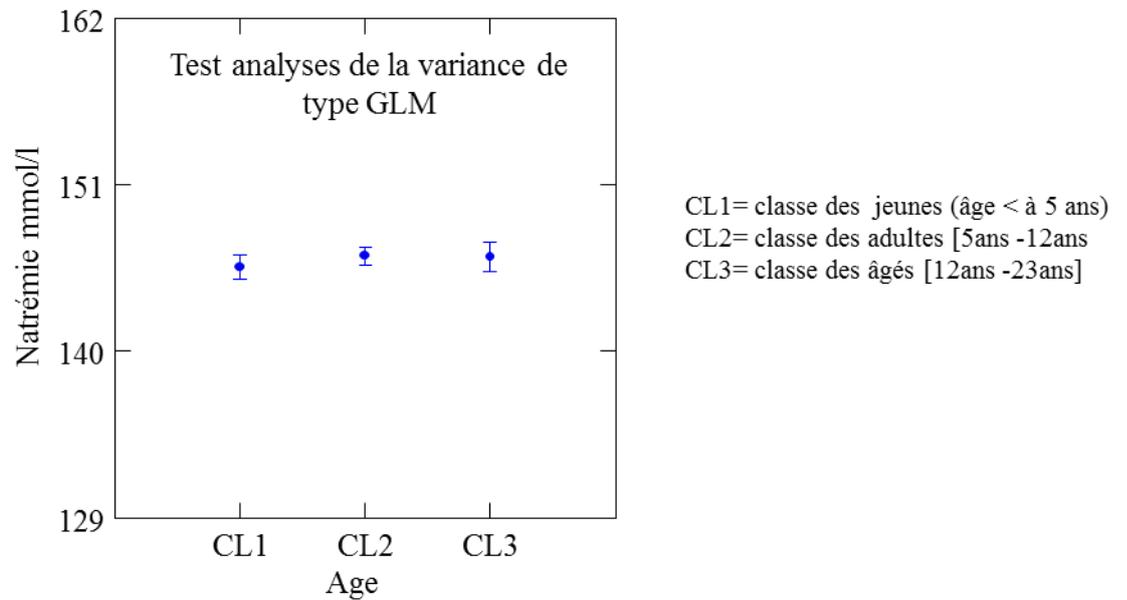


Figure 18. Profil de la natrémie en fonction de l'âge

Les valeurs de la natrémie des âgés et des adultes sont un peu supérieures à celles obtenues par les jeunes. Ces différences sont non significatives.

III.6.2. Les variations du sodium selon les saisons

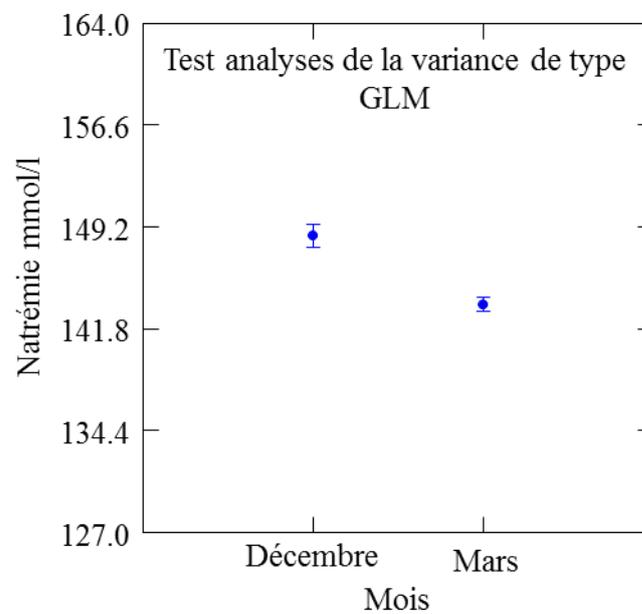


Figure 19. Profil de la natrémie en fonction de la saison

L'analyse statistique a montré une diminution hautement significative entre la saison humide et la saison sèche. Ceci est la conséquence d'une supplémentation des animaux en plantes halophiles (pratique courante des pastoralistes en hiver). Ce qui signe l'adaptation du dromadaire au contexte phyto-écologique (Ben romdhane et al., 2003) et peut être aussi due à la capacité de dromadaire d'accéder à des rations riches en sel (Faye et Bengoumi, 2000).

III.6.3. Les variations du sodium selon le sexe

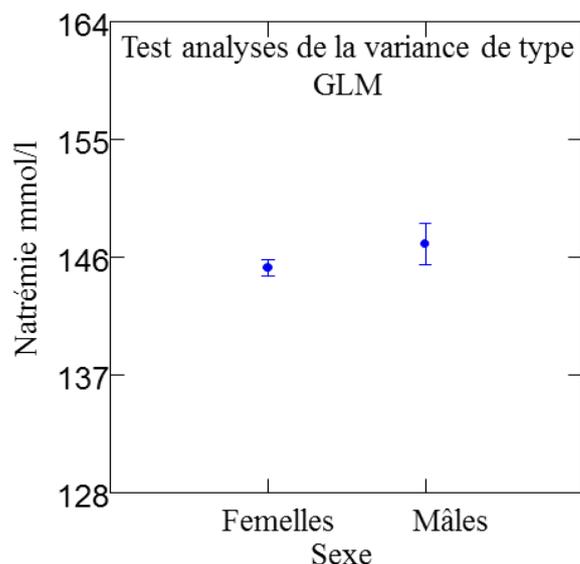


Figure 20. Profil de la natrémie en fonction de sexe

Des différences non significatives ($p > 0,05$) sont notées entre les deux sexes avec des valeurs élevées chez les mâles par rapport aux femelles.

III.7. Les variations du Potassium

La valeur moyenne de la kaliémie obtenue, dans cette étude est de l'ordre de 6.14 ± 0.89 mmol/l avec une valeur minimale de 4.74 mmol/l et une maximale de 8.82 mmol/l.

Cette kaliémie moyenne obtenue chez le dromadaire est supérieure à celle retrouvée chez les autres mammifères domestiques. Chez le cheval 2.4 à 4.7 mmol/l et chez les bovins 3.9 à 5.8 mmol/l, de même chez les ovins 3.9 à 5.4 mmol/l. Par rapport à la bibliographie nos animaux ont une kaliémie supérieure aux travaux réalisés de Wahbi et al. (1979) 3.6-6.1 mmol/l

III.7.1. Les variations du potassium selon l'âge

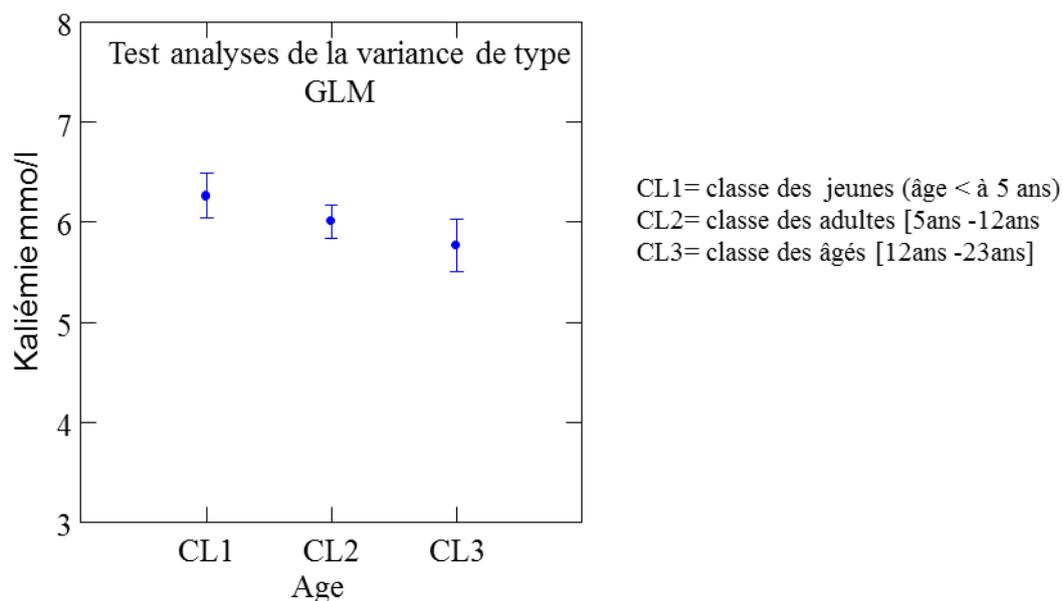


Figure 21. Profil de la kaliémie en fonction de l'âge

L'analyse statistique, par la comparaison des valeurs moyennes entre les différentes classes d'âge ne relève pas des différences significatives. Le niveau de potassium plasmatique a été trouvé plus élevé chez les jeunes que chez les sujets âgés. Les mêmes résultats ont été rapportés par Ben romdhane et al. (2003). L'augmentation de la concentration des minéraux chez les jeunes, pourrait être considérée comme une réponse physiologique à l'augmentation des besoins en calcium et en phosphore déterminés par la croissance tissulaire et la minéralisation du squelette chez le jeune dromadaire. Ceci est en accord avec les travaux d'El Khazmi et al. (2000), qui en travaillant sur l'ostéocalcinémie, un indicateur sanguin de la croissance osseuse, a trouvé une nette augmentation de ces paramètres chez les chameçons.

III.7.2. Les variations du potassium selon la saison

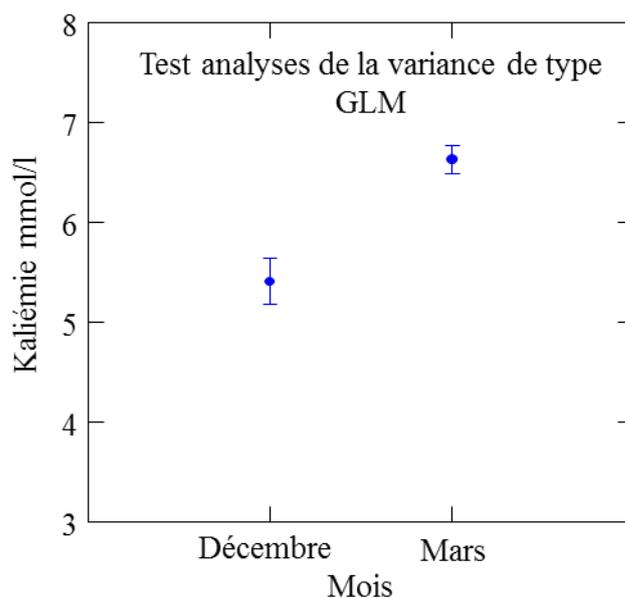


Figure 22. Profil de la kaliémie en fonction de la saison

La comparaison entre les deux saisons montre que la kaliémie est plus élevée en saison sèche qu'en saison humide. La différence est hautement significative. Chez le dromadaire en saison sèche la teneur des tissus en K augmentent (Aichouni et al., 2013a), tandis que la filtration glomérulaire et l'excrétion du potassium diminuent simultanément (Bengoumi et Faye, 2002). La diminution de la Kaliémie à la saison humide coïncide avec le début de la lactation. Cette diminution en K serait due à leur exportation dans le lait (Shalit et al., 1991, In Meziane, 2001), ainsi le dromadaire dans son biotope naturel, s'est adapté au manque d'eau par une augmentation de son électrolytes.

III.7.3. Les variations du potassium selon le sexe

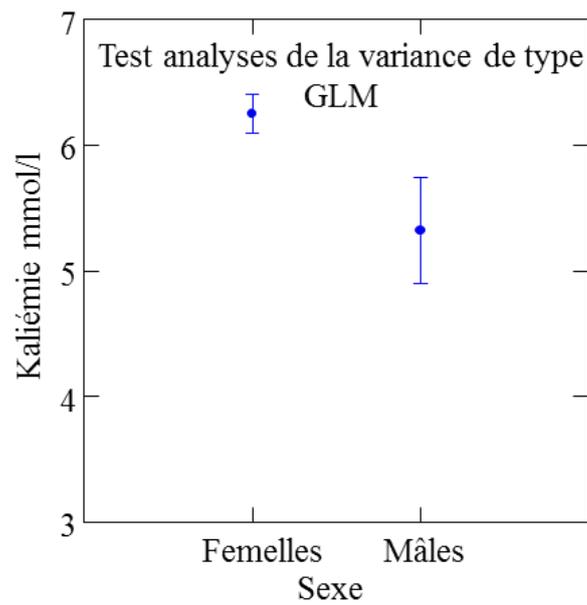


Figure 23. Profil de la kaliémie en fonction de sexe

La comparaison entre les deux sexes fait ressortir une différence significative ($p = 0.04$), les femelles ont des valeurs supérieures à celle des mâles, ceci peut être dû à la gestation.

En effet, des travaux ont rapporté des résultats similaires chez les caprins (Hafid, 2006) ainsi que chez les chèvres gestantes (Jankowiak et Seralo, 2002).

Conclusion

Au terme de ce travail portant sur les variations des paramètres biochimiques sur une population hétérogène restreinte de dromadaires (*Camelus dromedarius*), il est à conclure que :

L'âge a un effet significatif du point de vue statistique sur l'urémie et la phosphatémie et un effet relativement non significatif sur la calcémie, la chlorémie, la créatinémie, la natrémie et la kaliémie.

Le sexe ne présente pas un effet statistiquement significatif sur le sodium par contre il a un impact sur la kaliémie et la chlorémie, où elles sont élevées chez les femelles; l'augmentation du potassium serait à la gestation.

En outre, un effet saisonnier semble jouer sur tous les paramètres. En effet, la chlorémie, la natrémie, la phosphatémie et la créatinémie diminuent pendant la période sèche, cela peut être dû au manque de fourrage. Par contre, l'urémie, la kaliémie et la calcémie sont élevées.

En perspective et dans le but de comprendre le maintien de l'homéostasie chez le dromadaire, il est suggéré à travers ces résultats préliminaires de reprendre le travail avec une large population d'animaux dans les différentes situations traitée et en espaçant entre les saisons et les lieux, pour voir l'effet du climat et la réponse de l'animal quant aux variations de ces paramètres.

- Abdelgadir, S.E., Wahbi, A.G.A., Idris, O.F.**, 1984. Some blood and plasma constituents of the camel. *Sci. J. King Faisal Univ.* 8, 131-142.
- Abokouider, S.N., Dabagg, N.E., Schenke, F.**, 2001. Studies on the camels bloods parameters in relation to season in syria. *Proceedings of the 6th annual Conference on Animal Production under Arid Condition.* Alain. United Arab Emirates.
- Aichouni, A., Belhadia, M., Aggad, H.**, 2013. Mineral indices in Algerian camels (*camelus dromedarius*): effect of season, *Camel- International Journal of Veterinary Science*, 1(1), 29-36. (a).
- Aichouni, A., Belhadia, M., Kebir, N., Aggad, H.**, 2013. Season influence on serum organic parameters of dromedarius (*Camelus dromedarius*) in Algeria. *Biochem Bio technol. Res.* 1(1), 8-12. (b)
- Atkins, P.W., Jones, L.**, 2004. *Chimie: molécules, matière, métamorphoses*, 3eme ed. de broeck & Larcier, Bruxelles, pp. 225-226.
- Barakat, M.Z., Abdelfattah, M.**, 1971. Seasonal and sexual variations of certain constituents of normal camel blood. *Zbl. Vet. Méd. A.* 18, 174-178.
- Ben romdhane, S., Romdane, M.N., Feki, M., Sanhagi, H., Kaabachi, N., M'bazaa, A.**, 2003. Valeurs usuelles des principaux constituants biochimiques sériques du dromadaire (*camelus dromedarius*). *Revue Méd. Vêt.* 154, 11, 695-702.
- Bengoumi, M., Faye, B.**, 2002. Adaptation du dromadaire à la déshydratation. *Revue Sécheresse.* 13, 121-129.
- Bernard, W., Frédéric, B.**, 2003. *Immunopathologie et réactions inflammatoires*, 1er ed. Boeck université, Bruxelles.
- Blalock, J.E.**, 1984. The immune system as a sensory organ. *J. Immunol.* 132(3), 1067-1070.
- Boussarie, D.**, 2003. *Consultation des petits mammifères de compagnie*, Ed. Maisons-Alfort, Parais, pp. 218.
- Brooker, C.**, 2001. *Le corps humain, étude, structure et fonction le rôle infirmier dans la pratique clinique*, Ed. boeck université, Bruxelles, pp. 44-54.
- Buyck J.**, 2008. Rôles du calcium et des transports ioniques de l'épithélium des voies aériennes dans la réponse à l'agression septique par *Pseudomonas aeruginosa*. *Physiologie.* Thèse de Doctorat d'état, Ecole Doctorale Biologie – Santé de Lille, France. pp. 25.
- Cachau-Herreillat, D.**, 2005. *Des expériences de la famille acide-base*, 1^{er} ed. Boeck & Larcier, Bruxelles, pp. 228.
- Charnot, Y.**, 1961. Équilibre minéral tissulaire dans la déshydratation du dromadaire. *J. Physiol.* 53, 793-806.

- Chaumont, M., Paquin, C.**, 1971. Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie septentrionale. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. pp. 24.
- Chehema, A.**, 2005. Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien cas des régions d'Ouargla et Ghardaia. Biologie Appliquée. Thèse de Doctorat d'État, Université Badji Mokhtar, Annaba. Pp. 10-11.
- Claverie, I., Panet M.**, 2008. Biochimie, 2^{ème} ed. Wolterskluwer, pp. 19.
- Coffman, J.R.**, 1981. Equine clinical chemistry and pathophysiology, Ed. Bonner Spring, Kansas, pp. 275.
- Cornus, J.**, 2010. Détermination des intervalles de référence des variables biochimiques sanguines chez le chat au laboratoire de biochimie de l'Enva, thèse doctorat vétérinaire, École nationale vétérinaire d'Alfort. pp. 10.
- Denys, N., Furon, K.**, 2014. Détermination des intervalles de référence des variables biochimiques sanguines chez le chat au laboratoire de biochimie de l'Enva. vétérinaire. Thèse de Doctorat d'État, La faculté de médecine de Créteil d'Alfort, Soudan. pp. 15.
- Driot, C.A.G.**, 2009. Etude épidémiologique et histopathologie de la gale sarcoptique et de la teigne chez le dromadaire dans le sud marocain. Vétérinaire. Thèse de Doctorat d'État, l'Université Paul Sabatier de Toulouse, France. pp. 15-16.
- Dubief, J.**, 1959. Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sahar., Algérie 1, pp. 312.
- Dubief, J.**, 1963. Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sahar., Algérie 2, pp. 275.
- Eckersall, P.D.**, 2008. Proteins, Proteomics, and the Dysproteinemias. In: Kaneko, Harvey, Bruss, editors. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6^{ème} ed. San Diego, Academic Press, EU, pp. 117-155.
- Eckert, R., Randall, D., Burggren, W., French, K.**, 1999. Physiologie animal, mécanismes d'adaptations, Ed. boeck, Bruxelles, pp. 7-8.
- El khazmi, M., Riad, F., Safwate, A., Bengoumi, M., Hidane, K., Davicco, M.J., Coxam, V., Faye, B., Barlet, J.P.**, 2000. Évolution comparée de quelques paramètres minéraux, de l'os-téocalcine, du 25(OH) et du 1,25(OH) chez la chamelle du sud marocain et son chamelon nouveau-né. Revue elev. Méd. Pays trop. 53, 115-119.
- Emmanuel, B., Howard, B.R., Emady, M.**, 1976. Urea degradation in the camel. Can. J. Anim. Sci. 56, 596-601.
- Farver, T.B.**, 2008. Concepts of normality in clinical biochemistry. 6^{ème} ed. San Diego, EU, pp. 1-26.

- Faverdin, P., Verite, R.**, 2004. Modélisation de la digestion -3R 2003 : Modèle dynamique de simulation des flux d'azote et de l'urémie chez la vache laitière. ENSAR. INRA, pp. 444.
- Faye, B.**, 1997. Le guide de l'élevage du dromadaire, Ed. Sanofi, Libourne.
- Faye, B., Bengoumi, M.**, 2000. Le dromadaire face à a sous-nutrition minérale, un aspect méconnu de son adaptabilité aux conditions désertiques. Revue Sécheresse. 11(3), 155-161.
- Goudet, P., Yindoula, J.**, 2008. Matière et énergie dans le système, Ed. Educagri, pp. 122.
- Grouzis, M., Le Floc'h, E.**, 2003. Un arbre au désert « *Acacia raddiana* », Ed. IRD, France, pp. 185.
- Gueguen, L., Barlet, J.P.**, 1978. Besoins nutritionnels en minéraux et vitamines de la brebis et de la chèvre. In : l'alimentation de la brebis et de la chèvre. 4ème journée de la recherche ovine et caprine. INRA et ITOVIC, France, pp. 19-37.
- Guéguen, L., Pointillart, A.**, 2000. The Bioavailability of Dietary Calcium. Journal of the American College of Nutrition. 19, 119-136.
- Guénard, H., Bioulac, B., Boisseau, M.R., Carré, F., Demotes-mainard, J., Devillier, P., Hanoune, J., Harf, A., Lacour, J.R., Lamour, Y., Le Naour, R., Lévy, B., Marthan, R., Swynghedauw, B., Varène, P., Vincent, J.D.**, 2001. Physiologie humaine, 3eme ed. pradel, pp. 349.
- Henriet, J.M.**, 2005. L'Afrique et le Moyen-Orient en fiches, Ed. bréal, pp. 141.
- Hornbuckle, W.E, Simpson, K.W, Tennant, B.C.**, 2008. Gastrointestinal Function. In : Kaneko, Harvey, Bruss, editors. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th ed. San Diego, Academic Press, EU, pp. 3-457.
- Jankowiak, D., Seralo, K.**, 2002. Selected parameters of renal function and hydroelectrolyte balance in pregnant goats. Electronic Journal of Polish, Vol.5, Issue 1, Serie Animal Husbandry Agricultural Universities.
- Jean-Blain, C.**, 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. E.M. Inter., Editions TEC et DOC, pp. 424.
- Joksimovic, G.**, 2009, Vers une unité psyché soma : la voie de la psychoneuro immunologie. Pharmacie. Thèse de Doctorat d'État, université de Nantes, France. pp.72.
- Kaneko, J.J.**, 1980. Clinical biochemistry of domestic animals, 3eme Edition. Academic press, New York.
- Khan, Z.I., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Rahman, Z., Hussain, A.**, 2003. Evaluation of potassium status of grazing goats in south Punjab, Pakistan. Journal. Animal. Veterinary. Advances. 2, 375-381.

- Kelnemer, R.**, 2003. Contribution à l'étude des paramètres biochimiques sanguins chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*) dans le Sud et Est algérien. Zootechnie. Thèse de magister, Algérie. Pp.75.
- Kolb, E.**, 1970. Physiologie des animaux domestiques. Vigot frères éditions, Paris, pp. 974.
- Kubab, N., Hakawati, I., Alajati-Kubab, S.**, 2014. Guide des examens biologiques, 6ème ed. Lamarre, France.
- Lacoste, A.**, 2001. Neuroendocrinologie et neuroimmunologie du stress chez un modèle invertébré, l'huître *Crassostrea gigas*. Océanologie biologique et environnement marin. Thèse de Doctorat d'État, université Pierre et Marie-Curie, Paris. pp. 12-13.
- Lassime, A.**, 2013. Suppléments alimentaires pour sportifs : la créatine mérite-t-elle sa mauvaise réputation ? Thèse de Doctorat d'État, Université de Poitiers, Paris. Pp. 4-6.
- Le Meur, Y., Lagarde, C., Charmes, J.P., Benevent, D., Leroux-Robert, C.**, 1998. L'insuffisance rénale chronique du diagnostic à la dialyse, Ed. Doin, France, pp. 34
- Leverve, X., Cosnes, J., Erny, P., Hasselmann, M.**, 2001. Traité du nutrition artificielle de l'adulte, deuxième Ed. Springer-Verlag, France, pp. 557.
- Loo, P., Loo, H., Galinowski, A.**, 2003. Le stress permanent, Réaction-adaptation de l'organisme aux aléas existentiels, 3^{ème} ed. Masson, pp. 2.
- Lopez, I., Estepa, J.C., Mendoza, F.J., Mayer-Valor, R., Aguilera-Tejero, E.**, 2006. Fractionation of calcium and magnesium in equine serum. *Am. J. of Vet. Research.* 67, 463-466.
- Mahaman, O.**, 1979. Contribution à l'étude du dromadaire et de sa pathologie infectieuse. Vétérinaire. Thèse de Doctorat d'État, Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaires de Dakar, Sénégal. pp. 2.
- Masters, D.G., Purser, D.B., Yu, S.X., Wang, Z.S., Yang, R.Z., Liu, N., Lu, D.X., Wu, L.H., Ren, J.K., Li, G.H.**, 1993. Mineral nutrition of grazing sheep in Northern China. Macrominerals on pasture feed supplement and sheep. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 6, 99-105.
- McConaghy, F.F., Hodgson, D.R., Evans, D.L., Rose, R.J.**, 1995. Equine sweat composition: effects of adrenaline infusion, exercise and training. *Eq. Vet. J. Suppl.* 20, 158-164.
- Medouer, M.**, 1982. Taux et dynamisme saisonniers du calcium et du phosphore dans le sérum sanguin des brebis saines dans la région de Batna. Thèse de Doctorat d'État. Vétérinaire. Batna. Pp. 101.
- Meigs, P.**, 1953. World distribution of arid and semi-arid homoclimates. Reviews of research on arid zone hydrology, Arid Zone Programme, Ed. UNESCO, Paris, France, pp. 203–209.

- Mellado, M., Rodriguez, J.A., Villarreal, A., Olvera, A.,** 2005. The effect of pregnancy and lactation on diet composition and dietary preference of goat in desert rangeland. *Small Rumin. Res.* 58, 79-85.
- Meziane, T.,** 2001. Contribution à l'étude de l'effet de la salinité de l'eau de boisson et d'un régime à base de paille chez les brebis de race Ouled Djellal dans les hauts plateaux sétifiens. Thèse de Doctorat d'État. Constantine. Pp. 162.
- Moberg, G.P.,** 1999. When does stress become distress, *Lab. Anim.* 28, 22-26.
- Moberg, G.P.,** 2000. Biological Response to Stress: Implications for Animal Welfare. *The Biology of Animal Stress.* G. P. Moberg and J. A. Mench, CAB International, pp. 1-21.
- Mousa, H.M., Ali, K.E., Hume, I.D.,** 1983. Effects of water deprivation on urea metabolism in camels, desert sheep and desert goat fed dry desert grass. *Comp. Biochem. Physiol.* 74, 715-720.
- Mtimuni, J.P., Mfitlodze, M.W., McDowell, L.R.,** 1990. Interrelationships of minerals in soilplant-animal system at Kuti Branch, Malawi. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21, 415-427
- Murer, H., Lötscher, M., Kaissling, B., Levi, M., Kempson, S.A., Biber, J.,** 1996. Renal brush border membrane Na/Pi-cotransport: molecular aspects in PTH-dependent and dietary regulation. *Kidney Int.* 49(6), 1769-1773.
- Mylrea, P.J., Bayfield, R.F.,** 1968, Concentrations of some components in the blood and serum of apparently healthy dairy cattle. *Electrolyte and minerals. Aust-Vet. J.* 44. 565.
- Naami, A.,** 1991. Contribution à l'étude de certains paramètres biochimiques du dromadaire « *camelus dromedarius* » au Maroc. *Vétérinaire.* Thèse de doctorat d'État, institut agronomique et vétérinaire HASSAN II RABAT, Maroc. pp. 4-2.
- Nedjraoui, D.,** 2003. Country pasture, forage resource profiles. Ed. FAO, Grassland and pasture crops, Algérie, pp. 1-29.
- Noy-Meir, I.,** 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 4, 25-41.
- Nguyen, S.H., Bourouina, R.,** 2008. Manuel d'anatomie et de physiologie, 4^{ème}ed. Lamarre, France, pp. 275.
- Oberlander, T.M.,** 1994. Global deserts: a geomorphic comparison. In: Abrahams AD & Parsons AJ (eds). *Geomorphology of desert environments*, Chapman & Hall, London, UK, pp. 13-35.
- Ogden, J.,** 2004. Psychologie de la santé, 3^{ème}ed. Open University press, pp. 241.

- Orden, E.A., Serra, A.B., Serra, S.D., Aganon, C.P., Cruz, L.C., Fujihara, T.,** 1999. Mineral concentration in blood of grazing goats and some forage in Lahar-Laden area of Central Luzon, Philippines. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12, 422-428.
- Ouldahmed, M.,** 2009. Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Science de la production animale. Thèse de Doctorat d'État, Université du 7 Novembre à Carthage, Tunisie. pp. 34.
- Parot, C.,** 2011. Bilans héмато-biochimiques chez le cheval d'endurance de haut niveau : intérêt pronostic et proposition de valeurs de référence. *Vétérinaire*. Thèse de Doctorat d'État, École nationale vétérinaire d'Alfort, Soudan. pp. 35-50.
- Picard, M., Porter, R.H., Signoret, J.P.,** 1994. Comportement et bien-être animal, Ed. INRA, Paris, pp. 191.
- Rainfray, M., Richard - Harston, R., Salles-Montaudon, N., Emeriau, J. P.,** 2000. Les effets du vieillissement sur la fonction rénale et leurs implications en pratique médicale. *Presse Med.* 29. 1373-8.
- Ramet, J.P.,** 1993. La technologie des fromages au lait dromadaire « *Camelus dromedarius* », Ed. FAO, Rome, pp. 1-2.
- Rand, M.L, Murray, R.K.,** 2002. Protéines Plasmatiques, immunoglobulines et coagulation sanguine. In : Murray, Granner, Rodwell, Mayes, editors. *Biochimie de Harper*. 25^{ème} Ed. De Boeck Université, Bruxelles, pp. 737-762.
- Raven, P.H., Berg, L.R, Hassenzahi, D.M.,** 2008. Environnement, Ed. boeck, pp. 126.
- Salman, R., Afzal, M.,** 2004. Seasonal variations in hematological and serum biochemical parameters in racing camels. *J. Camel Sci.* 1, 63-65.
- Saluzzo, J. F., Chartier, C., Bada, A. R., Martinez, D., Digoutte, J. P.,** 1987. La fièvre de la vallée du Rift en Afrique de l'Ouest. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 40(3), 215-223.
- Sanz Sampelayo, M.R., Lupiani, M.J., Guerrero, J.E., Boza, J.,** 1998. A comparison of different metabolic types between goat kids and lambs: Key blood constituents at different times in the first two months after birth. *Small Rumin. Res.* 31, 29-35.
- Scott, D., Mc Lean, A.F.,** 1981. Control of mineral absorption in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 40. 257-266.
- Seboussi R.,** 2008. Métabolisme du selenium chez le dromadaire. Ecosystème. Thèse de Doctorat d'État en sciences agronomiques, centre international supérieures en sciences agronomiques, Emirats Arabes Unis. pp. 2-15.
- Sellaouti, K.,** 1984. Contribution à l'établissement des paramètres biochimiques sanguins du dromadaire. *Med. Vét.* Thèse de Doctorat d'État. Sidi Thabet, Tunisie. Pp. 70.

- Seltzer, P.**, 1946. Le Climat de L'Algérie. Inst. Météorol. Phys. Globe. Alger. Pp. 219.
- Seyle, H.**, 1973. The evolution of the stress concept. Am. Scientist. 61, 692-699.
- Siby, S.**, 2008. Etude de la variation des paramètres biochimiques et hématologiques dans le district de Bamako. Médecine. Thèse de Doctorat d'État, Université de Bamako, Mali. pp. 15.
- Simensen, W.S.**, 1972. Some clinical chemical values in normal thoroughbreds and trotters, nord. Vet. Med, 24-85.
- Sherwood, L.**, 2006. Physiologie humaine, 2^{ème} Ed. Boeck université, Bruxelles, pp. 11.
- Snow, D.H., Billah, A., Ridah, A.**, 1988. Effects of maximal exercise on the blood composition of the racing camel. Vet. Rec. 123. 311-312.
- Stockham, S.L., Scott, M.A.**, 2008. Fundamentals of veterinary clinical pathology. 2^{ème} ed. Blackwell Pub, Ames, Iowa, pp. 908.
- Swynghedauw, B., Varène, P., Vincent, J.D.**, 2001. Physiologie humaine, 3^{ème} ed. pradel, pp. 349.
- Tietz, N. W.**, 1983. Clinical guide to Laboratory Tests, W.B. Saunders Co., Philadelphia, p.384.
- Tietz, N. W.**, 1986. Textbook of Clinical Chemistry. W.B. Saunders Company, Philadelphia, p. 1841.
- Timiras, P.**, 2004. Stress, adaptation, longévité, Ed. Economica, france, pp. 15-42.
- Tinsley, R.C.**, 1999. Parasitology, parasite adaptation to environmental constraints, Ed. cambridge university press, UK, pp. 31.
- Titaouine, M.**, 2006. Considérations zootechniques de l'élevage du dromadaire dans le Sud-Est Algérien : Influence du sexe et de la saison sur certains paramètres sanguins. Vétérinaire. Thèse de Doctorat d'État, universite El-hadj lakhdar, Batna. pp. 78.
- Torell, D.T., Hume, I.D., Weir, W.C.**, 1974. Factors affecting blood urea nitrogen and its use an index of the nutritional status of sheep. J. Anim. Sci. 39, 435-440.
- Vatan, A.**, 1967. Manuel de sédimentologie, Ed. technip, pp. 26.
- Vaubouradolle, M.**, 2007. Biochimie hematologie, Ed. Le moniteur, pp. 495-502.
- Voet, D., Voet, J.G.**, 2005. Biochimie, 2^{ème} ed. Boeck université, pp. 843.
- Walsberg, G.E.**, 2000. Small mammals in hot deserts: some generalizations revisited, Bioscience. 50(2), 109-120.
- Wilson, R.T.**, 1989. Ecophysiology of the camelidae and desert ruminants, adaptation of desert organisms, Springer-Verlag.

White A., Handler P., Smith EL., 1973. Principles of Biochemistry. 5eme ed. McGraw-Hill.
New York

Yahya, H., 2002. Les signes dans les cieux et sur terre : pour les gens doués d'intelligence,
Ed. Essalam, pp. 44-45.

Young, D.S., 1995. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4eme ed. AACC press.

Young, D.S., 2001. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4eme ed. AACC press.

Matériel utilisé :



Automate de **Jokoh EX-D**
Electrolyte Analyzer



Spectrophotomètre de
marque **Humalyser 3500**



Automate de biochimie de
marque **Mindray**



Bain Marie de marque
PRECISDIG



Centrifugeuse de marque
ROTOFIX 32



Agitateur de type **EV-102**



La variation de couleur
de l'urée



La variation de la couleur de
phosphore



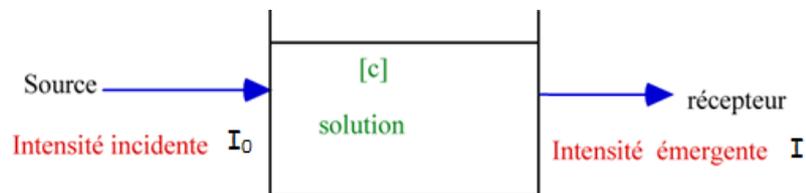
La variation de la couleur de
calcium

Spectrophotomètre

Le spectrophotomètre est un appareil utilisé pour déterminer les concentrations en solutés. Il est constitué d'une source de lumière, d'un réseau de diffraction, d'un compartiment à échantillon et d'un détecteur. Le réseau sert à sélectionner la longueur d'onde de la lumière incidente.

La quantité de lumière absorbée par un échantillon d'une solution est appelée « absorbance A » de la solution. L'absorbance est le logarithme du rapport de l'intensité lumineuse incidente I_0 (la lumière qui est envoyée sur l'échantillon) à l'intensité lumineuse transmise (la lumière qui n'a pas été absorbée) :

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$



L'absorbance est proportionnelle à la concentration molaire de l'espèce absorbante et à l'épaisseur de l'échantillon traversé. C'est la loi de Beer :

$$A = \text{constant} \times \text{concentration molaire} \times \text{épaisseur de l'échantillon}$$

$$A = \epsilon c l$$

Le constante dépend de la substance absorbante et est appelée coefficient d'absorption molaire. La loi de Beer nous permet de déterminer la concentration d'une substance en solution dans une cuve d'épaisseur connue en mesurant la quantité de lumière absorbée à certaines longueurs d'onde (Atkins et Jones, 2004).

Le graphe d'absorbance en fonction de la longueur d'onde constitue le spectre d'absorption de la substance.

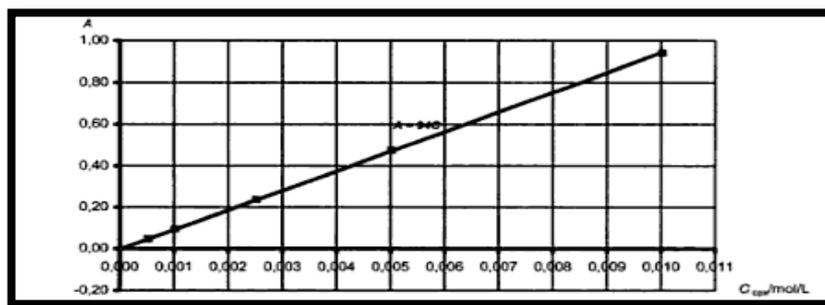


Figure25: graphe de l'absorbance en fonction de la concentration (Cachau-Herreillat, 2005)

Tube Vacutainer

Vacutainer est une marque déposée de Becton-Dickinson. Elle a été développée en 1947 par Joseph Kleiner et est apposée sur une série de tubes sous-vide utilisés lors d'une ponction veineuse, ainsi que sur un support appelé "tulipe" permettant l'adaptation d'une aiguille d'un côté et de ces tubes de l'autre.

Principe

Un système de Vacutainer est une méthode de ponctions veineuses de la scène, où le sang attire. Le système se compose d'un support en plastique, une aiguille à deux extrémités et des tubes Vacutainer. Une extrémité de l'aiguille à double face est insérée dans un trou dans la partie supérieure du support en plastique et vissé. L'autre côté de l'aiguille est insérée dans la veine et le tube Vacutainer est inséré dans le support plastique pour effectuer le prélèvement de sang.



Figure 26 : Principe de fonctionnement de système Vacutainer

Contrairement à d'autres systèmes de ponction veineuse, qui exigent le préleveur de tirer avec précision la quantité correcte de sang nécessaire pour un test, tubes Vacutainers sont calibrés pour remplir à la quantité spécifiée nécessaire. Cela permet de réduire la nécessité de bâtons de répétition pour obtenir suffisamment de sang pour le test. Lorsque d'autres méthodes de phlébotomie sont utilisés, il existe un risque que l'hémolyse, l'éclatement des cellules sanguines, peuvent se produire. Un avantage du système est qu'il Vacutainer tire le sang dans les tubes à une vitesse de sécurité, ce qui réduit le risque d'hémolyse. Avec des tubes Vacutainer, la dilution du sang est plus précise. Chaque tube est pré-remplie avec la quantité appropriée d'additif, ce qui réduit la probabilité que la dilution sera inexacte, Il existe différents types de tubes à prélèvement : « Dans notre étude nous avons utilisé des tubes rouge contient des micro-particules de silice (activateur de coagulation). Il est qualifié de « sec » et permet donc au sang de coaguler. La centrifugation permet de récupérer « le sérum»

| tube | nature | Caractéristiques générales |
|---|--------|---|
| Tube sec a gel bouchon jaune | | |
|  | sérum | <p>Tube BD vacutaine SST™ II Advance avec bouchon de sécurité Hemogard™ Tube de 4.0 ml</p> <p>Tube a prélèvement de sang, en PET, sous vide, stériles, avec activateur de coagulation et séparateur acylique, pour analyses de sérum</p> <p>Condition de conservation 4-25C, tenir à l'abri de la chaleur .</p> <p>Centrifugation : 10min</p> <p>Le tube doit être conservé en position verticale, bouchon vers le haut.</p> |
| Tube sec avec activateur de coagulation | | |
|  | sérum | <p>Tube BD vacutaine Activateur de coagulation avec bouchon de sécurité Hemogard™ Tube de 6.0 ml</p> <p>Tube à prélèvement de sang, en PET, sous vide, stériles, avec activateur de coagulation, pour analyses de sérum</p> <p>Condition de conservation 4-25C, tenir à l'abri de la chaleur.</p> <p>Centrifugation : 10min a une force <1300g</p> <p>Le tube doit être conservé en position verticale, bouchon vers le haut.</p> |
| Tube EDTA+ Aprotinine | | |
|  | plasma | <p>Tube BD vacutaine : Aprotinine/K3 EDTA avec bouchon conventionnel/ Tube de 4.0 ml</p> <p>Tube a prélèvement de sang, en PET, sous vide, stériles, ce tube permet l'obtention de plasma. Utilisation pour l'étude des enzymes</p> <p><u>Tube fournis par le laboratoire de biologie médicale spécialisée BIOMNIS</u></p> <p>Matériel requis pour les paramètres suivants : ACTH , GNRH, Glucagon, polypeptide pancréatique, PTH-RP, Somatostatine</p> |
| Tube Héparine de sodium= Tube oligoéléments | | |
|  | plasma | <p>Tube NH Oligoéléments héparine de sodium-PREMIUM (Bouchon de sécurité vissant)/ tube 6.0ml</p> <p><u>Tube fournis par le laboratoire de biologie médicale spécialisée BIOMNIS</u></p> <p>Matériel requis pour les Oligoéléments: Aluminium, Cuivre, lithium érythrocytaire, Zinc...</p> |

| tube | nature | Caractéristiques générales |
|---|----------------------------------|---|
| Tube EDTA bouchon violet | | |
|  | sang total plasma EDTA | <p>Tube BD vacutaine EDTA K2 avec bouchon de sécurité Hemogard™ Tube de 4.0 ml</p> <p>Tube a prélèvement de sang, en PET, sous vide, stériles, avec sel d'EDTA di-potassique, pour obtenir du sang total ou du plasma EDTA</p> <p>Condition de conservation 4-25C, tenir à l'abri de la chaleur .</p> <p>Centrifugation : 10min 1300g-2000g</p> <p>Le tube doit être conservé en position verticale, bouchon vers le haut.</p> |
| Tube CITRATE bouchon bleu | | |
|  | Sang total plasma citraté | <p>Tube BD vacutaine citrate de sodium 9 NC avec bouchon de sécurité Hemogard™ Tube de 4.0 ml</p> <p>Tube a prélevant de sang, en polymères, sous vide, stériles, a remplissage complet, avec citrate de sodium, pour obtenir du plasma citraté. Condition de conservation 4-25C, tenir à l'abri de la chaleur.</p> <p><u>Tube a remplissage complet</u></p> <p>Centrifugation : entre 10 et 15 min a 2000-2500g</p> |
| Tube HEPARINE bouchon vert | | |
|  | Sang total plasma hépariné | <p>Tube BD vacutaine heparine de lithium avec bouchon de sécurité Hemogard™ Tube de 6.0 ml</p> <p>Tube a prélèvement de sang, en PET, sous vide, stériles, avec héparine de lithium, pour analyses sur plasma.</p> <p>Condition de conservation 4-25C, tenir à l'abri de la chaleur.</p> <p>Centrifugation : 10min a une force <1300g</p> <p>Le tube doit être conservé en position verticale, bouchon vers le haut</p> |
| Tube FLUORE bouchon gris | | |
|  | Sang total plasma fluoré | <p>Tube BD vacutaine Fluorure de sodium/oxalate de potassium avec bouchon de sécurité Hemogard™ Tube de 4.0 ml</p> <p>Tube a prélèvement de sang, en PET, sous vide, stériles, avec agent antiglycolytique, permettent l'obtention de plasma</p> <p>Condition de conservation 4-25C, tenir à l'abri de la chaleur.</p> <p>Centrifugation : 10min a une force <1300g</p> <p>Le tube doit être conservé en position verticale, bouchon vers le haut.</p> |

Fiche technique pour le dosage des paramètres étudiés :

Les dosages biochimiques ont été réalisés en utilisant des kits SPINREACT, la composition de chaque réactif de travail est présentée ci-dessous :

Urée

| Réactif | Composition | Concentration |
|---------------------|---|--|
| R1 Tampon | Phosphate pH 6.7 EDTA Sodium salicylate Sodium nitroprusside | 50 mmol/L 2 mmol/L 400 mmol/L 10 mmol/L |
| R2 NaClO | Sodium hypochlorite (NaClO) Sodium hydroxide | 140 mmol/L 150 mmol/L |
| R3 Enzyme | Urease | 30000 U/L |
| Uree cal | Standard de l'urée aqueux | 50 mg/dL |

Créatinine

| Réactif | Composition | Concentration |
|-----------------------------------|---|---------------|
| R1 Réactif picrique | Acide picrique | 17,5 mmol/L |
| R2 Réactif alcalinisant | Hydroxyde de sodium | 0,29 mol/l |
| Créatinine cal | Standard primaire de créatinine aqueuse | 2 mg/dL |

Glucose

| Réactif | Composition | Concentration |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| R1 Tampon | TRIS pH 7,4 Phénol | 92 mmol/L 0,3 mmol/L |
| R2 Enzymes | Glucose oxydase (GOD) Peroxydase (POD) 4-Aminophénazone (4-AF) | 15000 U/L 1000 U/L 2,6 mmol/L |
| Glucose cal | Standard aqueux de glucose | 100 mg/dL |

Calcium

| Réactif | Composition | Concentration |
|------------------------|---|-------------------------|
| R1 Tampon | Ethanolamine | 500 mmol/L |
| R2 Chromogen | o-Cresolphtalein 8-Hydroxyquiouolein | 0,6 mmol/L 69 mmol/L |
| Calcium cal | Standard aqueux de calcium | 10 mg/L |

Phosphore

| Réactif | Composition | Concentration |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| R1 Molybdic | Molybdate-Borate Acide sulphurique | 1,21 mmol/L 100 mmol/L |
| R2 Catalyseur | 1,2 phenylenediamine | 2,59mmol/L |
| Phosphore cal | Standard aqueux de phosphore | 5 mg/dL |

Le principe de test de l'analyse de la variance

L'analyse de la variance (terme souvent abrégé par le terme anglais ANOVA : **analysis of variance**) est un test statistique permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont issus d'une même population. Ce test s'applique lorsque l'on mesure une ou plusieurs variables explicatives catégorielles (appelées alors facteurs de variabilité, leurs différentes modalités étant parfois appelées « niveaux ») qui ont de l'influence sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur, lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs ou d'analyse multifactorielle.

La variance a été calculé selon la formule :

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

Les résultats

Tableau XI: Résultats statistiques de la calcémie

Multiple R: 0.742 squared multiple R: 0.550

| Source | Sum-of- square | df | Mean-square | f-ratio | p |
|--------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Age | 1677.982 | 2 | 838.991 | 2.688 | 0.087 |
| Saison | 9047.294 | 1 | 9047.294 | 28.989 | 0.000 |
| Error | 8114.568 | 26 | 312.099 | | |

Tableau XII: Résultats statistiques de la chlorémie

Multiple R: 0.793 Squared multiple R: 0.630

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | f-ratio | p |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Age | 4.583 | 2 | 2.291 | 0.349 | 0.709 |
| Saison | 247.701 | 1 | 247.701 | 37.729 | 0.000 |
| Error | 170.699 | 26 | 6.565 | | |

N: 34 Multiple R: 0.428 Squared multiple R: 0.183

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | f-ratio | p |
|-------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Sexe | 154.519 | 1 | 154.519 | 7.157 | 0.012 |
| Error | 690.862 | 32 | 21.589 | | |

Tableau XIII: Résultats statistique de la natrémie

Multiple R: 0.777 Squared multiple R: 0.603

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | f-raytio | p |
|---------------|----------------|----|-------------|----------|-------|
| Age | 2.920 | 2 | 1.460 | 0.307 | 0.738 |
| Saison | 128.772 | 1 | 128.772 | 27.100 | 0.000 |
| Error | 123.546 | 26 | 4.752 | | |

N: 34 Multiple R: 0.998 Squared multiple R: 0.995

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | f-ratio | p |
|-------------|----------------|----|-------------|----------|-------|
| sexe | 70387.371 | 1 | 70387.371 | 6678.356 | 0.000 |
| Error | 337.268 | 32 | 10.540 | | |

Tableau XIV: Résultats statistiques de la kaliémie

Multiple R: 0.735 Squared multiple R: 0.540

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | F-ratio | p |
|--------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Age | 0.937 | 2 | 0.469 | 1.215 | 0.313 |
| Saison | 7.715 | 1 | 7.715 | 20.002 | 0.000 |
| Error | 10.029 | 26 | 0.386 | | |

N: 34 Multiple R: 1.000 Squared multiple R: 0.999

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | f-ratio | p |
|--------|----------------|----|-------------|-----------|-------|
| sexs | 69669.818 | 1 | 69669.818 | 52401.770 | 0.000 |
| Error | 42.545 | 32 | 1.330 | | |

Tableau XVI: Résultats statistiques de l'urée

Multiple R: 0.745 Squared multiple R: 0.554

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | F-ratio | p |
|--------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Age | 0.256 | 2 | 0.128 | 4.139 | 0.028 |
| Saison | 0.284 | 1 | 0.284 | 9.179 | 0.005 |
| Error | 0.803 | 26 | 0.031 | | |

Tableau XVII: Résultats statistiques de la Créatinine

Multiple R: 0.401 Squared multiple R: 0.161

| Source | Sum-of-squares | df | Mean-square | F-ratio | p |
|--------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Age | 27.357 | 2 | 13.679 | 0.878 | 0.427 |
| Saison | 66.269 | 1 | 66.269 | 4.255 | 0.049 |
| Error | 404.893 | 26 | 15.573 | | |

Tableau XVII : les résultats obtenus

| Sexes | Age | Code | Saison | Urée | Créa | P | Ca | Cl | Na | K |
|-------|-----|---------|----------|------|------|-------|-----|-------|-------|------|
| F | 12 | K183 | Décembre | 0.26 | 21 | 109 | 78 | 119.1 | 147 | 4.78 |
| F | 10 | K185 | Décembre | 0.21 | 4 | 134.7 | 72 | 119.4 | 145.9 | 5.21 |
| F | 9 | K186 | Décembre | 0.13 | 13 | 120 | 80 | 122.5 | 149.3 | 5.28 |
| F | 6 | K187 | Décembre | 0.17 | 16 | 159.6 | 80 | 125.5 | 150.7 | 5.84 |
| F | 3 | K189 | Décembre | 0.16 | 15 | 122.1 | 71 | 124.1 | 150 | 5.57 |
| F | 5 | K190 | Décembre | 0.19 | 16 | 164.2 | 85 | 120 | 148.8 | 5.5 |
| F | 6 | K191 | Décembre | 0.16 | 18 | 167.2 | 80 | 120.9 | 148.5 | 5.78 |
| F | 5 | K192 | Décembre | 0.18 | 16 | 160.7 | 92 | 125.2 | 151.7 | 5.72 |
| F | 6 | K193 | Décembre | 0.32 | 14 | 147.5 | 85 | 124.8 | 150.8 | 5.42 |
| F | 5 | K194 | Décembre | 0.21 | 22 | 177.3 | 87 | 118.3 | 144.6 | 4.92 |
| F | 16 | 7706 | Mars | 0.92 | 8 | 172.4 | 82 | 115.7 | 142.3 | 5.90 |
| F | 17 | 7714 | Mars | 0.41 | 10 | 177 | 86 | 117.3 | 145.9 | 6.43 |
| F | 12 | 7721 | Mars | 0.46 | 16 | 87.2 | 99 | 115.2 | 145.8 | 6.85 |
| F | 10 | 7725 | Mars | 0.43 | 16 | 84.28 | 97 | 111.3 | 141.7 | 6.38 |
| F | 23 | 7728 | Mars | 0.51 | 15 | 84 | 120 | 111.3 | 140.8 | 6.52 |
| F | 9 | 7739 | Mars | 0.22 | 11 | 84.43 | 120 | 116.9 | 145 | 6.87 |
| F | 9 | 7743 | Mars | 0.23 | 3 | 71.4 | 124 | 117.3 | 143.3 | 5.30 |
| F | 8 | 7753 | Mars | 0.44 | 14 | 81.9 | 135 | 115.3 | 145 | 6.50 |
| F | 16 | 7774 | Mars | 0.30 | 19 | 84.5 | 122 | 119.6 | 145.6 | 6.58 |
| F | 7 | 7779 | Mars | 0.50 | 15 | 85.8 | 140 | 112.1 | 141.1 | 6.76 |
| F | 8 | 7858 | Mars | 0.31 | 12 | 87 | 152 | 114.9 | 147 | 7.47 |
| F | 2 | 8059 | Mars | 0.32 | 13 | 81.5 | 134 | 114.4 | 139.5 | 8.82 |
| F | 2 | 8070 | Mars | 0.42 | 14 | 150 | 74 | 115.4 | 142.8 | 6.22 |
| F | 10 | 8071 | Mars | 0.53 | 14 | 164.1 | 136 | 115 | 143.8 | 7.04 |
| F | 2 | 8073 | Mars | 0.50 | 11 | 185.2 | 80 | 114.7 | 141.8 | 6.84 |
| F | 2 | 3079 | Mars | 0.87 | 12 | 181.8 | 115 | 116.7 | 145.2 | 6.49 |
| F | 3 | 8119 | Mars | 0.79 | 14 | 170.4 | 133 | 120.6 | 143.6 | 7.19 |
| F | 4 | 8124 | Mars | 0.68 | 12 | 159 | 125 | 113.5 | 143.7 | 6.75 |
| F | 3 | 8143 | Mars | 0.94 | 14 | 152.8 | 129 | 115.7 | 144.4 | 6.97 |
| F | 4 | 8162 | Mars | 0.88 | 12 | 181 | 120 | 115.8 | 141 | 5.65 |
| M | 6 | M1 (59) | -- | -- | -- | -- | -- | 100.7 | 145.2 | 5.85 |
| M | 8 | M2(60) | -- | -- | -- | -- | -- | 108.2 | 144.1 | 5.94 |
| M | 5 | M3(62) | -- | -- | -- | -- | -- | 119.6 | 149.5 | 4.57 |
| M | 4 | M4(63) | -- | -- | -- | -- | -- | 117.1 | 149.3 | 4.75 |