

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur

En

Médecine vétérinaire

THÈME

L'utilisation d'un glucomètre en médecine vétérinaire

Présenté par :

Melle OUSSALAH Yousra

Melle SOLTANI Khadidja Ikram

Soutenu publiquement, le 03 novembre 2020 devant le jury :

Mr HAMDI TM

Professeur (ENSV)

Président

Mr ZAOUANI M

MCA (ENSV)

Examineur

Mr ZOUAMBI B

MAA (ENSV)

Promoteur

2019-2020

REMERCEMENTS

Nous remercions **ALLAH** le tout puissant qui nous a offert santé, courage, patience et volonté afin de mener à terme ce présent travail.

A notre encadreur Dr ZOUAMBI BOUALEM

On a eu le privilège de profiter de vos vastes connaissances, ainsi que votre profond savoir-faire. On a pu apprécier vos qualités humaines et professionnelles. Croyez monsieur, à notre profond respect, à notre gratitude et nos sentiments de haute estime.

On souhaite exprimer nos remerciements :

A Dr HAMDI, président du jury

De nous avoir fait l'honneur de présider le jury et de juger notre travail. .

A Dr ZAHOUANI, Membre du jury

Pour l'intérêt que vous portez à ce travail et d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

On remercie nos très chers **parents**, qui ont toujours été là pour nous, La réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible sans leur soutien moral et affectif. Nous les remerciant de nous avoir donné un environnement familial et matériel idéal, de nous avoir enseigné les valeurs essentielles de la vie. Merci d'avoir su nous comprendre et nous diriger dans les moments les plus difficile, de nous avoir toujours fait confiance et de nous avoir combler de votre tendresse, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous nous avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. On est redevable d'une éducation dont on est fier ».

DEDICACE

On dédie ce travail à **ALLAH**, le tout puissant ; le Miséricordieux ; le Maître des destins, de nous avoir guidé et surtout assisté tout au long de nos études jusqu'à la réalisation de ce document.

Qu'il guide d'avantage nos pas pour le reste de notre existence.

À NOS CHERS PARENTS, Aucune dédicace ne saurait exprimer notre respect, notre amour éternel et notre considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour notre instruction et notre bien-être.

À nos chères sœurs : Mahdia et Maria.

À nos chers frères : Abdessalem, Oussama et Akram.

Les plus aimé et les plus **proche de nos cœur** : Yamina, Yasmine, Sarah et Rania.

TABLE DES MATIERES

1	Introduction :.....	1
2	CHAPITRE I : la glycémie	2
2.1	Définition et utilité.....	2
2.2	Techniques de mesures	2
2.2.1	La spectrophotométrie	2
2.2.1.1	Définition.....	2
2.2.1.2	Principe de la spectrophotométrie	2
2.2.1.3	La spectrophotométrie pour déterminer une concentration	3
2.2.1.4	Loi de Beer - Lambert.....	3
2.3	Le glucomètre	4
2.3.1	Définition	4
2.3.2	Principe de fonctionnement.....	4
2.3.2.1	Principe de la réflectométrie	4
2.4	Dosage de la glycémie	5
2.4.1	Méthode photométrique :GOD/POD et Hexokinase.....	5
2.4.2	Méthode électrochimique	5
3	CHAPITRE II :Lecteur de glycémie capillaire (Glucomètre)	6
3.1	Historique	6
3.2	Consommables.....	9
3.2.1	Autopiqueurs	9
3.2.2	Bandelettes réactives et électrodes	11
4	ChapitreIII :La qualité des résultats de mesures	11
4.1	Performances analytiques: Norme ISO 15197	11
4.2	Paramètres qui influencent la qualité des résultats	14
4.2.1	En milieu hospitalier	14
4.2.2	Effet du fluorure	15
4.2.3	Effet de l'hématocrite	17

4.2.4	Comparaison entre les différents types de prélèvements et leurs effets sur la glycémie ¹⁹	
4.3	L'utilisation des glucomètres à usage humain en médecine vétérinaire	21
4.3.1	Chez les canins et félins	21
4.3.2	Chez les bovins et ovins	24
4.3.3	Chez les vaches laitières.....	25
4.3.4	Chez les chevaux	27
5	Avantages, inconvénients et recommandations	28
5.1	Avantages et inconvénients	28
5.2	Recommandation d'utilisation	29
5.2.1	Maintenance	29
5.2.2	Les erreurs à éviter	30
5.2.2.1	Erreurs pré-analytiques :	30
5.2.2.2	Erreurs analytiques :	31
5.2.2.3	Erreurs post-analytiques :	31
5.2.3	Recommandations optimales du choix et de l'utilisation du glucomètre.....	31
6	Conclusion	33

Liste des figures :

Figure 1 :principe de fonctionnement de la loi de beer lambert.....	3
Figure 2 :Méthode reposant sur le système enzymatique Hexokinase.	5
Figure 3 :Méthode électrochimique couplée à la Glucose oxydase.	6
Figure 4:Evolution des lecteurs de glycémie capillaire.....	9
Figure 5:Stylos auto piqueurs Microlet Vaculance (Bayer Diagnostics) Bayer	10
Figure 6 :Prélèvement de sang capillaire au niveau du pavillon interne de l'oreille à l'aide du dispositif Microlet Vaculance. C. Reusch.....	10
Figure 7 :Prélèvement de sang sur le coussinet métacarpien CR. Polster.....	10
Figure 8 :Grille d'erreur de Parkes ou grille d'erreur de consensus.	13
Figure 9 :Grille d'erreur de Clarke.....	14
Figure 10 :schéma représentant l'effet du fluorure de sodium sur la dernière étape de la glycolyse.....	16
Figure 11 :Relation entre le glucose plasmatique et le glucose capillaire.....	20
Figure 12 :Grille d'analyse des erreurs des concentrations de glucose sanguin déterminées dans des échantillons de sang entier canin et félin avec deux glucomètres (glucomètre-T)/ (glucomètre-H) et un analyseur de référence.	22
Figure 13 :Tracés de Bland-Altman montrant la différence entre les concentrations de glucose obtenues avec la méthode de référence et le glucomètre portable tracées en fonction de la moyenne des 2 méthodes. (A) Échantillons de sang bovins,(B) Échantillons de sang Ovin. ..	25
Figure 14 :Diagramme de Bland-Altman avec la concentration moyenne de glucose mesurée par le glucomètre et l'analyseur en laboratoire	27

Liste des tableaux:

Tableau 1 Critères minimaux d'exactitude relatifs aux systèmes de mesure de la glycémie selon la norme ISO 15197:2003 et ISO 15197:2013.	12
Tableau 2 :Résultats de l'analyse de régression linéaire des moindres carrés des concentrations de glucose dans le sang obtenues avec 6 GLUCOMÈTRE par rapport aux concentrations de glucose dans le plasma obtenues avec un analyseur de référence.....	23

1 Introduction :

Une évaluation précise, efficace et rapide de la concentration de glucose dans le sang est essentielle dans la gestion clinique de nombreuses conditions pathologiques en médecine vétérinaire.

Les mesures de la concentration de glucose dans le sang sont mieux déterminées par des techniques de laboratoire normalisées utilisant des analyseurs de biochimie sanguine (sérum et plasma) qui sont vérifiés pour les espèces animales testées (Chen ;2010).Cependant, les inconvénients incluent le temps nécessaire pour obtenir les résultats et plus important encore l'exigence difficile d'un volume d'échantillon relativement grand qui peut ne pas être disponible en raison de la petite taille de certaines races animales ou bien de leurs états corporelles.

Au cours des dernières années, de nombreux appareils portatifs pour les humains et les animaux sont apparus sur le marché et leurs utilisations dans les mesures et l'évaluation biochimique des paramètres sanguins est de plus en plus fréquente. Ils sont facilement disponibles, peu coûteux et fournissent des résultats immédiats dans les domiciles des propriétaires, les cabinets vétérinaires, dans les écuries ou les étables tout en utilisant de petites quantités de sang capillaire ou veineux.

L'utilisation d'un appareil portatif à usage humain a été recommandée pour mesurer la concentration de glucose chez les animaux et au jour d'aujourd'hui il fait presque obligatoirement partie de la trousse du vétérinaire. (Roseinhal et Wyre ; 2012) cependant, des études récentes ont montré que plusieurs marques de glucomètre n'étaient pas fiables chez certaines espèces (Petriz et *al* ; 2013)

Ceci nous a poussés à nous poser quelques questions.

- Est-ce que les résultats fournis par les glucomètres sont concordants avec les résultats validés par le laboratoire?
- Est-ce que le type sanguin (sang capillaire, sang veineux) utilisé n'a pas d'effet négatif sur la qualité des résultats ?
- Est ce que les glucomètres utilisés chez l'homme sont compatibles chez les animaux?

Pour répondre à ces questions, nous avons abordé le sujet en effectuant une étude bibliographique où nous avons passé en revue les principales études sur le sujet réalisées par différents auteurs qui évaluent la pertinence clinique, la corrélation et l'accord des mesures de la glycémie par le glucomètre chez certaines espèces avec celles d'un analyseur de laboratoire sur la base des preuves actuelles (Petriz et *al* ; 2013)

2 CHAPITRE I : la glycémie

2.1 Définition et utilité

La glycémie (du grec glukus = doux et haima = sang) est la concentration de glucose dans le sang, ou plus exactement dans le plasma sanguin. Elle est généralement mesurée en mmol / L. Chez l'individu, les valeurs de la glycémie varient en fonction de l'âge, état nutritionnel (à jeun ou postprandial), stress ou encore en cas de gestation. (Dennis Pollock ;2006).

Le corps doit maintenir sa glycémie dans un intervalle de valeurs homeostatiques pour réduire le risque de diabète et de maladie cardiaque par l'intermédiaire de plusieurs hormones principalement l'insuline et le glucagon.

Après un repas riche en glucides, la glycémie augmente, ce qui stimule la libération d'insuline par le pancréas en se fixant sur des récepteurs membranaires présents sur des cellules cibles, l'hormone hypoglycémisante favorise l'entrée du glucose dans les cellules et donc la baisse de la glycémie. Inversement, quand l'organisme est en état de jeûne, la glycémie est basse. Dans ce cadre, le glucagon intervient : cette hormone hyperglycémisante fait monter la glycémie. Les réserves de glycogène sont mobilisées pour libérer du glucose dans le sang. De ce fait le corps régule les taux de glucose sanguin pour qu'ils restent modérés: assez de glucose pour alimenter les cellules, mais pas assez pour surcharger la circulation sanguine car l'environnement interne du sang doit rester stable pour soutenir les fonctions corporelles vitales. (Dennis Pollock; 2006)

2.2 Techniques de mesures

2.2.1 La spectrophotométrie

2.2.1.1 Définition

La spectrophotométrie est une méthode d'analyse qui permet de déterminer l'absorbance d'une substance chimique en solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber la lumière qui la traverse.

L'absorbance d'une substance chimique dépend de la nature et de la concentration de cette substance ainsi que de la longueur d'onde à laquelle on l'étudie.

2.2.1.2 Principe de la spectrophotométrie

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée.

Dans la pratique, l'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière après son passage au

travers d'une cuve contenant la solution à étudier. L'intensité de la lumière monochromatique émise (I_0) est connue. À partir de la mesure de l'intensité de la lumière transmise (I), l'appareil donne l'absorbance (A) selon la formule suivante : $A = \log (I_0/I)$ (figure1)

2.2.1.3 La spectrophotométrie pour déterminer une concentration

La loi de Beer-Lambert nous apprend que l'absorbance est proportionnelle à la concentration d'une solution, du moins lorsque la concentration est inférieure à $10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$. Une mesure de l'absorbance peut donc permettre de remonter à la concentration d'une solution. Elle peut du même coup permettre de suivre la cinétique d'une réaction chimique. (Thierry beauseigneur 1991)

2.2.1.4 Loi de Beer - Lambert

L'absorbance est en fonction de la concentration du soluté comme le montre la loi de Beer - Lambert : $A = \log (I_0/I) = \epsilon \cdot L \cdot C$

A = absorbance sans unité

I_0 = intensité lumineuse incidente (avant interaction avec le soluté)

I = intensité lumineuse transmise

ϵ = coefficient d'extinction (qui dépend de la longueur d'onde):

- Si la concentration du soluté est en M (ou mol.L^{-1}), ϵ est en $\text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, c'est le coefficient d'extinction molaire : ϵ_M
- Si la concentration du soluté est en % (masse/volume), ϵ est en $\text{g}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{cm}^{-1}$, c'est le coefficient d'extinction pondéral : $\epsilon_{1\%}$

L = longueur du trajet optique (en cm).

C = concentration du soluté (l'unité dépend de celle du coefficient d'extinction).

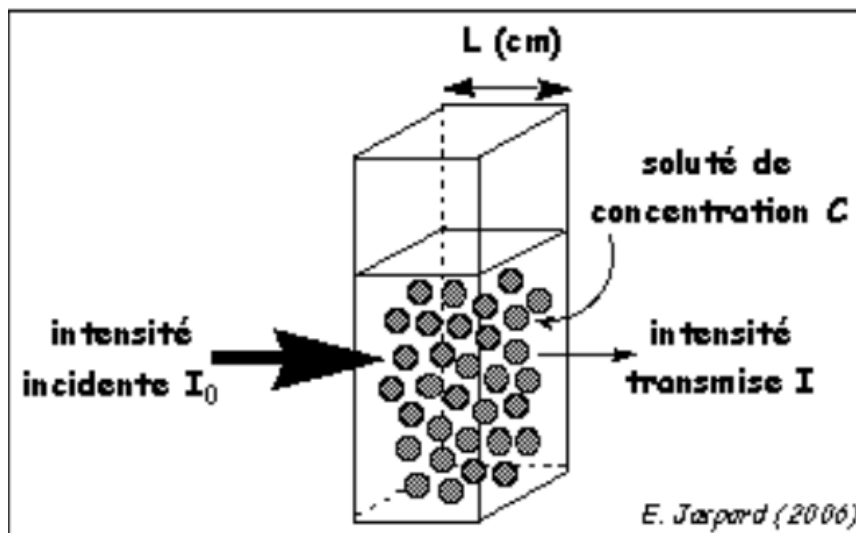


Figure 1 : principe de fonctionnement de la loi de beer lambert

2.3 Le glucomètre

2.3.1 Définition

Un lecteur de glycémie capillaire est un dispositif médical de diagnostic in vitro (Lutz heinemann ; 2010). D'un usage simple et très pratique, ce dispositif permet une mesure instantanée de la concentration du glucose sanguin. Chez l'homme il est destiné à être utilisé par les professionnels de la santé ou par les sujets atteints de diabète comme outil d'auto surveillance glycémique (Cesbron ; 2007), tandis que chez l'animal ce dispositif est utilisé par le vétérinaire ou le propriétaire pour l'identification des différents types de pathologies présentes lors d'hypo-ou hyper glycémie en plus du diabète. Leur servant à adapter leur traitement au quotidien afin de limiter les variations glycémiques ou à décider des mesures correctives rapides à apporter (Cesbron ; 2007).

2.3.2 Principe de fonctionnement

- Soit la zone réactive de la bandelette contient des réactifs (enzymes et coenzymes) déshydratés. L'application de la goutte de sang déclenche la réaction qui se traduit par un changement de couleur de la zone, initialement de coloration jaune. L'intensité de la réaction colorée est mesurée par réflectométrie sur la face intérieure de la bandelette. Le lecteur calcule alors la valeur de la glycémie correspondant à la coloration obtenue. (M.Serge ; 2011).

2.3.2.1 Principe de la réflectométrie

La réflectométrie fonctionne à la manière d'un "échomètre". Il envoie une impulsion lumineuse ; il mesure ce qui revient en retour et le présente sous forme de courbes dont les données peuvent être récupérées, stockées et traitées. (Guy ladam; 2000)

- Soit Les bandelettes sont de véritables électrodes jetables. Elles sont constituées d'une électrode de platine imbibée de glucose oxydase couplé à la Flavine Adénine Dinucléotide [GOD(FAD)] qui constitue la cathode et d'une électrode de référence en Ag/AgCl qui joue le rôle d'anode. L'oxydation du glucose par la GOD(FAD) produit un courant électrique transitoire proportionnel. La glycémie est alors calculée en se basant sur ce courant détecté par le glucomètre. Le médiateur utilisé est soit le ferrocène, soit le ferricyanure ce qui permet d'éviter la dépendance à l'oxygène (M Serge ; 2011).

2.4 Dosage de la glycémie

2.4.1 Méthode photométrique :GOD/POD et Hexokinase

En spectrophotométrie le glucose sanguin réagit avec le glucose oxydase (GOD) pour donner du peroxyde d'hydrogène ce dernier et dans une deuxième réaction réagit avec le chloro-4-phénol et le PAP en présence de la peroxydase (POD), pour donner après réduction un complexe coloré qui sera mesuré par spectrophotométrie .L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration du glucose présent dans le milieu. Le même principe est utilisé par le glucomètre sauf que le milieu réactionnel est fixé sur un support solide (bandelette).Après la mise en contact de la goutte de sang capillaire avec la bandelette une réaction impliquant le système enzymatique GOD/POD sera déclencher, cette interaction entraîne sur le champ réactif de la bandelette, un changement de couleur proportionnel à la quantité de glucose. (C.Higgins ; 2008)

Par ailleurs, lorsque cette méthode repose sur le système enzymatique hexokinase (HK),le glucose est phosphorylé par l'adénosine triphosphate (ATP) en glucose-6-phosphate, qui, en présence de l'enzyme glucose-6-phosphate déshydrogénase, est oxydé en 6phosphogluconate par le nicotinamide adénine dinucléotide (NAD^+), couplée à sa réduction en NADH (Wess et Reusch ;2000). En présence de la diaphorase comme catalyseur, le NADH formé, réduit le tétrazolinum en formazan coloré quantifiable, cette coloration produite est proportionnelle à la glycémie (figure2) (C.Higgins ; 2008).

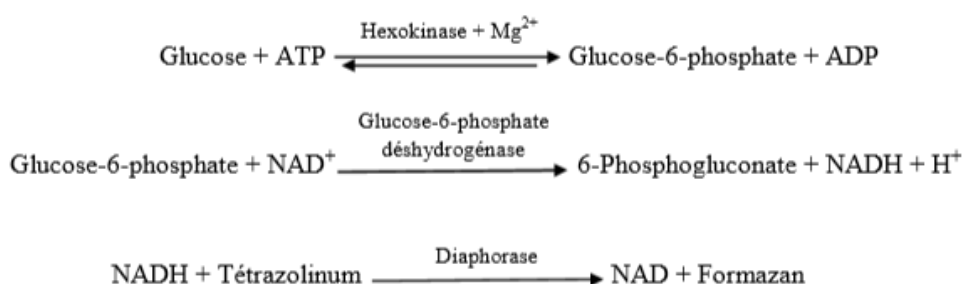


Figure 2 :Méthode reposant sur le système enzymatique Hexokinase.

2.4.2 Méthode électrochimique

La plupart des glucomètres utilisent aujourd'hui une méthode électrochimique qui se déclenche tout d'abord par dépôt et aspiration de la goutte de sang par la zone réactive de l'électrode introduite auparavant dans le lecteur.

Cette méthode met en jeu un transporteur d'électrons artificiel « le ferricyanure », afin de limiter la dépendance à l'oxygène. L'électrode enzymatique contenant le glucose oxydase

permet, par une double réaction, l'oxydation du glucose en gluconolactone et la réduction du ferricyanure en ferrocyanure. Grâce au courant induit par le chronoampèremètre, le ferrocyanure est ré-oxydé et libère des électrons qui sont ensuite captés par l'électrode de mesure (Figure 3). Le courant mesuré est ainsi proportionnel à la glycémie (L.Dufaitre-patouraux et *al* ;2003).

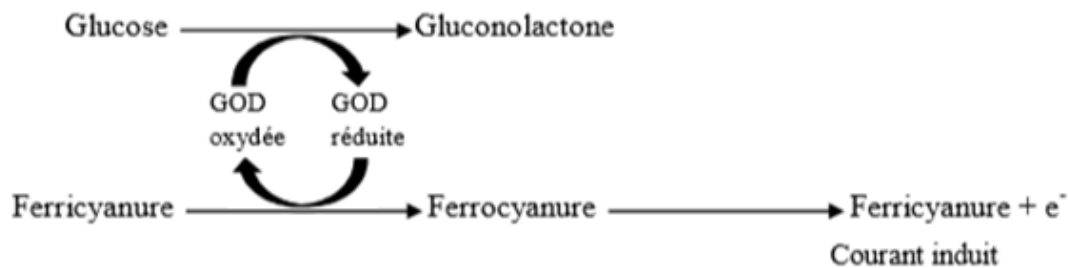


Figure 3 :Méthode électrochimique couplée à la Glucose oxydase.

NB:

- Ferricyanure: « Sel complexe renfermant le radical trivalent $Fe(CN)_6$ » (Méd.Biol ; 1971).
- Ferrocyanure: Sel complexe renfermant le radical tétravalent $Fe(CN)_6$ » (Méd.Biol ; 1971).

3 CHAPITRE II :Lecteur de glycémie capillaire (Glucomètre)

3.1 Historique

La surveillance glycémique n'a débuté qu'en **1940**, une vingtaine d'années après la découverte de l'insuline. Le contrôle de la glycémie était évalué par une mesure qualitative de la glycosurie à l'aide de la liqueur de Fehling mise au point par le professeur Lestradet (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Néanmoins, le contrôle de la glycosurie seule était peu satisfaisant, étant donné qu'il ne reflète qu'avec retard ou très approximativement la glycémie en fonction du seuil rénal du sujet concerné car sa réabsorption du glucose a été dépassé, et aucune utilité en cas d'hypoglycémie (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

En **1956**, la surveillance glycémique est possible avec la bandelette Glukotest grâce au laboratoire Boehringer Mannheim. La glycémie est estimée par visualisation directe de la quantité de lumière réfléchie à la surface de la bandelette utilisant le principe de la photométrie. Quelques années plus tard (**1966**), les bandelettes Dextrostix du laboratoire Ames et Haemoglukotest 20-800 (**1979**) du laboratoire Boehringer Mannheim, ont fait

preuve de leur efficacité et utilisaient la réaction chimique enzymatique largement utilisée de nos jours : le glucose oxydase/peroxydase (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Ce type de contrôle visuel par photométrie sur bandelette simple a peu à peu été abandonné au profit des avancées technologiques. En **1974**, le laboratoire Boehringer Mannheim a développé le Reflomat, premier lecteur de glycémie portable pesant quasiment 1 Kg, destiné principalement aux cabinets médicaux et utilisant un système enzymatique de mesure glycémique reconnue comme fiable : glucose oxydase/peroxydase (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Ce lecteur marque le début du développement des lecteurs de glycémie. En **1980**, le laboratoire Ames (devenu progressivement Bayer) développe le Dextrometer, et en **1981**, il lance un lecteur portable destiné aux patients : le Glucometer I. en même moment, le laboratoire Boehringer (devenu Roche) lance le Reflolux en **1983** (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Parallèlement au développement croissant d'appareils portables de lecture glycémique capillaire, l'évolution dans l'obtention d'une goutte de sang est marquée par la mise sur le marché du premier autopiqueur Autolet par la firme Ames en **1980** (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Les années **80** ont été marquées par l'accélération technologique concernant l'Auto surveillance glycémique. Les recherches s'orientaient autour de deux axes principaux : améliorer la maniabilité des appareils (poids, facilité d'utilisation) et diminuer le temps de mesure de la glycémie capillaire (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

La société Genetic International, rebaptisée en **1988** Medisense, crée en partenariat avec le groupe Baxter la technologie des biocapteurs en **1984**. La mesure glycémique grâce à cette technique, dite électrochimique par ampérométrie, a permis d'éviter l'interférence à l'oxygène (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

En **1987**, fut commercialisé le premier lecteur utilisant cette technique, il s'agit de l'ExaTech suivi trois ans plus tard du Medisense Pen, ne pesant que 30 grammes (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Dans les années **90**, la mesure ampérométrique par électrochimie se développe, les laboratoires Bayer l'utilisent avec le lecteur Esprit Glucomatic qui est également le premier lecteur avec capteurs intégrés dans l'appareil. La firme Lifescan développe pour le lecteur One Touch Ultra un contrôle par double électrode de mesure de la glycémie, une différence de résultats entre les deux électrodes est traduite par un message erreur. La firme MediSense met en place sur les bandelettes également deux électrodes, mais une est

destinée à la mesure du glucose, l'autre permettant de mesurer les interférences médicamenteuses (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Le matériel utilisé est de plus en plus pratique et de plus en plus léger, parallèlement, la durée de réaction pour la lecture a considérablement diminuée. La technique la plus rapide est, au départ, l'électrochimie avec l'ExaTech de Baxter ou le GlucoPen de MediSense avec seulement 30 secondes de réaction, mais progressivement la rapidité de la technique par colorimétrie est améliorée. La firme Menarini en **1992** lance le premier biosensor avec aspiration de l'échantillon par la zone réactive de l'électrode. En **1993**, sortent deux photomètres, le OneTouch Basic de Lifescan et l'Accu-ChekEasy de Roche, avec respectivement 45 et 30 secondes de réaction. Au début des années **2000**, la durée de lecture moyenne oscille entre 5 et 20 secondes. En **2001**, le OneTouch Ultra est le premier lecteur permettant la lecture en seulement 5 secondes suivi par l'Accu Chek Active de Roche en **2002** (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Au gain de temps réalisé grâce à la réduction de la durée d'analyse, s'ajoute le moindre volume sanguin capillaire nécessaire à cette mesure et la facilité de prélèvement.

Actuellement, les lecteurs ne nécessitent que 0,3 à 5 microlitres de sang (L.Dufaitre et *al* ; 2003).

Un autre problème a été soulevé par les patients humains, et concerne la relative douleur engendrée par le geste d'auto-piqûre en particulier. Pour pallier ce problème, les autopiqueurs de conception récente offrent la possibilité de choisir la profondeur de piqûre minimale nécessaire pour obtenir une mesure de glycémie. L'avancée des recherches au fil du temps, est axée sur le perfectionnement de la forme des lancettes, conçues de telle sorte que la douleur soit aussi minime que possible, la taille en multiples biseaux de certaines lancettes y contribuant (Riveline et halimi ; 2010)

Par ailleurs, les lecteurs de glycémie ont évolué à partir d'instruments de 1,2 kg sans informatique pour des appareils portables légers dotés de fonctionnalités de connectivité avancées. Une connectivité sans fil et bidirectionnelle avec les services informatiques de l'hôpital et du laboratoire, facilitant la gestion des données (R.ajendran, G.rayman ; 2014)

Au surplus, les progrès scientifiques et techniques ont permis l'innovation de lecteurs de glycémie parlant pour les sujets malvoyants et non-voyants, de lecteurs disposant d'une capacité de mémoire, et de lecteurs permettant la mesure à la fois de la glycémie et de la cétonémie(C.Meriot ;2008).



Figure 4: Evolution des lecteurs de glycémie capillaire.

3.2 Consommables

La réalisation d'une mesure de glycémie capillaire, nécessite en plus du lecteur de glycémie, du consommable qui contribue grandement à accomplir cette mesure : autopiqueur et bandelettes réactives ou électrodes.

3.2.1 Autopiqueurs

Le prélèvement sanguin est réalisé en vue d'une mesure de glycémie après l'utilisation d'un auto-piqueur à usage unique (Figure 5). Quelques auto-piqueurs possèdent un embout spécial permettant le prélèvement sur des sites alternatifs tels que la face interne du pavillon de l'oreille, les coussinets métacarpiens ou les coussinets métatarsiens.

Afin de réaliser la ponction, il suffit de piquer la peau à l'aide d'une aiguille hypodermique ou d'un stylo auto-piqueur (Vandeu et *al* ; 2005) Les stylos auto-piqueurs utilisés possèdent généralement différents réglages de profondeur. Certains stylos possèdent un dispositif d'aspiration après la ponction qui aide à la formation d'une goutte de sang (Figure 6). Cette procédure n'est pas douloureuse et ne laisse pas de cicatrice. Les chiens montrent une très bonne tolérance à ce type de prélèvement ; les chats sont moins coopératifs, c'est pourquoi il est conseillé de relier la ponction à un moment agréable (câliner le chat, lui distribuer un repas, le placer dans un endroit qu'il apprécie) (Zeugswetter et *al* ; 2010).

Le prélèvement du sang capillaire consiste à utiliser la première goutte de sang après lavage à l'eau chaude savonneuse et séchage (J.Hortensius et *al* ;2011).Le savon évite les interférences qui peuvent fausser la mesure, et l'eau chaude permet d'activer la circulation sanguine, de dilater les capillaires et d'obtenir ainsi une plus grosse goutte de sang (V.Battu ;2013).Une désinfection à l'alcool est contre indiquée vue qu'elle peut modifier le résultat glycémique.

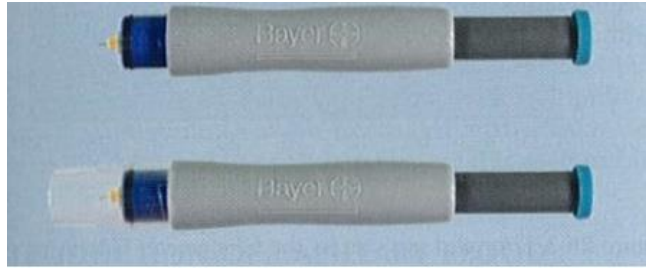


Figure 5: Stylos auto piqueurs Microlet Vaculance (Bayer Diagnostics) Bayer

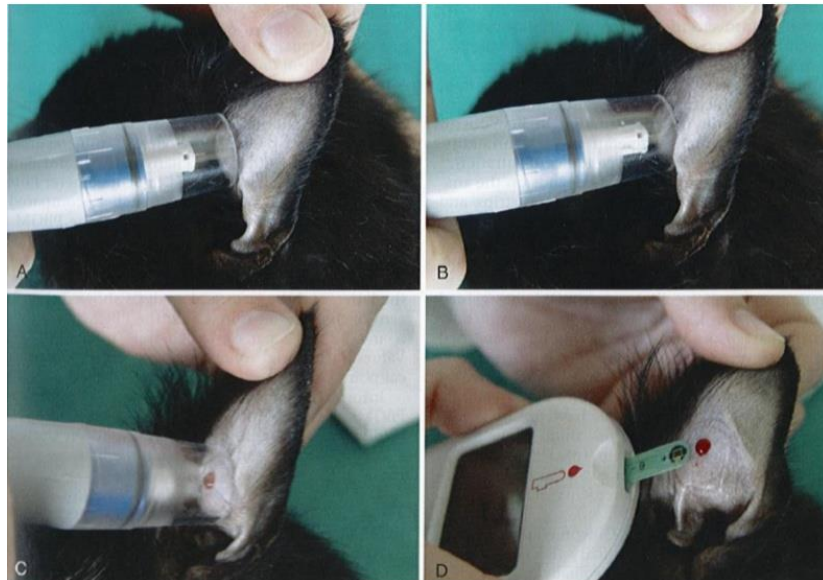


Figure 6 : Prélèvement de sang capillaire au niveau du pavillon interne de l'oreille à l'aide du dispositif Microlet Vaculance. C. Reusch

- A : Placer l'auto piqueur sur une zone sans poils du pavillon interne de l'oreille.
- B : Appuyer sur le piston pour ponctionner à l'aide de la lancette.
- C : Relâcher lentement le piston afin d'exercer une pression négative entre l'embout et la peau.
- D : Absorber la goutte de sang sur la bandelette du glucomètre.



Figure 7 : Prélèvement de sang sur le coussinet métacarpien ©R. Polster

3.2.2 Bandelettes réactives et électrodes

La détermination de la glycémie s'effectue à l'aide de bandelettes ou d'électrodes, soit après dépôt de la gouttelette de sang, soit après absorption par capillarité. Les bandelettes (ou électrodes) doivent être conservées à l'abri de l'air libre, de l'humidité et des variations de température (V.Battu ; 2013).

Ces bandelettes (ou électrodes) sont spécifiques à un ou plusieurs lecteurs de glycémie. Elles sont à usage unique. Leur conditionnement se présente soit sous forme unitaire en blister pour une meilleure conservation jusqu'à la date de péremption, soit par cinquante unités dans un tube fermé possédant un couvercle anti-humidité, leur conservation étant limitée à trois mois après l'ouverture du contenant (S.faure et al ;2013).Il est important de refermer le flacon juste après y avoir prélevé une bandelette (ou électrode) et d'éviter de les souiller avec du sang (V.battu ;2013).

4 ChapitreIII :La qualité des résultats de mesures

4.1 Performances analytiques: Norme ISO 15197

La mise sur le marché des dispositifs médicaux de diagnostic in vitro est réalisée sous la responsabilité de leur fabricant après avoir obtenu l'agrément Food and Drug Administration (FDA) ou qu'ils y ont apposé le marquage CE .Le marquage CE témoigne de la conformité du dispositif aux exigences en matière de santé et de sécurité définies par la directive européenne 98/79/CE ,et atteste qu'il a fait l'objet d'une évaluation avant sa mise sur le marché (Lutzheinemann ;2010).

Pour apposer le marquage CE sur le lecteur de glycémie capillaire, le fabricant doit faire preuve de la conformité de celui-ci à la norme ISO 15197 qui spécifie les exigences relatives aux systèmes d'autosurveillance de la glycémie (Lutzheinemann ;2010).Cette norme, décrit les exigences minimales d'exactitude que doit remplir un système de mesure de la glycémie .Elle a été publiée pour la première fois en 2003 (la grille d'erreur de Clarke)(figure9), et elle exige qu'au moins 95 % des résultats obtenus avec un lecteur doivent correspondre à ceux obtenus avec un système de référence à (Tableau I) (G.freckmann et al ;2015) :

- ± 15 mg/dl pour des concentrations en glucose < 75 mg/dl.
- ± 20 % pour des concentrations en glucose ≥ 75 mg/dl.

Une version révisée de cette norme a été publiée en 2013, avec des critères d'exactitude plus stricts. La norme ISO 15197:2013 (La grille d'erreur de Parkes), exige qu'au moins 95 % des

résultats glycémiques mesurés avec un lecteur de glycémie soient compris par rapport aux résultats de référence dans un intervalle de (Tableau I) (G.Freckmann et *al* ; 2015) :

- $\pm 0,15$ g/l pour des concentrations en glucose < 1 g/l.
- ± 15 % pour des concentrations en glucose ≥ 1 g/l.

Cette version 2013 de la norme ISO 15197 stipule également qu'au moins 99 % des résultats de mesures doivent se situer dans les zones A et B de la grille d'erreur de consensus (Parkes) (figure8) (G.Freckmann et *al* ; 2015).

Tableau 1 Critères minimaux d'exactitude relatifs aux systèmes de mesure de la glycémie selon la norme ISO 15197:2003 et ISO 15197:2013.

	ISO 15197:2003	ISO 15197:2013
Résultats du système pour des concentrations de glucose requises par la norme.	95 % ± 15 mg/dl ± 20 % < 75 mg/dl ≥ 75 mg/dl	95% ± 15 mg/dl ± 15 % < 100 mg/d ≥ 100 mg/dl 99% des résultats glycémiques doivent figurer dans les zones A et B de la grille d'erreur de Parkes.

De ce fait, la grille d'erreur de Parkes, se distingue de la grille d'erreur de Clarke sur les points suivants (G.freckmann et *al* ; 2015) :

- Exigences d'exactitude plus strictes pour les lecteurs de glycémie, en particulier pour les glycémies supérieures à 75 mg/dl.
- Pour les fabricants de lecteurs de glycémie, l'exactitude acceptable des dispositifs devient plus rigoureuse, passant de ± 20 % à ± 15 %.
- Nouveaux critères exigeant une conformité des résultats à 99 % et non plus à 95 %, comme dans la norme précédente.
- Introduction de critères d'exactitude admissibles en matière d'autosurveillance par les patients et l'évaluation des éléments interférents (y compris le taux d'hématocrite).

La grille d'erreur de Parkes (Figure 8) permet de catégoriser le degré de risque clinique des résultats obtenus avec le lecteur de glycémie en fonction de l'inexactitude des mesures

(M.Solijnac ; 2013). Elle est divisée en cinq zones de risque définies comme suit

(G.Freckmann et *al* ; 2015) :

- Zone A : aucun effet sur l'action clinique.
- Zone B : action clinique modifiée avec peu ou pas d'effet sur le résultat clinique.
- Zone C : action clinique modifiée susceptible d'avoir un effet sur le résultat clinique.
- Zone D : action clinique modifiée peut entraîner un risque médical significatif.
- Zone E : action clinique modifiée peut avoir des conséquences dangereuses.

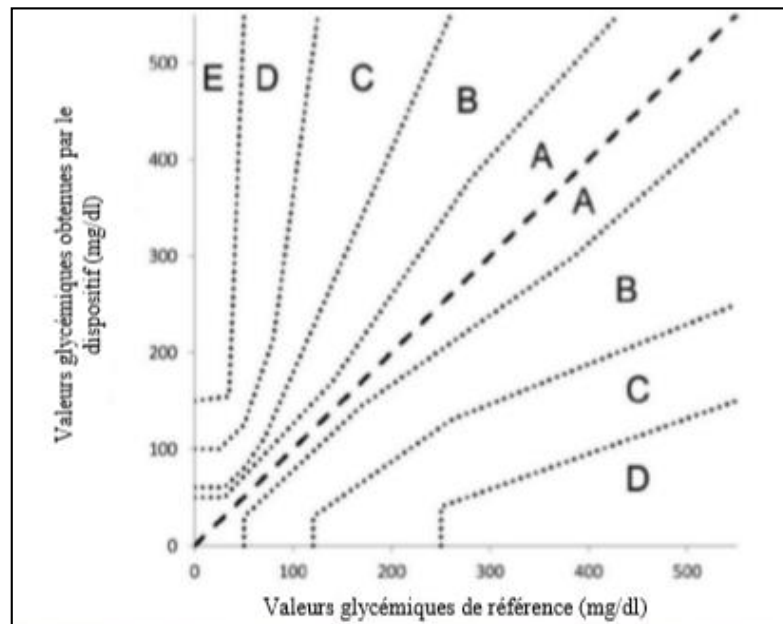


Figure 8 :Grille d'erreur de Parkes ou grille d'erreur de consensus.

Cette grille présente l'avantage d'une continuité entre les zones à risque, permettant ainsi d'éviter les ambiguïtés par suppression des zones de conflit qu'on peut observer dans la grille d'erreur de Clarke (Figure 11) (S.Palaeeswari et *al* ; 2013). Cette dernière est subdivisée également en 5 zones (M.Pinget ; 2010) :

- Zone A: cliniquement exact.
- Zone B : erreurs bénignes, cliniquement acceptables.
- Zone C : zone où la discordance des valeurs débouche sur une «sur correction».
- Zone D : inexactitude dangereuse à détecter et traiter.
- Zone E: erreur thérapeutique.

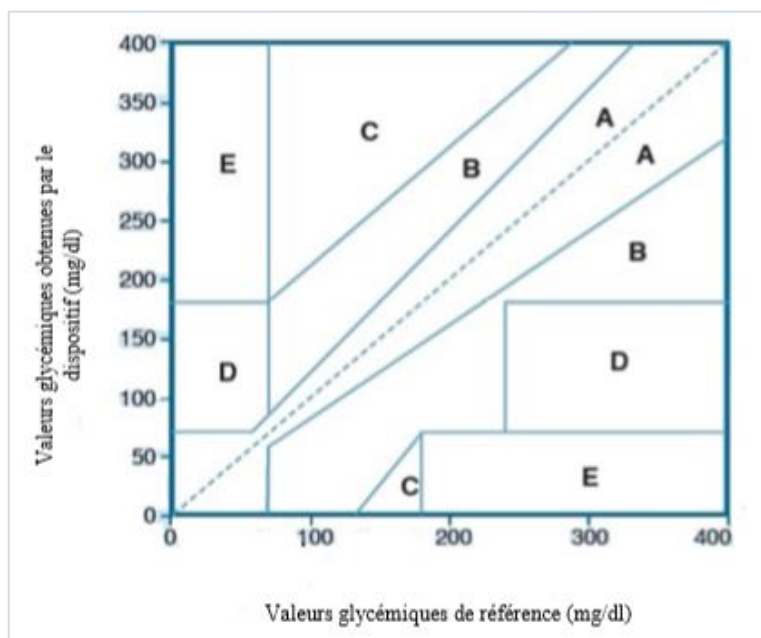


Figure 9 :Grille d'erreur de Clarke.

4.2 Paramètres qui influencent la qualité des résultats

4.2.1 En milieu hospitalier

L'utilisation des lecteurs de glycémie capillaire en milieu hospitalier s'inscrit dans les deux cas de figures suivants (H.Jourdan ; 2013) :

- La prise en charge de patients diabétiques.
- L'amélioration de la survie de patients non diabétiques.

Des études menées en milieu hospitalier ont démontré que les courbes de glycémies générées en hospitalisation sont susceptibles d'être affectées par le stress, par les conditions de logement anormales (petite cage par rapport à l'itinérance dans la maison) ou par la diminution de la prise alimentaire. Les chats sont particulièrement sensibles au stress causé par un environnement non familier et par les manipulations effectuées par un vétérinaire ou un technicien. Par conséquent, la concentration en glucose sanguin peut être plus élevée dès le début ou augmentée au cours de la réalisation de la courbe de glycémie et ne jamais diminuer tant que l'animal est hospitalisé. Une hyperglycémie de stress doit être suspectée si le chat est visiblement stressé (agressivité, anxiété) bien qu'elle puisse également survenir chez des animaux semblant calmes. L'indicateur le plus fiable de l'hyperglycémie de stress est une incohérence entre l'examen clinique, le poids corporel et la concentration en fructosamines d'une part, et les résultats de la courbe de glycémie d'autre part. (H.Jourdan ; 2013)

Les critères de choix d'un lecteur de glycémie doivent tenir compte de l'animal concerné et du fait que tous les lecteurs ne sont pas soumis aux mêmes interférences. (Cesbron; 2007)

4.2.2 Effet du fluorure

Le diagnostic du diabète sucré, de la tolérance au glucose altérée et de la glycémie à jeun dépendent tous de la détermination précise des niveaux de glucose sanguin. (Mikech ; 2008). Cependant, la glycolyse in vitro dans le sang total est depuis longtemps reconnue comme un problème majeur.

Bien que le fluorure de sodium soit couramment utilisé dans les laboratoires de prélèvements, il n'atteint pas une inhibition optimale immédiate de la glycolyse. Récemment, Mikesch et Bruns ont signalé le mécanisme de retard dans l'inhibition de la glycolyse médiée par le fluorure de sodium. (Mikech ; 2008). Leurs résultats ont confirmé les conclusions d'autres chercheurs selon lesquelles le fluorure de sodium inhibe la glycolyse principalement par l'inhibition de l'énolase dans la dernière partie de la voie glycolytique. (Schwartz et al ; 2005) (Schan et al ; 1989).

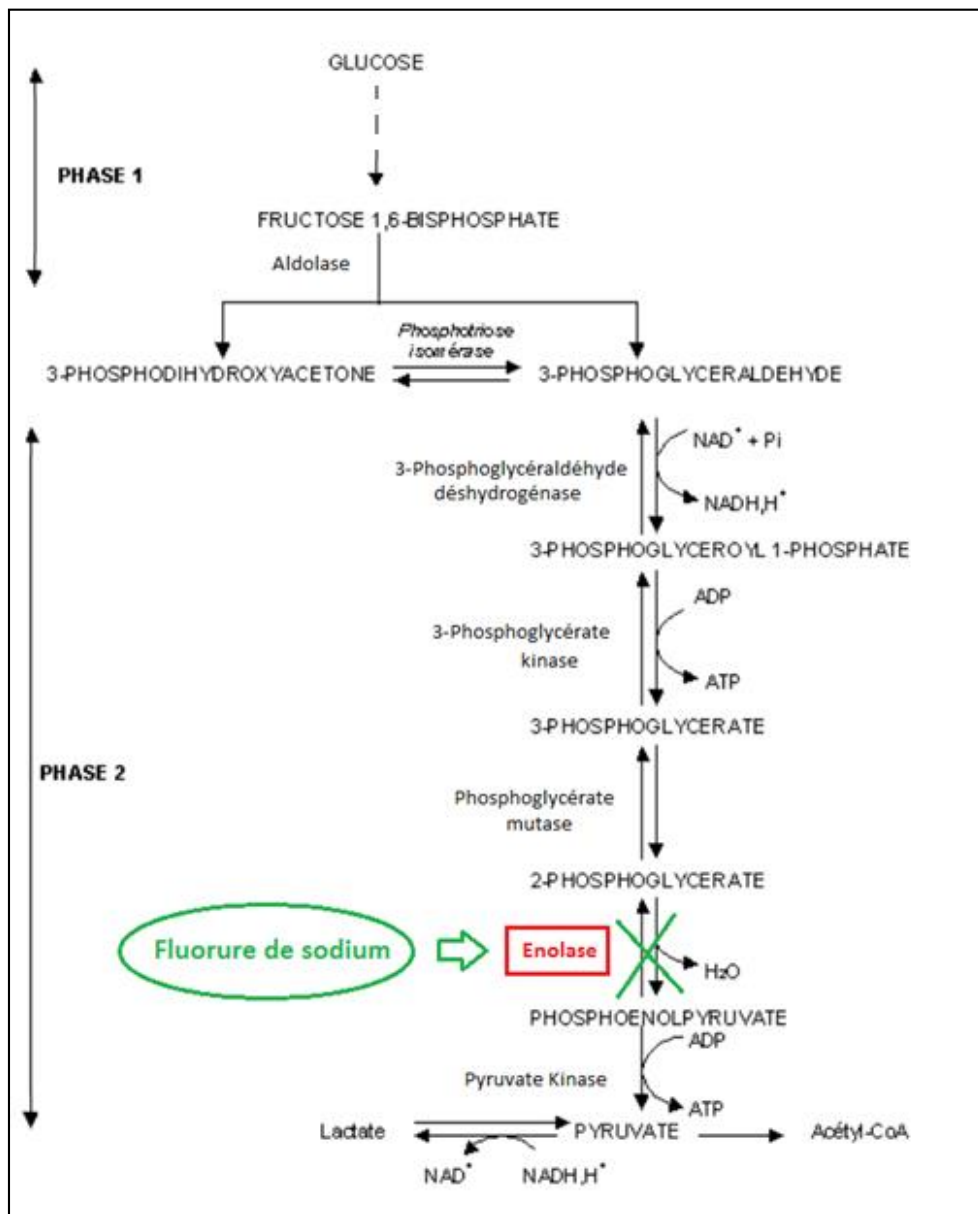


Figure 10 :schéma représentant l'effet du fluorure de sodium sur la dernière étape de la glycolyse

Même si l'inhibition de l'énolase par le fluorure de sodium est rapide, les enzymes en amont de l'énolase dans la voie glycolytique ne sont pas gênées et continuent à métaboliser le glucose 6-phosphate. Par conséquent la concentration du glucose dans un tube à échantillon contenant du fluorure de sodium sans séparation des globules rouges continue à diminuer. Il a été rapporté que le fluorure de sodium n'a aucun effet sur la conservation de la glycémie au cours de la première heure, puis il peut commencer à montrer un effet conséquent dès la deuxième heure, et peut atteindre une inhibition complète de la glycolyse au cours de la quatrième heure après le prélèvement sanguin. (Schan et al ;1989).

Le fluorure de sodium peut ne pas être idéalement adapté pour préserver la glycémie dans des échantillons de sang non séparés.

Pour mieux clarifier ce problème, une étude a été faite par **Run Zhang sh et al en 2009** portant sur un nombre important de patients et d'échantillons. Au moment de l'étude les échantillons ont été collectés dans des tubes contenant de l'Héparine de Lithium et des tubes contenant du Fluorure de sodium-Oxalate de potassium en même temps. Tous les échantillons d'Héparine de Lithium ont été centrifugés peu de temps après la collecte et conservés au frais pendant le transport avec les échantillons de Fluorure de sodium -Oxalate de potassium, qui ont été centrifugés au laboratoire d'analyse après un temps de transport moyen de 4 h, immédiatement avant l'analyse. Les concentrations de glucose dans les échantillons appariés ont été déterminées simultanément par une méthode automatisée d'oxydase.

Les résultats ont montrés que la séparation rapide du sang est supérieure en présence de l'Héparine de Lithium qu' à celle du fluorure de sodium pour abroger les effets glycolytiques sur les mesures de la glycémie en laboratoire clinique.

Une autre étude a été menée par le **Dr Hung-Yuan-Li, et al en 2008** en Taïwan pour évaluer si le sang stocké dans des tubes contenant du fluorure de sodium pouvait être utilisé pour mesurer la concentration de glucose par les glucomètres. Six glucomètres permettant d'utiliser du sang veineux ont été sélectionnés: Glucometer Elite (Bayer), Accu-Chek Advantage (Roche), Accu-Chek Go (Roche), Optium (Abbott) et Sure Step (Johnson & Johnson).

Du sang veineux a été prélevé dans des tubes contenant du fluorure de sodium auprès de 62 sujets consécutifs atteints de diabète et non dialysant, Les mesures de référence ont été effectuées par un analyseur de sang en laboratoire. (Diabetes care ; 2007)

Les résultats ont montrées que les lecteurs Accu-Chek Advantage, Elite et Optium étaient les plus précis et que lorsque la main-d'œuvre est un problème, des tubes contenant du fluorure de sodium peuvent être utilisés avec certains glucomètres avec des résultats acceptables.

De ce fait il sera idéal de prendre en compte le biais négatif présent entre les résultats du glucomètre et du laboratoire lors de l'utilisation des tubes d'échantillons contenant du fluorure de sodium pour les mesures de la glycémie. (Diabetes care ; 2007)

4.2.3 Effet de l'hématocrite

Les sources d'erreurs des glucomètres sont souvent mal comprises ainsi l'hématocrite peut correspondre à l'un des éléments qui pourrait affecter les performances du glucomètre, une augmentation ou bien une diminution pourrait conduire le praticien à prendre des décisions cliniques erronées.

En février **1988** une étude a été établie par **Peter B Barreau et al** afin d'évaluer l'effet de l'hématocrite sur les performances analytiques du glucomètre par rapport à un test de laboratoire de référence. (Diabetes care ; 1988)

Dix-neuf échantillons de sang de patients ont été prélevés chacun avec des concentrations d'hématocrite modifiées de ~ 20, 30, 40, 50 et 60%, puis analysés pour tester leur concentration en glucose par le Glucomètre. La méthode de référence était l'analyseur de glycémie Yellow Springs Instruments (YSI).

Les résultats du glucomètre étaient :

- élevés lorsque la concentration était égale à 20%
- bas lorsque la concentration variait de 40 à 60%

Dans une étude faite par l'australien **Dr Paul et al** en **2010** dans le but de comparer les mesures des concentrations de glucose sanguin canin obtenues en utilisant 2 glucomètres par rapport à une méthode de référence et d'évaluer l'impact de l'Hématocrite sur la concentration de glucose. Un glucomètre portable développé pour une utilisation chez l'homme et un glucomètre portable spécifiquement développé pour un usage vétérinaire ont été aussi évalués. (American Journal of Veterinary Research ; 2011)

Pour cela un total de 184 chiens a été inclus dans l'étude. Parmi ceux-ci, 139 étaient des lévriers, 16 chiens anémiques et 29 chiens malades qui avaient un taux d'hématocrite dans l'intervalle de référence. L'échantillon de sang a été utilisé pour obtenir des mesures avec chaque glucomètre immédiatement après la collecte de l'échantillon. Une partie de chaque échantillon de sang a été placée dans des tubes contenant de l'EDTA (Kedta ; 2011) pour la détermination de l'hématocrite; le reste de chaque échantillon a été placé dans des tubes contenant de l'oxalate de sodium (Kedta ; 2011) pour la mesure en laboratoire des concentrations de glucose dans le sang dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Des différences significatives ont été détectées entre les résultats des glucomètres et l'analyseur de laboratoire de référence. L'hématocrite a affecté la corrélation entre les résultats pour les glucomètres et l'analyseur de laboratoire. Le glucomètre à usage vétérinaire était plus étroitement corrélé à la concentration de glucose lorsque l'hématocrite était dans ou au-dessus de son intervalle de référence. Le glucomètre utilisé chez l'homme rapproche plus étroitement les concentrations de glucose de référence en laboratoire chez les chiens anémiques.

De ce fait il a été constaté que l'hématocrite affecte les performances des glucomètres sanguins.(Karon et al ;2008) ;(Tangz et al ;2000) Une augmentation de l'hématocrite entraîne une diminution de la concentration de glucose mesurée, (Holtzinger et al ;2008),) (Tangz et

al ;2000) et les glucomètres deviennent progressivement plus imprécis à mesure que l'hématocrite augmente.(Hussain et Charief ;2000)Une diminution de l'hématocrite peut également entraîner une augmentation des concentrations de glucose mesurées pour certains glucomètres.(Karon et *al* ;2008).

En conclusion l'hématocrite a eu un impact significatif sur la corrélation entre les concentrations de glucose dans le sang total et le plasma. Des variations importantes entre les résultats obtenus avec différents glucomètres peuvent être critiques lors de l'interprétation des mesures de la glycémie ou de la sélection d'un glucomètre pour un cadre de soins intensifs et un contrôle glycémique précis chez les patients gravement malades (Wienerk ;2001) (Hollisar et *al* ; 2008) (Meinkoth et Clinkenbeard ; 2000).

4.2.4 Comparaison entre les différents types de prélèvements et leurs effets sur la glycémie

La plupart des glucomètres ajustent automatiquement les résultats de glucose du sang total capillaire à des valeurs équivalentes au glucose plasmatique au moyen d'un algorithme électronique intégré au glucomètre cependant les résultats de certaines études indiquent que l'utilisation d'un glucomètre pour mesurer la concentration de glucose dans des échantillons de sang total produit des résultats peu fiables chez les patients hospitalisés et peut conduire à des décisions cliniques erronées. (Cohn la et al ; 2000)

Florine Stauffer et al ont évalué la différence entre le glucose capillaire mesuré au glucomètre et le glucose plasmatique mesuré avec une méthode de laboratoire standard en octobre-décembre **2013** et en février **2014** (Lab med ; 2016).

L'enquête a été menée sur un échantillon aléatoire de sexe et d'âge différent et a réuni 1227 participants, du sang veineux et capillaire a été prélevé. La mesure sur du glucose capillaire a été effectuée immédiatement avec un glucomètre et le sang veineux a été prélevé à l'aide de tubes contenant du fluorure de sodium et de l'oxalate de potassium et le glucose a été mesuré avec un analyseur automatique. (Lab med ; 2016).

Les résultats ont montrés que le glucose capillaire était bien corrélé avec le glucose plasmatique ($r = 0,94$; $p < 0,001$) mais avec l'augmentation de ce dernier le glucose capillaire le sous estimer avec un biais qui fût faible chez les personnes ayant une glycémie basse. (Figure 11)

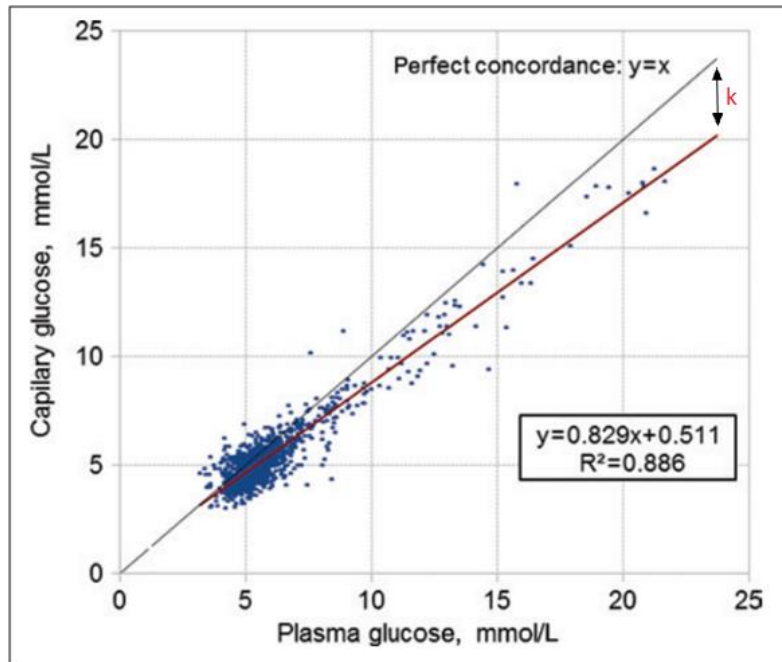


Figure 11 :Relation entre le glucose plasmatique et le glucose capillaire.

En juin 2014 **Barbara S. Tauk et al** ont étudié la corrélation entre les concentrations de glucose dans le sérum, le plasma et le sang total mesurées par un glucomètre et la concentration de glucose sérique mesurée par un analyseur de laboratoire. En prélevant 96 échantillons de sang de 80 chiens et 90 échantillons de sang de 65 chats.

Immédiatement après le prélèvement de chaque échantillon de sang, une goutte de sang total a été analysée par un glucomètre et le reste de chaque échantillon a été placé dans un tube capillaire hépariné, un tube capillaire non hépariné, et un tube de collecte de sang en verre. (Javma ; 2015)

Le sérum, le plasma et le sang total ont été obtenus à partir de chaque échantillon de sang. Les concentrations de glucose dans le sérum, le plasma et le sang total mesurées par un glucomètre ont été comparées à la concentration de glucose sérique mesurée par un analyseur biochimique en utilisant les coefficients de corrélation de concordance Lin (ρ_c) et Bland-Altman.

La concentration de glucose sérique mesurée par l'analyseur biochimique a été considérée comme référence pour tous les échantillons. (Javma ; 2015)

Pour les échantillons canins et félins, les concentrations de glucose dans le sérum et le plasma mesurées par le glucomètre étaient plus fortement corrélées avec la concentration de glucose sérique mesurée par l'analyseur biochimique que dans le sang total. La différence moyenne entre les concentrations de glucose déterminées par l'analyseur biochimique et le glucomètre

dans le sérum, le plasma et le sang total était de 0,4, 0,3 et 31 mg / dL, respectivement, pour les échantillons canins et 7, 6 et 32 mg / dL, respectivement, pour les échantillons félines. En conclusion le biais présent entre les différents types de prélèvement sanguin n'est pas cliniquement important, peut avoir peu d'importance lorsque l'objectif est de surveiller la glycémie chez les patients mais son impact est plus décisif lorsque l'objectif est de prendre des décisions de diagnostic et de traitement associé à un trouble particulier tel que le diabète. (Javma ; 2015)

4.3 L'utilisation des glucomètres à usage humain en médecine vétérinaire

4.3.1 Chez les canins et félines

Dans la pratique vétérinaire canine et féline, les mesures de la glycémie sont souvent nécessaires pour poser des diagnostics et surveiller les patients. La création et l'évaluation d'une courbe de glycémie est essentielle pour le diagnostic et la prise en charge du diabète sucré. (Feldmanec et Nelson ; 1996). Cependant, la précision du glucomètre par rapport à un système automatisé est parfois remis en question; (Wess et Rusch ; 2000) (Johnson et fry ; 2009) et la validation est nécessaire avant leurs utilisation.

C'est pour quoi une étude a été faite par **Asuka Domori et al** entre septembre et octobre **2011** afin de comparer la glycémie des chiens et des chats en utilisant 2 types de glucomètre et un analyseur de chimie automatisé.

Pour cela les niveaux de glucose dans le sang ont été déterminés dans des échantillons de sang recueilli auprès de 69 chiens et 26 chats admis à l'Université de Kagoshima Hôpital d'enseignement vétérinaire, De ces animaux, 111 échantillons de sang canin et 40 de sang félin ont été prélevés dans des tubes anticoagulés avec l'EDTA ou l'héparine. La glycémie a été évaluée dans les échantillons de sang total héparinés à l'aide de 2 glucomètres (glucomètre-T, glucomètre-H) et un analyseur de chimie automatisé considéré comme méthode de référence utilisant la méthode colorimétrique (oxydase/ peroxydase). (Vet clin pathol ; 2014).

Pour déterminer la différence entre la méthode de référence et chaque glucomètre, des analyses statistiques et une grille d'erreur ont été effectuées et l'effet du taux de l'hématocrite sur les résultats a été évalué. (Vet clin pathol ; 2014).

Les résultats des analyses de régression simples ont révélé une forte corrélation entre les valeurs des glucomètres et de la méthode de référence chez les chiens et les chats.

- Glucomètre-T et la méthode de référence ($r = 0,820$, et $r = 0,844$, pour les échantillons canins et félines, respectivement).

- Glucomètre-H et les valeurs de référence ($r = 0,941$, et $r = 0,934$, pour les échantillons canins et félins, respectivement). (Vet clin pathol ; 2014).

Cependant, la régression de Passing-Bablok et les analyses de Bland-Altman ont révélé que les données des deux glucomètres ne montraient pas un accord statistique avec les valeurs de référence. Les coefficients corrélés à la concordance étaient modérés pour le Glucomètre-T et presque parfait pour le Glucomètre-H pour les échantillons canins, et étaient médiocres pour le glucomètre-T et substantielles pour le glucomètre-H pour les échantillons félins. Les valeurs d'hématocrite ont significativement affecté les résultats du glucomètre-T, mais pas le glucomètre-H.

Les analyses de la grille d'erreur ont révélé que toutes les mesures des deux glucomètres conduiraient à des décisions de traitement acceptables. (Vet clin pathol ; 2014).

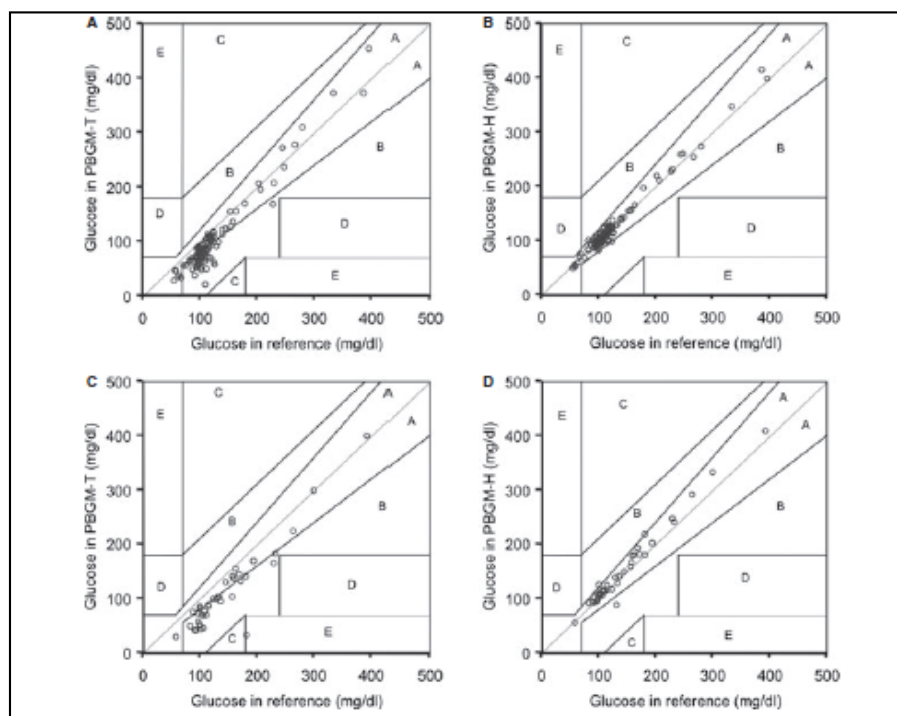


Figure 12 :Grille d'analyse des erreurs des concentrations de glucose sanguin déterminées dans des échantillons de sang entier canin et félin avec deux glucomètres (glucomètre-T)/ (glucomètre-H) et un analyseur de référence.

De ce fait il a été conclu que les deux glucomètres, en particulier le glucomètre-H, seraient cliniquement utiles dans la pratique des petits animaux, bien qu'il y ait un biais entre chaque glucomètre et la méthode de référence. (Vet clin pathol ; 2014).

Dans une autre étude menée par **Todd A. Cohen et al** à l'hôpital d'enseignement médical vétérinaire de Californie entre Novembre **2006** et août **2007**, 158 échantillons de sang ont été collecté chez 49 chiens dans le cadre d'évalué la précision de six glucomètres vendus dans le commerce ou le fonctionnement de base était le même au moyen d'un système électrochimique ou photométrique. (Javma ; 2009).

Cette étude a été faites car les concentrations de glucose sanguin obtenues avec la plupart des glucomètres étaient inférieures aux concentrations obtenues avec l'analyseur chimique, ou la différence augmentait en fonction de la concentration réelle du glucose dans le sang cela suscitait des inquiétudes lorsque les concentrations de la glycémie obtenues à partir de certains glucomètres ont été utilisées pour prendre des décisions cliniques concernant le contrôle du diabète et l'adaptation du dosage de l'insuline pour les chiens et les chats avec le diabète sucré.

Tableau 2 :Résultats de l'analyse de régression linéaire des moindres carrés des concentrations de glucose dans le sang obtenues avec 6 GLUCOMÈTRE par rapport aux concentrations de glucose dans le plasma obtenues avec un analyseur de référence

Meter	Coefficient de corrélation,	Valeur P
AlphaTrak ^a	0.96	> 0.05
Precision ^b	0.96	< 0.05
Elite ^c	0.98	> 0.10
Contour ^d	0.97	< 0.01
Accu-Chek ^e	0.98	< 0.05
OneTouch ^f	0.98	> 0.05
Les données représentent les résultats de 158 échantillons de sang provenant de 49 chiens.		

Les résultats obtenus ont révélé la présence d'une corrélation significative ($r = 0,998$; $P < 0,001$) entre les concentrations de glucose dans le sang obtenues avec les 6 glucomètres et les concentrations de glucose plasmatique obtenues avec l'analyseur de référence ($r \geq 0.96$).

(Tang z et al 2001) Toutefois pour l'ensemble des 6 appareils utilisés dans l'étude en question, il s'est avéré qu'une proportion élevée des échantillons ont donné des concentrations de glucose capillaire qui étaient faibles par rapport à la concentration de glucose plasmatique déterminé avec un analyseur de référence. La différence entre les résultats obtenus avec les glucomètres et ceux de l'analyseur de référence augmentait à mesure que la concentration de glucose dans le plasma augmente.

En raison de ces incohérences les concentrations de glucose obtenues avec les glucomètres achetés doivent toujours être comparées aux valeurs obtenues avec une méthode de référence pour déterminer si le compteur a tendance à fournir des valeurs basses, élevées ou les deux.

En outre, tout animal identifié par un glucomètre comme étant l'hypoglycémie doit être testée à nouveau avec un analyseur de référence avant que les tests de diagnostic visant à identifier une cause sont initiés. (Javma ; 2009).

4.3.2 Chez les bovins et ovins

Dans la pratique des animaux d'élevage, la détermination de la concentration de glucose dans le sang dans des conditions de terrain est souvent nécessaire. (Rollin ; 2006) et L'utilisation d'un glucomètre portable serait bénéfique dans ces cas.

Étant donné qu'aucun glucomètre portable n'a été développé pour être utilisé chez les animaux de ferme, la précision analytique d'un glucomètre portable conçu pour les humains a été évaluée pour son utilisation chez les bovins et les ovins.

Des échantillons de sang de 90 bovins et 101 moutons ont été utilisés dans l'étude de **Panagiotis D. Katsoulos et al en 2009** à la Clinique de médecine de l'École de médecine vétérinaire de l'Université de Thessalie(Grèce) .La concentration de glucose a été déterminée dans le sang total immédiatement après le prélèvement sanguin dans la veine jugulaire avec le glucomètre portable One Touch Vita et dans le sérum avec un analyseur de laboratoire ou Les intervalles de référence (IR) pour le glucose sérique établis dans la clinique en utilisant cette méthode étaient de 2,28–4,18 mmol / L pour les bovins et de 2,39–4,44 mmol / L pour les moutons. L'accord entre les méthodes a été évalué par l'analyse de régression Passing et Bablok (Passing et Bablok ; 1983). (Passing et Bablok ; 1984) et des parcelles de Bland – Altman pour les deux espèces. La précision et l'exactitude des mesures ont été déterminées à l'aide du coefficient de corrélation de concordance. (Lin l-k ; 1989)

Les résultats obtenus ont montrés que :

- L'analyse de régression selon Passing et Bablok a révélé des équations entre les valeurs de glucose obtenues à partir du glucomètre portable et celles de la méthode de référence avec des intervalles de confiance (IC) à 95% pour les bovins et les ovins. Sur la base de ces équations, l'intervalle de référence (IR) pour la glycémie chez les bovins et les ovins à l'aide du glucomètre portable a été corrigé à 1,84–4,17 et 2,41–4,35 mmol / L, respectivement.
- L'analyse des parcelles Bland – Altman pour les bovins et les ovins (figure 13) a indiqué que les 2 méthodes étaient linéaires et que le glucomètre portable était adéquat pour déterminer la glycémie chez ces espèces. La précision était de 95% pour les bovins et de 88% pour les ovins; une telle précision suggère qu'il existe une forte relation linéaire entre les valeurs de glucose déterminées par les 2 méthodes.

- La précision des mesures à l'aide du coefficient de corrélation de concordance était de 92% pour les bovins et de 99% pour les ovins.
- Les valeurs moyennes de glucose obtenues à l'aide du glucomètre portable étaient significativement plus faibles de 8,3% chez les bovins et de 3,2% chez les ovins que celles déterminées par la méthode de référence. Indiquant que, par rapport à la méthode de référence, le glucomètre portable sous-estime les concentrations de glucose dans le sang chez les bovins et les ovins. Les explications possibles incluent la faible précision du glucomètre portable à de faibles concentrations de glucose dans le sang. (one touch vita blood glucose monitoring system ; 2009)

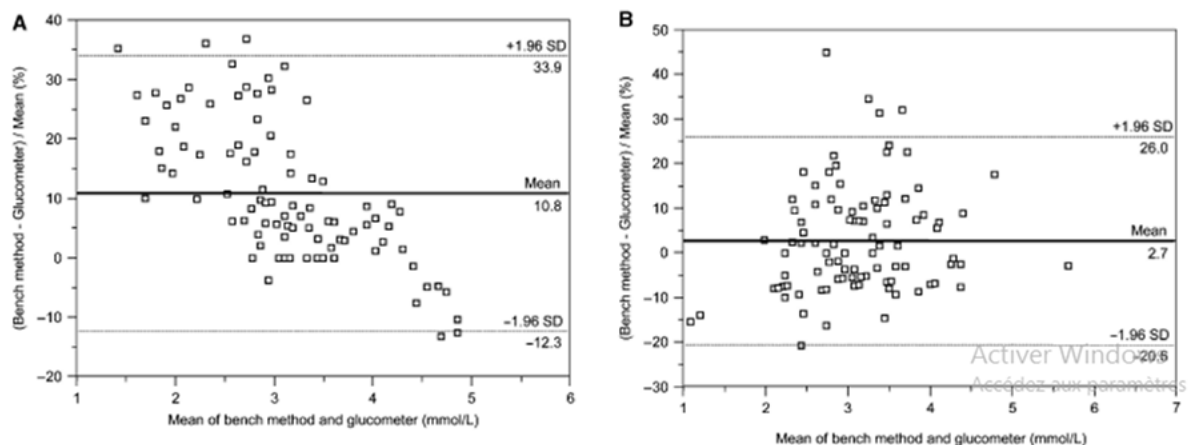


Figure 13 :Tracés de Bland-Altman montrant la différence entre les concentrations de glucose obtenues avec la méthode de référence et le glucomètre portable tracées en fonction de la moyenne des 2 méthodes. (A) Échantillons de sang bovins,(B) Échantillons de sang Ovin.

De ce fait il peut être conclu que le glucomètre portable One Touch Vita peut être utilisé dans la pratique clinique pour déterminer les concentrations de glucose dans le sang chez les bovins et les ovins, cependant les résultats seront sous-estimés ainsi les intervalles de référence (IR) doivent être corrigés. (Vet clin pathol ; 2011)

4.3.3 Chez les vaches laitières

À partir de la fin de la gestation et en début de lactation, les vaches laitières sont résistantes à l'insuline car le glucose produit est principalement réparti dans la glande mammaire (hayirli ; 2006). Les tests de tolérance au glucose peuvent être utilisés pour mesurer la résistance à l'insuline (Lozner et al ; 1941). Cette procédure consiste en une perfusion intraveineuse en bolus de 50% de glucose et en surveillant les concentrations sériques de glucose et d'insuline à intervalles réguliers. Cependant, l'utilité du test de tolérance au glucose n'a pas été validée. De plus, des données récentes indiquent que la concentration de glucose à 3 jours de lactation

peut être un indicateur utile de la gestation lors de la première insémination artificielle (Garverick et al ;2013). La capacité de mesurer rapidement et à peu de frais les concentrations de glucose sanguin serait utile pour évaluer l'état métabolique des vaches laitières.

Pour cela de novembre 2010 à octobre 2011 une étude a été faite par **J. A. M. Wittrock et al** afin d'évaluer la performance diagnostique d'un glucomètre électronique portable pour une utilisation chez les vaches laitières. Cet appareil a été validé pour mesurer les concentrations sanguines de β -hydroxybutyrate (diagnostique cétose) chez les vaches laitières. Cette étude a été conçue pour évaluer la précision des mesures de glycémie dans le sang total à partir du glucomètre par rapport à un analyseur chimique de référence dans un laboratoire de diagnostic et d'évaluer l'aptitude du glucomètre à classer les vaches comme résistantes à l'insuline avec un test de tolérance au glucose. Cette expérience comprenait 81 vaches laitières péripartum Holstein hébergées dans les troupeaux de recherche laitière de l'Université de Guelph (Canada) et les données ont été collectées sur des vaches entre 3 semaines avant et 5 semaines après le vêlage. Y compris un test de tolérance au glucose qui a été effectué 1 semaine avant le vêlage attendu (perfusion intraveineuse en bolus de 0,25 g / kg de dextrose). Des échantillons en double (n=709) ont été prélevés des mêmes vaches en même temps, dans des tubes sanguins avec soit le fluorure de sodium soit sans agent de conservation. Des lectures de glucomètre ont été prises sur du sang total, et des mesures en laboratoire ont été effectuées sur du plasma conservé avec du fluorure de sodium. Les analyses des données du tracé de corrélation de Passing-Bablok et Bland-Altman ont été utilisées pour évaluer la performance du glucomètre par rapport aux résultats de laboratoire et Les différences entre les rapports de test de tolérance au glucose mesurés par le glucomètre et en laboratoire ont été évaluées à l'aide d'un test t apparié. (journal of dairy science ; 2013)

Les résultats ont montré une forte corrélation entre le lecteur portable et le plasma d'échantillons conservés avec du fluorure de sodium ($R = 0,95$). Dans l'ensemble, 96% des mesures avec le glucomètre se situaient dans les limites de confiance de 95% de l'analyse en laboratoire, bien qu'à des concentrations de glucose plus élevées que la valeur physiologiques ($> 5,2 \text{ mmol / L}$), ce dernier était surestimées par le glucomètre. Et les rapports du test de tolérance au glucose du glucomètre et du laboratoire n'étaient pas différents.

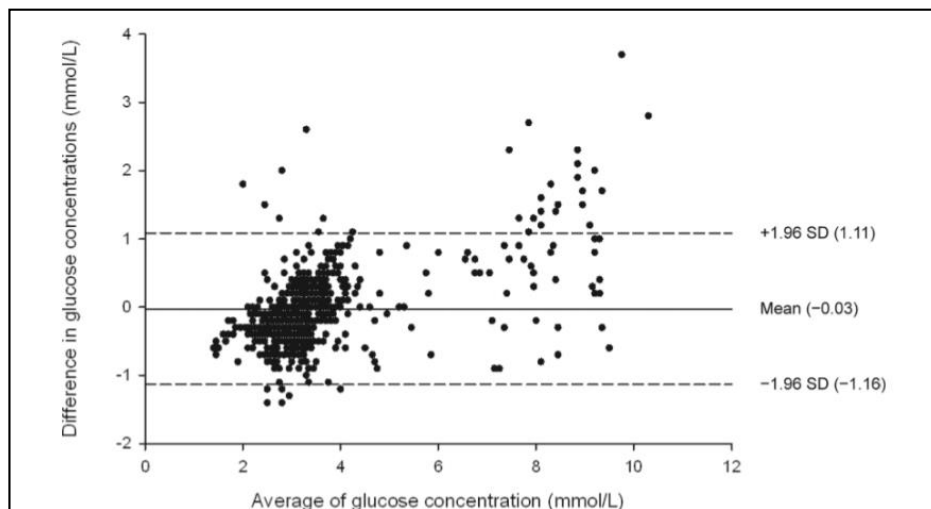


Figure 14 :Diagramme de Bland-Altman avec la concentration moyenne de glucose mesurée par le glucomètre et l'analyseur en laboratoire

En raison de la forte corrélation et de la faible variation des résidus entre les concentrations de glucose obtenues par le lecteur PrécisionXtra et par l'analyse en laboratoire, le glucomètre portatif semble approprié pour une mesure rapide du glucose dans des conditions de terrain chez les vaches laitières. (journal of dairy science ; 2013)

4.3.4 Chez les chevaux

La régulation des concentrations de glucose dans le sang est importante chez les chevaux gravement malades, car le dérèglement dans les concentrations de glucose sont associés à une mortalité accrue (hollis et al ; 2009) ,(hassel et al ;2009)).le glucomètre est couramment utilisée dans les milieux cliniques et de recherche chez les équins (russell et al ;2007), cependant pour une gestion optimale des patients, la précision et l'exactitude des glucomètres individuels doivent être déterminées. (Tack et al 2012).Pour cela une étude a été faite par **D.I. Rendle, et al en 2019**, qui visait à déterminer l'exactitude des glucomètres chez les chevaux adultes et la précision des mesures.

Des échantillons de sang ont été prélevés sur 62 chevaux dans une seringue ordinaire, un tube EDTA et trois tubes de fluorure de sodium mélangé avec de l'oxalate de potassium (FO) .Immédiatement après le prélèvement, les concentrations de glucose dans le sang total ont été déterminées, par glucométrie à partir de la seringue (groupe sang total ordinaire [WB]), du tube EDTA (groupe EDTA) et d'un tube FO (groupe FO). Un échantillon de FO a été utilisé pour mesurer la concentration de glucose plasmatique par un analyseur de chimie de laboratoire (groupe LAB) ≤ 1 h après le prélèvement. Le troisième tube FO a été utilisé pour mesurer la concentration plasmatique de glucose par glucométrie après 3 h de stockage (groupe FO3hr).

Les résultats ont montrés que tous les groupes étaient précis à l'exception du groupe WB, les corrélations étaient bonnes et avaient tendance à être plus faibles lorsqu'on implique le WB dans la comparaison entre les groupes. Pour le glucomètre utilisé, les performances ont été influencées par le type d'échantillon: WB n'était pas adapté, tandis que les échantillons FO ou EDTA ont donné des résultats plus précis, à condition que la sous-estimation des concentrations de glucose soit prise en compte en utilisant des plages de référence spécifiques à la méthode.

De ce fait il est recommandé d'évaluer les performances du glucomètre ainsi que l'effet des différents types d'échantillons qui pourraient influencer les résultats avant de l'utiliser chez les chevaux.

5 Avantages,inconvénients et recommandations

5.1 Avantages et inconvénients

L'utilisation du glucomètre peut être perçue comme une contrainte pour plusieurs raisons :

- Matériel à transporter.
- Piquer l'animal ou effectuer un prélèvement parfois plusieurs fois par jour.
- Sensation de douleur.
- Sentiment de stress.

Cependant, lorsque l'utilisation du glucomètre se fait selon les recommandations, les avantages feront face aux inconvénients. Car il permettra au vétérinaire de :

- Contrôler la glycémie.
- Suivre l'évolution du diabète de l'animal dans le but de l'équilibrer.
- Vérifier l'impact des différents éléments du traitement sur la glycémie et de faire les ajustements, au besoin.
- Donner de précieuses informations pour adapter son alimentation et son traitement d'insuline.
- Compléter l'information fournie par l'hémoglobine glyquée.
- Identifier, traiter sans délai et de prévenir l'hypoglycémie de même que l'hyperglycémie.

Tandis qu'au domestique du propriétaire il permettra de :

- Autoriser la mesure de la glycémie de l'animal sur place.

- Eviter une manipulation de l'animal par le vétérinaire qui peut engendrer un stress responsable d'une augmentation brutale de la glycémie.
- Créer un sentiment de confiance avec l'animal.
- Effectuer des courbes de glycémie à domicile qui représentent l'élément majeur de l'évaluation exacte du traitement.

5.2 Recommandation d'utilisation

5.2.1 Maintenance

L'entretien du matériel permet d'assurer son bon fonctionnement, donc un suivi de qualité de la glycémie. Les appareils doivent être nettoyés à sec ou à l'aide d'un tissu ou d'un coton-tige légèrement humide, avec des produits non abrasifs. L'introduction d'eau ou de tout autre liquide à l'intérieur du lecteur risque de l'endommager. (V. battu ; 2013)

L'exposition du matériel à une atmosphère trop humide ou à des conditions climatiques extrêmes (canicule ou grand froid), peut le rendre défaillant et ainsi fausser les résultats de mesure de la glycémie.

Pour le bon fonctionnement pour chaque glucomètre ainsi que ses réactifs associés (bandelettes ou électrodes et solutions de contrôle), il est conseillé de suivre l'ensemble des informations définissant les conditions de conservation et d'utilisation figurant sur la notice. Pour cela, il est indiqué de respecter la plage d'humidité et l'intervalle de température définie, comme il est conseillé de transporter le matériel dans son emballage d'origine. (Afssaps ; 2005)

Par ailleurs, pour s'assurer du bon fonctionnement du lecteur de glycémie et des bandelettes réactives, il est nécessaire d'utiliser des solutions de contrôles. Celles-ci contiennent une quantité déterminée de glucose et se conservent trois mois après l'ouverture du flacon. Il est recommandé de réaliser ce test une fois par semaine, ou bien :

- Si un dysfonctionnement du lecteur de glycémie ou des bandelettes réactives est suspecté.
- Lorsqu'un nouveau conditionnement de bandelettes réactives est entamé.
- L'obtention après plusieurs reprises de résultats de glycémie inattendus.
- Si le lecteur de glycémie est tombé.

Avec une solution de contrôle, on procède comme un test sanguin, par aspiration ou dépôt d'une goutte de la solution sur la bandelette ou sur l'électrode. Le résultat obtenu est à comparer aux intervalles de valeurs inscrites sur le flacon ou le conditionnement externe des

bandelettes (ou électrodes). Si le résultat obtenu avec la solution de contrôle est compris dans la plage de valeurs indiquée, cela signifie que le lecteur fonctionne correctement. Dans le cas contraire, il faut : (C.meriot ; 2008)

- Répéter la procédure.
- S'assurer que le générateur de courant fonctionne correctement.
- Vérifier que les bandelettes réactives et la solution de contrôle n'ont pas dépassé la date de péremption ou n'ont pas été ouvertes depuis plus de 3 mois.
- Recommencer le test avec un nouveau flacon de bandelettes (ou électrodes), afin d'éliminer le facteur de causalité des bandelettes réactives.

Après avoir pris toutes ces mesures, si le résultat du test de contrôle est encore en dehors de la plage de valeurs cibles, c'est que le lecteur de glycémie est défectueux.

5.2.2 Les erreurs à éviter

La mesure de la glycémie à l'aide d'un lecteur peut générer des erreurs à chaque étape de sa réalisation, affectant de ce fait la qualité du résultat glycémique. La mise en place d'un ensemble de mesures correctives en vue d'obtenir un résultat glycémique exact, nécessite d'identifier les erreurs susceptibles de se produire tout au long des trois phases du processus : pré-analytique, analytique et post-analytique. (J-h. nichols ; 2011)

5.2.2.1 Erreurs pré-analytiques :

La phase pré-analytique constitue une part importante d'erreurs. Les erreurs fréquemment commises lors de la mesure de la glycémie sont les suivantes Utilisation d'une bandelette réactive non spécifique au lecteur ou dont la date d'expiration est dépassée. (D-c. klonoff; 2014)(J-h .nichols; 2011) (a.botomino et al ;2009)

- Utilisation d'une bandelette souillée ou abîmée, ou dont la conservation n'a pas été faite dans les conditions optimales.
- Site de prélèvement non nettoyé.
- Désinfection à l'alcool.
- Goutte de sang insuffisante.
- Technique incorrecte d'application de la goutte de sang capillaire sur la bandelette réactive.
- L'application de l'échantillon sanguin sur la bandelette plus d'une fois.
- Utilisation d'une solution de contrôle périmée.

5.2.2.2 *Erreurs analytiques :*

- ❖ Erreurs liées à l'opérateur (x.heches ; 2005):
 - Calibration inadéquate du lecteur
 - Test de contrôle de qualité non valide
 - Maintenance insuffisante ou inadaptée du lecteur.
- ❖ Erreurs liées au patient : (x.heches ; 2005)
 - Les interférences médicamenteuses : acétaminophène, acide ascorbique, salicylates, dopamine, etc.
 - Les interférences liées à l'état physiopathologique du patient : les variations de l'hématocrite, choc, déshydratation, hypoxie, etc.

5.2.2.3 *Erreurs post-analytiques :*

- ❖ Erreurs liées au lecteur : (klonoff ; 2014)
 - L'absence de réponse au test.
 - Affichage défaillant.
 - Changement d'unité de mesure sans action volontaire.
 - Défaut de téléchargement des données dans une base de données électronique.
- ❖ Erreurs liées à l'opérateur. (klonoff ; 2014):
 - Interprétation incorrecte du résultat obtenu.
 - Non-contrôle du résultat s'il est hors norme.
 - Erreur de saisie des résultats.
 - Transmission de données incorrectes à une base de données.

5.2.3 **Recommandations optimales du choix et de l'utilisation du glucomètre**

Les Propriétaires utilisant le glucomètre pour la surveillance à domicile des animaux diabétiques devraient recevoir une formation dispensée par le vétérinaire traitant sur la collecte d'échantillons, la manipulation et le stockage des bandelettes réactives, ainsi que l'utilisation d'un ou plusieurs matériaux de contrôle. Ils doivent avoir des instructions sur le nettoyage et le stockage du glucomètre entre les évaluations. Les performances du glucomètre doivent être évaluées avant son utilisation pour la surveillance à domicile, et la participation périodique à l'Assurance de Qualité Externe et aux essais comparatifs avec un laboratoire de

référence ou un laboratoire de biochimie est recommandé pour aider à garantir la production continue de résultats fiables et précis.

Lors du choix d'un glucomètre pour animal, quelques facteurs clés devraient influencer ce dernier, on peut citer :

✓ **Précision :**

La précision est peut-être le facteur le plus important. Un glucomètre précis permettra de traiter le diabète de l'animal de manière appropriée.

✓ **Facilité d'utilisation :**

Il est également crucial de trouver un glucomètre simple et facile à utiliser. S'il est difficile à utiliser la chance d'obtenir des résultats précis et constants sera compliquée, ce qui signifie un risque de donner à l'animal un traitement inapproprié.

✓ **Coûts récurrents :**

La notion du coût en Algérie est subjective parce que les bandelettes réactives sont réservées exclusivement aux patients diabétiques humains et ne peuvent disposer que d'un quota limité tous les trimestres. De ce fait il est difficile de s'approvisionner des bandelettes réactives en pharmacie humaine.

Il est recommandé que les vétérinaires se prennent en charge pour disposer de glucomètre à usage vétérinaire ainsi que le consommable qui va avec.

✓ **Confort :**

Personne ne veut faire de mal à son animal, même si c'est pour une bonne cause comme la mesure du taux de glucose dans le sang. C'est pourquoi il est important de choisir un matériel de prélèvement qui ne cause qu'un minimum d'inconfort. Non seulement cela rendra l'expérience du test plus agréable, mais cela rendra également l'animal moins susceptible de se rebeller lorsqu'il remarquera que le vétérinaire ou bien le propriétaire est sur le point de faire un test ! Rechercher un système de test qui nécessite un échantillon de sang aussi petit que possible pour éviter de blesser l'animal. Certains appareils comprennent également une lance spécialement conçue pour fonctionner le moins douloureusement possible.

6 Conclusion

A l'issue de notre étude bibliographique nous avons pu récolter les informations nécessaires pour définir les notions de base, comprendre l'utilisation prévue et les fonctions critiques du glucomètre qui nous ont aidé à s'approcher des réponses et montrer explicitement que :

- La mesure du glucose par les glucomètres était significativement concordante avec celle de l'analyseur de référence, mais pouvait être différente sous l'effet de plusieurs facteurs tel que le type d'échantillon sanguin (capillaire, veineux.....) qui avait un effet considérable sur la qualité des résultats.
- Le glucomètre utilisé chez l'homme a pu être employé chez divers espèces animales malgré la présence dans certains cas d'une précision réduite lorsqu'il est sous l'influence de divers facteurs.

C'est pourquoi les glucomètres doivent toujours être testés avant d'être validés pour chaque espèce et cela selon les besoins dus aux différents facteurs limitant, leur utilisation et standardisation dans ce domaine, ce qui a induit à développer des glucomètres spécifiques aux vétérinaires.

Références bibliographiques

1. A. botomino, p. walter, k. hersberger. mesure de la glycémie en pharmacie. pharmazieundmedizin - pharmacie et médecine. pharma journal 2009; (10):8-10.
afssaps. informations sur le suivi glycémique (lecteur de glycémie) en cas de grand froid. décembre2005; p 1-3.
2. American journal of veterinary research, vol 72, no. 9, september 2011
3. Chan ay, swaminathan r, cockram cs. effectiveness of sodium fluoride as a preservative of glucose in blood. clin chem1989;35:315–7.
4. Chen s. approches diagnostiques avancées et prise en charge médicale actuelle des insulinomes et des maladies corticosurrénales chez les furets (*mustelaputoriusfuro*) vet clin north am exotanimpract. 2010; 13:439–452.
5. C. higgins. measurement of circulating glucose: the problem of inconsistent sample and methodology. january 2008; p 1-9.
6. C. mériot. l'autocontrôle glycémique en pratique. actualités pharmaceutiques, octobre 2008; (478):16-26
7. Cohn la, mccaw dl, tate dj, et al. assessment of five portable blood glucose meters, a point-of-care analyzer, and color test strips for measuring blood glucose concentration in dogs. j am vet med assoc2000; 216:198–202.
8. D-c. klonoff. point-of-care blood glucose meter accuracy in the hospital setting. diabetes spectrum 2014, 27(3):174-179.
9. diabetes care, vol. 11, no. 2, february 1988.
10. Diabetes care, volume 31, number 5, may 2007.
11. Feldman ec, nelson rw. diabetes mellitus. in: feldman ec, nelson rw, ed. canine and feline endocrinology and reproduction. 2nd ed. philadelphia, pa: wb saunders; 1996:339–391.
12. G. freckmann, c. schmid, a. baumstark et *al*. analytical performance requirements for systems for self-monitoring of blood glucose with focus on system accuracy: relevant differences among iso 15197:2003, iso 15197:2013, and current fda recommendations. journal of diabetes science and technology 2015; p 1-10.
13. Glucose fh/1.3, catalogue no. 41.1394.005, sarstedthaematology, newton, nc.
garverick, h. a., m. n. harris, r. vogel-bluel, j. d. sampson, j. bader, w. r. lamberson, j. n. spain, m. c. lucy, and r. s. youngquist. 2013. concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. j. dairysci. 96:181–188.
14. Guy ladam 2000 p 1-67.

15. H. Jourdan. thèse de pharmacie. amélioration du contrôle qualité des lecteurs de glycémie capillaire au CHU de Nantes. juin 2013; p1-84.
16. Hayirli, a. 2006. the role of exogenous insulin in the complex of hepatic lipidosis and ketosis associated with insulin resistance phenomenon in postpartum dairy cattle. *vet. res. commun.* 30:749–774.
17. Holtzinger c, szelag e, dubois ja, et al. evaluation of a new point bedside glucose meter and strip with hematocrit and interference corrections. *Point care* 2008; 7:1–6.
18. Hollis ar, dallapschaer bl, boston rc, et al. comparison of the accu_check aviva point-of-care glucometer with blood gas and laboratory methods of analysis of glucose measurement in equine emergency patients. *j vet intern med* 2008;22:1189– 1195.
19. Hollis et al, 2007; hollis et al, 2008a; hassel et al, 2009
20. Hussain k, sharief n. the inaccuracy of venous and capillary blood glucose measurement using reagent strips in the newborn period and the effect of haematocrit. *Early hum dev* 2000;57:111–121.
21. J. hortensius, r-j.slingerland, n. kleefstra et al. self-monitoring of blood glucose: the use of the first or the second drop of blood. *diabetes care*, march 2011; 34:556–560..
22. J-h. nichols. blood glucose testing in the hospital: error sources and risk management. *journal of diabetes science and technology*, january 2011; 5(1):173-177.
23. J-p. riveline, s. halimi. les dispositifs de prélèvements capillaires pour l'autosurveillance glycémique. *Médecine des maladies métaboliques*, septembre 2010; 4:s46-s48.
24. Johnson bm, fry mm, flatland b, kirk ca. comparison of a human portable blood glucose meter, veterinary portable blood glucose meter, and automated chemistry analyzer for measurement of blood glucose concentrations in dogs. *j am vet med assoc.* 2009;235:1309–1313.
25. *Javma*, vol 246, no. 12, june 15, 2015.
26. *Javma*, vol 235, no. 3, august 1, 2009.
27. *Journal of dairy science* vol. 96 no. 7, 2013.
28. *J lab med* 2016; 40(2): 133–139.
29. Karon bs, griesmann l, scott bs, et al. evaluation of the impact of hematocrit and other interference on the accuracy of hospital-based glucose meters. *Diabetes technolther* 2008; 10:111– 120.
30. K edta, 1.6 mg of edta/1 ml of blood, catalogue no. 47.556, sarstedthaematology, newton, nc.

31. L. dufaitre-patouraux, p. vague, v. lassmann-vague. technologie et fiabilité de l'autosurveillance glycémique: historique et état actuel. *diabetes and metabolism* 2003; 29(2):2s7-2s14.
32. Lewington jh. maladies endocriniennes. dans: lewington jh, éditeur. élevage de furets, médecine et chirurgie. 2e éd. philadelphie, pennsylvanie: saunders elsevier; 2007. pp. 346–379.
33. Lin l-k. a concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *biometrics*. 1989; 45:255–268.
34. Lozner, e. l., a. w. winkler, f. h. l. taylor, and j. p. peters. 1941. the intravenous glucose tolerance test. *j. clin. invest.* 20:507– 515.
35. Lutz heinemann. Quality of glucose measurement with blood glucose meters at the point-of-care: relevance of interfering factors. *Diabetes technology and therapeutics*, september 2010; 12(11):1-13.
36. Meinkoth jh, clinkenbeard kd. normal hematology of the dog. in: feldman bf, zinkl jg, jain nc, eds. *schalm's veterinary hematology*. 5th ed. philadelphia: lippincott williams & wilkins, 2000; 1057–1063.
37. M. serge koalaga .thèse de docteur en pharmacie, juin 2011.
38. *Méd. biol.* t. 2 1971.
39. Mikes h lm, bruns de. stabilization of glucose in blood specimens: mechanism of delay in fluoride inhibition of glycolysis. *clin chem* 2008; 54:930–2.
40. M. pinget. Évaluation de l'exactitude de 27 systèmes de mesure de la glycémie capillaire selon la norme din en iso 15197 : commentaires à propos de l'article de g. freckmann, et *al.* System accuracy evaluation of 27 blood glucose monitoring systems according to din en iso 15197. *diabetes technology and therapeutics* 2010; 12:221-31. *Médecine des maladies métaboliques*, septembre 2010; 4:s41s45.
41. M. solignac. Un nouveau système d'autosurveillance glycémique: contour® next usb. *Médecine des maladies métaboliques*, février 2013.
42. onetouch vita blood glucose monitoring system. user guide 2009. Available at: http://www.lifescan.co.uk/sites/default/files/pdf/booklets/06607902a_vita_user_guide.pdf. Accessed March 21, 2011.
43. Overcoming runaway blood sugar dennis pollock 2006 page 55-75
44. Passing a, bablok w. a new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods. Application of linear regression procedures for method comparison studies in clinical chemistry: part i. *j clinchemclin biochem*. 1983; 21:709-720.

45. Passing a, bablok w. comparison of several regression procedures for method comparison studies and determination of sample sizes. Application of linear regression procedures for method comparison studies in clinical chemistry: part ii. *j clinchemclinbiochem*.1984;22:431–445.
46. Petritz oa, antinoff n, chen s, kass ph, paul-murphy jr. évaluation des lecteurs de glycémie portables pour la mesure de la concentration en glucose sanguin chez les furets (*mustelaputoriusfuro*) *j am vet med assoc*. 2013; 242 :350–354.
47. R. rajendran, g. rayman. point-of-care blood glucose testing for diabetes care in hospitalized patients: an evidence-based review. *journal of diabetes science and technology* 2014; 8(6):1081-1090.
48. Rosenthal kl, wyre nr. Maladies endocriniennes. dans: quisenberryke, carpenter jw, éditeurs. *Furets, lapins et rongeurs médecine clinique et chirurgie*. 3e éd. saint-louis, missouri: elsevier saunders; 2012. pp. 86-102.
49. Rollin f. tools for a prompt cowside diagnosis: what can be implemented by the bovine practitioner? Proceedings of the xxiv world buiatrics congress, nice, france, october 15–19, 2006; 322–336.
50. Russell et al. 2007; hoedemaekers et al, 2008; hollis et al, 2008b; tack et al, 2012. schwartz jg, reichberg sb, gambino rs. glucose testing variability and the need for an expert oversight committee. *cap today* 2005;19:12, 14, 16
51. S. faure, m. meliani-pohu, a. marzellier et al. L'autosurveillance glycémique. *Actualités pharmaceutiques*, janvier 2013; (522):20-26.
52. S-c. cesbron. choisir un lecteur de glycémie en milieu hospitalier. *Soins*, avril 2007; (714):s6-s9.
53. S. palaneeswari, k. sumathi, a-j. manjula devi. glucose meter - a boon to the 21st century. *international journal of pharma and bio sciences*, october 2013; 4(4):553-558.
54. Tang z, lee jh, louie rf, et al. effects of different hematocrit levels on glucose. *crit care med* 2001;29:1062–1070.
55. Tang z, louie rf, lee jh, et al. oxygen effects on glucose meter measurements with glucose dehydrogenase- and oxidase-based test strips for point-of-care testing. Measurements with handheld meters for point of care testing. *archpathollab med* 2000;124:1135–1140.
56. Thierry beauseigneur 1991 p67-88.
57. Van de maele et al. 2005.
58. V. battu. Les lecteurs de glycémie et consommables. *Actualités pharmaceutiques*, septembre 2013; (528):53-56

- 59.** Vet clinpathol 43/1 (2014) 55–62 c 2014 american society for veterinary clinical pathology and european society for veterinary clinical pathology
- 60.** Vet clinpathol 40/2 (2011) 245–247 c 2011 american society for veterinary clinical pathology
- 61.** Wess g, reusch c. evaluation of five portable blood glucose meters for use in dogs. *j am vet med assoc* 2000;216:203–209.
- 62.** Wess g, reusch c. assessment of five portable blood glucose meters for use in cats. *am j vet res* 2000;61:1587–1592.
- 63.** Wess, reusch, 2000a; zeugswetter et al, 2010.
- 64.** Wiener k. the effect of haematocrit on reagent strip tests for glucose. *Diabetic med* 2001; 8:172–175.
- 65.** X. hêches. Programme d’assurance qualité des analyseurs de glycémie capillaire au lit du patient : une revue de la littérature et une expérience de sept ans. *immunoanalyseetbiologiespécialisée* 2005; 20:265–279.

Résumé

La mesure de la glycémie constitue un acte important en médecine humaine et vétérinaire dans le diagnostic de plusieurs pathologies. Cette mesure se fait habituellement au laboratoire par la méthode conventionnelle de référence qui est le spectrophotomètre.

L'invention du glucomètre a permis de rendre cette tâche beaucoup plus simple et rapide à exécuter au chevet du malade.

Nous avons passé en revue dans notre mémoire quelques études bibliographiques relatives à l'utilisation de ces deux appareils (glucomètre, spectrophotomètre) pour la mesure de la glycémie chez différentes espèces animales.

Abstract

The measurement of blood glucose is an important act in human and veterinary medicine in the diagnosis of several pathologies. This measurement is usually done in the laboratory by the conventional reference method, which is the spectrophotometer.

The invention of the glucometer has made this task much easier and faster to perform at the bedside.

We have reviewed in our thesis some bibliographic studies relating to the use of these two devices (glucometer, spectrophotometer) for the measurement of blood sugar levels in different animal species.

الملخص

قياس نسبة السكر في الدم هو عمل مهم في الطب البشري والطب البيطري في تشخيص العديد من الأمراض. يتم إجراء هذا القياس عادة في المختبر بالطريقة المرجعية التقليدية وهي مقياس الطيف الضوئي. لقد جعل اختراع جهاز قياس السكر هذه المهمة أسهل وأسرع وفي متناول المريض. لقد استعرضنا في موجزنا بعض الدراسات البيبليوغرافية المتعلقة باستخدام هذين الجهازين (الجلوكومتر – جهاز الطيف الضوئي) لقياس نسبة السكر في الدم في كافة أنواع الحيوانات.