



ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE 2008

THESE : 08 – TOU 3 - 4037

EFFET DE LA TAILLE SUR LE DEBIT DE FILTRATION GLOMERULAIRE CHEZ LE CHIEN DE RACE SCHNAUZER.

Thèse
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

présentée et soutenue publiquement en 2008
devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse

par
Audrey MICHELON
Née le 4 octobre 1982 à SENS (l'Yonne)

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Hervé LEFEBVRE

JURY

PRESIDENT :

M. J. POURRAT

Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

ASSEESSEUR :

M. H. LEFEBVRE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

M. J.P. BRAUN

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

MEMBRES INVITES :

M. V. BIOURGE

Docteur vétérinaire



A notre Président de thèse,

Monsieur le Professeur Jacques POURRAT,

Professeur des universités

Praticien hospitalier

Service de Néphrologie et d'immunologie clinique.

Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Professeur Hervé LEFEBVRE,

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Service de Physiologie et Thérapeutique.

Qui nous a fait l'honneur de présenter ce travail et de guider sa réalisation.

Merci d'avoir cru en des étudiants pour participer activement à la réalisation de ce projet.

Monsieur le Professeur Jean-Pierre BRAUN,

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Service de Physique et Chimie biologiques et médicales.

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

Au membre invité,

Monsieur le Docteur vétérinaire Vincent BIOURGE,

Vétérinaire Nutritionniste à Royal Canin.

Qui nous a fait l'honneur d'assister à notre soutenance de thèse.

A Royal Canin,

qui a permis le financement de ces travaux.

A Guillaume,

qui rend ma vie chaque jour plus merveilleuse.

Je t'aime.

A mes parents,

qui m'ont toujours encouragé et sans qui je ne serais pas là où je suis aujourd'hui.

Merci pour tout.

A ma sœur,

qui, malgré la distance qui nous sépare, reste continuellement dans mon cœur et dans mes pensées.

A mes grands-parents,

qui m'apportent toujours leur soutien et leur amour.

Merci .

A mes ami(e)s,

Mariette et Julianne avec qui j'ai tant partagé pendant ces 5 années d'études.

Tiny, Marion, Emilie, Delphine et Gérémy qui nous ont accompagné pendant tous les moments forts de notre aventure ensemble.

Vous me manquez tous. Que votre vie vous apporte amour, bonheur et réussite.

A tous le service de Physiologie et en particulier Patrice ROUBY et Jean-Pierre GAU,

Pour leur accueil et leur disponibilité.

PLAN

I – 1) – Choix des animaux : critères d’inclusion, de non inclusion et d’exclusion ... 57

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures :

Figure 1 : Illustrations du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer.

Figure 1a : Yeux et oreilles

Figure 1b : Tête et gueule

Figure 1c : Profils et encolure

Figure 1d : Corps

Figure 1e : Membres antérieurs

Figure 1g : Membres postérieurs

Figure 2 : Variation de la créatininémie en fonction du pourcentage de néphrons fonctionnels.

HEINE et LEFEBVRE, 2007

Figure 3 : Evolution de la valeur inverse de la créatininémie en fonction de l'âge chez 11 chiens souffrant d'insuffisance rénale chronique.

ALLEN et coll., 1987

Figure 4 : Réactions de synthèse de la créatine et de la créatinine.

Figure 5 : Evolution de la créatininémie chez 244 Beagles âgés de 1 à 14 ans.

FUKUDA et coll., 1989

Figure 6 : Cinétique d'un marqueur de la fonction rénale et calcul de l'aire sous la courbe.

Figure 7 : Principe du test de clairance plasmatique de la créatinine exogène.

Figure 8 : Linéarisation de l'équation allométrique par transformation logarithmique.

Figure 9 : Relation entre la créatininémie et le poids corporel sur 34 chiens pesant de 8 à 57 kg. VAN DEN BROM et BIEWENGA, 1981

Figure 10 : Effet de la taille sur le débit de filtration glomérulaire chez le chien adulte. LEFEBVRE et *al.*, 2006

Figure 11 : Effet de la taille sur l'intervalle de référence de la créatinine plasmatique chez le chien adulte. CRAIG et *al.*, 2006

Figure 12 : Valeurs individuelles de la concentration plasmatique de créatinine chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer répartis en trois groupe selon leurs poids : nain, moyen et géant.

Figure 13 : Cinétique plasmatique individuelle de la créatinine en fonction du temps après administration d'un bolus intraveineux de créatinine exogène chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer adultes en bonne santé.

Figure 14 : Représentation graphique du débit de filtration glomérulaire (DFG) chez 16 chiens adultes sains de race Schnauzer répartis en trois groupe selon leurs poids : nain, moyen et géant.

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Principales affections à caractère génétique du chien de race Schnauzer ainsi que leur déterminisme génétique

Tableau 2 : Comparaison des différentes variables rénales entre des chiots de 2 mois et des adultes de 6 à 9 ans chez des chiens sains de race Beagle. LAROUTE et coll., 2005

Tableau 3 : Effet de l'état d'hydratation sur la clairance urinaire de la créatinine exogène. TABARU et coll. (1993).

Tableau 4 : Relations allométriques relatives à quelques paramètres de la fonction rénale

Tableau 5 : Age et poids en fonction du format des chiens adultes et sains de race Schnauzer (nain, moyen ou géant).

Tableau 6 : Variables plasmatiques et hématocrite chez les 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer.

Tableau 7 : Moyennes et écart-types des variables biochimiques mesurées chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer en fonction de leur format : nain, moyen ou géant.

Tableau 8 : Clairance plasmatique de la créatinine exogène (mL/kg/min) chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer de format nain, moyen et géant: statistiques descriptives.

Tableau 9 : Temps moyens de résidence (MRT) (min) de la créatinine exogène chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer de format nain, moyen et géant: statistiques descriptives.

Tableau 10 : Volumes de distribution à l'équilibre (V_{ss}) (mL/kg) chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer de format nain, moyen et géant : statistiques descriptives.

Liste des annexes :

Annexe 1 : Standard du Schnauzer géant

Annexe 2 : Standard du Schnauzer nain

INTRODUCTION

L'insuffisance rénale chronique (IRC) est une affection très courante en clinique. En effet l'IRC est l'une des principales causes de mortalité chez les carnivores domestiques. Actuellement, son diagnostic se fait par la détection de signes cliniques (amaigrissement, vomissements, polyuro-polydypsie...) et biologiques (densité urinaire, urée et créatinine). Or, l'apparition de ces derniers n'est visible que lorsque les deux tiers au moins de la masse fonctionnelle rénale a déjà disparue.

Pouvoir diagnostiquer plus précocement cette affection permettrait donc de mettre en place le traitement médical adéquat beaucoup plus rapidement et ainsi de retarder l'évolution de la maladie et d'augmenter l'espérance de vie de l'animal.

Le débit de filtration glomérulaire (DFG) est considéré comme la meilleure variable pour explorer la fonction rénale. Plusieurs méthodes sont utilisées afin de déterminer le DFG (clairance urinaire de la créatinine endogène, clairance urinaire de la créatinine exogène, clairance urinaire ou plasmatique de l'inuline, clairance plasmatique de substances radiomarquées), mais ces dernières sont difficilement utilisables en pratique.

Une nouvelle méthode a été validée (WATSON et coll.,2002) : la clairance plasmatique de la créatinine exogène. Lors de l'étude de LEFEBVRE et coll. (2004), il est apparu que le DFG variait énormément d'une race à l'autre alors qu'il était relativement identique au sein d'une même race. Ces résultats ont conduit à étudier le DFG dans différentes races.

Notre étude présente les résultats obtenus pour la race Schnauzer. De plus, trois formats existent dans cette race: nain, moyen et géant. Nous nous proposons donc d'étudier l'influence éventuelle de la taille sur la fonction rénale au sein de cette race.

La partie bibliographique de cette thèse abordera la race Schnauzer puis les caractéristiques de la créatinine et la détermination du DFG par l'utilisation de cette dernière. Ensuite la partie expérimentale présentera les résultats de DFG obtenus chez les Schnauzers nains, moyens et géants par le test de clairance plasmatique de la créatinine exogène.

PREMIERE PARTIE :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

D) – LA RACE SCHNAUZER : HISTORIQUE, STANDARDS ET AFFECTIONS

Les références ayant servi à rédiger cette partie sont :

- BRUCKER, 1997
- CHARLET, 2004
- FIORONE, 2007
- Site officiel du club français du Pinscher et du Schnauzer.

I - 1) - Historique de la race

Si le mot Schnauzer est relativement récent (fin du XIX^{ème} siècle), la race quant à elle est très ancienne. Le nom Schnauzer a en effet été donné à une variété de Pinscher : le Rauhaariger-Pinscher ou Pinscher à poils durs.

Pendant plusieurs siècles « Pinscher » était synonyme de « Roquet » et désignait des chiens de 35 à 45 cm, trapus et rustiques, utilisés pour la chasse et la garde et ayant de grandes qualités d'intelligence et de fidélité.

I – 1 - 1) – Apparition des Pinschers

L'ancêtre éloigné du Pinscher serait le « Moorland Dog », un chien contemporain de l'âge de bronze duquel descendent les races de Terriers et de Spitz. A cette époque les Pinschers étaient utilisés par l'homme pour se défendre contre les bêtes sauvages et pour la chasse.

Les Pinschers devinrent très à la mode à partir de la Renaissance mais ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle qu'ils se démocratisent puisqu'on en trouve dans tous les petits villages de leurs provinces natales (en Hollande et en Allemagne) au poste de chien de ferme, de gardien de maison ou encore de chien de compagnie.

La variété moyenne de Pinscher a été la première à apparaître tandis qu'au cours des siècles, des transformations génétiques se sont produites faisant apparaître de nouvelles formes : les formes hypermétriques (Pinschers géants) et les formes ellipométriques (Pinschers nains).

C'est au milieu du XIX^{ème} siècle que se développe la cynophilie officielle mais ce n'est que le 3 Mars 1895 qu'est fondé le Pinscher Klub en Allemagne par Joseph BERTA. Le développement du Pinscher à poils durs (Rauhhaariger-Pinscher) est alors rapide. Les caractéristiques de la race sont alors : une tête étroite, un dos droit, une hauteur au garrot de 30 à 40 cm et des couleurs variées (poivre et sel, noir, rouge jaune, gris jaune, tacheté jaune et marron, les couleurs claires et surtout le blanc n'étant pas acceptées).

En France, la Société Centrale Canine (SCC) a été fondé en 1882 par le Marquis de Nicolay et c'est le 11 Mars 1885 qu'elle ouvre le Livre des Origines Françaises (LOF). Le premier Pinscher inscrit porte l'appellation de « Terrier d'Ecurie à poils ras » : c'est « Batt », femelle née en 1889 appartenant à M. Henri Robert GOSSELIN.

I - 1 - 2) – Origines des premiers Schnauzers moyens

Le Schnauzer est officialisé en 1907 avec la création à Munich du Bavarian Schnauzer Klub.

En allemand, « die Schnauze » signifie la gueule, le museau, le groin. Le Schnauzer évoque donc un chien moustachu et la gueule barbue. Ce nom aurait été donné dès 1852 par YOUATE et plusieurs Griffons du début du XX^{ème} siècle se prénommaient Schnauz, Schnauzi, Schnauzel.

D'après FIORONE, les Schnauzers moyens auraient pour origine deux chiens non inscrits : *Schnauzer* et *Seppel*.

En Allemagne les reproducteurs qui contribuèrent le plus au développement de la race furent *Settchen* et *Jette von d'Enz* pour les femelles et *Rex von Egelsee* et *Rigo Schnauzerlust* pour les mâles.

Le standard est alors une tête étroite, un dos droit, une hauteur au garrot de 30 à 45 cm (avec une préférence pour les sujets tendant vers la limite maximale) et une robe de couleur poivre et sel, noire ou tachée jaune ou marron. Le toilettage est rigoureusement prohibé.

I - 1 - 3) - Origines des Schnauzers géants

Les origines du Schnauzer géant ou Riesenschnauzer sont obscures. Il semble en effet y avoir eu un croisement avec d'autres chiens de grandes tailles.

Le cynologue belge Théo MEUNIER évoque le croisement de Pinschers allemands à poils durs avec des Bouviers des Flandres de l'époque, ces derniers ressemblant au Schnauzers géants actuels.

Le cynologue allemand Van OTTO quant à lui écrit que le Schnauzer géant résulte de croisements entre des Bouviers à poils durs et des Dogues noirs, ces derniers ayant provoqué l'allongement du crâne, un museau plus carré, un poil plus dur et une silhouette plus ramassée que le Bouvier.

Enfin le savant suisse TSCHUDY pense que le croisement fut fait entre le Schnauzer moyen et l'Afdcharka, chien russe descendant direct du Matin du Tibet. Le Schnauzer géant fut en effet appelé « Schnauzer Ours Russe » ou « Schnauzer Bear Dogs ».

Si les origines génétiques du Schnauzer géant sont obscures, il semble que le berceau géographique se situe au nord des Alpes bavaroises, dans la région entre le Lech et l'Isar-Inn d'une part et l'Allgau et la Haute Autriche d'autre part dès le milieu du XIX^{ème} siècle.

Ce n'est qu'en 1909 que des Schnauzers géants furent présentés pour la première fois à une exposition canine à Munich. Ces chiens sont d'ailleurs appelés Münchner Schnauzers dans le Livre d'Élevage du Pinscher.

Le standard est alors un chien robuste, à forte ossature et poitrail large, d'environ 70 cm au garrot. Les couleurs acceptées sont le poivre et sel, le noir et feu, le gris noir, le jaune paille, le brun, le fauve, le sable, le rouge, ou le noir avec les membres gris jaunes.

En France *Azzil von Saintal* appartenant à M.DECKER est l'un des reproducteurs les plus importants à l'origine de l'élevage français des Schnauzers géants.

I - 1 - 4) - Origine des Schnauzers nains

La première apparition des Schnauzers nains remonterait à 1890 d'après FIORONE et résulterait de croisement entre Schnauzers moyens de petite taille.

Pour diminuer encore la taille, la sous-alimentation aurait été chose courante ainsi que d'autres pratiques comme l'administration répétée de petites doses d'alcool.

En raison d'une forte consanguinité, des croisements avec des Schnauzers moyens ou des Affenpinschers se seraient produits.

Le premier Pinscher nain à poils durs qui reçut l'appellation de Zwergschnauzer ou Schnauzer nain fut *Jecco Fulda Lillipul*, un mâle né en 1898 appartenant à M.DÖRR.

D'autres champions comme *Peter von Westerberg* et *Prinz von Rheinstein* sont à l'origine de presque tous les Schnauzers nains d'aujourd'hui.

Le standard était le même que pour les schnauzers moyens, les limites de tailles entre les deux n'étant pas encore bien établies.

I – 2) – La race Schnauzer aujourd'hui

D'après le Club de Cynophilie Français, les naissances des chiens de race Schnauzer sont très faibles par rapport au nombre de naissance de races très répandues comme le Labrador ou le Caniche.

En effet, le nombre de naissance des chiens de race Schnauzer géant est stable depuis ces dernières années avec environ 300 naissances par an (292 en 2004, 307 en 2005 et 303 en 2006).

Le nombre de naissance des chiens de race Schnauzer moyen diminue régulièrement (258 en 2004 à 209 en 2006) au profit des chiens de race Schnauzer nain (347 en 2004 et 459 en 2006).

I - 3) – Standards

-

Les Schnauzers appartiennent au Groupe II qui réunit les chiens de type Pinscher- Schnauzer- Molossoïdes- Chiens de montagne et de bouvier suisse et autres races. Les Schnauzers appartiennent à la première section et se divisent en Schnauzer géant ou Riesenschnauzer, Schnauzer moyen ou Mittelschnauzer et Schnauzer nain ou Zwergschnauzer.

Le standard doit permettre d'identifier la race et de la distinguer des races voisines, d'en vérifier les aptitudes et d'en saisir le comportement. Il comporte l'aspect général du chien ainsi que ses caractéristiques, région par région (forme de la tête, du museau, couleur des yeux, leurs écartement, longueur du cou, couleur de la robe, aspect du poil,...) et parfois même ses allures et ses traits de caractères.

Nous ne développerons ici que le standard du Schnauzer moyen.

Les standards des Schnauzers géants et nains sont présentés en annexes 1 et 2.

Standard F.C.I. N° 182/11.08.2000/F

TRADUCTION: Dr. J.-M. Paschoud.

ORIGINE: Allemagne.

DATE DE PUBLICATION DU STANDARD D'ORIGINE EN VIGUEUR: 06.04.2000

ASPECT GÉNÉRAL :

Chien de taille moyenne, robuste, plus ramassé qu'élancé, au poil dur.

PROPORTIONS IMPORTANTES:

- Inscriptible dans le carré, la hauteur au garrot correspond environ à la longueur du corps.
- La longueur totale de la tête (mesurée de l'extrémité de la truffe à la protubérance occipitale) correspond à la moitié de la longueur du dessus (mesurée du garrot à l'attache de la queue).

COMPORTEMENT / CARACTÈRE :

Un tempérament vif associé à un calme circonspect, un naturel bénin et enjoué et un attachement proverbial à son maître sont les traits de caractère caractéristiques de la race. Aimant beaucoup les enfants, ce chien est incorruptible et vigilant mais n'aboie pas pour un rien. Ses sens sont hautement développés. Sa sagacité, son dressage aisé, son intrépidité, son endurance et sa résistance aux intempéries et aux maladies le prédisposent à être un excellent chien de famille, de garde et d'accompagnement qui possède aussi les aptitudes nécessaires à un chien d'utilité.

TÊTE

RÉGION CRÂNIENNE:

- **Crâne** : Fort et allonge, sans forte saillie de la protubérance occipitale. La tête doit être en accord avec la puissance du chien. Le front est plat, sans rides et parallèle au chanfrein.
- **Stop** : Nettement accentué par les sourcils.

RÉGION FACIALE:

- **Truffe** : Elle est bien développée et toujours noire; les narines sont largement ouvertes.
- **Museau** : Il se termine en coin tronqué. Le chanfrein est droit.
- **Lèvres** : Noires, fermes, bien appliquées à plat contre les mâchoires; la commissure des lèvres est serrée.
- **Mâchoires/dents** : Mâchoires solides. L'articulé en ciseaux, fort et bien développé, est correctement occlusif et complet; il est formé de 42 dents d'un blanc pur selon la formule dentaire du chien. Les masséters sont bien développés, mais sans donner aux joues un relief excessif qui altérerait la forme rectangulaire de la tête (avec la barbe).
- **Yeux** : De grandeurs moyennes, de formes ovales, dirigées vers l'avant, foncées, d'une expression vive. Les paupières épousent bien la forme du globe oculaire.

- **Oreilles** : Repliées et pendantes, attachées haut, en forme de « V », elles sont portées symétriquement et pointent vers l'avant en direction des tempes, le bord interne des oreilles étant accolé aux joues ; le pli parallèle ne doit pas dépasser le niveau du crâne.

COU :

La nuque musclée et robuste présente une arcure éminente. L'encolure se fond harmonieusement dans le garrot. En accord avec la puissance du chien, le cou est fermement implanté, élancé et noblement galbé. La peau de la gorge est fermement appliquée sur les tissus sous jacents et ne forme pas de plis.

CORPS:

- **Ligne du dessus** : Dès le garrot, elle est légèrement en pente vers l'arrière.

- **Garrot** : Il constitue le point le plus haut du dessus.

- **Dos** Solide, court et ferme.

- **Rein** Court, solide et haut. La distance entre le dernier arc costal et la hanche est courte de sorte que le chien paraît ramassé.

- **Croupe** : Elle se fond imperceptiblement en léger arrondi dans la racine de la queue.

- **Poitrine** : De largeur modérée, de coupe transversale ovale, descendant jusqu'aux coudes. Le poitrail est nettement accusé par la pointe du sternum.

- **Ligne du dessous et ventre** : Les flancs ne sont pas exagérément relevés. Avec la partie inférieure de la cage thoracique le dessous dessine une belle ligne arquée.

QUEUE:

Queue naturelle.

MEMBRES

MEMBRES ANTÉRIEURS:

- **Généralités**: Vus de face, les antérieurs sont solides, droits et pas trop serrés. Vus de profil, les avant-bras sont droits.

- **Epaules** : L'omoplate est fermement attachée à la paroi thoracique, dûment musclée des deux côtés de l'épine scapulaire et dépasse en hauteur les apophyses épineuses des vertèbres thoraciques. Aussi oblique que possible et bien placée en arrière, l'angle qu'elle forme avec

l'horizontale est d'environ 50°.

- **Bras** : Bien au corps, solide et musclé. L'angle entre l'omoplate et le bras est de 95° à 105°.
- **Coudes** : Correctement appliqués, tournés ni en dedans ni en dehors.
- **Avant-bras** : Vu de tous les côtés il est absolument droit, développé en puissance et bien musclé.
- **Carpe** : Solide, stable, il se distingue peu de la structure de l'avant-bras.
- **Métacarpe** : Vu de face vertical, vu de profil légèrement incliné par rapport au sol, fort, légèrement élastique.
- **Pieds antérieurs** : Courts et ronds. Les doigts sont serrés et cambrés (pieds de chat), les coussinets résistants et les ongles durs et foncés.

MEMBRES POSTÉRIEURS:

- **Généralités**: Vus de profil, les postérieurs sont obliques ; vus de derrière, ils sont parallèles et pas trop serrés.
- **Cuisse** : De longueur moyenne, large et fortement musclée.
- **Grasset**: Tourné ni en dedans ni en dehors.
- **Jambe** : Longue et forte, nerveuse, elle se prolonge dans un jarret solide.
- **Jarret** : Angulation accusée, articulation solide, stable, tournée ni en dehors ni en dedans.
- **Métatarse** : Court vertical par rapport au soi.
- **Pieds postérieurs** : Doigts courts, cambrés et serrés ; les ongles sont courts et de couleur noire.

ALLURES :

Élastiques, élégantes, souples, dégagées et étendues. Les antérieurs s'élancent aussi loin que possible en avant, les postérieurs procurant la poussée nécessaire par de larges enjambées élastiques. L'antérieur d'un côté et le postérieur de l'autre côté avancent en même temps. Le dos, les ligaments et les articulations sont fermes.

PEAU :

Sur tout le corps elle est bien appliquée aux tissus sous-jacents.

ROBE

POIL:

Le poil doit être dur, « fil de fer », et bien fourni. La robe se compose d'un sous-poil bien fourni et d'un poil de couverture en aucun cas trop court, dur et bien couché. Le poil de couverture est rude, assez long pour permettre d'apprécier sa texture, ni hérissé ni ondulé. Sur la tête et les membres, le poil tend à être un peu moins dur ; sur le front et les oreilles il est court. La barbe pas trop souple sur le museau et les sourcils broussailleux, qui dissimulent légèrement les yeux, sont typiques et caractéristiques.

COULEUR:

- Noir unicolore avec sous-poil noir.
- Poivre et sel (sable charbonné marqué de sable).

Concernant le « poivre et sel », l'élevage cherche à obtenir une teinte moyenne avec un «poivré» bien pigmenté réparti régulièrement et un sous-poil gris. On admet les nuances allant du gris foncé couleur de fer métallique au gris argenté. Quelle que soit la nuance, tous les sujets doivent présenter un masque foncé qui souligne l'expression et qui s'accorde harmonieusement avec la teinte en question. Des marques nettement claires sur la tête, le poitrail et les membres ne sont pas recherchées.

TAILLE ET POIDS.

- **Hauteur au garrot:** Mâles et femelles: 45 à 50 cm.
- **Poids :** Mâles et femelles : 14 à 20 kg.

DÉFAUTS :

Tout écart par rapport à ce qui précède doit être considéré comme un défaut qui sera pénalisé en fonction de sa gravité.

En particulier:

- Tête dans l'ensemble trop petite ou trop courte.
- Crâne lourd ou rond.
- Front plissé.
- Museau court, pointu ou étroit.

- Articulé en pince.
- Joues ou arcades zygomatiques fortement saillantes
- Yeux clairs, trop grands ou ronds.
- Oreilles attachées bas, trop longues, portées différemment l'une de l'autre.
- Peau de la gorge lâche.
- Présence de fanon ; dessus du cou étroit.
- Dos trop long, ascendant ou peu soutenu.
- Dos de carpe.
- Croupe avalée.
- Racine de la queue inclinée en direction de la tête.
- Pieds allongés.
- Sujet allant de l'amble.
- Poil trop court, trop long, souple, ondulé, broussailleux, soyeux, de couleur blanche, tacheté ou présentant toute autre mélange de couleurs.
- Sous-poil marron.
- Chez les sujets « poivre et sel » : raie de mullet (bande noire qui suit la ligne médiane du dos) ou selle noire.
- Taille inférieure ou dépassant de 1 cm les normes indiquées par le standard.

DÉFAUTS GRAVES:

- Construction grossière ou légère, chien trop bas ou trop haut sur pattes.
- Caractère sexuel inversé (p.ex. femelles de type masculin).
- Coudes tournés en dehors.
- Arrière-main droit ou en tonneau.
- Jarrets tournés en dedans.
- Taille inférieure ou dépassant les normes indiquées dans le standard de plus de 1 cm et de moins de 3 cm.

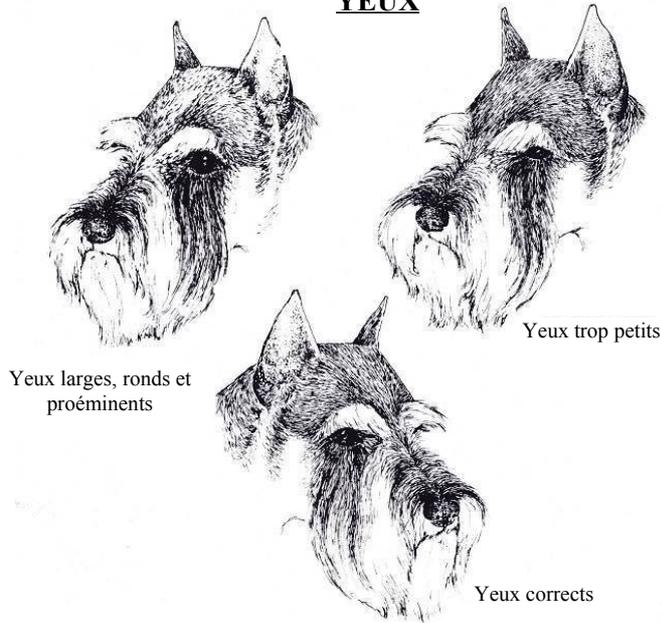
DÉFAUTS ÉLIMINATOIRES:

- Toute malformation.
- Sujet insuffisamment typé.
- Défaut d'occlusion comme prognathisme supérieur, prognathisme inférieur, arcade incisive déviée.

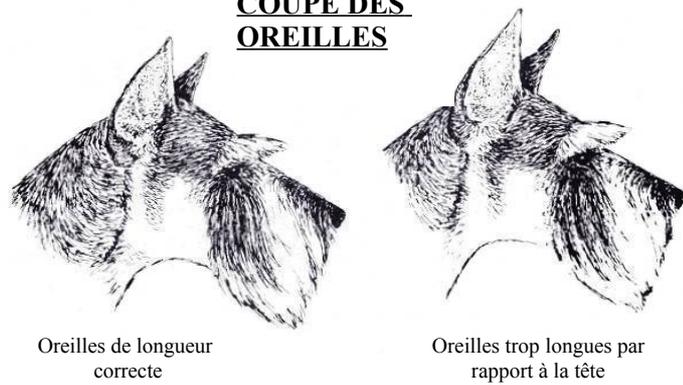
- Défauts graves touchant la construction, le poil et la couleur.
- Taille inférieure ou qui dépasse les normes indiquées dans le standard de plus de 3 cm.
- Comportement peureux, agressif, méchant, exagérément méfiant, nerveux.

N.B. : Les mâles doivent avoir deux testicules d'aspect normal complètement descendus dans le scrotum.

YEUX



COUPE DES OREILLES



POSITION DES OREILLES ET CRÂNE

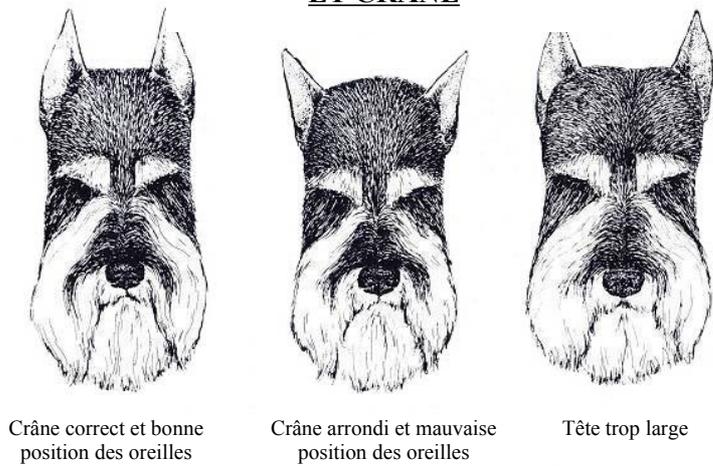
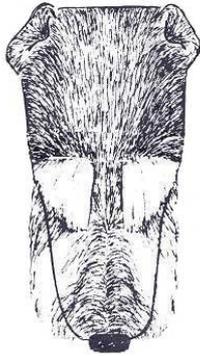
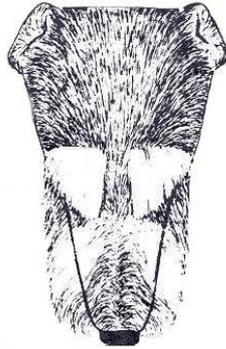


Figure 1a : Illustration du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer- Yeux et oreilles

LA TÊTE

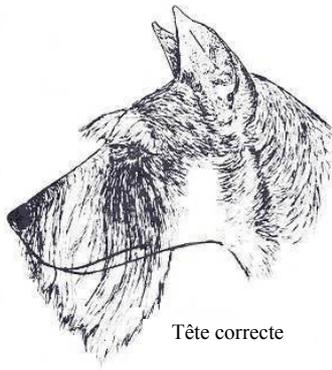


Tête correcte

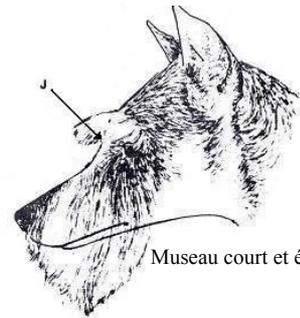


Crâne trop large,
Museau étroit

LA TÊTE



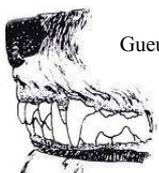
Tête correcte



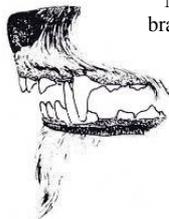
Les plans ne sont pas
parallèles et le stop (J) est
trop prononcé

Museau court et étroit

LA GUEULE



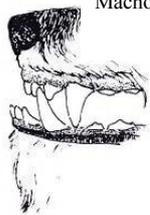
Gueule correcte



Mâchoires
brachygnathes



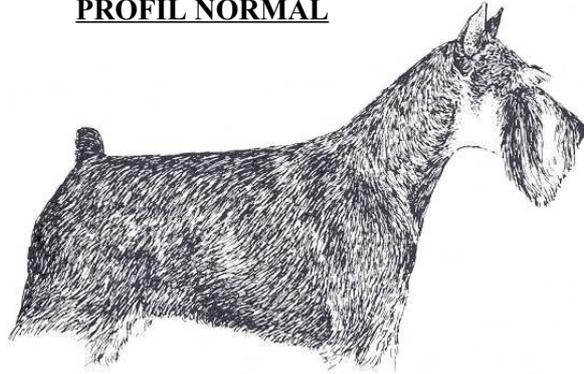
Mâchoires de
longueur identique



Mâchoires prognathes

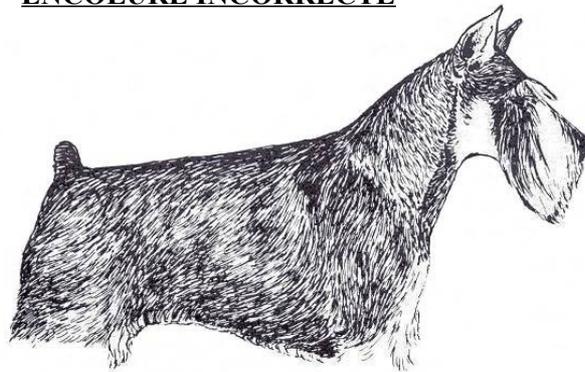
Figure 1b : Illustration du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer- Tête et gueule

PROFIL NORMAL



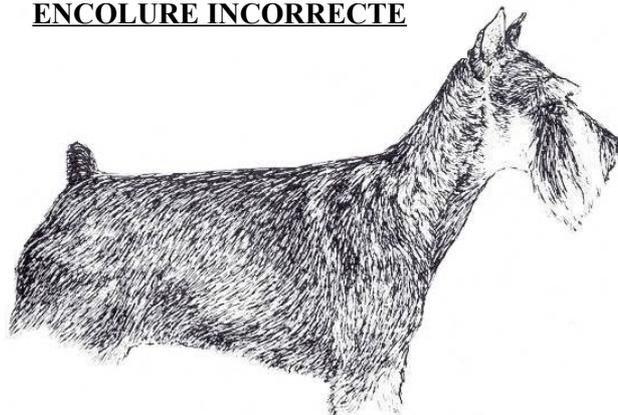
Encolure bien archée

ENCOLURE INCORRECTE



Encolure trop courte et trop large

ENCOLURE INCORRECTE



Encolure trop fine

Figure 1c : Illustration du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer- Profils et encolure

LE CORPS



Vue dorsale
Corps bien modelé

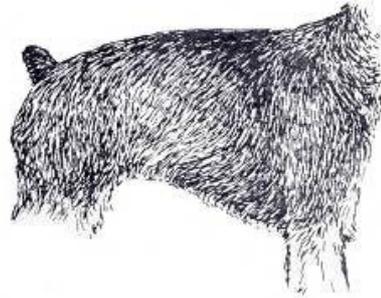


Vue dorsale
Animal trop maigre, gabarit
trop petit

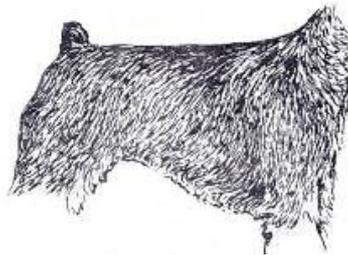
CORPS INCORRECT



Dos creux avec un mauvais
port de queue



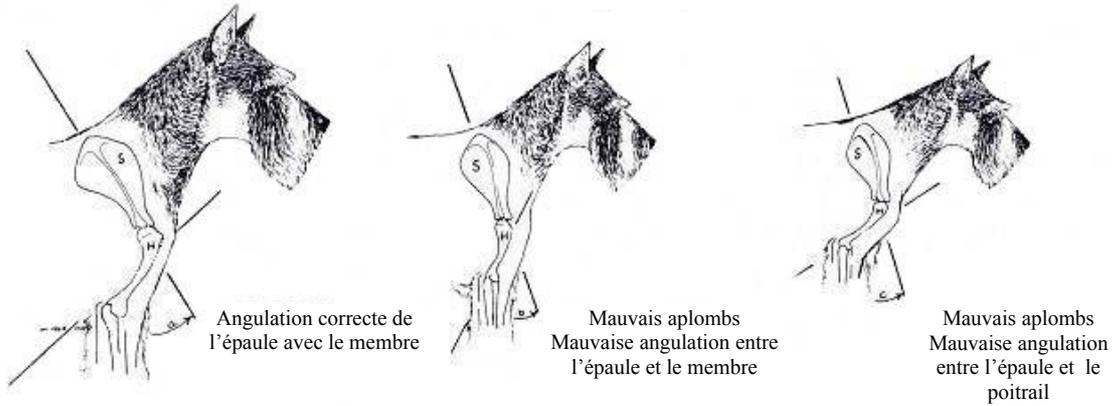
Dos fuyant



Dos droit et bon port de queue

Figure 1d : Illustration du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer- Corps

ANGULATION DU MEMBRE ANTERIEUR



MEMBRES ANTERIEURS

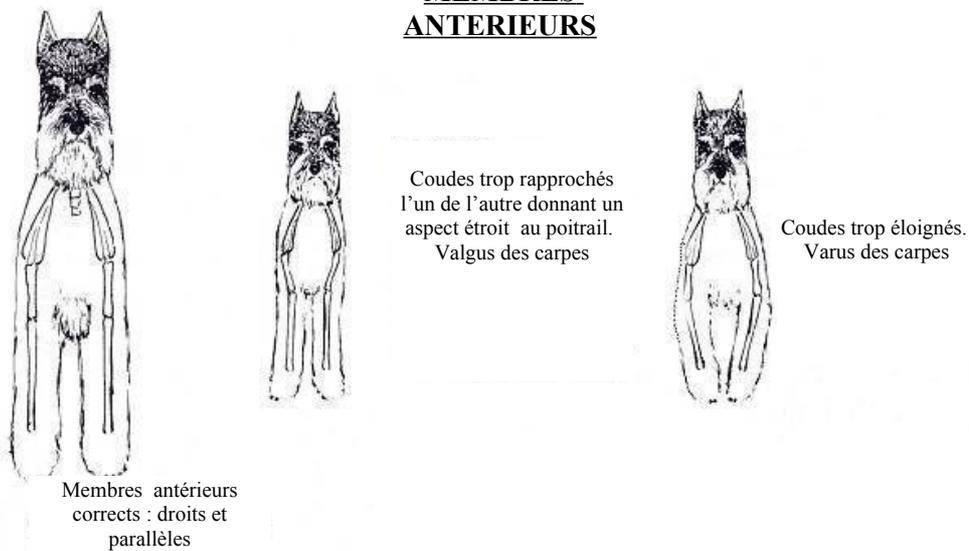
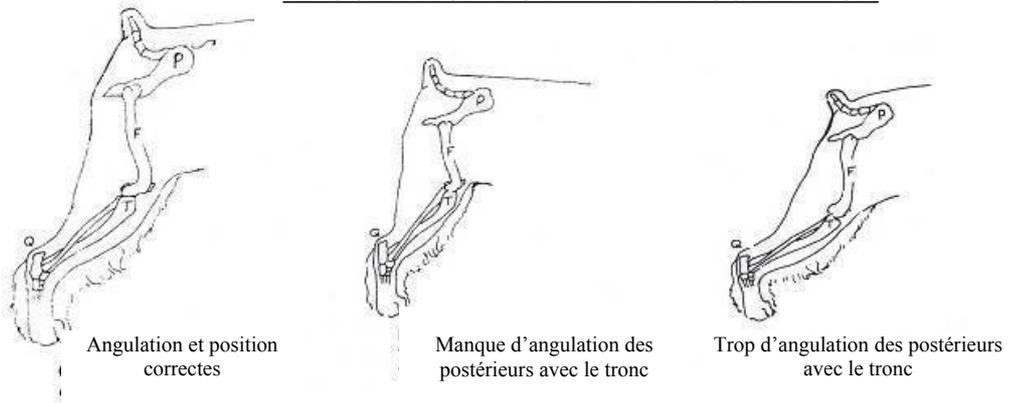
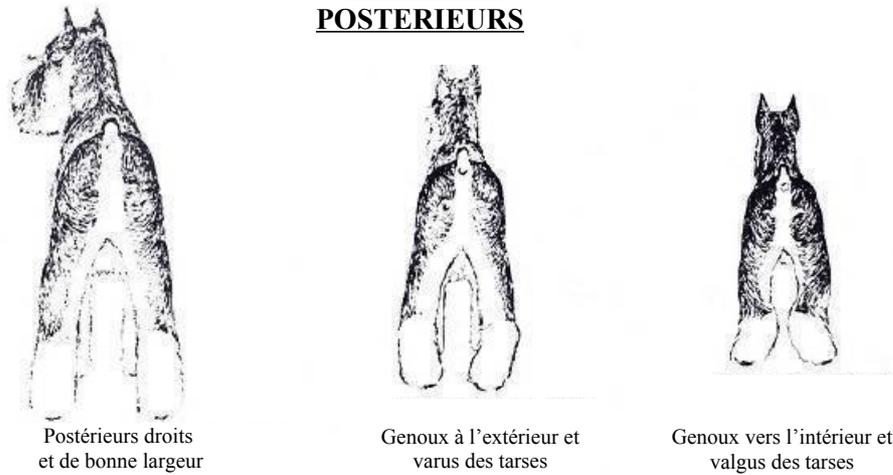


Figure 1e : Illustration du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer- Membres antérieurs

ANGULATION DU MEMBRE POSTERIEUR



MEMBRES POSTERIEURS



LES PIEDS

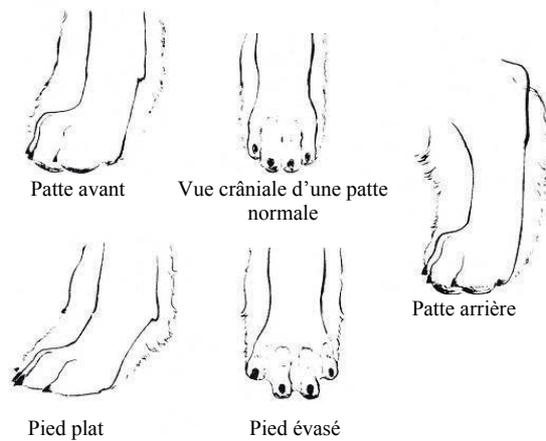


Figure 1g : Illustrations du standard et des défauts chez le chien de race Schnauzer- Membres postérieurs

I - 4) - Principales affections à caractère génétique du chien de race Schnauzer

(Karen CHARLET, 2004)

Les Schnauzers sont prédisposés à développer des affections (Tableau 1) qui n'ont pas la même prévalence selon le type de Schnauzer, à savoir géant, moyen ou nain, notamment :

- La dysplasie coxo-fémorale qui touche 24% des Schnauzers géants.
- La maladie de Legg-Perthes-Calve ou nécrose aseptique de la tête fémorale chez les Schnauzers nains.
- La maladie de von Willebrand de type I (la plus fréquente) qui atteint plus de 15% de la population des Schnauzers (nains, moyens et géants).
- Le shunt porto-systémique chez les Schnauzers nains.
- L'ectopie testiculaire, courante chez les Schnauzers nains.

Tableau 1 : Principales affections à caractère génétique du chien de race Schnauzer ainsi que leur déterminisme génétique.

AFFECTIONS	SG	S M	SN	DETERMINISME GENETIQUE
Dysplasie coxo-fémorale	+++			Polygénique et environnemental
Maladie de Legg-Perthes-Calve			+++	AR probable
Epilepsie essentielle			+	Polygénique ?
Narcolepsie- Catalepsie	+	+	+	Multifactoriel ou gène unique dominant à faible pénétration
Atopie			+	Sûrement héréditaire
Microphtalmie	+	+	+	AR ?
Distichiasis			+	AR ou AD à pénétrance variable
Trichiasis			+	Congénital, PR, polygénique ?
Kératoconjonctivite sèche			+	PR
Cataracte héréditaire			+	?
Glaucome primaire à angle étroit	+			PR
Dysplasie des photorécepteurs			+	AR
Dégénérescence des photorécepteurs			+	AR
Sténose aortique	+	+	+	?
Sténose pulmonaire	+	+	+	?
Tétralogie de Fallot	+	+	+	?
Déficit en facteur VII			+	?
Hémophilie A	+			Récessif lié au sexe (X)
Maladie de von Willebrand	+++	+++	+++	AD à pénétrance variable
Mégaoesophage	+	+	+	AD ou AR à pénétrance de 60%
Shunt porto-systémique			+++	AR
Dysplasie rénale			+	Héréditaire
Ectopie testiculaire			+++	Polygénique probable
Dystocie	+	+	+	PR
Diabète sucré juvénile	+	+	+	?
Hypothyroïdie	+	+	+	?
Tumeurs (carcinome épidermoïde)	+	+	+	PR

+++ : Maladie très fréquente ou race la plus touchée par cette maladie (la fréquence pouvant alors être faible malgré tout) ; ++ : Maladie fréquente ; + : Maladie survenant occasionnellement ;

? : Déterminisme génétique inconnu ; **SG** : Schnauzer géant, **SM** : Schnauzer moyen, **SN** : Schnauzer nain ; **AR** : Autosomique récessif, **AD** : Autosomique dominant, **PR** : prédisposition raciale

II) – FONCTION RENALE ET CREATININE PLASMATIQUE

II – 1) – La créatinine plasmatique : utilisation, origine, méthode de dosage et facteurs de variation

II – 1 – 1) – Utilisation

L'azotémie (concentrations plasmatiques élevées de créatinine et/ou d'urée) traduit la rétention de déchets azotés normalement éliminés par les reins.

La créatinine est donc un marqueur indirect de la fonction rénale. Cependant, la créatinémie devient supérieure aux valeurs de référence que lorsque plus de 75% de la fonction rénale est perdue. La créatinine est donc un marqueur tardif de l'IRC.

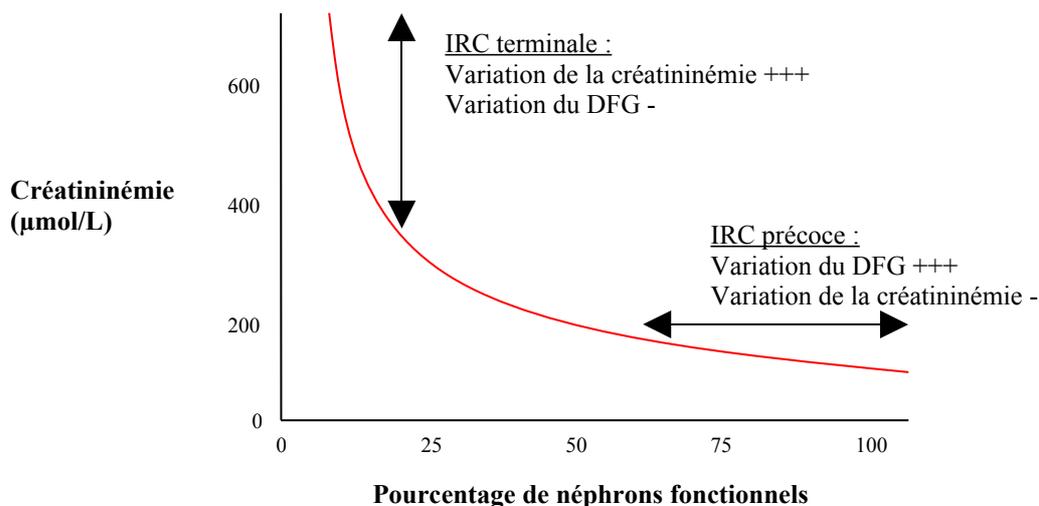


Figure 2 : Variation de la créatininémie en fonction du pourcentage de néphrons fonctionnels (d'après HEINE et LEFEBVRE, 2007)

Ainsi, en début d'évolution, la perte de néphrons fonctionnels n'est pas détectée par le bilan biochimique puisque la variation induite par la perte de fonction rénale ne provoque que très peu de variation de la créatininémie qui reste le plus souvent dans les valeurs de référence.

Lors d'IRC terminale, inversement, la créatininémie peut présenter des variations de valeurs fortes alors que le pourcentage de néphrons fonctionnels varie peu (Figure 2).

KASSIRER (1971) a montré que pour toute réduction de la fonction rénale de 50% la concentration plasmatique de créatinine double. Ainsi un individu ayant une créatininémie normale de 10 mg/L a la moitié de ses néphrons non fonctionnels lorsque sa créatininémie est de 20 mg/L et a 75% de ses néphrons non fonctionnels lorsque sa créatininémie est de 40 mg/L.

Un prélèvement unique de créatinine est donc insuffisant dans le diagnostic de l'insuffisance rénale. LEES (2004) préconise donc un suivi de la créatininémie sur un même animal afin de suivre l'évolution de la concentration plasmatique de créatinine. Cela est possible si certaines conditions sont respectées : animal à jeun, normohydraté et même conditions analytiques. Ainsi si la créatininémie augmente (alors qu'elle était stable depuis plusieurs années) tout en restant dans les valeurs de référence, un début d'IRC est à suspecter.

ALLEN et coll. (1987) ont mis au point une méthode d'estimation de la progression d'une IRC chez 11 chiens de 9 ans. L'inverse de la créatininémie diminue linéairement en fonction de l'âge de l'animal atteint d'IRC et une projection de la droite ainsi formée coupe l'axe des abscisses, donnant ainsi une valeur prédictive de l'âge auquel surviendra la mort (Figure 3).

La corrélation entre l'âge de la mort prédite et celle observée est exprimée par l'équation suivante :

$$Y = 0.674 X + 3.70 \quad \text{avec } R^2 = 0.96 \text{ et } P < 0.001.$$

avec Y : Age de la mort observée (année) et X : Age de la mort prédite (année)

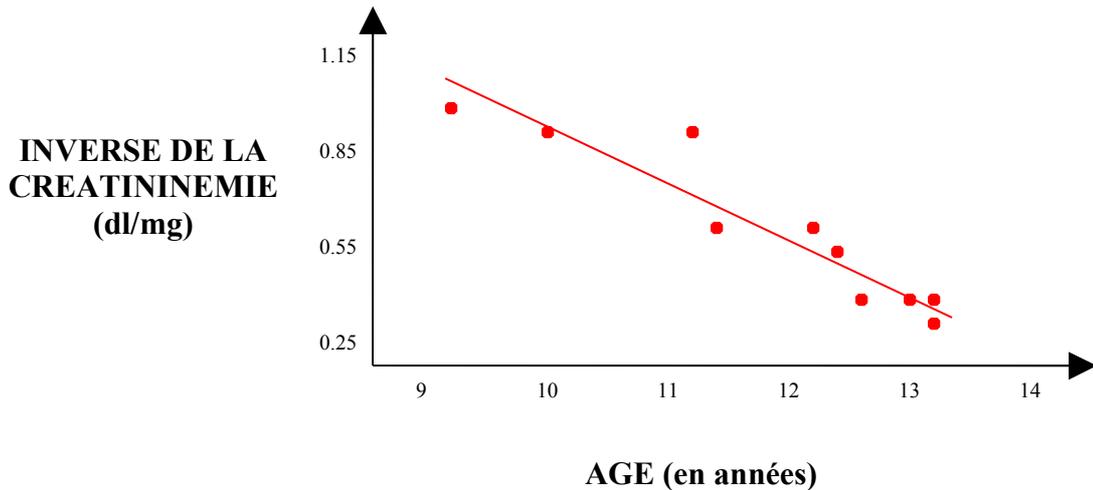


Figure 3 : Evolution de la valeur inverse de la créatininémie en fonction de l'âge chez 11 chiens souffrant d'insuffisance rénale chronique.

$$Y = - 0.195 X + 2.85 \text{ avec } r = 0.95 \text{ et } P < 0.001$$

avec Y : Inverse de la créatininémie (dL/mg) et X : Age (année).

D'après ALLEN et coll., 1987

II – 1 – 2) – Origines

Les données présentées ici sont issues d'une synthèse récente (BRAUN et coll., 2003).

La créatinine provient de la dégradation de la créatine. Cette dernière est principalement présente dans les muscles squelettiques.

La créatine et le créatinine sont issues de la biosynthèse de plusieurs acides aminés : la glycine, l'arginine et la méthionine.

La première partie de la synthèse de la créatine a lieu dans le rein. Elle fait intervenir une enzyme mitochondriale (l'arginine-glycine amidinotransférase (AGAT)) et est rétroinhibée par la créatine.

Ensuite a lieu une étape de transméthylation catalysée par la guanidinoacétate méthyltransferase (GAMT) qui aboutit à la formation de créatine.

La créatine est distribuée par le sang dans le reste de l'organisme. Elle pénètre dans le cerveau et les cellules musculaires où elle subit une phosphorylation réversible en

phosphocréatine grâce à la créatine kinase. Cette phosphocréatine est transformée en créatinine par cyclisation spontanée.

La créatinine peut être également le produit de la déshydratation de la créatine par une réaction spontanée, irréversible et non enzymatique.

La transformation de créatine en créatinine représente environ 2% de la quantité totale de créatine.

La créatinine a un poids moléculaire de 113 g/mol et 1 mg/dL correspond à 88.5 $\mu\text{mol/L}$ (unité du système international).

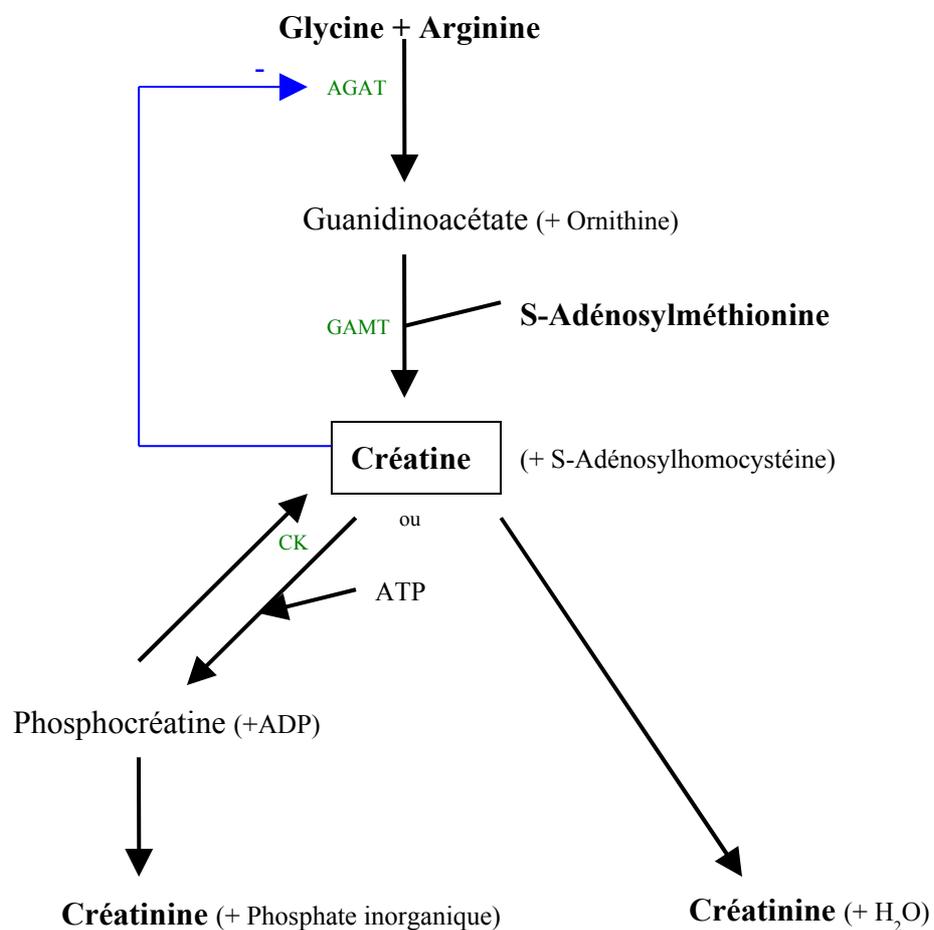


Figure 4 : Réactions de synthèse de la créatine et de la créatinine

AGAT : arginine-glycine amidinotransférase

GAMT : guanidinoacétate méthyltransferase

CK : créatine kinase

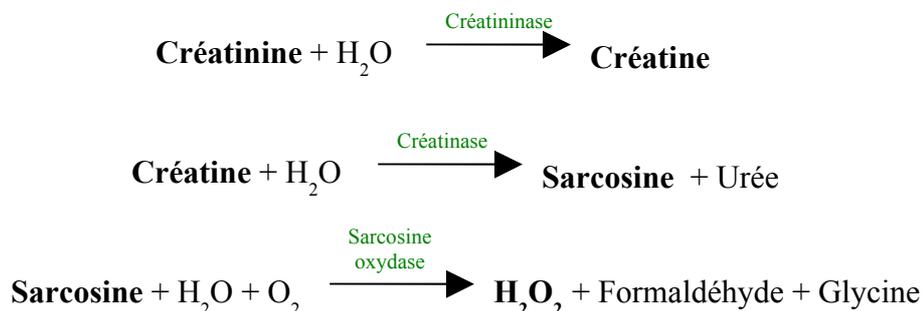
La créatine et la créatinine peuvent aussi provenir de l'alimentation. En effet la viande de bœuf crue contient 3.5 à 5 mg de créatine/g de viande et 0.2 à 0.4 mg/g de créatinine. De plus selon la durée de cuisson, 18 à 65% de la créatine présente dans la viande crue se transforme en créatinine (HARRIS et coll., 1997).

II – 1 – 3) – Méthodes de dosage

La créatinine peut être mesurée à l'aide de deux méthodes : la méthode de Jaffé et la méthode enzymatique.

La méthode de Jaffé fait réagir la créatinine avec du picrate de sodium en milieu alcalin afin d'obtenir un complexe créatinine-picrate jaune-orangé. Cette méthode est non spécifique. En effet, JACOBS et coll. (1991 et 1992) ont montré que le réactif de la méthode de Jaffé (le picrate de sodium) agit aussi sur d'autres substances. La bilirubine, les lipides et l'acide acéto-acétique provoquent ainsi une sous estimation de la concentration en créatinine, alors que l'acétone, le glucose et des antibiotiques de la famille des céphalosporines provoquent une sur-estimation de la concentration en créatinine.

La méthode enzymatique est une méthode spécifique qui fait réagir la créatinine avec un réactif contenant plusieurs enzymes : la créatininase, la créatinase et la sarcosine oxydase.



L'eau oxygénée est ensuite dosée par une réaction colorimétrique selon l'équation suivante :



Selon JACOB et coll. (1991), la méthode enzymatique est moins sensible aux interactions avec d'autres substances. En effet, seuls la bilirubine, les lipides et le ceftiofur induisent une sous-estimation de la concentration plasmatique de créatinine mais plus modérée que celle mesurée avec la méthode de Jaffé.

FINCO et coll. (1993) ont mené une étude pour comparer l'effet de la méthode de Jaffé et de la méthode enzymatique sur la valeur de la clairance urinaire ou plasmatique de la créatinine. Les moyennes de la clairance urinaire de la créatinine endogène obtenues par la méthode de Jaffé et la méthode enzymatique sont de 2.01 ± 0.59 mL/min/kg et de 2.4 ± 0.83 mL/min/kg respectivement. Ces deux méthodes ont donc été comparées avec la méthode de référence du calcul de la fonction rénale (test de clairance de l'inuline) afin de savoir laquelle de ces méthodes est la moins précise.

Les corrélations entre la clairance de l'inuline et les deux clairances urinaires de la créatinine (méthode de Jaffé et méthode enzymatique) sont très bonnes mais le rapport de la clairance de la créatinine endogène dosée par méthode enzymatique sur la clairance de l'inuline est de 1.03 ± 0.08 alors que celui de la clairance de la créatinine endogène dosée par la méthode de Jaffé sur la clairance de l'inuline est de 0.88 ± 0.10 . La méthode enzymatique est donc plus proche de la méthode de référence.

De plus le rapport de la clairance urinaire de la créatinine dosée par la méthode enzymatique sur la clairance urinaire de la créatinine dosée par la méthode de Jaffé est de 0.943 ± 0.103 alors que le rapport de la clairance plasmatique de la créatinine par la méthode enzymatique sur la clairance plasmatique de la créatinine par la méthode de Jaffé n'est que de 0.798 ± 0.53 . Cette différence s'explique par la présence de chromogènes dans le plasma qui réagissent à la méthode de Jaffé et induisent une sur-estimation de la créatininémie. En conséquence, la valeur du débit de filtration glomérulaire (DFG) est sous-estimée, d'autant plus fortement que les valeurs du DFG sont hautes. En effet pour des valeurs hautes du DFG, les valeurs de créatinine endogènes sont basses et la proportion de chromogènes est donc plus importante.

Le test de clairance de la créatinine exogène permet de s'affranchir des variations induites par les chromogènes car l'administration de créatinine permet d'obtenir des concentrations de créatinine très élevées et donc de diminuer fortement la proportion de chromogènes qui devient alors négligeable.

II – 1 – 4) – Facteurs de variation

Plusieurs facteurs influencent la concentration plasmatique de la créatinine dans les conditions physiologiques : l'âge, le poids, la masse musculaire, la prise alimentaire, l'état d'hydratation ou l'exercice physique.

II – 1 – 4 – 1) – L'âge

LAROUTE et coll. (2005) ont étudié la fonction rénale de 20 Beagles sains dont 10 chiots âgés de 2 mois et 10 adultes âgés de 6 à 9 ans (Tableau 2).

Les résultats obtenus montrent que la concentration plasmatique de la créatinine est environ 30% inférieure chez les chiots par rapport aux adultes.

De plus le DFG, calculé par la clairance de l'iohexol, est 87% plus élevé chez les chiots que chez les adultes.

L'augmentation progressive de la créatininémie entre le jeune âge et l'âge adulte est due à l'augmentation de la masse musculaire entre l'âge de 2 mois et l'âge adulte (cf III – 1 – 4 – 2).

De même le volume de distribution est plus élevé chez les chiots que chez les adultes. Les concentrations basses de créatinine chez les chiots résultent donc d'une augmentation de la filtration rénale mais aussi d'un plus grand volume de distribution.

Tableau 2 : Comparaison des différentes variables rénales entre des chiots de 2 mois et des adultes de 6 à 9 ans chez des chiens sains de race Beagle. (LAROUTE et coll., 2005)

Chiots de 2 mois	Adultes de 6 à 9 ans
Créatininémie	Créatininémie
($\mu\text{mol/L}$) 39 ± 2.2	($\mu\text{mol/L}$) 55 ± 5.6
DFG	DFG
(mL/min/kg) 6.2 ± 0.7	(mL/min/kg) 4.1 ± 0.5
Volume de distribution	Volume de distribution
(mL/kg) 375 ± 42.5	(mL/kg) 220 ± 19.9

FUKUDA et coll. (1989) ont étudié l'influence de l'âge sur différents paramètres biochimiques chez 244 Beagles âgés de 1 à 14 ans.

La concentration plasmatique de créatinine est stable jusqu'à l'âge de 8-10 ans, puis elle diminue progressivement. Cette diminution pourrait être liée à une diminution de la masse musculaire à cet âge, les animaux étant en cage et ne faisant pas d'exercice mais la moyenne du poids ne variant pas avec l'âge, la diminution de la créatininémie semble être uniquement corrélée à l'âge. L'augmentation de la créatininémie à 14 ans serait due à une altération de la fonction rénale et donc à une diminution du DFG.

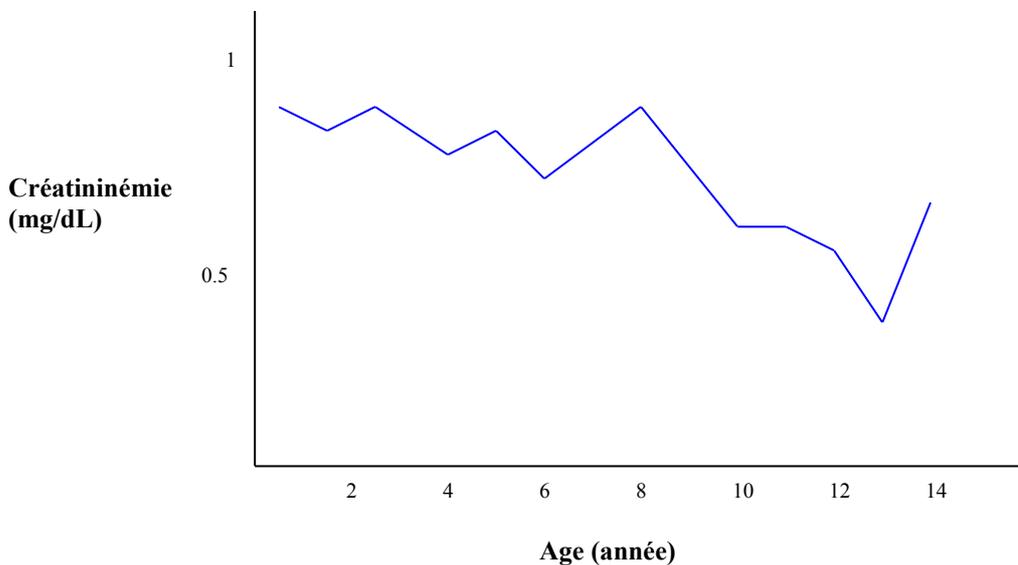


Figure 5 : Evolution de la créatininémie chez 244 Beagles âgés de 1 à 14 ans.

D'après FUKUDA et coll., 1989

II – 1 – 4 – 2) – Le poids et la masse musculaire

L'influence de ces variables sur le DFG sera envisagée dans le paragraphe III – 2- 2.

II – 1 – 4 – 3) – La prise alimentaire

Une étude de EPSTEIN et coll. (1984) a montré que la prise alimentaire de nourriture du commerce (sèche, humide ou semi-humide) n'avait aucune influence sur la concentration plasmatique de la créatinine.

Cependant deux études ont démontré le contraire.

Ainsi WATSON et coll. (1981) ont montré que la viande de bœuf cuite provoque une augmentation de la créatininémie avec un pic entre 1 et 4 heures après le repas, alors que la viande de bœuf crue et l'alimentation semi-humide provoquent une diminution de la créatininémie dans les 4 à 16 heures après le repas. Cette diminution de créatininémie peut être expliquée par le fait que l'ingestion d'un repas, et plus particulièrement de protéines, augmenterait le DFG.

De plus EVANS (1987) a confirmé ces résultats en comparant la créatininémie sur 32 chiens avant et 4 heures après un repas d'aliment sec. Les résultats ont montré une augmentation de la créatininémie de 14 à 19% en 4 heures.

II – 1 – 4 – 4) – L'état d'hydratation

HARDY et OSBORNE (1979) ont induit une déshydratation d'au moins 5% chez 20 chiens en les privant d'eau pendant 72 heures. Des prélèvements sanguins ont été fait à T0 puis à 12, 24, 30, 36, 45, 54, 60 et 72 heures après le début de la déshydratation. Douze chiens ont eu une augmentation de leur créatininémie (de 0.1 à 0.5 mg/dL) et seulement un a dépassé les valeurs usuelles (0.6-1.5 mg/dL). Le dosage de la créatinémie doit donc se faire sur un animal normohydraté.

De plus, TABARU et coll. (1993) ont étudié l'influence de l'état d'hydratation sur la fonction rénale. La clairance urinaire de la créatinine exogène a été calculée chez 5 chiens tour à tour normohydratés, hyperhydratés puis déshydratés. Les résultats montrent que plus l'état d'hydratation est important et plus la clairance de la créatinine est élevée (Tableau 3).

Tableau 3 : Effet de l'état d'hydratation sur la clairance urinaire de la créatinine exogène.
TABARU et coll. (1993).

Etat d'hydratation	Clairance (mL/min/kg)
Hyperhydratation	4.14 ± 0.20
Normohydratation	3.64 ± 0.10
Déshydratation	2.78 ± 0.06

II – 1 – 4 – 5) – L'exercice physique

L'effet de l'exercice physique sur la concentration plasmatique de la créatinine est contradictoire selon les études. En effet ces dernières arrivent à des conclusions très différentes à savoir qu'un effort physique diminuerait ou augmenterait la créatininémie ou bien qu'il n'aurait aucune influence.

Ainsi CHANOIT et coll. (2002) ont fait courir 6 chiens non entraînés pendant 60 minutes à 9 km/h. Des prélèvements sanguins ont été réalisés à T-30 et -15 minutes puis à T0, 5, 15, 30 et 60 minutes puis 2, 4, 8, 10 et 24 heures. Les résultats montrent une diminution d'environ 10% de la concentration plasmatique de la créatinine à 8 et 10 heures après le début du test.

ROSE et BLOOMBERG (1989) quant à eux ont fait courir 6 Greyhounds en sprint sur 400m. Les prélèvements sanguins ont été réalisés au repos puis immédiatement à la fin de la course puis 3, 5, 15, 30 et 60 minutes après. La concentration plasmatique de la créatinine a alors augmentée d'au moins 13% sur tout les prélèvements après l'exercice.

Enfin deux études n'ont détecté aucune modification de la concentration plasmatique de la créatinine suite à un effort physique.

HINCHCLIFF et coll. (1993) ont étudié des chiens de traîneau adultes lors d'une course : la « Yukon Quest International Sled-Dog Race » de 1991. Dix huit chiens ont été prélevés pendant une période de repos de 36 heures à Dawson (mi-course). Ces mêmes chiens ainsi que 9 autres chiens ont (de nouveau) été prélevés à Eagle (à 160 miles de Dawson). Les moyennes des créatininémies étaient similaires avec 0.63 ± 0.03 mg/dL à Dawson et 0.63 ± 0.02 mg/dL à Eagle.

ROVIRA et coll. (2007) ont étudié des chiens participant à une compétition d'agility. La compétition consistait en deux courses de 180 et 200 m comportant 20 obstacles chacune, sans repos entre les deux. Les prélèvements ont été réalisés juste après la fin de l'épreuve puis 5, 15 et 30 minutes après. Aucune modification significative de la concentration plasmatique en créatinine n'a été observée.

II – 2) – Utilisation de la clairance de la créatinine dans la détermination du débit de filtration glomérulaire

II – 2 – 1) – Caractéristique d'un marqueur du débit de filtration glomérulaire

D'après Howard SMITH (SCHUSTER et SELDING, 1992), une substance est un marqueur du DFG si elle répond aux critères suivants :

- Elle doit être complètement filtrée par le glomérule.
- Elle ne doit pas être liée aux protéines plasmatiques.
- Elle ne doit être ni synthétisée, ni détruite et ni réabsorbée ou sécrétée par les tubules rénaux.
- Elle doit être physiologiquement inerte et non toxique.
- Sa clairance doit rester inchangée quelque soit la dose de marqueur administrée.

II – 2 – 2) - Le débit de filtration glomérulaire : définition et méthode de calcul

II – 2 – 2 – 1) – Définition

Le DFG représente le volume de plasma filtré par les reins par unité de temps.

La clairance (Cl) rénale d'une substance est le volume de plasma totalement épuré de cette substance par la filtration glomérulaire et par unité de temps. Elle est exprimée en mL/min ou en mL/min/kg.

La clairance plasmatique d'une substance est la quantité de substance éliminée par unité de temps divisée par la concentration plasmatique de cette substance.

II – 2 – 2 – 2) – Méthode de calcul

La clairance urinaire

Pour une substance X :

$$Cl_{\text{totale}} = Cl_{\text{rénale}} + Cl_{\text{extrarénale}}$$

Or si X est totalement éliminé par le rein alors la clairance extrarénale est nulle, d'où :

$$Cl_{\text{totale}} = Cl_{\text{rénale}}$$

Trois mécanisme interviennent dans la formation d'urine : la filtration par le glomérule, la sécrétion et la réabsorption par les tubules rénaux. Ainsi :

$$Cl_{\text{rénale}} = Cl_{\text{filtration}} + Cl_{\text{sécrétion}} - Cl_{\text{réabsorption}}$$

Or le marqueur idéal n'est ni sécrété, ni réabsorbé donc :

$$Cl_{\text{rénale}} = Cl_{\text{filtration}}$$

Par définition, la clairance de filtration dépend de la vitesse de filtration et de la concentration de X (C). Or la vitesse de filtration dépend du DFG et de la concentration libre de la substance (Cu). D'où :

$$Cl_{\text{filtration}} = \text{DFG} \times C_u / C \quad \text{avec } C_u / C = F_u, \text{ la fraction libre de X}$$

$$Cl_{\text{filtration}} = \text{DFG} \times F_u$$

Or le marqueur idéal ne se fixe pas aux protéines plasmatiques donc $F_u = 1$, d'où :

$$Cl_{\text{rénale}} = Cl_{\text{filtration}} = \text{DFG}$$

La quantité filtrée par le glomérule est égale à la quantité éliminée dans l'urine, donc :

$$Cl_{\text{filtration}} \times C_{\text{plasmatique}} = V \times C_{\text{urinaire}}$$

Avec $C_{\text{plasmatique}}$ la concentration plasmatique, C_{urinaire} la concentration urinaire et V le volume d'urine émise sur l'intervalle de temps.

Or $Cl_{\text{filtration}} = \text{DFG}$ donc :

$$\text{DFG} = V \times C_{\text{urinaire}} / C_{\text{plasmatique}}$$

Le DFG peut ainsi être calculé à l'aide de la mesure de la clairance urinaire de la créatinine endogène ou exogène. Cette méthode nécessite de connaître exactement le volume d'urine émis ce qui implique des collections urinaires fréquentes et fastidieuses.

La clairance plasmatique

La clairance plasmatique d'une substance est mesurée à partir de la cinétique plasmatique de la substance, c'est-à-dire l'évolution de la concentration plasmatique de la substance au cours du temps. Le test de clairance plasmatique permet donc de s'affranchir des collections urinaires nécessaires pour le calcul de la clairance urinaire et est donc plus adapté à une utilisation en pratique vétérinaire.

La clairance plasmatique est égale à la quantité de marqueur éliminée par unité de temps (dx/dt) divisé par la concentration plasmatique de la créatinine ($C_{\text{plasmatique}}$).

Soit :

$$Cl_{\text{plasmatique}} = (dx/dt) / C_{\text{plasmatique}}$$

$$dx = Cl_{\text{plasmatique}} \times C_{\text{plasmatique}} \times dt$$

L'intégration de cette équation entre 0 et l'infini donne l'équation suivante :

$$\int_0^{\infty} dx = Cl_{\text{plasmatique}} \times \int_0^{\infty} C_{\text{plasmatique}} \times dt$$

Avec $\int_0^{\infty} dx$ la quantité de créatinine éliminée à l'infini c'est-à-dire la dose de créatinine exogène injectée et $\int_0^{\infty} Cl_{\text{plasmatique}} \times dt$, l'intégrale de la concentration plasmatique de la créatinine en fonction du temps correspondant à l'aire sous la courbe (AUC) calculée entre le temps 0 et l'infini.

Ainsi l'équation suivante est obtenue :

$$Cl_{\text{plasmatique}} = \text{Dose} / \text{AUC}$$

Avec $Cl_{\text{plasmatique}}$: la clairance rénale

Dose : la dose exacte de la substance administrée

AUC : l'aire sous la courbe des concentration plasmatiques en fonction du temps

Lorsque la substance injectée répond à tous les critères de SMITH alors la clairance plasmatique est égale à la clairance rénale et donc au DFG, d'où :

$\text{DFG} = \text{Dose} / \text{AUC}$

L'évaluation du DFG peut donc être réalisée par la mesure de la clairance plasmatique de la créatinine exogène. En effet, en connaissant la dose de créatinine injectée et en mesurant les

différentes concentrations plasmatique de la créatinine au cours du temps, la clairance plasmatique de la créatinine exogène peut être déterminée.

L'AUC peut être déterminée par deux approches : compartimentale ou non compartimentale. L'approche non compartimentale ayant été utilisée dans notre étude, seule cette méthode est décrite ci-après.

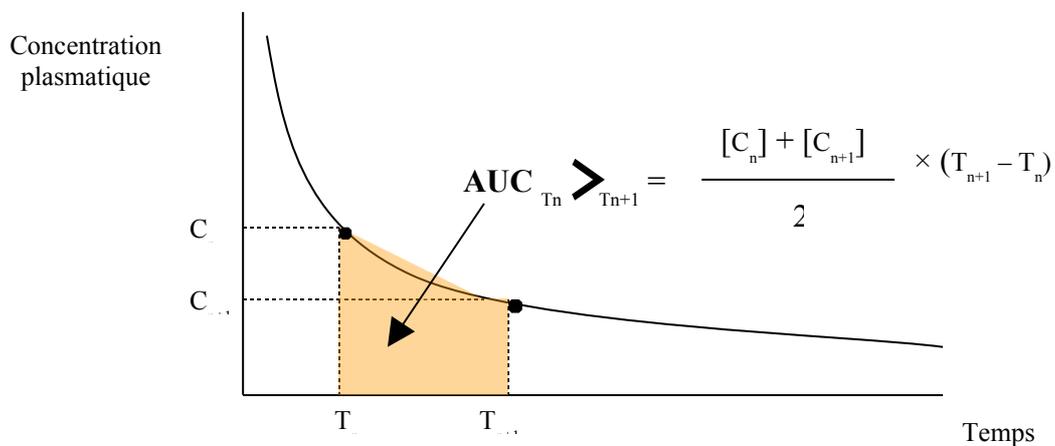


Figure 6 : Cinétique d'un marqueur de la fonction rénale et calcul de l'aire sous la courbe.

Le calcul de l'AUC repose sur la méthode des trapèzes. Chaque trapèze est défini par deux points successifs de la courbe :

$$\text{Aire}_{\text{trapèze}} = \frac{[C_n] + [C_{n+1}]}{2} \times (T_{n+1} - T_n)$$

avec C_n , la concentration au temps T_n et C_{n+1} , la concentration au temps T_{n+1} .

L'AUC est calculée en additionnant l'aire de chaque trapèze.

$$\text{Aire}_{\text{totale}} = \sum_{i=1}^n \text{Aire}_{\text{trapèze } i}$$

Enfin pour obtenir l'aire totale, la courbe doit être extrapolée à l'infini.

Une extrapolation linéaire est réalisée à partir des derniers points de la courbe grâce au logiciel WinNonLin (version 4.0.1, Scientific Consulting Inc., Apex, NC). La partie extrapolée ne doit pas excéder 20% de l'AUC totale.

L'AUC entre le dernier temps observé et l'infini est déterminé par :

$$AUC_{T_{last} \rightarrow \infty} = \frac{C_{last}}{\lambda_2}$$

avec C_{last} , la concentration au temps T_{last} , et λ_2 , la pente d'élimination de la créatinine.

II – 2 – 3) – Détermination du débit de filtration glomérulaire par le test de clairance plasmatique de la créatinine exogène.

II – 2 – 3 – 1) – Principe du test (Figure 7)

Une prise de sang est réalisée à T_0 , c'est-à-dire juste avant l'administration de créatinine, sur chaque animal afin de déterminer la valeur de la créatininémie basale.

Ensuite un bolus intraveineux d'une solution de créatinine à 80 mg/mL est administrée puis des prélèvements sanguins sont réalisés à des temps précis afin de doser la créatinine plasmatique (cf partie expérimentale, I -2). La dose nominale de créatinine est de 40 mg/kg. Chaque patient est pesé le jour du test afin de connaître précisément la quantité de créatinine injectée.

Le profil des concentrations plasmatiques de créatinine en fonction du temps est tracé. La décroissance de la concentration plasmatique de créatinine est exponentielle. La créatininémie observée est égale à la concentration plasmatique de créatinine exogène plus la créatininémie basale. La concentration plasmatique de créatinine exogène est donc obtenue par soustraction de la valeur basale de la créatininémie à la valeur observée après l'administration. La clairance plasmatique est alors calculée à partir des équations précédentes (cf II - 2 – 2 - 2).

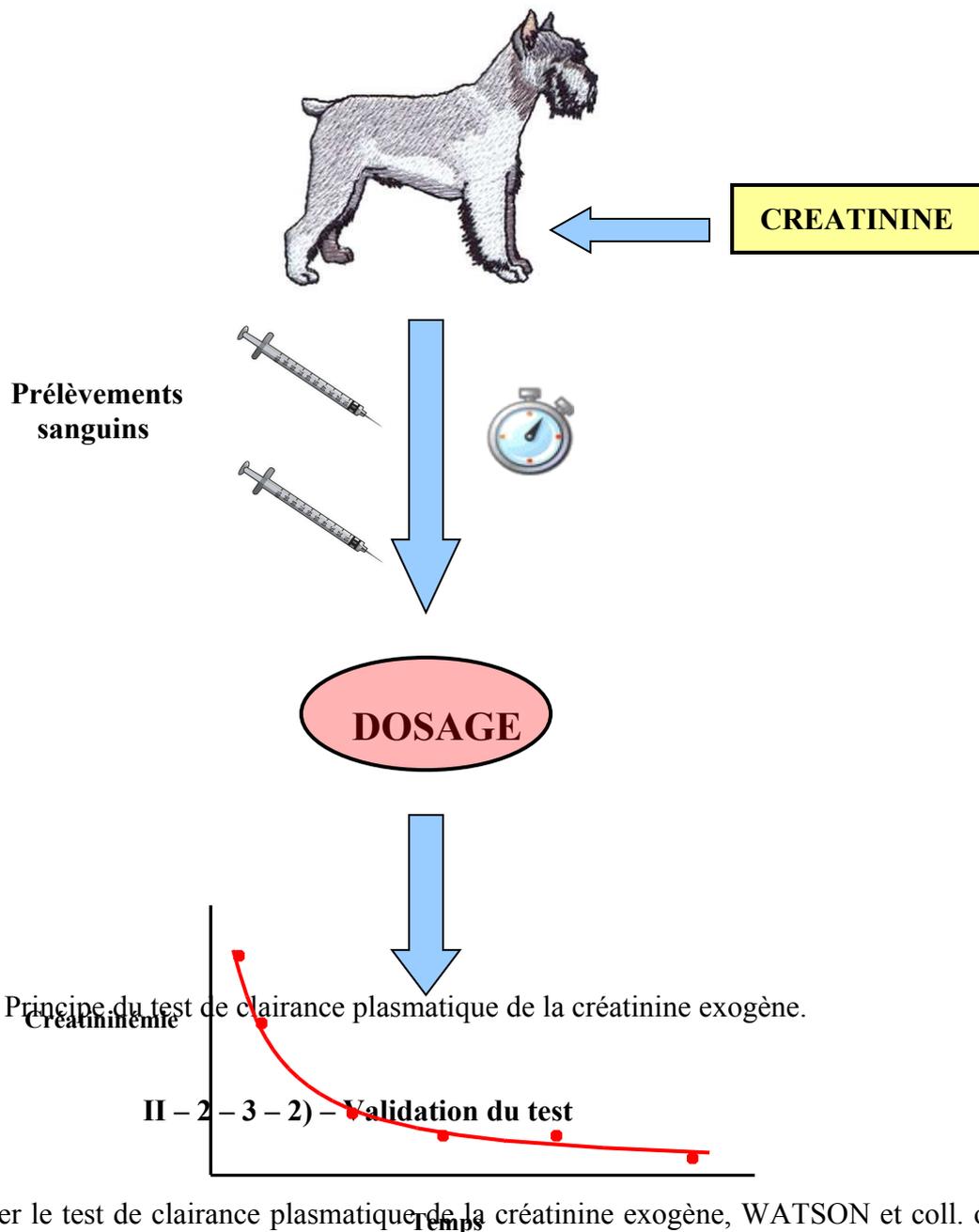


Figure 7 : Principe du test de clairance plasmatique de la créatinine exogène.

Pour valider le test de clairance plasmatique de la créatinine exogène, WATSON et coll. ont comparé cette méthode avec la clairance urinaire de la créatinine exogène et avec la méthode de référence : la clairance urinaire de l'inuline

Dans un premier temps, une solution de créatinine à différentes doses (40, 80 et 160 mg/kg) a été administrée à 6 chiens. Des prélèvements sanguins ont été fait à T0 puis à 2, 5, 10 et 20 minutes puis à 1, 1.5, 2, 3.5, 6, 10 et 24 heures après l'injection.

Une semaine après, la clairance urinaire de l'inuline a été déterminée. La clairance plasmatique de la créatinine a donné des résultats similaires à ceux obtenus par la clairance urinaire de l'inuline. La concentration plasmatique moyenne de la créatinine était de $0.9 \pm$

0.14 mg/dL et le DFG calculé était en moyenne de 3.0 mL/min/kg quelque soit la dose de créatinine utilisée.

Dans un deuxième temps la clairance plasmatique de la créatinine exogène a été calculée chez 6 chiens présentant une fonction rénale diminuée de 60% selon le même protocole que l'expérience précédente. La concentration de créatinine basale était de 2.2 ± 0.77 mg/dL et le DFG était de 1mL/min/kg quelque soit la dose de créatinine utilisée.

Enfin la clairance plasmatique de la créatinine exogène a été utilisée dans le suivi d'une insuffisance rénale avant et après réduction de la masse fonctionnelle rénale chez 6 chiens. La créatininémie est passée de 0.8 ± 0.10 à 1.6 ± 0.49 mg/dL avant et après réduction. Le DFG est quant à lui passé de 3.4 ± 0.51 à 1.5 ± 0.51 mL/min/kg. La diminution du DFG observée en utilisant la clairance plasmatique de la créatinine exogène a été similaire à celle observée avec l'iothalamate, un marqueur validé de DFG chez le chien.

A la suite de cette étude, LEFEBVRE et coll. (2004) ont documenté le DFG chez 113 chiens sains de races différentes afin d'établir un intervalle de référence dans l'espèce canine. Les valeurs de DFG obtenus par la méthode de la clairance plasmatique de la créatinine exogène variaient en fonction de la race alors que la variabilité intraraciale était limitée.

III) - INFLUENCE DU FORMAT SUR LA FONCTION RENALE

III – 1) – Allométrie : définition

GOULD (1966) définit l'allométrie comme « la discipline qui s'intéresse à l'influence de la taille (c'est-à-dire du format) sur les paramètres biologiques, et à ses conséquences »

Le modèle le plus couramment utilisé pour décrire les variations interspécifiques d'un paramètre biologique Y en fonction du poids P est le suivant :

$$Y = a \times P^b$$

Avec a et b des constantes appelées respectivement coefficient et exposant allométriques.

La linéarisation de cette équation conduit à :

$$\log Y = \log a + (b \times \log P)$$

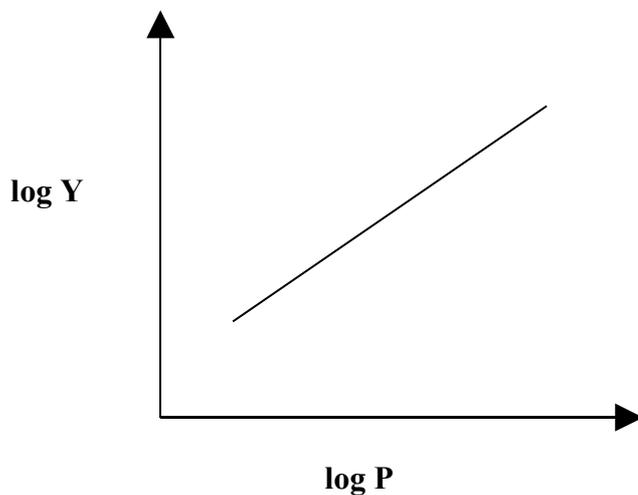


Figure 8 : Linéarisation de l'équation allométrique par transformation logarithmique

L'exposant allométrique b est donné par la pente de la droite de régression et le coefficient a correspond à l'anti-log de l'ordonnée à l'origine de cette même droite ($a = 10^{\log a}$)

III – 2) – L'approche allométrique de la fonction rénale

III – 2 – 1) – Relations allométriques

La référence principale de cette partie est celle de BOUSQUET-MELOU (1995).

BRODY publia en 1945 les relations allométriques concernant le poids des organes et secondairement la plupart des paramètres biologiques en relation avec les grandes fonctions d'un organisme : système nerveux, système cardio-circulatoire, système respiratoire...

Les résultats des études de BRODY (1945), d'ADOLPH (1949), d'EDWARDS (1975) et d'HOLT et RHODE (1976) sur la fonction rénale sont résumés dans le tableau 4.

Pour chaque paramètre physiologique, les estimations des coefficients et exposants allométriques sont relativement homogènes entre les différentes études.

Les paramètres relatifs à la fonction rénale présentent des exposants compris entre 0.68 et 0.85 (moyenne : 0.76). Ces résultats contredisent une idée générale, issue des travaux de PINKEL (1958), selon laquelle les paramètres relatifs à la fonction rénale sont proportionnels à la surface corporelle ($P^{0.66}$). Il semblerait que ces paramètres présentent une meilleure relation avec le poids métabolique ($P^{0.75}$).

D'ailleurs HALLYNCK et coll. (1981) et TURNER & REILLY (1995) ont préconisé l'abandon de la surface corporelle comme système d'indexation pour les paramètres physiologiques suivants : débit sanguin rénal, débit de filtration glomérulaire, clairance de l'urée et de la créatinine et débit cardiaque.

Tableau 4 : Relations allométriques relatives à quelques paramètres de la fonction rénale.

PARAMETRES
(unités)COEFFICIENT

Poids des reins	
(kg)	0.00730.85 ± 0.0112 ¹ Débit sanguin rénal
(ml/min)	43.060.77 ± 0.087 ³ Clairance de l'inuline
	(ml/min)5.92
	5.36
	3.900.77
	0.72 ± 0.04
	0.79 ± 0.054 ²
	26 ³
10 ⁴ Clairance de l'inuline	
(ml/min)	8.22
	7.320.69
	0.68 ± 0.094 ²
14 ³ Clairance de la PAH	

a et b sont les paramètres de l'équation $Y = a \times P^b$, avec P en kg

S^b : écart-type de b

PAH : Acide Para-amino Hippurique

¹: BRODY, 1945; ²: ADOLPH, 1949; ³: EDWARDS, 1975; ⁴: HOLT et RHODE, 1976.

Les performances de l'approche allométrique dans le cadre des modèles physiologiques sont conditionnées par la nature des processus d'élimination des substances. Lorsque ces processus sont débit-dépendants, leurs variations interspécifiques sont plus facilement appréhendées par l'approche allométrique. Ainsi, la clairance totale d'une substance excrétée principalement par le rein par filtration glomérulaire est fonction du débit sanguin rénal.

D'autres paramètres présentent des variations interspécifiques qui ne peuvent pas être pris en compte par l'approche allométrique. Le taux de fixation aux protéines plasmatiques et tissulaires, qui influence la distribution des substances, en est un exemple.

III – 2 – 2) – Effet du format sur la créatininémie et le DFG dans l'espèce canine

Plusieurs études ont montré l'existence d'une influence du format (et donc du poids) sur la concentration plasmatique de la créatinine et sur le DFG.

Ainsi, VAN DEN BROM et BIEWENGA ont montré chez 34 chiens pesant de 8 à 57 kg, que la concentration plasmatique de la créatinine ($\mu\text{mol/L}$) augmentait proportionnellement au poids (kg) des animaux selon l'équation suivante :

$$\text{Créatininémie} = \text{Poids} + 40.0 \quad \text{avec } r = 0.46$$

Cette relation est représentée par la figure 9.

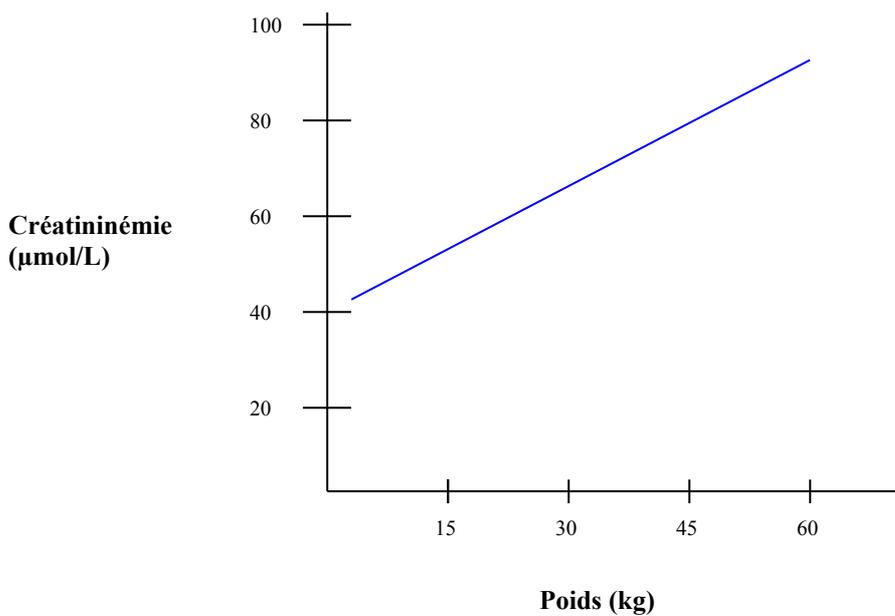


Figure 9 : Relation entre la créatininémie et le poids corporel sur 34 chiens pesant de 8 à 57 kg. D'après VAN DEN BROM et BIEWENGA, 1981

Des données récentes (LEFEBVRE et coll., 2006) indiquent que le DFG chez le chien dépend du format de l'animal.

La clairance de la créatinine exogène (cf II – 2 - 3) a été mesurée chez 386 chiens sains de races (et donc de tailles) différentes. La valeur moyenne du DFG était de 3 ± 0.7 mL/kg/min. Un effet significatif de la taille de l'animal a été observé sur la valeur du DFG. En effet, plus la taille est élevée et plus le DFG est bas (Figure 10). Ainsi, le seuil de valeur du DFG de 1.8 à 2 mL/min/kg, en dessous duquel le DFG est considéré comme anormalement bas, devrait être diminué pour les chiens de races géantes (>45 kg) et augmenté pour les chiens de petites races (< 10 kg).

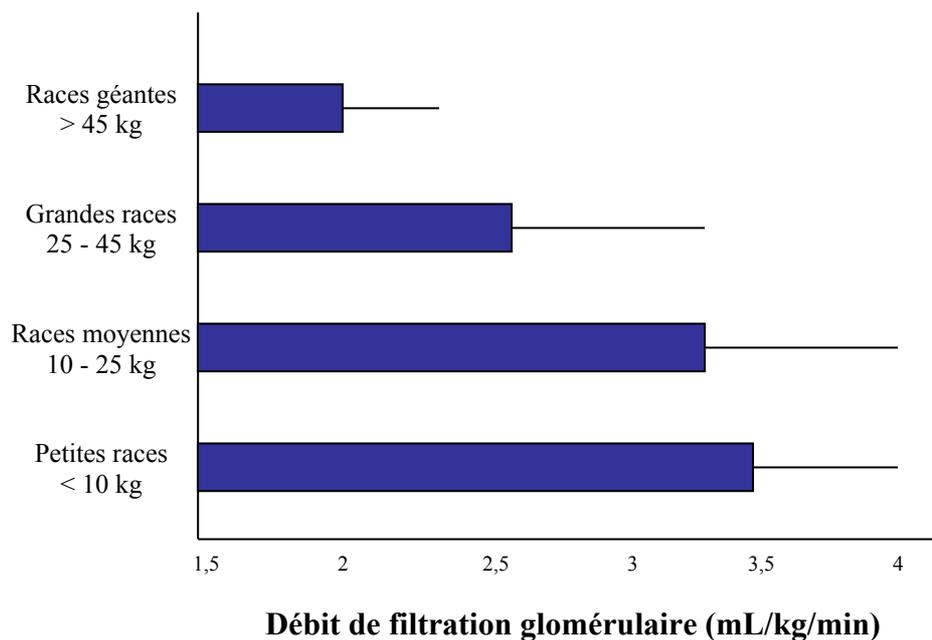
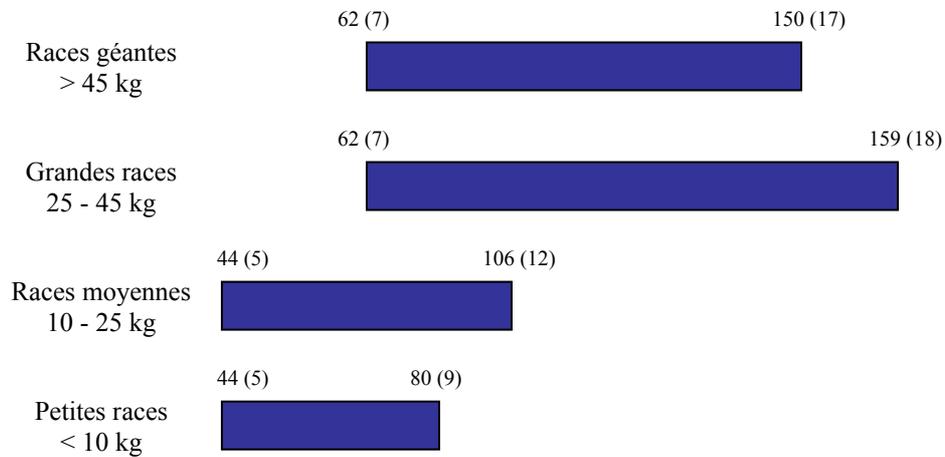


Figure 10 : Effet de la taille sur le débit de filtration glomérulaire chez le chien adulte
D'après LEFEBVRE et coll., 2006

La créatinine est essentiellement éliminée par filtration glomérulaire chez le chien. Sa concentration basale plasmatique varie donc, de la même façon que le DFG, en fonction du format. Les valeurs de créatinine plasmatique sont ainsi plus faibles chez les petites races que celles de grand format ou géantes. Les intervalles de références ne sont donc pas les mêmes (Figure 11).

Par exemple, une valeur de 100 $\mu\text{mol/L}$ chez un petit chien est anormalement élevée et une valeur de 140 $\mu\text{mol/L}$ chez un chien de race géante peut être normale.



Concentration de créatinine plasmatique en $\mu\text{mol/L}$ (en mg/L)

Figure 11 : Effet de la taille sur l'intervalle de référence de la créatinine plasmatique chez le chien adulte. D'après CRAIG et coll., 2006

D'autres études ont montré que certaines races comme les Greyhounds ont des valeurs de créatininémie supérieures aux valeurs de référence.

FEEMAN et coll. (2003) ont comparé la créatininémie de 30 Greyhounds à 30 chiens de races différentes ayant le même âge et le même sexe que les Greyhounds. La moyenne de la concentration plasmatique de la créatinine chez les 30 Greyhounds était de 1.6 mg/dL (Valeurs de références : 0.6-1.6 mg/dL) dont 14 chiens avec une créatininémie supérieure à 1.6 mg/dL. La moyenne chez l'autre groupe de chiens était de 1.03 mg/dL avec uniquement un chien ayant une créatininémie supérieure à l'intervalle de référence.

Les Greyhounds ne faisant plus de courses, ils ne recevaient plus d'alimentation hyperprotéinée qui aurait pu expliquer des valeurs si hautes de créatininémie.

Ces valeurs semblent donc être directement corrélées avec la masse musculaire qui est plus importante dans cette race que dans le groupe témoin. En effet la phosphocréatine (précurseur de la créatinine) s'accumule dans les muscles et une importante masse musculaire correspond donc à une forte concentration en phosphocréatine et donc en créatinine.

Pour confirmer cette hypothèse, DROST et coll. (2006) ont comparé 10 Greyhounds adultes avec 10 chiens adultes de même poids. Tous ces chiens ont reçus la même alimentation pendant 6 semaines puis ont été mis à jeun la veille du test. La créatininémie ainsi que le calcul du DFG ont été réalisés. Les Greyhounds avaient une créatininémie supérieure aux autres chiens (1.8 ± 0.1 vs 1.5 ± 0.1 mg/kg) ce qui confirme les résultats de l'expérience précédente. Or le DFG des Greyhounds était aussi, paradoxalement, supérieur à celui du groupe témoin (3.0 ± 0.1 vs 2.5 ± 0.2 mL/min/kg).

La concentration plasmatique en créatinine élevée s'expliquerait donc par une masse musculaire plus importante chez les Greyhounds par rapport aux autres races du même poids.

Notre étude a eu pour objectif de déterminer le DFG, par le calcul de la clairance plasmatique de la créatinine exogène, chez des chiens sains adultes de race Schnauzer et de répondre à la question suivante : la taille a-t-elle une influence sur le DFG au sein d'une même race ?

La race Schnauzer a ainsi été choisie car elle comporte trois formats différents (nain, moyen et géant) avec des variations importantes de poids entre chaque format.

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE
EXPERIMENTALE

L'objectif de cette étude a été :

- d'estimer le DFG par la clairance plasmatique de la créatinine exogène chez le chien de race Schnauzer.
- d'évaluer l'effet de la taille sur le DFG au sein de la race Schnauzer.

I) – MATERIELS ET METHODES

I – 1) – Choix des animaux : critères d'inclusion, de non inclusion et d'exclusion

CRITERES D'INCLUSION :

Les chiens choisis devaient être :

- de race Schnauzer et inscrit au LOF
- âgés au minimum d' 1 an
- en bonne santé
- à jeun
- au repos
- et ne pas avoir reçu de traitement dans les jours précédant le test.

CRITERES DE NON INCLUSION :

Les animaux malades, impubères, trop âgés (ayant plus de 11 ans) et les femelles gestantes ou allaitantes n'ont pas été retenus pour cette étude.

CRITERES D'EXCLUSION :

Tout animal présentant des difficultés comportementales au cours du test aurait été exclu ; néanmoins, le test a été parfaitement bien supporté par l'ensemble des chiens.

Tous les chiens appartenait au même propriétaire (mais provenaient d'élevages différents) et évoluaient donc dans le même environnement. Les animaux recevaient la même alimentation (croquettes Royal Canin Maxi Adulte) et étaient correctement vaccinés et vermifugés.

I – 2) - Réalisation du test

I – 2 – 1) – Examen clinique et bilan plasmatique

Un examen clinique a été effectué pour tous les chiens pour vérifier leur bon état de santé:

- Etat général, comportement
- Etat d'hydratation
- Couleur des muqueuses, temps de remplissage capillaire
- Inspection des yeux, des oreilles et de la peau (dépilations, érythèmes, prurit, masses,...)
- Palpation des nœuds lymphatiques, de l'abdomen et des mamelles
- Examen de l'appareil locomoteur, de l'appareil cardiaque (fréquence cardiaque, auscultation), de l'appareil respiratoire (fréquence respiratoire, auscultation)
- Prise de température.

Tous les animaux ont été pesés par le propriétaire 15 jours avant le test afin de déterminer la dose de créatinine à injecter, puis un contrôle du poids a été refait le jour même du test afin de calculer la dose de créatinine réellement administrée.

De plus, un bilan plasmatique a été réalisé avec les variables suivantes :

- | | | |
|--------------|---------------|-------------------------------------|
| - sodium | - protéines | - triglycérides |
| - potassium | - urée | - Phosphatases alcalines (PAL) |
| - chlorures | - créatinine | - Aspartate aminotransférase (ASAT) |
| - calcium | - glucose | - Alanine aminotransférase (ALAT) |
| - phosphates | - cholestérol | - Créatine kinase (CK) totale |

L'hématocrite a également été déterminé le jour du test.

I – 2 - 2) – Préparation de la solution de créatinine

La dose de créatinine utilisée était de 40 mg/kg.

La créatinine (Créatinine anhydre, Sigma Chemical Co St Louis, MO) a été mise en solution dans de l'eau pour préparation injectable à une concentration de 80 mg/mL, à température ambiante et juste avant l'administration.

Le poids de l'animal ayant été transmis avant le jour du test par le propriétaire, la dose exacte de créatinine exogène nécessaire avait été calculée pour chaque chien. La dose exacte injectée a été corrigée par le poids de l'animal déterminé le jour du test.

I – 2 - 3) – Administration de la créatinine et prélèvements sanguins

L'animal a été testé sur une journée et était à jeun depuis la veille; aucun aliment n'a été donné durant le test, mais de l'eau était disponible à volonté.

La solution de créatinine a été injectée par voie intraveineuse via un cathéter inséré à la veine céphalique. L'espace mort du cathéter a été rincé avec du chlorure de sodium à 0.9%. Après le rinçage, le chronomètre a été déclenché, puis le cathéter a été retiré.

Le sang était placé immédiatement dans des tubes héparinés.

Avant l'administration, une première prise de sang de 5 mL a été réalisée pour mesurer la valeur basale de la créatininémie et effectuer le bilan biochimique du chien.

Sept prises de sang (environ 1 à 2 mL) ont été effectuées après l'injection, à des intervalles de temps de 5, 10 minutes, 1, 2, 4, 6 et 8 heures.

Les prises de sang ont été réalisées à la veine céphalique sauf en cas de difficulté où le prélèvement était réalisé à la veine jugulaire.

L'heure exacte des prélèvements a été notée.

Après chaque prélèvement, les tubes ont été conservés au frais à + 4°C, puis ils ont été centrifugés (3000g pendant 10 minutes). Ensuite, le plasma a été réparti en deux fractions de 0.2 mL dans deux Eppendorfs et stocké à – 20°C jusqu’au dosage.

I – 3) – Dosage et analyses

I - 3 - 1) – Dosage

Les variables plasmatiques ont été dosées à l’aide d’un analyseur (Vitros 250, Ortho-Clinical Diagnostics, Inc. USA), dans le laboratoire de biologie médicale de l’ENVT.

La méthode de dosage de la créatinine plasmatique par la méthode enzymatique a été choisie dans cette étude.

Tous les échantillons d’un même chien ont été dosés en une seule fois et dans la même série.

I – 3 – 2) – Analyses pharmacocinétiques

L’analyse pharmacocinétique a été réalisée avec le logiciel WinNonLin (version 4.0.1, Scientific Consulting Inc., Apex, NC, USA) afin de déterminer la clairance de la créatinine.

Les données ont été traitées par une approche non compartimentale avec extrapolation à l’infini (WATSON et coll., 2002). L’AUC a été déterminée par la règle des trapèzes.

La clairance plasmatique de la créatinine a été calculée en divisant la dose réellement administrée par l’aire sous la courbe extrapolée à l’infini.

Le volume de distribution à l’équilibre (Vss) et le temps moyen de résidence (MRT) ont également été calculés, comme décrit dans l’étude de WATSON et coll. (2002).

I – 3 - 3) – Analyses statistiques

A l'aide du logiciel SYSTAT® (Version 8.0, SPSS Inc, Chicago, IL), plusieurs paramètres statistiques ont été calculés pour tous les paramètres biologiques et pharmacocinétiques : le minimum, le maximum, la médiane, la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation.

Pour chaque paramètre, les valeurs obtenues chez les Schnauzers nains, moyens et géants ont été comparées par un test de Student.

Pour effectuer des corrélations entre les différents paramètres, le test de Durbin-Watson a été utilisé.

Un modèle général linéaire a été utilisé pour déterminer l'existence d'une éventuelle influence du poids sur les différentes variables plasmatiques. Pour chaque régression le logiciel SYSTAT® a donné une valeur de P et une valeur R². Le coefficient de détermination R² mesure la qualité de l'ajustement des estimations de l'équation de régression. Il s'interprète comme la part de la variance de la variable Y expliquée par la régression. Plus le R² est proche de 1 et plus l'ajustement est précis.

La différence a été considérée comme significative lorsque la valeur de P était inférieure à 0.05.

II – RESULTATS

II – 1) – Population testée

Les seize chiens testés étaient des femelles et comprenaient 5 Schnauzers géants, 6 Schnauzers moyens et 5 Schnauzers nains.

Les chiens étaient âgés en moyenne de 6.6 ± 1.8 ans, les différences d'âge observées n'étant pas statistiquement significatives entre les trois groupes.

Les poids moyens des Schnauzers géants, moyens et nains étaient respectivement de 27.5 ± 1.9 kg, 14.5 ± 0.8 kg et 6.8 ± 1.0 kg. Les différences observées sont statistiquement significatives.

Les valeurs obtenues lors de notre étude sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Age et poids en fonction du format des chiens adultes et sains de race Schnauzer (nain, moyen ou géant).

Variables	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	C.V.
AGE	Schnauzer nain	2.2	7.9	5.5	2.8	51%
	Schnauzer moyen	6.3	9.5	7.1	1.2	17%
	Schnauzer géant	6.9	6.9	6.9	0.0	0%
POIDS	Schnauzer nain	5.6	8.3	6.8^a	1.0	15%
	Schnauzer moyen	13.7	15.4	14.5^b	0.8	5%
	Schnauzer géant	25.3	30.0	27.5^c	1.9	7%

Les lettres **a**, **b** et **c** indiquent une différence significative entre les groupes avec une valeur de $P < 0.001$.

CV : Coefficient de variation.

II – 2) – Bilan biochimique

Les résultats des bilans plasmatiques chez les 16 chiens sont présentés dans le Tableau 6.

Pour chaque paramètre, les valeurs obtenues ont été comparées entre les différentes tailles.

Aucune influence de la taille n'a été détectée pour les variables plasmatiques suivantes : le sodium, les chlorures, le calcium, les protéines totales, les ASAT, les ALAT, les CK, les PAL et les triglycérides.

De même, l'hématocrite n'était pas différent en fonction de la taille.

Les variables plasmatiques pour lesquelles une différence entre les trois groupes a été observée étaient le glucose, l'urée, la créatinine (Figure 12), le potassium, le phosphate et le cholestérol (Tableau 7).

Tableau 6 : Variables plasmatiques et hématokrite chez les 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer.

Variables	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	C.V.
Glucose	mmol/L	2.9	5.6	4.7	0.7	15%
Urée	mmol/L	3.0	7.3	4.7	1.2	26%
Créatinine	µmol/L	50.3	106.4	77.8	17.6	23 %
Sodium	mmol/L	151	170	157	4.1	3 %
Potassium	mmol/L	3.8	5.0	4.4	0.4	8 %
Chlorures	mmol/L	119	133	122	3.3	3 %
Calcium	mmol/L	2.6	3.0	2.8	0.1	4 %
Phosphate	mmol/L	0.8	1.7	1.3	0.2	17 %
Protéines	g/L	55.5	72.6	63.1	4.2	7 %
ASAT	U/L	26	115	40.4	25.2	62 %
ALAT	U/L	22	68	37	13.9	37 %
CK	U/L	55	3023	310.3	747	241 %
PAL	U/L	31	202	92.2	51.3	56 %
Cholestérol	mmol/L	3.7	8.5	5.9	1.3	23 %
Triglycéride	mmol/L	0.4	0.8	0.6	0.1	24 %
Hématocrite	%	39.4	53.2	47.6	4.1	9 %

C.V. : Coefficient de variation

Tableau 7 : Moyennes et écart-types des variables biochimiques mesurées chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer en fonction de leur format : nain, moyen ou géant.

VARIABLES	UNITE	FORMAT			
		Nain	Moyen	Géant	P
Glucose	mmol/L	4.5 ± 0.4	5.2 ± 0.3 ^a	4.1 ± 0.7 ^b	<0.01
Urée	mmol/L	4.0 ± 1.2 ^a	4.2 ± 0.4	5.8 ± 1.2 ^b	<0.05
Créatinine	µmol/L	58.4 ± 6.7 ^a	75.8 ± 2.6 ^b	99.5 ± 6.0 ^c	<0.001
Sodium	mmol/L	158.4 ± 1.3	158 ± 6.6	156 ± 1.2	
Potassium	mmol/L	4.5 ± 0.3 ^a	4.0 ± 0.2 ^b	4.6 ± 0.1 ^a	<0.001
Chlorures	mmol/L	120.6 ± 0.5	123.7 ± 4.7	121.2 ± 2.2	
Calcium	mmol/L	2.8 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.8 ± 0.1	
Phosphate	mmol/L	1.5 ± 0.2 ^a	1.3 ± 0.1 ^a	1.0 ± 0.1 ^b	P<0.01 entre SN et SG
Protéines	g/L	64 ± 5.1	61.8 ± 4.7	63.5 ± 3.1	P<0.001 entre SM et SG
ASAT	U/L	61.4 ± 39.2	30 ± 2	31.8 ± 5.2	
ALAT	U/L	46.2 ± 17.3	32.5 ± 12.5	33.6 ± 8.7	
CK	U/L	834.8 ±	72 ± 12.7	71.8 ± 13.8	
PAL	U/L	1261.8 82.2 ± 33.1	118.5 ±	70.6 ± 43.7	
Cholestérol	mmol/L	5.9 ± 0.9	64.1 4.9 ± 1.1 ^a	7.1 ± 1.1 ^b	<0.01
Triglycéride	mmol/L	0.6 ± 0.2	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.1	
Hématocrite	%	47 ± 4.6	45.9 ± 4.3	50.2 ± 2.3	

Les lettres **a**, **b** et **c** indiquent une différence significative entre deux groupes

SN : Schnauzer nain ; SM : Schnauzer moyen et SG : Schnauzer géant.

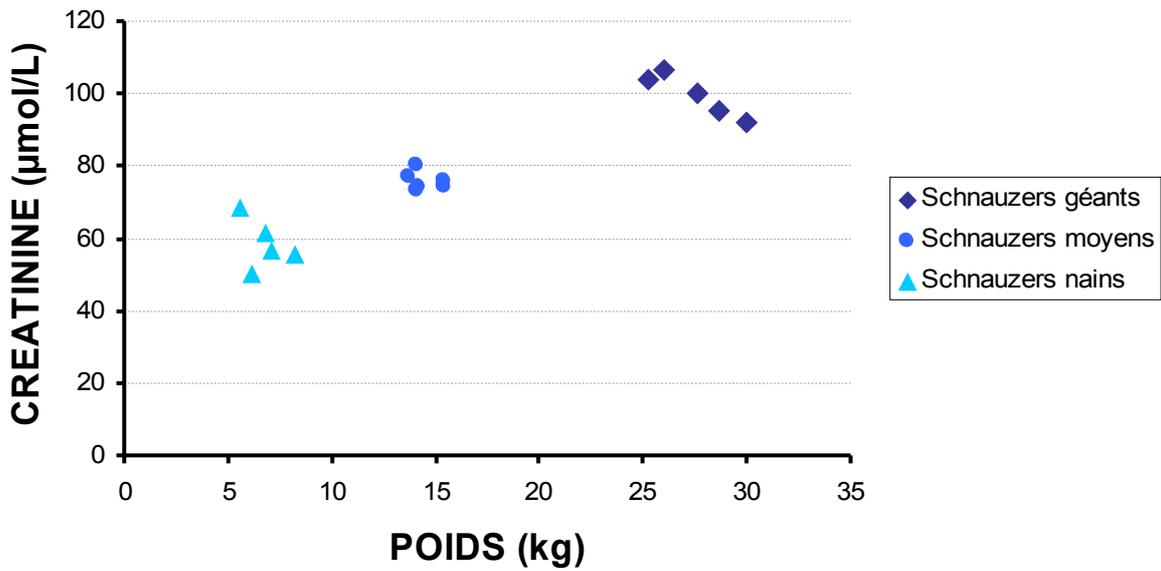
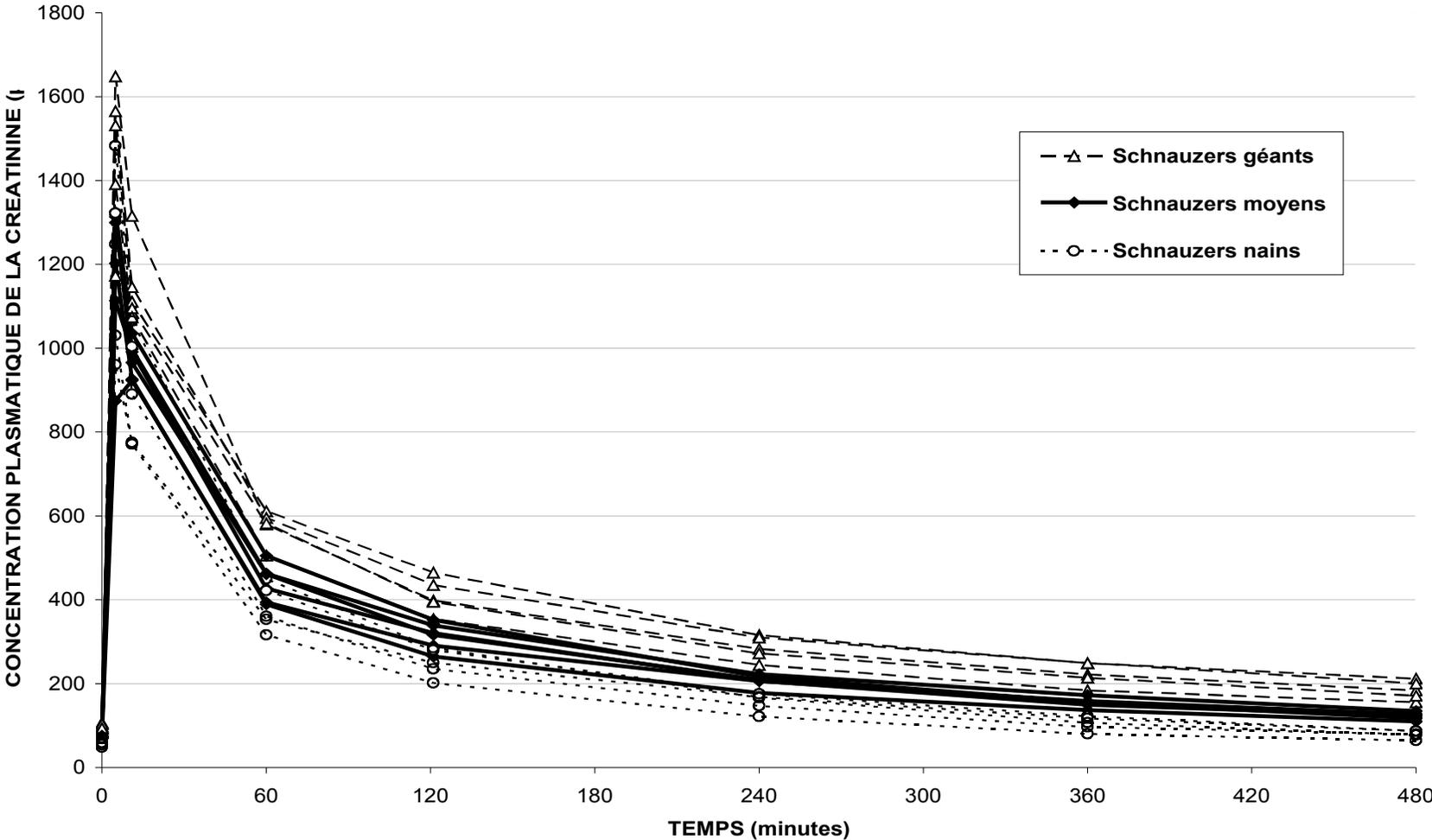


Figure 12 : Valeurs individuelles de la concentration plasmatique de créatinine chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer répartis en trois groupe selon leurs poids : nain, moyen et géant.

II – 3) – Paramètres pharmacocinétiques

La cinétique de l'élimination plasmatique de la créatinine chez les 16 Schnauzers est présentée par la Figure 13.

Figure 13 : Cinétique plasmatique individuelle de la créatinine en fonction du temps après administration d'un bolus intraveineux de créatinine exogène chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer adultes en bonne santé.



Deux paramètres pharmacocinétiques, la clairance et le temps moyen de résidence, ont été influencés par la taille du chien (Tableaux 8 et 9, Figure 14).

Les valeurs de clairance chez les chiens de race Schnauzer nain, moyen et géant sont toutes significativement différentes entre elles et le temps moyen de résidence des Schnauzers nains est inférieur à celui des géants et des moyens.

Par contre, aucune influence du format n'a été observée pour les valeurs de V_{ss} (Tableau 10).

Tableau 8 : Clairance plasmatique de la créatinine exogène (mL/kg/min) chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer de format nain, moyen et géant: statistiques descriptives.

CLAIRANCE					
GROUPE	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	C.V.
Géant	1.7	2.8	2.2^a	0.4	20%
Moyen	2.7	3.6	3.1^b	0.3	10%
Nain	3.5	4.7	4.1^c	0.5	13%
Global	2.7	4.7	3.1	0.9	28%

Les lettres **a**, **b** et **c** indiquent une différence significative les groupes. $P < 0.05$ entre les Schnauzers géants et moyens, $P < 0.01$ entre les Schnauzers moyens et nains et $P < 0.001$ entre les Schnauzers nains et géants.

Tableau 9 : Temps moyens de résidence (min) de la créatinine exogène chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer de format nain, moyen et géant: statistiques descriptives.

TEMPS MOYEN DE RESIDENCE					
GROUPE	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	C.V.
Géant	177	306	238^a	50	21%
Moyen	156	222	189^a	26	14%
Nain	106	142	123^b	14	11%
Global	106	306	184	56	31%

Les lettres **a** et **b** indiquent une différence significative entre les groupes. $P < 0.001$ entre les Schnauzers géants et nains et $P < 0.05$ entre les Schnauzers moyens et nains.

Tableau 10 : Volumes de distribution à l'équilibre (V_{ss}) (mL/kg) chez 16 chiens adultes et sains de race Schnauzer de format nain, moyen et géant : statistiques descriptives.

V_{ss}					
GROUPE	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	C.V.
Géant	460	542	509	31	6%
Moyen	463	732	582	87	15%
Nain	435	580	504	51	10%
Global	435	732	535	70	13%

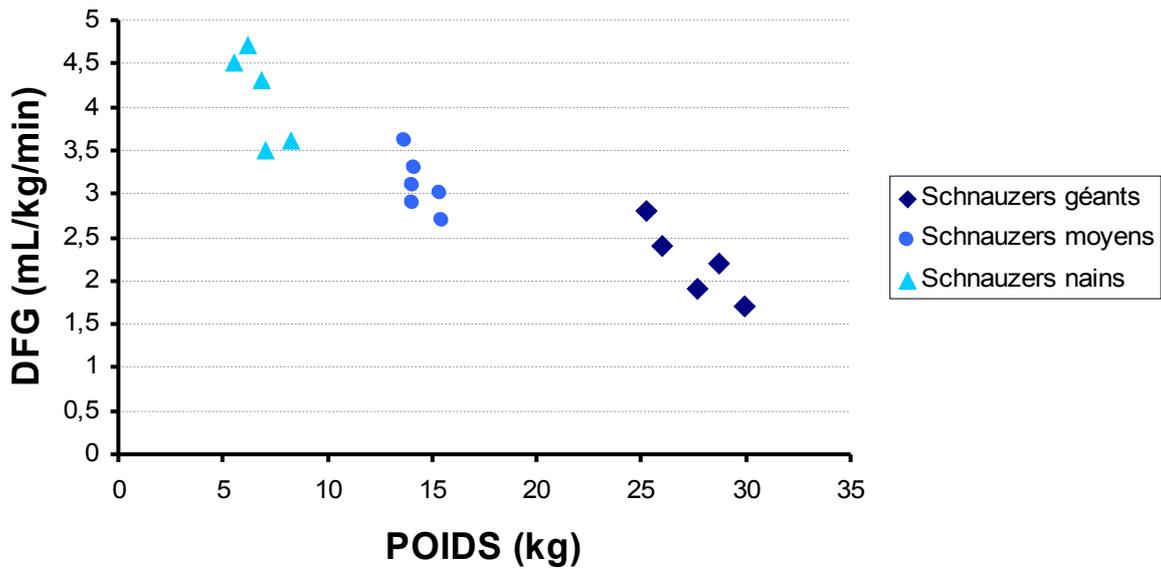


Figure 14 : Représentation graphique du débit de filtration glomérulaire (DFG) chez 16 chiens adultes sains de race Schnauzer répartis en trois groupe selon leurs poids : nain, moyen et géant. Le DFG a été estimé par la clairance plasmatique de la créatinine exogène.

Grâce à une régression linéaire, des équations ont été établies permettant d'exprimer la relation entre le poids du chien et les concentrations plasmatiques de créatinine, de phosphore, d'urée ou la clairance plasmatique de la créatinine.

$$\text{Clairance} = 4.638 - 0.093 \times \text{Poids} \dots \text{avec } P < 0.001 \text{ et } R^2 = 0.835$$

$$[\text{Créatinine}] = 47.493 + 1.875 \times \text{Poids} \dots \text{avec } P < 0.001 \text{ et } R^2 = 0.853$$

$$[\text{Phosphate}] = 1.589 - 0.020 \times \text{Poids} \dots \text{avec } P < 0.001 \text{ et } R^2 = 0.670$$

$$[\text{Urée}] = 3.342 + 0.083 \times \text{Poids} \dots \text{avec } P < 0.05 \text{ et } R^2 = 0.356$$

Les unités sont celles présentées dans les tableaux de données statistiques descriptives.

III - DISCUSSION

Cette étude s'inscrit dans une étude plus large qui vise à évaluer l'effet de la race sur la fonction rénale et ainsi à déterminer des intervalles de référence pour le DFG par race.

La race Schnauzer a été choisie ici afin d'étudier l'influence de la taille (et donc du poids) sur la fonction rénale au sein d'une race car il existe trois formats (nain, moyen et géant) au sein de la race Schnauzer.

Les limites de cette étude résident principalement dans le faible nombre de Schnauzers testés (n=16). Une étude élargie serait donc nécessaire et permettrait notamment de définir une stratégie de prélèvements limités plus accessible pour le praticien tout en obtenant une valeur de DFG précise pour le chien de race Schnauzer. Néanmoins, cette étude est la première s'intéressant à la fonction rénale au sein de cette race.

De plus, les chiens testés étaient tous des femelles, l'influence du sexe n'a donc pas pu être étudiée. Cependant IZZAT et ROSBOROUGH (1989) ont montré qu'il n'existait pas de différence significative entre la fonction rénale des mâles et des femelles.

Les avantages de cette étude sont nombreux. Les animaux vivaient tous dans les mêmes conditions et avaient tous la même alimentation (Royal canin Maxi Adulte) ce qui permet d'éliminer le biais éventuel lié à l'environnement.

Les animaux avaient aussi des origines différentes (sauf les Schnauzers géants) ce qui permet d'éliminer le biais possible lié à la parenté.

Les différents groupes étaient similaires en âge.

De plus, les tests ont été réalisés sur une période de 2 jours pour l'ensemble des animaux ce qui limitait l'apparition d'autres biais, comme par exemple, un effet période.

Enfin la race Schnauzer présente trois formats différents avec une gamme de poids très étendue ce qui est peu courant. En effet, seules quelques races possèdent cette caractéristique comme le Teckel, le Spitz et le Caniche.

L'objectif premier de cette étude était d'estimer le DFG par la clairance plasmatique de la créatinine exogène chez le chien sain de race Schnauzer. La valeur du DFG de la race Schnauzer est de 3.1 ± 0.9 mL/min/kg.

De nombreux travaux concernant le DFG ont étudié ce paramètre chez des chiens de races différentes et peu d'études s'intéressent au calcul du DFG spécifique à une race (WATSON et coll., 2002 pour le chien de race Beagle, DROST et coll., 2006 pour les chiens de race Greyhound). WATSON et coll. ont ainsi estimé le DFG de la race Beagle à 3.0 ± 0.44 mL/min/kg. Peu de différence existe avec le DFG moyen trouvé dans notre étude chez la race Schnauzer. De même, le chien de race Schnauzer présente une valeur de Vss similaire à celle des Beagles (535 ± 70 vs 596 ± 91).

L'objectif second de notre étude était de s'intéresser à l'influence du poids sur le DFG au sein de la race Schnauzer.

Une différence significative a été trouvée entre les DFG correspondant aux trois formats : 2.2 ± 0.5 mL/min/kg pour les géants, 3.1 ± 0.3 mL/min/kg pour les moyens et 4.1 ± 0.5 mL/min/kg pour les nains.

Il existe également une relation entre la clairance plasmatique de la créatinine et le poids grâce à l'équation suivante : $\text{Clairance} = 4.638 - 0.093 \times \text{Poids}$ avec un coefficient de détermination R^2 de 0.835 et un $P < 0.001$. Cela signifie que 83.5% de la variabilité du DFG est expliquée par la seule variable poids. Le poids influence donc considérablement la valeur du DFG (exprimé en mL/min/kg) au sein de la race Schnauzer.

Les valeurs de DFG trouvés au sein de la race Schnauzer varient quasiment du simple au double entre les Schnauzers nains et les géants. Cela implique de nombreuses conséquences. L'intervalle de référence doit donc être spécifique de chaque format au sein de la race Schnauzer.

Les résultats de cette étude confirment les résultats obtenus par LEFEBVRE et coll. (2006) qui montre que le DFG dépend de la race mais aussi du format de l'animal. Le DFG étant différent d'une race à l'autre et différent au sein d'une même race selon le format, un effet de la génétique semble exister sur la fonction rénale.

De plus le temps moyen de résidence (MRT), qui dépend de la clairance et du Vss, est plus faible chez les Schnauzers nains que chez les géants et les moyens (123 ± 13 vs 238 ± 50 et 189 ± 26 min, respectivement), cependant, la régression linéaire n'a pas permis de mettre en évidence une relation entre le MRT et le poids.

Enfin, aucune influence du format n'a été détectée pour les valeurs de Vss.

Comme cela avait été mentionné par VAN DER BROM et BIEWENGA (1981), notre étude confirme l'effet du poids sur la créatininémie : Créatininémie = $47.493 + 1.875 \times \text{Poids}$, avec $p < 0.001$ et $R^2 = 0.853$.

Le phosphate et l'urée dépendent eux aussi du poids de l'animal.

L'interprétation de ces variables devrait donc prendre en compte le format de l'animal.

La race Schnauzer a déjà été utilisée comme modèle pour explorer l'influence du poids sur le système digestif (HERNOT et coll., 2004 et 2006). Six chiens Schnauzers moyens et six chiens Schnauzers géants femelles adultes recevant la même alimentation ont été étudiés.

Les résultats montrent que le score fécal (1 : selles sèches et dures à 5 : diarrhée liquide) augmente quand le poids augmente (2.6 pour les moyens vs 2.9 pour les géants).

De plus il existe une corrélation négative entre le poids et l'absorption intestinale des électrolytes. En effet, les selles des Schnauzers géants contiennent plus de sodium et de potassium que celles des Schnauzers moyens.

Enfin il existe une corrélation positive entre le poids et le temps de transit total d'un aliment, la différence s'expliquant principalement par un temps de transit colique qui augmente fortement en fonction du poids.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'obtenir les premières données disponibles sur la fonction rénale des chiens adultes et sains de race Schnauzers et de mettre en évidence une influence significative de la taille sur le débit de filtration glomérulaire (DFG) au sein de la race Schnauzer. En effet, plus la taille augmente et plus le DFG est faible.

Le test de clairance plasmatique de la créatinine exogène est un test facilement réalisable en clinique et il permet de mettre en évidence une insuffisance rénale chronique lorsque 30% de la masse fonctionnelle rénale est détruite (contre 75% lors de l'apparition de l'azotémie). Ce test permettra donc de confirmer ou d'infirmer une suspicion d'insuffisance rénale précoce et de mettre en place un traitement adapté le plus tôt possible. La détermination de valeurs de référence du DFG et de la créatinine plasmatique pour différentes races est donc nécessaire à l'application courante de ce test.

Les résultats de cette étude ont d'autres répercussions. Ainsi, pour les médicaments à excrétion rénale, la posologie en fonction du poids seul n'est pas adaptée. En effet, pour une même dose, un principe actif va être éliminé deux fois plus vite chez le Schnauzer nain que chez le géant. Les Schnauzers nains peuvent donc être sous exposés et le traitement peut alors s'avérer inefficace tandis que les Schnauzers géants risquent une sur exposition et une toxicité éventuelle.

Le chien de race Schnauzer, ayant déjà servi de modèle pour l'étude des fonctions digestive et rénale, pourrait être utilisé afin de connaître une éventuelle influence du poids sur d'autres grandes fonctions comme les fonctions hépatique et cardiaques.

BIBLIOGRAPHIE

ADOLPH E.F.

Quantitative relations in the physiological constitutions of mammals.
Science, 1949, 109: 579-585.

ALLEN T.A., JAENKE R.S. et FETTMAN M.J.

A technique for estimating progression of chronic renal failure in the dog.
J Am Vet Med Assoc, 1987, 190: 866-868.

BRAUN J.P., LEFEBVRE H., WATSON A.D.J.

Creatinine in the dog : a review.
Vet Clin Pathol, 2003, 32 : 162-179.

BOUSQUET-MELOU A.P.

Extrapolations de posologies. Approche allométrique.
Thèse de doctorat vétérinaire, 1995, Toulouse, 123 p.

BOVEE K.C., JOYCE T.

Clinical evaluation of glomerular function : 24-hour creatinine clearance in dogs.
J Am Vet Med Assoc, 1979, 174: 488-491.

BRODY S.

Bioenergetics and growth.
New-york: hafner publishing Company, New York, Van Nostrand Reinhold, 1945, 1023 p.

BRUCKER S.

Etude génétique du Schnauzer.
Thèse de doctorat vétérinaire, 1997, Lyon, 186 p.

CHANOIT G.P., CONCORDET D., LEFEBVRE H.P., ORCEL K., BRAUN J.P.

Exercise does not induce major changes in plasma muscle enzymes, creatinine, glucose and total proteins concentrations in untrained beagle dogs.
J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med, 2002, 49 : 222-224.

CHARLET K.

Principales maladies héréditaires ou présumées héréditaires dans l'espèce canines. Bilan des prédispositions raciales.

Thèse de doctorat vétérinaire, 2004, Alfort, 243 p.

CONCHOU F.

Détermination du débit de filtration glomérulaire chez le chien par le calcul de la clairance plasmatique de la créatinine exogène.

Thèse de doctorat vétérinaire, 2004, Toulouse, 82 pp.

CRAIG A.J., SEGUELA J., QUEAU Y., LEFEBVRE H.P.

Refining the reference interval for plasma creatinine in dogs : effect of age, gender, body weight and breed.

American College of Veterinary Internal Medicine. 24th annual veterinary medical forum
Louisville, USA, May-June 2006, pp.740.

DROST W.T., COUTO C.G., FISCHETTI A.J., MATTOON J.S., IAZBIK C.

Comparison of glomerular filtration rate between Greyhounds and non-Greyhound dogs.

J Vet Intern Med, 2006, 20 : 544-546.

EDWARDS N.A.

Scaling of renal functions in mammals.

Comp Biochem Physiol, 1975, 52A: 63-66.

EPSTEIN M.E., BARSANTI J.A., FINCO D.R., COWGILL L.M.

Postprandial changes in plasma urea nitrogen and plasma creatinine concentrations in dogs fed commercial diets.

J Am Vet Med Assoc, 1984, 20 : 779- 782.

EVANS G.O.

Postprandial changes in canine plasma creatinine.

J Small Anim Pract, 1987, 28 : 311-315.

FEEMAN W.E., COUTO C.G., GRAY T.L.

Serum creatinine concentrations in retired racing Greyhounds.

Ve. Cli. Patho., 2003, 32 : 40-42.

FINCO D.R., TABARU H., BROWN S.A., BARSANTI J.A.

Endogenous creatinine clearance measurement of glomerular filtration rate in dogs.

Am J Vet Res, 1993, 54 : 1575-1578.

FIORONE F.

Le Schnauzer.

Editions de Vecchi, Paris, 2007.

FUKUDA S., KAWASHIMA N., HIDA H., AOKI J., TOKITA K.

Age dependency of hematological values and concentrations of serum biochemical constituents in normal Beagles from 1 to 14 years of age.

Jpn J Vet Sci, 1989; 51: 636-641.

GOULD S.J.

Allometry and size in ontogeny and phylogeny.

Biol Rev, 1966, 215: 704-715.

HALLYNCK T.H., SOEP H.H., THOMIS J., BOELAERT J., DANEELS R., DETTLI L.

Should clearance be normalised to body surface or to lean body mass?

Br. J Clin Pharmac, 1981, 11: 523-526

HARDY R.M., OSBORNE C.A.

Water deprivation test in the dog : maximal normal values.

J Am Vet Med assoc, 1979, 174 : 479-483.

HARRIS R.C., LOWE J.A., WARNES K., ORME C.E.

The concentration of creatine in meat, offal and commercial dog food.

Res Vet Sci, 1997, 62 : 58-62.

HEIENE R., LEFEBVRE H.P.

Assessment of renal function.

In: BSAVA Manual of canine and feline nephrology and urology

J. Elliott and GF GRAUER (Eds), BSAVA, Gloucester, UK., 2007, 117-125.

HERNOT D.C., WEBER M.P., BIOURGE V.C., MARTIN L.J., DUMON H.J., NGUYEN P.G.

Relationship between electrolyte apparent absorption and fecal quality in adult dogs differing in body size.

J. Nutr. 2004, 134: 2031S-2034S

HERNOT D.C., DUMON H.J., BIOURGE V.C., MARTIN L.J., NGUYEN P.G.

Evaluation of association between body size and large intestinal transit time in healthy dogs.

Am J Vet Res, Février 2006, Vol 67, N°2, 342-347.

HINCHCLIFF K.W., OLSON J., CRUSBERG C., KENYON J., LONG R., ROYLE W., WEBER W., BURR J.

Serum biochemical changes in dogs competing in a long-distance sled race.

J Am Vet Med Assoc, 1993, 202 : 401-405.

HOLTZ S.P., RHODE E.A.

Similarity of renal glomerular hemodynamics in mammals.

Am. Heart J, 1976, 92: 465-472

IZZAT N.N., ROSBOROUGH J.P.

Renal function in conscious dogs : potential effect of gender on measurement.

Res Exp Med (Berl), 1989, 189 : 371-379.

JACOBS, R.M., LUMSDEN, J.H., TAYLOR, J.A., GRIFT, F.E.

Effects of interferences on the Kinetic Jaffe Reaction and an Enzymatic Colorimetric Test for serum creatinine concentration determination in cats, cows, dogs, and horses.

Can J Vet Res, 1991, 55 : 150-154.

JACOBS, R.M., LUMSDEN, J.H., GRIFT, F.E.

Effects of bilirubinemia, hemolysis, and lipemia on clinical chemistry analytes in bovine, canine, equine and feline sera.

Can Vet J, 1992, 33 : 605- 608.

KASSIRER J.P.

Clinical evaluation of kidney function--glomerular function.

N Engl J Med, 1971, 285: 385-389.

**LAROUTE V., CHETBOUL V., ROCHE L., MAUREY C., COSTES G., POUCHELON J.-L.,
DE LA FARGE F., BOUSSOUF M., LEFEBVRE H.P.**

Quantitative evaluation of renal function in healthy Beagles puppies and mature dogs.

Res Vet Sci, 2005, 79 : 161-167.

LAYSSOL C., QUEAU Y., LEFEBVRE H.P.

Aspects génétiques des affections rénales canines.

Veterinary Focus, 2007, Vol 17, 2, 33-39.

LEES G.E.

Early diagnosis of renal disease and renal failure.

Vet Clin North Am Small Anim Pract, 2004, 34 : 867-885.

LEFEBVRE H.P., CRAIG A.J., BRAUN J.P.

GFR in the dog: breed effect.

*16^e European College of Veterinary Internal Medicine Companion Animals meeting,
Amsterdam, The Netherlands, Sept 2006, 51-52.*

**LEFEBVRE H.P., JEUNESSE E., CONCORDET D., FERRE P., DE LA FARGE F.,
LAROUTE V., GIRAUDEL J., WATSON A.D.J.**

Assessment of glomerular filtration rate using plasma exogenous creatinine clearance test : preliminary results in a healthy canine population.

*American College of Veterinary Internal Medicine. 22nd annual veterinary medical forum.
Minneapolis, USA, June 9-12, 2004, 825-826.*

MEDAILLE C., TRUMEL C., CONCORDET D., VERGEZ F., BRAUN J.P.

Comparison of plasma/serum urea and creatinine concentrations in the dog : a 5-year retrospective study in a commercial veterinary clinical pathology laboratory.

J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med, 2004, 51 : 119-123.

PASCHOUD J.M.

Traduction du standard du Schnauzer FCI N° 182/11.08.2000/F

Date de publication du standard d'origine en vigueur : 06.04.2000.

Site internet du Club Français du Pinscher et du Schnauzer.

PINKEL D.

The use of body surface area as a criterion of drug dosage in cancer chemotherapy.

Cancer Res., 1958, 18: 853-856

SCHUSTER V.L., SELDING D.W.

Renal clearance.

In : The kidney physiology and pathophysiology, 2nd edition, volume 1.

Raven press LTD, New-York, 1992, 943-977.

ROSE R.J., BLOOMBERG M.S.

Responses to sprint exercise in the Greyhound : effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites.

Res Vet Sci, 1989, 47 : 212-218.

ROVIRA S., MUNOZ A., BENITO M.

Fluid and electrolyte shifts during and after agility competitions in dogs.

J Vet Med Sci, 2007, 69 : 31-35.

TABARU H., FINCO D.R., BROWN S.A., COOPER T.

Influence of hydration state on renal function of dogs.

Am J Vet Res, 1993, 54 : 1758-1764.

TURNER S.T., REILLY S.L.

Fallacy of indexing renal and systemic hemodynamic measurements for body surface area.

Am J Physiol, 1995, 265: R978-R988.

VAN DEN BROM W.E., BIEWENGA W.J.

Assessment of glomerular filtration rate in normal dogs : analysis of the Cr-EDTA clearance and its relation to several endogenous parameters of glomerular filtration rate.

Res Vet Sci, 1981, 30 : 152-157.

WATSON A.D., CHURCH D.B., FAIRBURN A.J.

Postprandial changes in plasma urea and creatinine concentrations in dogs

Am J Vet Res, 1981, 42 : 1878-1880.

**WATSON A.D., LEFEBVRE H., CONCORDET D., LAROUTE V., FERRE J.P., BRAUN J.P.,
CONCHOU F., TOUTAIN P.L.**

Plasma exogenous creatinine clearance test in dogs : comparison with other methods and proposed limited sampling strategy.

J Vet Intern Med, 2002, 16 : 22-33.

SOMMAIRE

[I – 1\) – Choix des animaux : critères d’inclusion, de non inclusion et d’exclusion 57](#)

ANNEXES

ANNEXE 1 : Standard du Schnauzer géant

Standard F.C.I. N° 182/11.08.2000/F

TRADUCTION: Dr. J.-M. Paschoud.

ORIGINE: Allemagne.

DATE DE PUBLICATION DU STANDARD D'ORIGINE EN VIGUEUR: 06.04.2000

ASPECT GÉNÉRAL :

Grand, fort, plus ramassé qu'élançé, au poil dur ; c'est l'image agrandie et renforcée du Schnauzer, un chien efficace pour l'attaque et la défense qui impose le respect.

PROPORTIONS IMPORTANTES:

- Inscriptible dans le carré, la hauteur au garrot correspond environ à la longueur du corps.
- La longueur totale de la tête (mesurée de l'extrémité de la truffe à protubérance occipitale) correspond à la moitié de la longueur du dessus (mesurée du garrot à l'attache de la queue).

COMPORTEMENT / CARACTÈRE :

Son caractère bénin et équilibré et sa fidélité incorruptible à son maître sont des traits typiques. Ses sens hautement développés, son intelligence, son aptitude à être éduqué, sa force, son endurance, sa rapidité et sa résistance aux intempéries et aux maladies en font avec sa résistance innée à la fatigue et son caractère affirmé un chien d'accompagnement, de sport, d'utilité et de service idéal.

TÊTE

RÉGION CRÂNIENNE :

- **Crâne:** Fort et allongé, sans forte saillie de la protubérance occipitale. La tête doit être en accord avec la puissance du chien. Le front est plat, sans rides et parallèle au chanfrein.
- **Stop:** Nettement accentué par les sourcils.

RÉGION FACIALE:

- **Truffe** : Elle est bien développée et toujours noire ; les narines sont largement ouvertes.
- **Museau** : Il se termine en coin tronqué. Le chanfrein est droit.
- **Lèvres** : Noires, fermes, bien appliquées à plat contre les mâchoires. La commissure des lèvres est serrée.
- **Mâchoires/dents** : Mâchoires solides. L'articulé en ciseaux, fort et bien développé, est correctement occlusif et complet ; il est formé de 42 dents d'un blanc pur selon la formule dentaire du chien. Les masséters sont bien développés, mais sans donner aux joues un relief excessif qui altérerait la forme rectangulaire de la tête (avec la barbe).
- **Yeux** : De grandeur moyenne, de forme ovale, dirigés vers l'avant, foncés, d'une expression vive. Les paupières épousent bien la forme du globe oculaire.
- **Oreilles** : Repliées et pendantes, attachées haut, en forme de « V », portées symétriquement, elles pointent vers l'avant en direction des tempes, le bord interne des oreilles étant accolé aux joues ; le pli parallèle ne doit pas dépasser le niveau du crâne.

COU :

La nuque musclée et robuste présente une arcure éminente. L'encolure se fond harmonieusement dans le garrot.

En accord avec la puissance du chien, le cou est fermement implanté, élancé et noblement galbé. La peau de la gorge est fermement appliquée sur les tissus sous-jacents et ne forme pas de plis.

CORPS:

- **Ligne du dessus** : Dès le garrot, elle est légèrement en pente vers l'arrière.
- **Garrot** : Il constitue le point le plus haut du dessus.
- **Dos** : Solide, court et ferme.
- **Rein** : Court, solide et haut. La distance entre le dernier arc costal et la hanche est courte de sorte que le chien paraît ramassé.
- **Croupe** : Elle se fond imperceptiblement en léger arrondi dans la racine de la queue.
- **Poitrine** : De largeur modérée, de coupe transversale ovale, descendant jusqu'aux coudes. Le poitrail est nettement accusé par la pointe du sternum.

- **Ligne du dessous et ventre** : Les flancs ne sont pas exagérément relevés. Avec la partie inférieure de la cage thoracique, le dessous dessine une belle ligne arquée.

QUEUE:

Queue naturelle.

MEMBRES

MEMBRES ANTÉRIEURS:

- **Généralités** : Vus de face, les antérieurs sont solides, droits et pas trop serrés. Vus de profil, les avant-bras sont droits.

- **Épaules** : L'omoplate est fermement attachée à la paroi thoracique, dûment musclée des deux côtés de l'épine scapulaire et dépasse en hauteur les apophyses épineuses des vertèbres thoraciques. Aussi oblique que possible et bien placée en arrière, l'angle qu'elle forme avec l'horizontale est d'environ 50°.

- **Bras** : Bien au corps, solide et musclé. L'angle entre l'omoplate et le bras est de 95° à 105°.

- **Coudes** : Correctement appliqués, tournés ni en dehors ni en dedans.

- **Avant-bras** : Vu de tous les côtés il est absolument droit, développé en puissance et bien musclé.

- **Carpe** : Solide, stable, il se distingue peu de la structure de l'avant bras.

- **Métacarpe** : Vu de face vertical, vu de profil légèrement incliné par rapport au sol, fort, légèrement élastique.

- **Pieds antérieurs** : Courts et ronds. Les doigts sont serrés et cambrés (pieds de chat), les coussinets résistants et les ongles durs et foncés.

MEMBRES POSTÉRIEURS:

- **Généralités** : Vus de profil, les postérieurs sont obliques ; vus de derrière, ils sont parallèles et pas trop serrés.

- **Cuisse** : De longueur moyenne, large et fortement musclée.

- **Grasset**: Tourné ni en dedans ni en dehors.

- **Jambe** : Longue et forte, nerveuse, elle se prolonge dans un jarret solide.

- **Jarret** : Angulation accusée, articulation solide, stable, tournée ni en dehors ni en dedans.

- **Métatarse** : Court, vertical par rapport au soi.

- **Pieds postérieurs** : Doigts courts, cambrés et serrés ; les ongles sont courts et de couleur noire.

ALLURES :

Élastiques, élégantes, souples, dégagées et étendues. Les antérieurs s'élancent aussi loin que possible vers l'avant, les postérieurs procurant la poussée nécessaire par de larges enjambées élastiques. L'antérieur d'un côté et le postérieur de l'autre côté avancent en même temps. Le dos, les articulations et les ligaments sont fermes.

PEAU :

Sur tout le corps elle est bien appliquée aux tissus sous-jacents.

ROBE

POIL :

Le poil doit être dur (en « fil de fer ») et bien fourni. La robe se compose d'un sous-poil bien fourni et d'un poil de couverture en aucun cas trop court, dur et bien couché. Le poil de couverture est rude, assez long pour qu'on puisse apprécier sa texture, ni hérissé ni ondulé. Sur la tête et les membres, le poil tend à être un peu moins dur ; sur le front et les oreilles il est court. La barbe pas trop souple sur le museau et les sourcils broussailleux, qui dissimulent légèrement les yeux, sont typiques et caractéristiques.

COULEUR:

Noir unicolore avec sous-poil. « Poivre et sel » (sable charbonné marqué de sable). Concernant le « poivre et sel », l'élevage cherche à obtenir une teinte moyenne avec un « poivré » bien pigmenté réparti régulièrement et un sous-poil gris. On admet les nuances allant du gris foncé couleur de fer métallique au gris argenté. Quelle que soit la nuance, tous les sujets doivent présenter un masque foncé qui souligne l'expression et qui s'accorde harmonieusement avec la teinte en question. Des marques nettement claires sur la tête, le poitrail et les membres ne sont pas recherchées.

TAILLE ET POIDS:

- **Hauteur au garrot:** Mâles et femelles: 60 à 70 cm.
- **Poids :** Mâles et femelles : 35 à 45 kg.

DÉFAUTS :

Tout écart par rapport à ce qui précède doit être considéré comme un défaut qui sera pénalisé en fonction de sa gravité.

En particulier :

- Tête dans l'ensemble trop petite ou trop courte.
- Crâne lourd ou rond.
- Front plissé.
- Museau court, pointu ou étroit.
- Articulé en pince.
- Yeux clairs, trop grands ou trop petits.
- Oreilles attachées bas, trop longues, portées différemment l'une de l'autre.
- Joues ou arcades zygomatiques fortement saillantes.
- Peau de la gorge lâche.
- Présence de fanon ; dessus du cou étroit.
- Dos trop long, ascendant ou peu soutenu.
- Dos de carpe.
- Croupe avalée.
- Racine de la queue inclinée en direction de la tête.
- Pieds allongés.
- Sujet allant de l'amble.
- Poil trop court, trop long, souple, ondulé, broussailleux, soyeux, de couleur blanche, tacheté ou présentant toute autre combinaison de couleurs.
- Sous-poil marron.

Chez les sujets « poivre et sel » : raie de mulet (bande noire qui suit la ligne médiane du dos) ou selle noire.

- Taille inférieure ou dépassant de 2 cm les normes indiquées par le standard.

DÉFAUTS GRAVES:

- Constitution grossière ou légère, chien trop bas ou trop haut sur pattes.
- Caractère sexuel inversé (p.ex. femelles de type masculin).
- Coudes tournés en dehors.
- Arrière-main droit ou en tonneau.
- Jarrets tournés en dedans
- Taille inférieure ou dépassant les normes indiquées dans le standard de plus de 2 cm et de moins de 4 cm.

DÉFAUTS ÉLIMINATOIRES:

- Toute malformation.
- Sujet insuffisamment typé.
- Défaut d'occlusion comme prognathisme supérieur, prognathisme inférieur, arcade incisive déviée.
- Défauts graves touchant la constitution, le poil et la couleur.
- Taille inférieure ou qui dépasse les normes indiquées dans le standard de plus de 4 cm.
- Comportement peureux, agressif, méchant, exagérément méfiant, nerveux.

N.B. : Les mâles doivent avoir deux testicules d'aspect normal complètement descendus dans le scrotum.

ANNEXE 2 : Standard du Schnauzer nain

Standard F.C.I. N° 183/11.08.2000/F

TRADUCTION: Dr. J.-M. Paschoud.

ORIGINE: Allemagne.

DATE DE PUBLICATION DU STANDARD D'ORIGINE EN VIGUEUR: 06.04.2000.

ASPECT GÉNÉRAL :

Petit, vigoureux, plus ramassé qu'élancé, au poil dur, élégant, un modèle réduit du Schnauzer exempt de tout défaut de nanisme.

PROPORTIONS IMPORTANTES:

- Inscriptible dans le carré, la hauteur au garrot correspond environ à la longueur du corps.
- La longueur totale de la tête (mesurée de l'extrémité de la truffe à la protubérance occipitale) correspond à la moitié de la longueur du dessus (mesurée du garrot à l'attache de la queue).

COMPORTEMENT / CARACTÈRE :

Son caractère correspond à celui du Schnauzer et est imprégné par le tempérament et le comportement d'un petit chien. Intelligence, assurance, endurance et vigilance font du Schnauzer nain un chien de compagnie agréable tout comme un chien de garde et d'accompagnement qui peut être tenu sans problèmes même dans un petit appartement.

TÊTE

RÉGION CRÂNIENNE:

- **Crâne** : Fort et allongé, sans forte saillie de la protubérance occipitale. La tête doit être en accord avec la puissance du chien. Le front est plat, sans rides et parallèle au chanfrein.
- **Stop** : Nettement accentué par les sourcils.

RÉGION FACIALE:

- **Truffe** : Elle est bien développée et toujours noire ; les narines sont largement ouvertes.
- **Museau** : Il se termine en coin tronqué. Le chanfrein est droit.

- **Lèvres** : Noires, fermes, bien appliquées à plat contre les mâchoires. La commissure des lèvres est serrée.

- **Mâchoires/dents** : Mâchoires solides. L'articulé en ciseaux, fort et bien développé, est correctement occlusif et complet ; il est formé de 42 dents d'un blanc pur selon la formule dentaire du chien. Les masséters sont bien développés, mais sans donner aux joues un relief excessif qui altérerait la forme rectangulaire de la tête (avec la barbe).

- **Yeux** : De grandeur moyenne, de forme ovale, dirigés vers l'avant, foncées, d'une expression vive. Les paupières épousent bien la forme du globe oculaire.

- **Oreilles** : Repliées et pendantes, attachées haut, en forme de « V », portées symétriquement, elles pointent vers l'avant en direction des tempes, le bord interne des oreilles étant accolé aux joues ; le pli parallèle ne doit pas dépasser le niveau du crâne.

COU :

La nuque musclée et robuste présente une arcure éminente. L'encolure se fond harmonieusement dans le garrot. En accord avec la puissance du chien, le cou est fermement implanté, élancé et noblement galbé. La peau de la gorge est fermement appliquée sur les tissus sous-jacents et ne forme pas de plis.

CORPS:

- **Ligne du dessus** : Dès le garrot, elle est légèrement en pente vers l'arrière.

- **Garrot** : Il constitue le point le plus haut du dessus. Dos: Solide, court et ferme.

- **Rein** : Court, solide et haut. La distance entre le dernier arc costal et la hanche est courte de sorte que le chien paraît ramassé.

- **Croupe** : Elle se fond imperceptiblement en léger arrondi dans la racine de la queue.

- **Poitrine** : De largeur modérée, de coupe transversale ovale, descendant jusqu'aux coudes.

Le poitrail est nettement accusé par la pointe du sternum.

- **Ligne du dessous et ventre** : Les flancs ne sont pas exagérément relevés. Avec la partie inférieure de la cage thoracique le dessous dessine une belle ligne arquée.

QUEUE:

Queue naturelle.

MEMBRES

MEMBRES ANTÉRIEURS:

- **Généralités** : Vus de face, les antérieurs sont solides, droits et pas trop serrés. Vus de profil, les avant-bras sont droits.
- **Épaules** : L'omoplate est fermement attachée à la paroi thoracique, dûment musclée des deux côtés de l'épine scapulaire et dépasse en hauteur les apophyses épineuses des vertèbres thoraciques. Aussi oblique que possible et bien placée en arrière, l'angle qu'elle forme avec l'horizontale est d'environ 50°.
- **Bras** : Bien au corps, solide et musclé. L'angle entre l'omoplate et le bras est de 95° à 105°.
- **Coudes** : Correctement appliqués, tournés ni en dehors ni en dedans.
- **Avant-bras** : Vu de tous les côtés il est absolument droit, développé en puissance et bien musclé.
- **Carpe** : Solide, stable, il se distingue peu de la structure de l'avant bras.
- **Métacarpe** : Vu de face vertical, vu de profil légèrement incliné par rapport au sol, fort, légèrement élastique.
- **Pieds antérieurs** : Courts et ronds. Les doigts sont serrés et cambrés (pieds de chat), les coussinets résistants et les ongles durs et foncés.

MEMBRES POSTÉRIEURS:

- **Généralités** : Vus de profil, les postérieurs sont obliques ; vus de derrière, ils sont parallèles et pas trop serrés.
- **Cuisse** : De longueur moyenne, large et fortement musclée.
- **Grasset** : Tourné ni en dedans ni en dehors.
- **Jambe** : Longue et forte, nerveuse, elle se prolonge dans un jarret solide.
- **Jarret** : Angulation accusée, articulation solide, stable, tournée ni en dehors ni en dedans.
- **Métatarse** : Court, vertical par rapport au sol.
- **Pieds postérieurs** : Doigts courts, cambrés et serrés ; les ongles sont courts et de couleur noire.

ALLURES :

Élastiques, élégantes, souples, dégagées et étendues. Les antérieurs s'élancent aussi loin que possible vers l'avant, les postérieurs procurant la poussée nécessaire par de larges enjambées

élastiques. L'antérieur d'un côté et le postérieur de l'autre côté avancent en même temps. Le dos, les articulations et les ligaments sont fermes.

PEAU :

Sur tout le corps elle est bien appliquée aux tissus sous-jacents.

ROBE

POIL :

Le poil doit être dur (« fil de fer ») et bien fourni. La robe se compose d'un sous-poil bien fourni et d'un poil de couverture en aucun cas trop court, dur et bien couché. Le poil de couverture est rude, assez long pour qu'on puisse apprécier sa texture, ni hérissé ni ondulé. Sur la tête et les membres, le poil tend à être un peu moins dur ; sur le front et les oreilles il est court. La barbe pas trop souple sur le museau et les sourcils broussailleux, qui dissimulent légèrement les yeux, sont typiques et caractéristiques.

COULEUR:

Noir unicolore avec sous-poil. Poivre et sel » (sable charbonné marqué de sable). Noir argenté. Blanc pur avec sous poil blanc.

Dans la variété à poil « poivre et sel », l'élevage cherche à obtenir une teinte moyenne avec un « poivré » bien pigmenté réparti régulièrement et un sous-poil gris. On admet les nuances allant du gris foncé couleur de fer métallique au gris argenté. Quelle que soit l'assemblage des couleurs, tous les sujets doivent présenter un masque foncé qui souligne l'expression et qui s'accorde harmonieusement avec le jeu des couleurs. Des marques nettement claires sur la tête, le poitrail et les membres ne sont pas recherchées. Dans la variété à poil noir argenté, l'élevage cherche à obtenir un poil de couverture noir avec un sous-poil noir ; des marques blanches se trouvent au-dessus des yeux, sur les joues, à la barbe, à la gorge, sur le devant de la poitrine sous forme de deux triangles séparés, sur le métacarpe, sur les pieds, à la face interne des postérieurs et à l'anus. Le front, la nuque et les faces externes des oreilles doivent être noirs comme le poil de couverture.

TAILLE ET POIDS:

- **Hauteur au garrot:** Mâles et femelles entre 30 et 35 cm.
- **Poids :** Mâles et femelles environ 4,5 à 7 kg.

DÉFAUTS :

Tout écart par rapport à ce qui précède doit être considéré comme un défaut qui sera pénalisé en fonction de sa gravité.

En particulier:

- Crâne lourd et rond.
- Front plissé.
- Museau court, pointu ou étroit.
- Articulé en pince. Joues et arcades zygomatiques fortement saillantes.
- Yeux clairs, trop grands et ronds.
- Oreilles attachées bas, trop longues, portées différemment l'une de l'autre.
- Peau de la gorge lâche.
- Présence de fanon ; dessus du cou étroit.
- Dos trop long, descendant ou peu soutenu.
- Dos de carpe.
- Croupe avalée.
- Racine de la queue inclinée en direction de la tête.
- Pieds allongés.
- Sujets allant de l'amble
- Poil trop court, trop long, souple, ondulé, broussailleux ou soyeux.
- Sous-poil marron. Chez les chiens « poivre et sel » : raie de mullet (bande noire qui suit la ligne médiane du dos) ou selle noire. Chez les chiens noir argenté : triangles sur le poitrail pas nettement séparés. Taille inférieure ou dépassant jusqu'à 1 cm les normes indiquées dans le standard.

DÉFAUTS GRAVES:

- Constitution grossière ou légère, chien trop bas ou trop haut sur pattes. - Caractère sexuel inversé (p.ex. femelles de type masculin).
- Coudes tournés en dehors.

- Arrière-main droit ou en tonneau.
- Jambe trop longue.
- Jarrets tournés en dedans.
- Métatarse trop court.
- Chez les chiens noirs et « poivre et sel » : poil blanc ou tacheté. Chez les chiens noir argenté et blancs : poil tacheté.
- Taille inférieure ou dépassant les normes indiquées dans le standard de plus de 1 cm et de moins de 2 cm.

DÉFAUTS ÉLIMINATOIRES:

- Toute malformation.
- Sujet insuffisamment typé.
- Défaut d'occlusion comme prognathisme supérieur ou inférieur, arcade incisive déviée.
- Défauts graves touchant la constitution, le poil et la couleur.
- Taille inférieure ou qui dépasse de plus de 2 cm les normes indiquées dans le standard.
- Comportement peureux, agressif, méchant, exagérément méfiant, nerveux.

N.B. : Les mâles doivent avoir deux testicules d'aspect normal complètement descendus dans le scrotum.

TITRE :

Effet de la taille sur le débit de filtration glomérulaire chez le chien de race Schnauzer.

RESUME :

L'insuffisance rénale chronique est une cause importante de mortalité dans la race canine, cependant les signes cliniques de cette pathologie n'apparaissent que lorsque 75% de la masse fonctionnelle rénale est lésée.

Le débit de filtration glomérulaire (DFG) est le meilleur indicateur de la fonction rénale or il est soumis à de nombreux facteurs de variations issus des diversités des races canines.

Dans cette étude, le DFG de 16 chiens adultes sains de race Schnauzer a été déterminé par le test de clairance plasmatique de la créatinine exogène. L'influence de la taille sur le DFG au sein de la race a également été étudié, les Schnauzers se répartissant en trois catégories : nains, moyens et géants.

Les résultats obtenus montrent une influence significative ($P < 0.05$) de la taille sur le DFG avec des valeurs moyennes de DFG de 2.2 ± 0.4 mL/min/kg pour les Schnauzers géants, 3.1 ± 0.3 mL/min/kg pour les Schnauzers moyens et 4.1 ± 0.5 mL/min/kg pour les Schnauzers nains.

MOTS CLES :

Débit de filtration glomérulaire, Rein, Clairance plasmatique, Créatinine, Schnauzer.

TITLE :

Influence of the size on the glomerular filtration rate in healthy Schnauzer dog.

ABSTRACT:

Chronic renal failure is an important cause of death in dogs, however clinical signs appear only when 75% of the renal functional mass is damaged.

Glomerular filtration rate (GFR) is considered as the best overall index of renal function but GFR appears to be breed-dependant.

In this study, GFR of 16 healthy Schnauzer was assessed by plasma clearance of exogenous creatinine. The influence of the size in this breed was also studied, schnauzers dividing up into three categories: miniature, standard and giant.

The results show a significant influence ($P < 0.05$) of the size on the GFR and values were estimated to 2.2 ± 0.4 mL/min/kg for giant Schnauzers, 3.1 ± 0.3 mL/min/kg for standard Schnauzers and 4.1 ± 0.5 mL/min/kg for miniature Schnauzers.

KEY WORDS:

Glomerular filtration rate, Kidney, Plasma clearance, Creatinine, Schnauzer.
