

ETUDE DES VARIATIONS DES PARAMETRES CLINIQUES LORS DE L'ENTRAINEMENT DES CHIENS DU CENTRE NATIONAL D'INSTRUCTION CYNOPHILE DE LA GENDARMERIE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2009
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par
Guillaume, Robert, Emile LEMAIRE
Né le 25 juillet 1983 à Neuilly sur Seine (92)

Directeur de thèse : **Mme. le Docteur Armelle DIQUELOU**

JURY

PRESIDENT :
Mme. Elisabeth ARLET-SUAU Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :
Mme. Armelle DIQUELOU Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
M. Patrick VERWAERDE Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

REMERCIEMENTS

A madame le Professeur Elisabeth ARLET-SUAU, professeur des universités, qui nous a fait l'honneur d'accepter notre jury de thèse,

Hommages respectueux.

A madame le Docteur Armelle DIQUELOU, professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, médecine interne des carnivores domestiques, qui nous a fait l'honneur et le plaisir d'accepter la direction de cette thèse,

Sincères reconnaissances.

A monsieur le Docteur Patrick VERWAERDE, professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, anesthésie, urgences, réanimation et soins intensifs des carnivores domestiques qui nous a fait l'honneur de prendre part à notre jury de thèse,

Qu'il trouve ici le témoignage de notre gratitude.

A papa,

Qui c'est qui m'a foutu des gamins pareils.

Arrêtez de vous bouffer le nez.

Tu te vexes comme un pou.

Il n'y a rien de passionnant, il n'y a que des gens passionnés.

Le meilleur moment c'est maintenant.

Dire « je t'aime » ne signifie pas grand chose, ce sont les preuves d'amour qui comptent.

« Gémir, pleurer, prier est également lâche. » (Alfred de Vigny)

Merci de m'avoir poussé quand il le fallait, ce métier que j'aime je te le dois en grande partie.

Merci pour tout ce que tu m'as appris, j'espère que je ne te décevrai pas trop.

A maman,

Merci de m'avoir soutenu dans tous mes projets quels qu'ils soient, d'être dernière nous en toutes circonstances.

A Marie-Françoise,

Je me souviens du contrat que tu as parfaitement rempli, de nos accrocs des premiers temps, finalement je t'ai bien préparé pour ton fils...

Sois sûr que tu as fait le bonheur de mon père ces 16 dernières années. Nous resterons une famille.

A Christian,

Merci de m'avoir initié au bricolage et rendu touche à tout, de m'avoir emmené faire du sport et d'avoir eu la patience de m'apprendre le ski. Profitez de votre repos dans les Landes.

A Cyrille,

Que nos différences servent à nous enrichir.

A Camille et Hadrien,

Suivez vos rêves, donnez vous le moyens de les atteindre, cela en vaut la peine.

A Monique,

Ma maman des vacances, qui nous a toujours accueillis à bras ouverts à Ajaccio. Merci pour toutes ces vacances, toutes ces visites. Continue à faire découvrir cette ville aux jeunes générations.

A mam,

Merci de m'avoir accueilli pendant mes 2 années sur Paris et de m'avoir rendu moins difficile cette période.

A Pascal,

Hi, I hope that there will be a continuation to the harvest, the run under the sun, the break dance, the 4L trophy.

A Mathieu,

C'est loin maintenant toutes nos p242, col 2, ligne 12 à p1655, col 3, ligne 6. Elles nous ont permis d'être ici aujourd'hui.

A Anne et Guillaume,

Ne partez pas trop loin que l'on puisse se voir malgré notre (mon) caractère casanier.

A Jérôme,

En souvenir de nos échanges de points de vue, des cours d'anglais, ça fait du bien de pouvoir discuter de sujets autres que vétérinaires. J'espère que l'on continuera à se croiser.

Au Docteur LAFARGUE,

Merci de m'avoir fait découvrir ce métier, de m'avoir donné l'envie de le pratiquer.

Aux Docteurs DUTHEIL et GIORDANO,

C'était avec plaisir que j'ai participé à l'ouverture de votre clinique, merci de m'y avoir accueilli. Qu'elle vous apporte tout ce que vous espérez.

Aux vétérinaires de Decize,

Merci de me mettre le pied à l'étrier, de jour comme de nuit.

Au Docteur Capitaine Thomas NORMANT,

Merci d'avoir rendu cette thèse réalisable, d'avoir motivé tous les maîtres de chiens et de nous avoir accordé plusieurs heures de votre temps. En espérant que ce qui en sortira pourra vous être utile.

Aux maîtres de chiens,

Merci pour votre participation, en espérant que les résultats pourront vous servir.

A Lucile,

Nous nous sommes trouvé avec nos deux caractères que nous sommes peut être les seuls à pouvoir supporter. Nous pouvons commencer notre vie, aller là où l'isolement nous sera suffisant.

TABLE DES MATIERES

	Page
Table des illustrations	12
I – Les chiens dans l’armée	14
1) Recrutement et soins apportés aux chiens	15
2) Importance économique	15
3) Travail demandé aux chiens	16
4) Problèmes pouvant être rencontrés	17
II – Physiologie de l’effort	20
1) Production d’énergie	20
a) Les différents substrats énergétiques	20
b) Les différentes voies de production d’énergie	20
2) Notion de fatigue	23
3) Buts de l’entraînement	24
III – Variation des paramètres cliniques	25
1) Adaptations cardio-vasculaires	25
a) Régulation nerveuse du cœur	25
b) Variations de la fréquence cardiaque	25
c) Modifications cardiaques liées à l’entraînement	26
d) Modifications du tracé ECG	26
e) Adaptations cardio-vasculaires à l’effort	26
f) Variations de la fréquence cardiaque avec l’entraînement	27
g) Variations de la régulation nerveuse avec l’effort	28
h) Variations de la régulation nerveuse avec l’entraînement	29
i) Affections cardiaques liées à l’effort	29
2) Adaptations respiratoires	30
a) Evolution de la fréquence respiratoire lors d’un effort	30
b) Evolution de la fréquence respiratoire avec l’entraînement	31
c) Affections respiratoires liées à l’effort	31
3) Température corporelle	31
4) Relations entre hyperthermie, hyperventilation et fréquence cardiaque	31
IV – Matériel et méthodes	34
V – Résultats	35
1) Avant entraînement, le 24.01.2008	35
a) Tableau de résultats	35
b) Fréquence cardiaque	37
c) Fréquence respiratoire	38
d) Température rectale	39
2) Après entraînement, le 19.03.2008	41
a) Tableau de résultats	41
b) Fréquence cardiaque	43
c) Fréquence respiratoire	44
d) Température rectale	45
3) Modifications suite à l’entraînement	46

a) Fréquence cardiaque	46
- Suivi par intervalle de fréquence cardiaque	46
- Suivi chien par chien	48
b) Fréquence respiratoire	50
- Suivi par intervalle de fréquence respiratoire	50
- Suivi chien par chien	52
c) Température rectale	54
d) ECG	56
e) Poids	56
VI – Discussion	56
VII – Conclusion	58
Bibliographie	60

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photos :		Page
Photo 1	Chien en recherche d'armes.	14
Photo 2	Chien en recherche de stupéfiants.	15
Photo 3	Chien au mordant.	16
Photo 4	Chien au mordant.	17
Photo 5	Chien au pistage.	17
Tableaux :		
Tableau 1	Caractéristiques des fibres musculaires équinnes.	23
Tableau 2	Résultats du 24.01.2008, avant entraînement.	35
Tableau 3	Moyennes et écarts types de la fréquence cardiaque avant entraînement.	37
Tableau 4	Répartition des chiens par intervalle de fréquence cardiaque, avant entraînement.	37
Tableau 5	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque, avant entraînement.	37
Tableau 6	Moyennes et écarts types de la fréquence respiratoire avant entraînement.	38
Tableau 7	Moyennes et écarts types de la température rectale avant entraînement.	39
Tableau 8	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale, avant entraînement.	39
Tableau 9	Résultats du 19.03.2008, après entraînement.	41
Tableau 10	Moyennes et écarts types de la fréquence cardiaque après entraînement.	43
Tableau 11	Répartition des chiens par intervalle de fréquence cardiaque, après entraînement.	43
Tableau 12	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque, après entraînement.	43
Tableau 13	Moyennes et écarts types de la fréquence respiratoire après entraînement.	44
Tableau 14	Moyennes et écarts types de la température rectale après entraînement.	45
Tableau 15	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale, après entraînement.	45
Tableau 16	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque de départ.	48
Tableau 17	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque après l'exercice.	48
Tableau 18	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque 15 minutes après l'exercice.	49
Tableau 19	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence respiratoire de départ.	52
Tableau 20	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence respiratoire après l'exercice.	53
Tableau 21	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence respiratoire 15 minutes après l'exercice.	54

Tableau 22	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale de départ.	54
Tableau 23	Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale 15 minutes après l'exercice.	55
 Figures :		
Figure 1	La fatigue musculaire.	24
Figure 2	La régulation nerveuse du cœur par le système nerveux autonome.	25
Figure 3	Réponse supposée du baroréflexe aux stimuli.	29
 Graphiques :		
Graphique 1	Evolution de la fréquence cardiaque des chiens avant entraînement.	38
Graphique 2	Evolution de la fréquence respiratoire des chiens avant entraînement.	39
Graphique 3	Evolution de la température rectale des chiens avant entraînement.	40
Graphique 4	Evolution de la fréquence cardiaque des chiens après entraînement.	44
Graphique 5	Evolution de la fréquence respiratoire des chiens après entraînement.	45
Graphique 6	Evolution de la température rectale des chiens après entraînement.	46
Graphique 7	Modification de la répartition des fréquences cardiaques de départ.	46
Graphique 8	Modification de la répartition des fréquences cardiaques après l'exercice.	47
Graphique 9	Modification de la répartition des fréquences cardiaques 15 minutes après l'exercice.	47
Graphique 10	Evolution des fréquences cardiaques de départ.	48
Graphique 11	Evolution des fréquences cardiaques après l'exercice.	49
Graphique 12	Evolution des fréquences cardiaques 15 minutes après l'exercice.	49
Graphique 13	Evolution des moyennes des fréquences cardiaques.	50
Graphique 14	Modification de la répartition des fréquences respiratoires de départ.	51
Graphique 15	Modification de la répartition des fréquences respiratoires après l'exercice.	51
Graphique 16	Modification de la répartition des fréquences respiratoires 15 minutes après l'exercice.	52
Graphique 17	Evolution des fréquences respiratoires de départ.	53
Graphique 18	Evolution des fréquences respiratoires après l'exercice.	53
Graphique 19	Evolution des fréquences respiratoires 15 minutes après l'exercice.	54
Graphique 20	Evolution des températures rectales de départ.	55
Graphique 21	Evolution des températures rectales 15 minutes après l'exercice.	55

I Les chiens dans l'armée :

Les chiens ont toujours eu leur place dans l'armée. Déjà au XIII siècle avant Jésus-Christ, ils étaient utilisés en tant que soldat à part entière et étaient engagés dans des combats contre des hommes. Il s'agissait alors de gros molosses ressemblant aux Dogues du Tibet actuels (34).

Dans les guerres plus récentes ils ont été utilisés en tant que pisteurs, chiens de liaison, porteurs, d'attelage, patrouilleurs ou encore chiens sanitaires ; de nombreuses missions qui sont peu à peu remplacées par la technologie (44).

Aujourd'hui il y a environ 560 équipes cynophiles de gendarmerie en France. Les chiens sont encore utilisés pour des missions de garde, d'assaut, d'éclairage, de maintien de l'ordre. Mais ils sont aussi utilisés pour leur très bon odorat. Ils sont ainsi sollicités pour suivre des pistes de malfaiteurs, retrouver des personnes enfouies sous des décombres ou des cadavres. Ils recherchent également des stupéfiants ou des explosifs (44, 46).



Photo 1 : chien en recherche d'armes

Source : service d'information et de relations publiques des armées



Photo 2 : chien en recherche de stupéfiants
Source : service d'information et de relations publiques des armées

Mais avant de se retrouver en mission, tous les chiens passent par des centres de formation tels que celui de Gramat dans le Lot.

1) Recrutement et soins apportés aux chiens :

Les chiens qui arrivent à Gramat proviennent de divers élevages, rabatteurs ou particuliers. Ils ont entre 10 et 24 mois. Après une visite d'achat effectuée par le vétérinaire du Centre National d'Instruction Cynophile de la Gendarmerie (CNICG), ils sont pris à l'essai pour une période de 1 mois. Commence alors une période de débouillage de 3 mois en moyenne. Puis ils entament un stage de 3 mois au cours duquel ils vont suivre un entraînement.

Durant leur séjour à Gramat, les chiens sont logés dans des courettes individuelles de 8,5 m², 1 courette extérieure pour la journée et 1 courette intérieure pour la nuit. Ils sont nourris avec des croquettes premium, sont vermifugés tous les 6 mois et vaccinés tous les ans.

Les principales races présentes sont le berger belge malinois (80 % de l'effectif) et le berger allemand. On trouve également des saint Hubert, fox terrier, berger hollandais, english springer spaniel (44).

2) Importance économique :

Chaque année il y a une centaine de chiens formés en formation initiale et une vingtaine en « recyclage ». Le coût de la formation d'un chien est difficile à évaluer, il comprend l'achat (1680 € en moyenne) auquel il faut ajouter la nourriture, le salaire de l'instructeur et les frais vétérinaires. La carrière moyenne d'un chien est de 8 ans.

Les chiens sont mis à la retraite lorsqu'ils sont reconnus inaptes au service. Ce peut être soit en raison de leur âge (généralement dans leur 9^{ème} année) soit à cause d'un accident (44).

3) Travail demandé aux chiens :

Chaque chien est attribué à un maître de chien. Les maîtres de chiens sont répartis par groupe de 6 ou 7 et sont encadrés dans leur formation par un instructeur. Chaque instructeur suit un programme d'entraînement dont les grandes bases sont :

- 1 ou 2 pistes le matin → 15-20 minutes de concentration, cela peut aller jusqu'à 40 minutes si c'est un exercice de recherche
- 10 minutes d'obéissance et 2-3 mordants l'après-midi → 10 minutes de concentration et 5-10 minutes d'efforts intenses
- Entraînement du lundi au vendredi, repos le week-end.



Photo 3 : chien au mordant

Source : service d'information et de relations publiques des armées



Photo 4 : chien au mordant
Source : service d'information et de relations publiques des armées

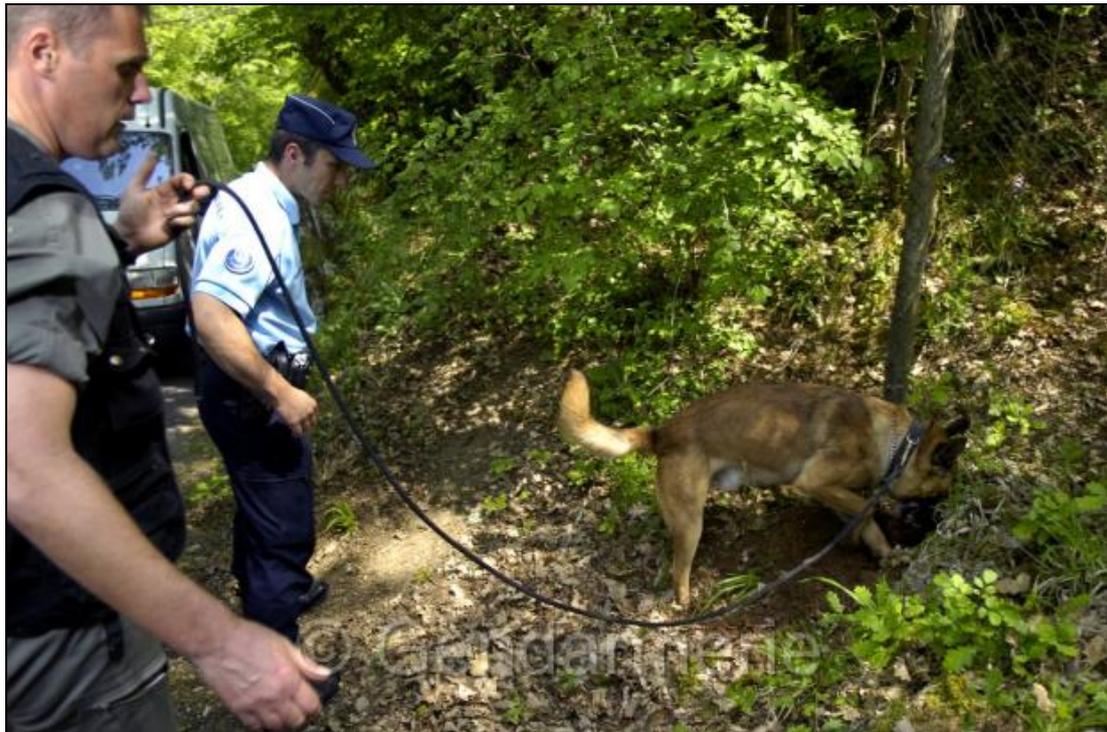


Photo 5 : chien au pistage
Source : service d'information et de relations publiques des armées

4) Problèmes pouvant être rencontrés :

Comme tout sportif, le chien peut être sujet à divers troubles.

Ces troubles sont en partie dus au stress. Le stress se définit comme un état dans lequel il y a échec dans la lutte contre les conditions adverses. L'environnement peut alors avoir des effets préjudiciables (14). Les problèmes liés au stress peuvent être classés selon leur expression symptomatique : comportemental, neurovégétatif ou digestif.

- Manifestations comportementales : vocalises, élimination (mictions et/ou défécations répétées), morsures d'objets ou creusement du sol.
- Manifestations neurovégétatives : tachycardie émotionnelle, polypnée, mydriase, sialorrhée ou hypertension.
- Manifestations digestives : vomissements, ulcères gastriques souvent pyloriques, diarrhée. Elles peuvent être à l'origine de pertes nutritionnelles préjudiciables à la condition physique attendue de ces chiens (15).

Les chiens entraînés à Gramat suivent un programme contenant des activités variées. On retrouve donc les affections traumatiques liées à chacune de ces activités. Ce sont :

- des fractures dentaires principalement des crocs,
- des affections musculo-tendineuses (courbatures, claquage, rhabdomyolyse d'effort, tendinites),
- des traumatismes ostéo-articulaires comme des entorses, la rupture du ligament croisé crânial, les lésions méniscales, les luxations, les fractures avec notamment les fractures de fatigue (34).

On peut également rencontrer des affections que l'on peut qualifier de métaboliques, ce sont l'hypoglycémie, le coup de chaleur, la torsion d'estomac (34).

Les affections cardio-vasculaires font aussi partie des problèmes qui peuvent être rencontrés lors de la formation.

Certains des problèmes précités peuvent conduire à une mise à la retraite anticipée du chien. Or un chien qui, au bout de plusieurs mois d'entraînement, se révèle inapte à la tâche que l'on attend de lui, va être réformé et devient une perte de temps et d'argent. C'est pourquoi nous allons rechercher quelques paramètres facilement mesurables qui pourraient permettre de détecter précocement ces chiens. Nous allons notamment nous intéresser à des éléments simples de l'examen clinique : la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la température rectale et le poids. Nous allons également étudier leur tracé électrocardiographique (ECG).

Après une synthèse bibliographique sur l'état actuel des connaissances de la physiologie de l'effort et des variations des paramètres cliniques induits par l'entraînement, nous allons rechercher quelles variations sont interprétables dans les conditions de terrain afin de détecter les chiens susceptibles de devenir insuffisants à l'effort.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

PHYSIOLOGIE DE L'EFFORT ET VARIATIONS DES PARAMETRES CLINIQUES INDUITES PAR L'EFFORT ET PAR L'ENTRAINEMENT

II Physiologie de l'effort :

1) Production d'énergie :

a) Les différents substrats énergétiques :

Il existe deux familles de substrats énergétiques : les glucides et les acides gras. Ces substrats ont diverses origines. Ils peuvent provenir :

- du muscle pour le glycogène et les triglycérides (38),
- du foie pour le glucose (18),
- du tissu adipeux dans le cas des acides gras (43).

Le substrat utilisé varie au cours de l'exercice.

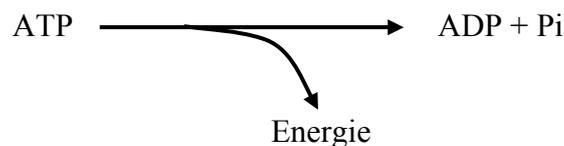
- L'utilisation du glucose et l'oxydation du glycogène musculaire augmentent en même temps que l'intensité de l'exercice (59).
- Lors d'exercice de longue durée, l'utilisation des acides gras devient plus importante que celle du glucose comme source d'énergie (40, 64).

L'entraînement modifie le substrat énergétique utilisé lors d'un exercice.

- L'oxydation du glucose diminue au profit de celle des acides gras. Ainsi la glycolyse diminue et par là même la quantité de lactates produits.
- L'entraînement modifie l'origine des acides gras utilisés. Il y a : diminution de la lipolyse périphérique et de l'utilisation des acides gras libres, augmentation de la lipolyse intramusculaire et de l'oxydation des triglycérides intramusculaires (18, 36, 38, 55).

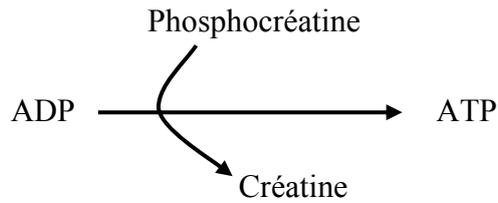
b) Les différentes voies de production d'énergie :

Un chien utilise de l'énergie pour contracter ses muscles. Cette énergie est produite dans les cellules musculaires lors de l'hydrolyse de l'Adénosine TriPhosphate (ATP) en Adénosine DiPhosphate (ADP) et Phosphate inorganique (Pi).

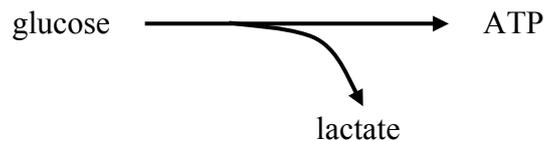


Les cellules musculaires ont plusieurs voies pour produire cette énergie.

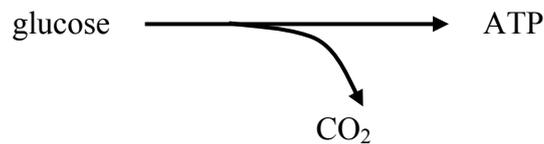
- Pendant les quelques secondes qui suivent le début de l'effort, la cellule musculaire utilise ses réserves d'ATP. Elle reconstitue celles-ci à partir de la phosphocréatine présente dans les cellules musculaires sans avoir besoin d'oxygène. Le transfert de groupement phosphate depuis la phosphocréatine vers l'ADP se fait grâce à la phosphocréatine kinase (CPK).
C'est la voie anaérobie alactique. Les faibles stocks de phosphocréatine musculaire limitent la quantité d'énergie pouvant être produite.



- Puis la cellule met en place la glycolyse qui est anaérobie. A la suite de la glycolyse, il y a la fermentation lactique qui produit de l'acide lactique, c'est la voie anaérobie lactique.

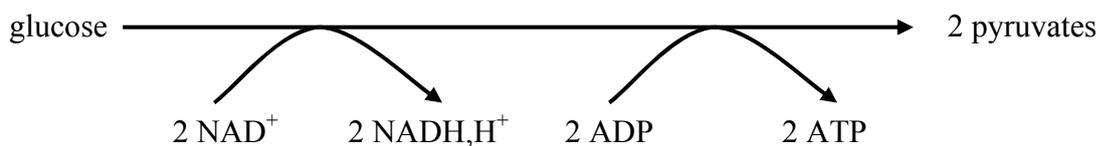


- Au bout de quelques minutes se met en place la voie oxydative, aérobie (30).

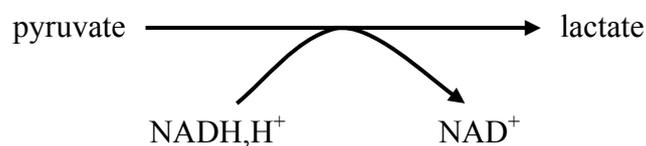


Selon la voie utilisée, le rendement est différent.

- Le glucose va d'abord subir la glycolyse. A la suite de cette réaction anaérobie, il va être formé 2 ATP, 2 Nicotinamide Adénine Dinucléotide réduits (NADH,H⁺) et 2 pyruvates.



- Dans le cas de la fermentation lactique, il y a transformation des pyruvates en lactates.



Ainsi, lors de la fermentation, à partir d'une molécule de glucose il y a production en tout de 2 ATP.

- Les lactates sont ce que l'on appelle des impasses métaboliques, ils ne peuvent pas produire d'énergie. Ils peuvent par la suite être transformés en glucose lors de la néoglucogenèse qui se passe dans le foie. C'est le cycle de Cori.

- Les acides gras peuvent également servir de source d'énergie. Ils sont dégradés en acétyl coenzyme A au cours de β -oxydations (hélice de Lynen). Il y a alors consommation d'un ATP et production de 2 NADH, H⁺ et de 2 FADH₂. Puis l'acétyl coenzyme A entre dans le cycle de Krebs. Il y a au final production de 45 ATP à partir d'un acide gras à 6 carbones.

Selon le type d'effort demandé, ce sera plutôt l'une ou l'autre de ces voies qui sera favorisée. Au mordant ce sera principalement la voie anaérobie, au pistage ce sera surtout la voie oxydative (33, 37).

Aucune influence de l'entraînement sur la voie anaérobie alactique n'a été rapportée à ce jour. Par contre, il peut améliorer l'équipement enzymatique des cellules musculaires et ainsi permettre à celles-ci de mieux tolérer l'acide lactique. Pour ce qui est de la voie aérobie, le facteur limitant est l'apport en O₂ ; si la capacité maximale d'extraction d'O₂ (VO₂max) est dépassée, c'est la voie anaérobie qui fournit le surplus d'énergie (30).

L'énergie est produite dans les cellules musculaires, elles mêmes regroupées en fibres musculaires. Il y a plusieurs types de fibres qui ont chacune leurs caractéristiques.

- Les fibres de type I : force limitée, fatigabilité faible et capacité oxydative élevée. Cela leur permet d'utiliser de manière très efficace les lipides comme substrats énergétiques. Elles ont peu de réserve de glycogène et ont une activité glycolytique limitée. L'oxydation des lipides est la voie la plus rentable en termes de production d'ATP mais c'est la plus lente à être initiée en comparaison de la glycolyse.
- Les fibres II B sont à l'opposé : force importante, fatigabilité élevée, capacité glycolytique élevée et capacité aérobie limitée. Elles sont donc sollicitées lors d'efforts courts et intenses.
- Les fibres II A et II C sont intermédiaires entre les 2 types précédents (3).

Une étude sur les fibres musculaires des chevaux résume leurs caractéristiques dans le tableau 1.

Paramètres	Comparaison des différents types de fibres
Vitesse de contraction	De plus lente à plus rapide : I < II A < II C < II B
Résistance à la fatigue	De plus résistante à plus fatigable : I > II A > II C > II B
Force de contraction	De moins à plus puissante : I < II A < II C < II B
Propriétés métaboliques : - réserves en glycogène - capacité oxydative - capacité glycolytique	De faible à important : I < II A < II C < II B D'important à faible : I ≥ II A > II C > II B De faible à important : I < II A < II C < II B

Tableau 1 : Caractéristiques des fibres musculaires équinnes (77)

Le pourcentage relatif des différents types de fibres est déterminé génétiquement. Cependant, l'entraînement peut modifier les propriétés métaboliques des fibres, leur taille ou bien la densité des réseaux capillaires environnants (77). Par exemple des chevaux soumis à un entraînement d'endurance voient leurs fibres de type I et II A s'hypertrophier en même temps que le réseau capillaire qui les entoure se développe (56).

2) Notion de fatigue :

La fatigue musculaire se définit par l'amointrissement de la capacité d'un muscle à générer une force. Ainsi la fatigue musculaire se développe avant la baisse de la performance et donc

avant l'arrêt de la tâche (Figure 1). On peut voir que l'affaiblissement contractile se traduit par la nécessité d'accroître le niveau d'activation pour maintenir le niveau de force imposé (37).

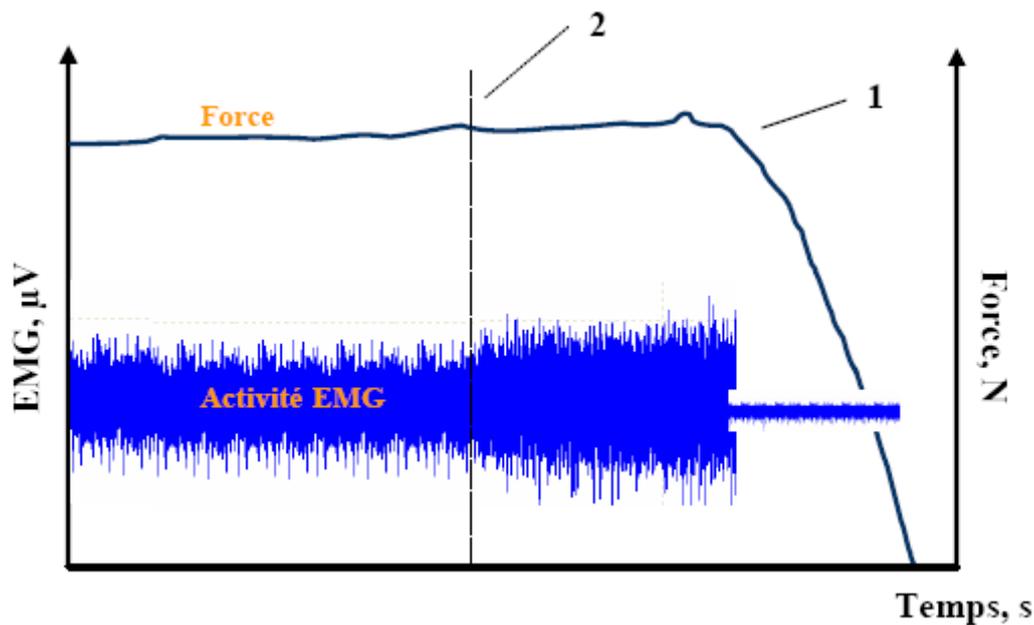


Figure 1 : La fatigue musculaire : la baisse de performances (point 1 sur le schéma) se produit après le début de la fatigue (point 2 sur le schéma) au moment où l'activité EMG augmente (37)

L'apparition de la fatigue serait liée à diverses modifications biochimiques et métaboliques.

- L'augmentation de la concentration plasmatique en ions K^+ modifierait la propagation du potentiel d'action au niveau des tubules transverses (78).
- Au pH physiologique, l'acide lactique est dissocié en lactate et H^+ . L'acidose intramusculaire ainsi créée provoque une baisse de la libération des ions Ca^{2+} par le réticulum sarcoplasmique (79) et une baisse de l'affinité de la troponine C pour le calcium (13).
En conséquence, la force développée est diminuée.
- Indépendamment du pH, une augmentation de la concentration en lactate dans le muscle réduit la force de contraction (35).
- Une surproduction de radicaux libres de l'oxygène serait délétère en altérant les membranes cellulaires et en provoquant une inflammation avec sensibilisation des terminaisons nerveuses libres (type III et IV) (37).

Ainsi la fatigue musculaire est due à une accumulation de catabolites dans le muscle. Par divers mécanismes ces catabolites diminuent le travail pouvant être produit.

3) Buts de l'entraînement :

L'amélioration des performances des chiens est le but recherché par l'entraînement.

Selon le type d'entraînement effectué, on va sélectionner un type de fibres musculaires (on n'augmente pas le nombre de cellules musculaires) et donc sélectionner une voie métabolique. On peut développer la capacité aérobie par de l'endurance, on cherche alors à retarder le seuil d'accumulation du lactate et donc le seuil de fatigue. Il y a augmentation des proportions de fibres de type I (30, 33, 56).

On peut également augmenter la capacité de l'organisme à tolérer de fortes concentrations en lactates en développant le pouvoir tampon. Ceci se fait lors de l'entraînement au mordant (33).

III Variations des paramètres cliniques :

1) Adaptations cardio-vasculaires :

a) Régulation nerveuse du cœur :

Au repos la fréquence cardiaque est ralentie par le nerf vague (parasymphatique) dont le médiateur est l'acétylcholine. A l'effort, il y a augmentation de la fréquence cardiaque par une stimulation plus importante du système nerveux sympathique (dont le médiateur est la noradrénaline) et par une baisse de la stimulation du parasymphatique. Les fibres nerveuses sympathiques et parasymphatiques viennent se terminer au niveau du nœud sino-atrial.

Des barorécepteurs se trouvant au niveau de la crosse aortique, du sinus carotidien et dans le cœur informent celui-ci sur la pression artérielle et sont à l'origine, en cas de baisse de cette pression, d'une tachycardie réflexe.

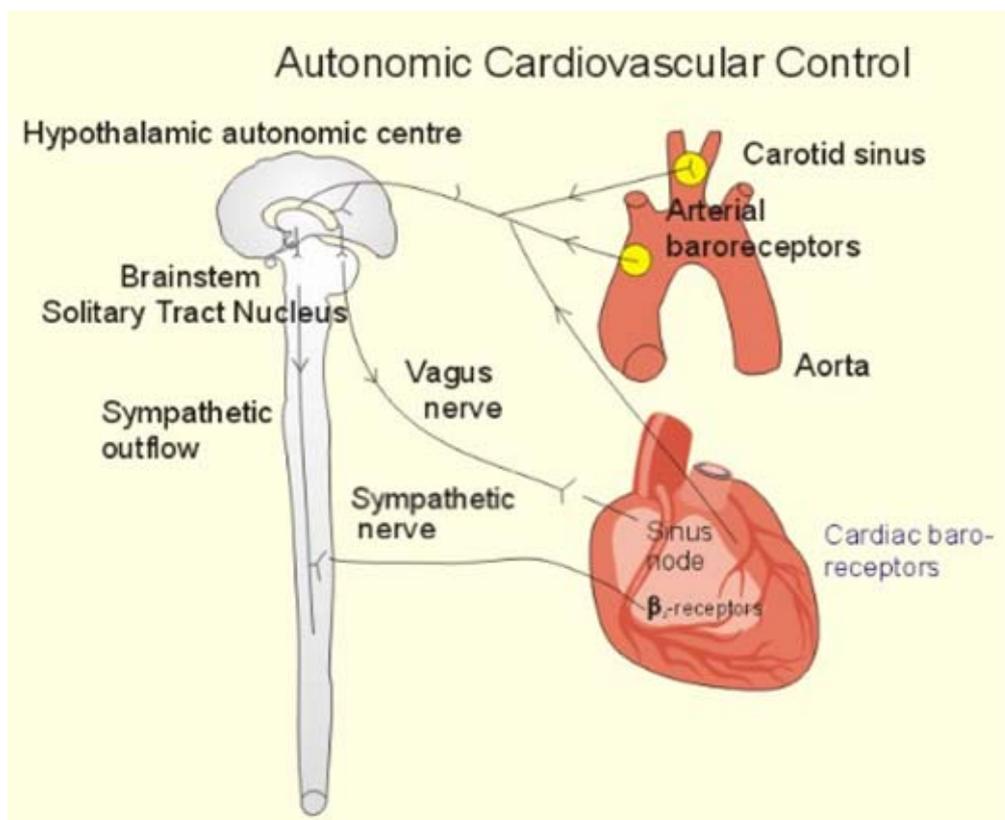


Figure 2 : La régulation nerveuse du cœur par le système nerveux autonome.
Source : http://mednote.dk/images/Fysiologi_paulev_06-4.jpg (45)

b) Variations de la fréquence cardiaque :

C'est au cours du sommeil que la fréquence cardiaque est la plus basse.

Lors d'une étude, il a été démontré qu'il y a toujours une légère augmentation de la fréquence cardiaque des chiens lors de la manipulation de ceux-ci. Notamment lorsque l'on réalise un électrocardiogramme (ECG), même si le chien est habitué aux expérimentateurs et qu'il semble demeurer calme, il présente quand même une augmentation de la fréquence cardiaque (23).

I.C. VINCENT a mis en évidence que les chiens qualifiés de « sujets au stress, excitables » ont des variations plus importantes dans leur fréquence cardiaque que les chiens qualifiés de « non sujets au stress, calmes » (76).

Il faut garder à l'esprit ces observations afin d'interpréter correctement les variations observées et être capable, dans la mesure du possible, de faire la distinction entre une tachycardie liée à l'effort et une tachycardie liée à l'excitation.

c) Modifications cardiaques liées à l'entraînement :

Chez un chien entraîné durant 10 semaines, il y a une augmentation de la masse cardiaque et plus particulièrement une hypertrophie ventriculaire (42). On peut aussi observer une augmentation du diamètre de l'oreillette gauche (70).

Chez l'homme il y a une augmentation du diamètre du ventricule gauche, de l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche ainsi que du septum interventriculaire (25).

d) Modifications du tracé ECG :

Cette augmentation de la masse cardiaque entraîne une modification du tracé ECG. La durée du complexe QRS est plus longue. Or le complexe QRS correspond à la dépolarisation des ventricules, sa durée reflète donc la taille des ventricules. L'amplitude de l'onde R ainsi que la durée de l'intervalle QT sont augmentées (21, 34).

On observe aussi une augmentation de l'intervalle R-R (42) ce qui correspond à une diminution de la fréquence cardiaque.

e) Adaptations cardio-vasculaires à l'effort :

La fréquence cardiaque redescend rapidement la première minute après l'effort, puis graduellement ensuite (54). Il semble donc hasardeux à ART T., *et al.* d'extrapoler la fréquence cardiaque au cours de l'effort à partir de la fréquence enregistrée en récupération, même si la mesure est effectuée dès l'arrêt (3). Sans cardiofréquencemètre il semble donc impossible d'accéder à la fréquence cardiaque atteinte lors de l'effort.

Le métaboréflexe musculaire permet d'adapter la fréquence cardiaque aux besoins lors d'un exercice. Lorsque les muscles en activité ne reçoivent pas assez de métabolites et d'O₂ pour effectuer correctement leur travail, il y a accumulation de catabolites (acide lactique, H⁺, H₂PO₄⁻) au niveau des cellules. Cette accumulation active le système nerveux sympathique via les terminaisons nerveuses libres de type III et IV (1, 49).

Les muscles respiratoires peuvent aussi engendrer le métaboréflexe (58).

Le métaboréflexe musculaire stimule le système nerveux sympathique. Cela a plusieurs effets :

- Splénocontraction. Cela augmente l'hémoglobinémie, la concentration en O₂ au niveau artériel et donc l'O₂ disponible au niveau musculaire (49).

- Effet inotrope positif. Cela augmente la contractilité du ventricule et ainsi le débit cardiaque (62).
- Augmentation du débit cardiaque et vasoconstriction des territoires inactifs (2, 5).
- Augmentation de la fréquence cardiaque et légère augmentation du volume d'éjection systolique. Cela augmente le débit cardiaque et la pression artérielle (48).
- Plus forte augmentation du volume d'éjection systolique si la fréquence cardiaque est contrôlée par un pacemaker. Cela augmente le débit cardiaque et la pression artérielle (48).
- Vasoconstriction des coronaires. Cela diminue le débit sanguin au niveau des coronaires (2).
- Rehaussement du seuil de sensibilité des barorécepteurs (*cf infra* pour les effets) (63).

Ainsi, chez les animaux en bonne santé, le métaboréflexe augmente la fréquence cardiaque, le débit cardiaque, la pression artérielle et permet de corriger le déficit de débit sanguin en augmentant la pression de perfusion au niveau des territoires actifs (48).

Mais chez les animaux présentant des troubles cardiaques, il y aurait une plus importante activation du système sympathique au niveau cardiaque. Cela diminue la perfusion du myocarde ; par conséquent la fonction contractile de ce muscle et donc sa capacité à augmenter le débit cardiaque diminuent également (1, 51).

Lors d'un exercice, le débit cardiaque augmente donc par divers moyens. Il y a augmentation de la fréquence cardiaque, du retour veineux, de l'inotropisme et du volume d'éjection systolique. Des études sur les poneys ont montré qu'il y a une vasoconstriction au niveau des territoires inactifs tels que les reins et une vasodilatation au niveau des territoires actifs tels que le myocarde, le diaphragme ou les muscles (53).

Au début de l'exercice, la contraction des muscles permet une expulsion du sang veineux de ces muscles vers les veines centrales. Ce retour veineux augmente la pression au niveau des veines centrales. De plus, les muscles augmentent leur débit sanguin par une dilatation des artérioles afférentes ce qui provoque une baisse de la pression artérielle (65).

La redistribution du débit sanguin associée à une accélération de retour veineux permise par les contractions musculaires et thoraciques et l'augmentation du débit sanguin au niveau des muscles fait partie des adaptations cardio-vasculaires observées à l'effort. Ces adaptations permettent d'accroître le débit sanguin et par conséquent l'apport d'oxygène vers les tissus qui en ont le plus besoin.

Aucune relation entre le rythme cardiaque et les mouvements n'a été rapportée (66).

f) Variations de la fréquence cardiaque avec l'entraînement :

Selon les auteurs, l'entraînement a ou n'a pas de répercussion sur la fréquence cardiaque.

- Pour certains les fréquences cardiaques de repos et maximale ne sont pas modifiées par l'entraînement (24).
- Chez le cheval, il apparaît que la fréquence cardiaque maximale est atteinte d'autant plus tardivement qu'il est entraîné ; et donc pour une même intensité d'effort, à un instant t, la fréquence cardiaque est d'autant plus basse que le cheval est entraîné (8, 71).
- Chez d'autres auteurs, un entraînement de 9 semaines a permis de diminuer la fréquence cardiaque au repos de 26 % et celle d'un exercice submaximal de 22 % (un exercice submaximal étant un exercice au cours duquel la VO_2 est inférieure à 70 % de la

VO₂max). Mais ils n'ont trouvé aucune différence significative quant à la fréquence cardiaque lors d'un exercice d'intensité maximale (72). De même d'autres auteurs trouvent une diminution de la fréquence cardiaque au repos après entraînement (7, 29, 70, 74).

- Chez d'autres auteurs encore, les expériences ont montré qu'il n'y a pas ou peu de modification de la fréquence cardiaque 15 minutes après l'exercice suite à l'entraînement (60).

En résumé, dans la plupart des études on observe chez les animaux sportifs une fréquence cardiaque de repos plus basse, une fréquence cardiaque pour un même exercice plus basse, mais une fréquence cardiaque maximale inchangée.

Avec l'entraînement, des souffles cardiaques apparaissent au repos. Ils sont systoliques et situés en regard de la base du cœur, du côté gauche. Ils seraient causés par les turbulences dues à l'augmentation du volume d'éjection systolique sans qu'il n'y ait d'augmentation du diamètre aortique (70).

Après 4 à 5 semaines sans entraînement, la plupart des adaptations acquises par l'entraînement disparaissent (74).

g) Variations de la régulation nerveuse avec l'effort :

Au repos, la bradycardie est sous le contrôle du système parasympathique et la tachycardie est sous le contrôle du parasympathique et du sympathique. Alors qu'à l'exercice, la fréquence cardiaque est sous l'action conjointe des 2 systèmes (52).

Au cours de l'exercice il y a augmentation d'abord rapide de la fréquence cardiaque, ceci est en partie dû à une inhibition d'abord rapide du tonus vagal. Puis, lorsque l'on augmente la charge de travail, la fréquence cardiaque augmente plus lentement. Ceci est en partie dû à une inhibition plus progressive du tonus vagal associé à une augmentation du tonus sympathique (42, 50). L'accélération du rythme cardiaque est donc d'abord due à une diminution de l'activité parasympathique, puis quand la difficulté de l'exercice augmente, elle passe également sous l'influence de l'augmentation d'activité sympathique (57).

Même lors d'un effort d'intensité maximale, alors que le système sympathique exerce une action cardio-accélétratrice forte, il existe toujours un contrôle cardio-modulateur effectué par le système parasympathique (50).

Les barorécepteurs, qui permettent d'ajuster la fréquence cardiaque en fonction de la pression artérielle, ne présenteraient pas de modification de leur sensibilité lors de l'exercice. Une même variation de pression artérielle provoque la même variation de fréquence cardiaque que ce soit au repos ou lors d'un exercice. Ainsi, si la stimulation sympathique du cœur devient trop importante, l'augmentation de la pression artérielle qui en résulte permet d'inhiber en partie le système sympathique via les barorécepteurs, et donc de limiter les effets néfastes d'une hypertension (57).

Cependant, des études plus récentes contredisent cette idée et montrent qu'un exercice physique tend à diminuer la sensibilité des barorécepteurs dans leur contrôle de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. De plus le métaboréflexe musculaire semble avoir les mêmes effets (63).

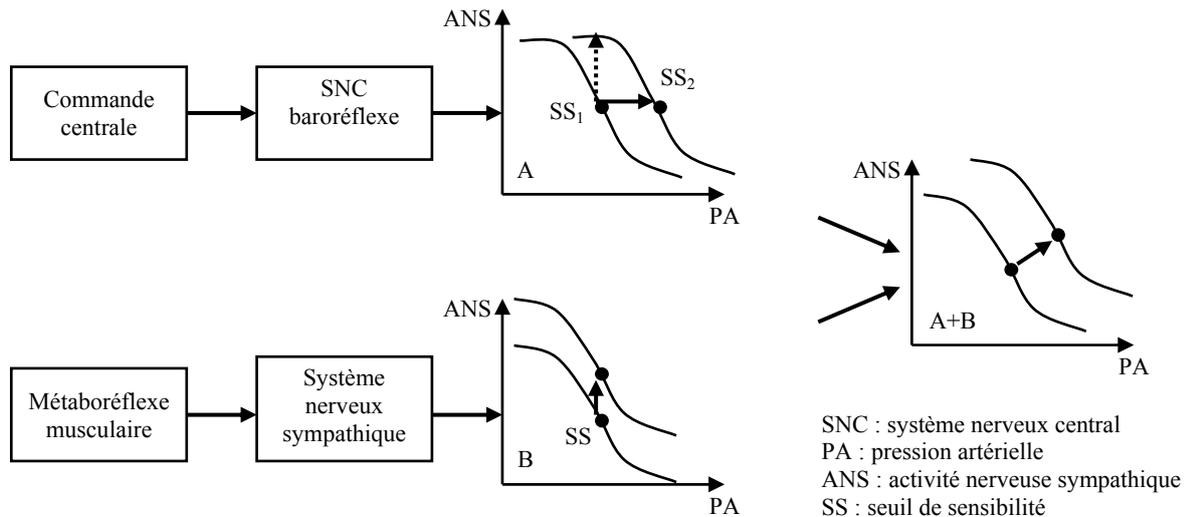


Figure 3 : Réponse supposée du baroréflexe aux stimuli.

A : rehaussement du SS par le SNC à une PA plus élevée ; la flèche en pointillés montre qu'une modification de la PA autour de SS₁ est peu corrigée car on se trouve sur la portion plate de la courbe

B : augmentations de l'ANS et de la PA sans changement du SS

A+B : effets combinés supposés des 2 stimuli au cours d'un exercice

(61)

Il semblerait que le système nerveux central rehausse le seuil de sensibilité des barorécepteurs dès le début de l'exercice. Les barorécepteurs perçoivent alors une hypotension relative et la corrigent en provoquant une tachycardie ou une vasoconstriction afin de remettre à niveau la pression artérielle. Cependant ils ne perçoivent pas d'hypotension si la tachycardie provoquée par l'inhibition rapide du tonus vagal est suffisante pour rehausser la pression artérielle jusqu'au nouveau seuil. C'est ce qui se passe lors d'exercice de faible intensité. Lorsque l'exercice emploie une importante masse musculaire, la levée du tonus vagal est insuffisante, il y a stimulation des barorécepteurs ce qui provoque une vasoconstriction (61).

h) Variations de la régulation nerveuse avec l'entraînement :

L'entraînement augmente le tonus vagal (11, 68).

- Chez l'Homme, l'entraînement augmente l'activité parasympathique, et ce tout au long de la journée, pas uniquement lors d'exercice (32).
- Les chiens entraînés ont une fréquence cardiaque au repos plus basse et ils présentent une arythmie sinusale respiratoire plus marquée (20).
- Les modifications du système nerveux autonome dans la régulation de la fréquence cardiaque lors d'un entraînement s'effectuent en premier lieu sur le recouvrement de la fréquence cardiaque de repos à la suite d'un exercice puis sur la fréquence cardiaque de repos elle-même (80).

i) Affections cardiaques liées à l'effort :

Des troubles dans la régulation de la fréquence cardiaque peuvent engendrer des arrêts cardiaques. Notamment, il a été démontré qu'une augmentation de l'activité sympathique diminue la stabilité de l'influx électrique au niveau du myocarde et prédispose à la fibrillation ventriculaire. A l'inverse, une augmentation de l'activité parasympathique protège contre les

troubles du rythme (22). Les chiens entraînés seraient donc moins sujets aux fibrillations ventriculaires.

Des expériences menées conjointement sur des chiens sensibles aux fibrillations ventriculaires et sur des chiens résistants ont montré que :

- le tonus vagal diminue plus sur les chiens sensibles que sur les chiens résistants lors d'exercices physiques (course) ;
- la fréquence cardiaque des chiens sensibles monte plus haut que celle des chiens résistants ;
- au bout de 3 minutes, le tonus vagal revient à sa valeur de base chez les animaux résistants alors qu'il est encore en dessous de cette valeur chez les animaux sensibles. Ceci semble indiquer une plus grande inhibition de l'activité parasympathique chez les chiens sensibles que chez les résistants (10).

Lors d'autres études, la régulation parasympathique du cœur diminue de la même manière chez les chiens sensibles et chez les résistants. Les auteurs attribuent la plus forte augmentation de la fréquence cardiaque des chiens sensibles lors du début de l'exercice à une augmentation de l'activation des récepteurs β -adrénergiques (augmentation de l'activité sympathique) (9).

Les chiens résistants aux fibrillations ventriculaires retrouvent plus rapidement une activité vagale normale après l'exercice que les chiens sensibles. La récupération cardiaque post-exercice peut donc permettre d'identifier les individus sensibles aux fibrillations ventriculaires (67). Un retour anormalement long à la fréquence cardiaque de repos à la suite d'un exercice est alors de mauvais pronostic (19).

Dès l'arrêt d'un effort d'intensité maximale tel qu'un sprint, on observe une augmentation des troubles du rythme cardiaque. Ce sont surtout des troubles rythmiques : extrasystoles ventriculaires, tachycardies auriculaires et ventriculaires (75).

En résumé on peut dire que les animaux sensibles aux fibrillations ventriculaires ont une trop forte augmentation de l'activité sympathique au début de l'exercice et peinent à retrouver une activité parasympathique normale une fois l'exercice terminé (9).

2) Adaptations respiratoires :

Chez les mammifères il existe au galop un couplage entre la fréquence respiratoire et la fréquence des foulées. Les muscles respiratoires sont aidés dans leur travail par le balancier cervical et le piston abdominal (81).

a) Evolution de la fréquence respiratoire lors d'un effort :

Dès le début de l'exercice il y a augmentation de la ventilation, on parle d'« accrochage ventilatoire ». Mais le prélèvement d'O₂ par les poumons est inférieur aux besoins des muscles.

Puis il y a mise en place d'une tachypnée dont la valeur reste constante si l'effort reste d'intensité moyenne. A ce moment le prélèvement d'O₂ correspond à la consommation des tissus.

Dès l'arrêt de l'exercice il y a baisse de la fréquence respiratoire (« décrochage ventilatoire ») mais il faut attendre quelques minutes avant que la valeur de repos ne soit recouvrée. Les

échanges gazeux sont alors supérieurs à la valeur de repos, cela permet de reconstituer les réserves d'ATP et d'oxyder l'acide lactique produit en excès au cours de la phase anaérobie. On parle de « régler la dette en oxygène » acquise lors du travail en anaérobie. Un chien qui met du temps à recouvrer une fréquence respiratoire de repos à la suite d'un exercice est un animal qui travaille beaucoup en anaérobie (26).

b) Evolution de la fréquence respiratoire avec l'entraînement :

Chez le cheval, l'entraînement ne modifie pas la fréquence respiratoire (4).

c) Affections respiratoires liées à l'effort :

Les chiens répondent à une hyperthermie par une hyperventilation.

Cette hyperventilation peut diminuer la PCO_2 (hypocapnie). Cette hypocapnie augmente le pH sanguin (alcalose respiratoire) en diminuant la quantité de bicarbonates sanguins ($H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2$) (69). Or une alcalose respiratoire a pour conséquence de diminuer le débit cardiaque et le volume d'éjection (82). Elle peut aussi provoquer une baisse du flux sanguin cérébral ce qui entraîne alors céphalée, confusion mentale, vertige ou baisse de la pression intraoculaire.

3) Température corporelle :

Après un sprint de 503 mètres, la température rectale augmente de $3,6^\circ C$ chez les Greyhounds (12). Elle augmente de $3^\circ C$ en moyenne chez des Labrador Retriever lors de sprint de 69 à 366 mètres ou de nage de 91 à 229 mètres (69).

Le refroidissement de chiens au travail par application de poches de glace, qui diminuent l'intervention de la thermorégulation, s'oppose à l'augmentation de la fréquence respiratoire (41).

4) Relations entre hyperthermie, hyperventilation et fréquence cardiaque :

Chez le chien, seul le halètement permet d'évacuer la chaleur produite lors de l'effort physique. On parle de polypnée thermique. Celle-ci ne joue que sur la fréquence respiratoire et ne modifie pas la ventilation alvéolaire à moins que la charge de travail ne soit trop importante ou que l'environnement ne permette pas les pertes de chaleur nécessaires (27).

Selon la difficulté de l'effort demandé et la chaleur qui règne, l'air passe différemment dans les voies respiratoires supérieures. Inspiration et expiration se font à travers le nez au repos ou lors d'un effort peu intense dans le froid. Les deux autres modes de circulation de l'air sont inspiration par le nez et expiration par le nez et la bouche d'une part et inspiration et expiration par le nez et la bouche d'autre part. On observe ces deux modes de circulation lorsqu'il fait chaud ou lorsque l'exercice ne se fait pas dans le froid. Ces deux derniers modes ne sont pas exclusifs et passent de l'un à l'autre avec une augmentation de la proportion du dernier mode avec la difficulté de l'exercice (31).

Il y a évaporation d'eau au niveau de la langue et des voies respiratoires. On peut noter une augmentation du flux sanguin dans les carotides lors d'un exercice. Cette augmentation sert principalement à la thermorégulation et se répartit surtout sur les surfaces permettant une

évaporation : nez, bouche et langue (6, 16). Les fibres nerveuses responsables de cette vasodilatation sont des fibres post-ganglionnaires qui partent du tronc vago-sympathique (73). Des expériences menées sur des rats ont montré une augmentation de la production de salive en réponse à une augmentation de température (28).

L'air expiré est saturé en eau au repos comme à l'exercice (17, 47). L'augmentation des pertes en eau pour la thermolyse lors de l'exercice est due à la polypnée. Ces pertes en eau peuvent conduire à une déshydratation qui peut modifier certains paramètres biochimiques (hématocrite, protéines totales).

Il a été démontré chez l'homme qu'une augmentation de la température corporelle de 1°C provoque une augmentation du rythme cardiaque d'à peu près 7 bpm (39). Si la même relation existe chez le chien, alors une part de la tachycardie observée à la suite d'un effort serait due à l'hyperthermie.

On vient de voir que les adaptations cardio-respiratoires sont importantes lors d'un entraînement et peuvent refléter l'aptitude ou la non-aptitude d'un animal à mener à bien le travail qu'on lui demande. On va donc s'intéresser aux paramètres cliniques simples que sont la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la température rectale et le poids. Ceci afin de déterminer s'il est possible pour les maîtres de chiens d'utiliser un ou plusieurs de ces paramètres afin de surveiller au quotidien l'état de santé de leur chien et sa réponse à l'entraînement.

PARTIE EXPERIMENTALE

ETUDE DES MODIFICATIONS DE PARAMETRES CLINIQUES SIMPLES INDUITES PAR L'ENTRAINEMENT CHEZ LES CHIENS DU CNICG

IV Matériel et méthodes :

But : On recherche des paramètres cliniques et biologiques simples permettant potentiellement de suivre l'entraînement des chiens de la gendarmerie.

Intérêt : Evaluer si la variation d'un ou de plusieurs de ces paramètres au cours de l'entraînement permet d'évaluer l'aptitude sportive des chiens. Permettre de détecter précocement les chiens qui, plus tard, risquent de développer des problèmes qui les rendront inutilisables dans le travail qui leur est demandé.

Déroulement : L'étude a été conduite de janvier à mars 2008 au Centre National d'Instruction Cynophile de la Gendarmerie (CNICG) à Gramat (46). Elle a porté sur 17 chiens mâles : 15 malinois, 1 berger allemand et 1 tervueren ; de 2 à 4 ans.

Les chiens avaient commencé leur débouillage au CNICG au mois de septembre 2007.

Aucun des chiens ne présentait de signe de maladie.

On a examiné les chiens à 2 moments au cours de leur stage : au début et à la fin (au bout de 8 semaines).

Lors des 2 séances les conditions climatiques étaient semblables : beau temps, température extérieure de -2°C le matin à 12°C l'après-midi en janvier, 20°C en mars. Les chiens sont partis dans le même ordre lors des 2 séances, ainsi ceux partis lorsqu'il faisait frais la première fois, sont de nouveau partis quand il faisait frais la seconde fois.

Examens réalisés : Les chiens sont amenés par leur maître, en laisse et muselés, à la clinique vétérinaire du CNICG, lieu aussi calme que possible.

A chaque séance, les chiens ont été pesés avant l'exercice.

Ensuite un examen clinique a été réalisé afin de déterminer la fréquence cardiaque (au moyen d'un stéthoscope, sur 30 secondes), la fréquence respiratoire (de visu, sur 30 secondes) et la température rectale (au moyen d'un thermomètre à affichage digital).

Puis les chiens sont partis courir 5 km, avec 240 m de dénivelé. L'objectif était que le parcours soit réalisé en 30 minutes (10 km/h), ce qui correspond à un exercice d'intensité modérée qu'ils réalisent presque quotidiennement.

A leur arrivée, les fréquences cardiaque et respiratoire ont été mesurées.

Après 15 minutes de repos, les fréquences cardiaque et respiratoire ont de nouveau été mesurées ainsi que la température rectale. Ensuite un ECG a été réalisé sur les chiens en décubitus latéral droit, au sol.

Nous avons effectué une analyse essentiellement descriptive des données recueillies.

V Résultats :

1) Avant entraînement, le 24.01.2008 :

a) Tableau de résultats :

Budy	Bello	Luca	Bart	Bosco	Box	Vicco	Bob	Vox
malinois 05/03/06	malinois 07/10/06	malinois 05/12/06	malinois 19/02/06	malinois 21/10/06	malinois 07/01/06	malinois 06/07/04	malinois 12/06/06	malinois 05/05/04
Fargier	Fradin	Barbaro	Courson	Devaux	Milan	Vivier	Cathelain	Mirbel
10h04	10h26	13h42	13h50	13h48	14h05	14h14	14h23	14h34
10h48	10h55	14h14	14h22	14h28	14h36	14h48	14h53	15h04
24	18	18	22	26	18	32	24	22
96	82	104	100	96	104	128	76	120
38,8°C	38,3°C	39,2°C	38,8°C	38,3°C	38,6°C	38,9°C	38,6°C	39,2°C
27	31,7	19,5	25,1	25,8	23,3	28,2	23,2	28,9
32	polynésie	160	76	118	60	96	45	polynésie
98	124	92	120	110	110	136	76	120
30	20	82	34	36	24	48	24	polynésie
136	88	136	104	120	96	116	70	128
38,8°C	38,3°C	39,2°C	39°C	39,1°C	38,8°C	38,8°C	39,1°C	39,8°C

Chien	Bacou	Boston 2	Valko	Astus	Bacille	Vabrouke	Balto	Balthazar 2
Race, date de naissance	malinois 25/07/06	tervuieren 05/08/06	malinois 24/08/04	malinois 01/09/05	malinois 05/10/06	berger al. 09/12/04	malinois 11/10/06	malinois 11/11/06
Maître de chien	Miersman	Pringere	Lalanne	Quetil	Stoerke	Authier	Dudeffend	Daure
Heure de départ	8h08	8h15	8h25	8h32	8h40	9h54	10h00	10h08
Heure d'arrivée	8h34	8h45	8h55	9h02	9h08	10h20	10h26	10h38
FR	32	120	200	30	36	32	26	28
FC	90	180	100	104	108	124	100	90
t°C	38,8°C	39,3°C	39,3°C	38,7°C	38,9°C	38,4°C	38,4°C	38,3°C
poids (kg)	-	28	28	24,5	23,2	35	31,5	24,3
FR 1	40	90	104	24	34	200	96	26
FC 1	130	120	168	84	80	142	140	72
FR 2 (15')	30	58	32	24	32	28	30	22
FC 2 (15')	128	100	180	84	108	108	112	72
t°C	-	39,8°C	39°C	38,7°C	38,9°C	38,9°C	38,8°C	38,2°C
Remarques								

Tableau 2 : Résultats du 24.01.2008, avant entraînement.

b) Fréquence cardiaque :

$FC_{\text{dép}}$ = fréquence cardiaque au départ

FC_1 = fréquence cardiaque à l'arrivée

$FC_{15'}$ = fréquence cardiaque à l'arrivée + 15'

FC (bpm)	<i>Départ</i>	<i>Arrivée</i>	<i>Arrivée + 15'</i>
<i>Moyenne</i>	106	113	111
<i>Ecart type</i>	23,4	26,6	26,9

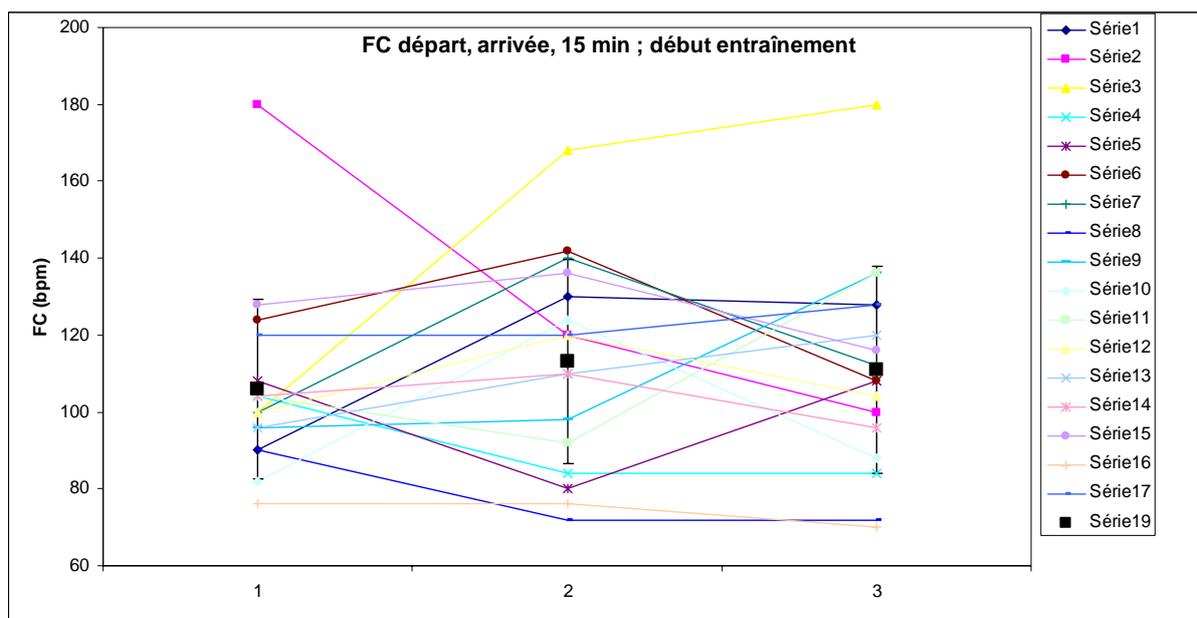
Tableau 3 : Moyennes et écarts types de la fréquence cardiaque avant entraînement.

$FC_{\text{dép}}$		FC_1		$FC_{15'}$	
nombre de chiens	intervalle FC	nombre de chiens	intervalle FC	nombre de chiens	intervalle FC
1	71-80	3	71-80	2	71-80
3	81-90	1	81-90	2	81-90
5	91-100	2	91-100	2	91-100
4	101-110	2	101-110	3	101-110
1	111-120	3	111-120	3	111-120
2	121-130	2	121-130	2	121-130
0	131-140	2	131-140	2	131-140
0	141-150	1	141-150	0	141-150
0	151-160	0	151-160	0	151-160
0	161-170	1	161-170	0	161-170
1	171-180	0	171-180	1	171-180

Tableau 4 : Répartition des chiens par intervalles de fréquences cardiaques, avant entraînement.

	$FC_{\text{dép}} < FC_1$	$FC_{\text{dép}} = FC_1$	$FC_{\text{dép}} > FC_1$	$FC_1 < FC_{15'}$	$FC_1 = FC_{15'}$	$FC_1 > FC_{15'}$	$FC_{\text{dép}} < FC_{15'}$	$FC_{\text{dép}} = FC_{15'}$	$FC_{\text{dép}} > FC_{15'}$
nombre de chiens	10	2	5	6	2	9	9	1	7
%	59	12	29	35	12	53	53	6	41

Tableau 5 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque, avant entraînement.



Graphe 1 : Evolution de la fréquence cardiaque des chiens avant entraînement.
1 = départ, 2 = arrivée, 3 = 15 minutes après l'arrivée

N.B. : Dans tous les graphes, la série noire (18 ou 19) correspond à la moyenne des données, encadrée de l'écart type.

Pour la plupart des chiens, la fréquence cardiaque à l'arrivée est supérieure à la fréquence cardiaque de départ, puis elle baisse durant les 15 minutes qui suivent, mais reste supérieure à la fréquence cardiaque de départ.

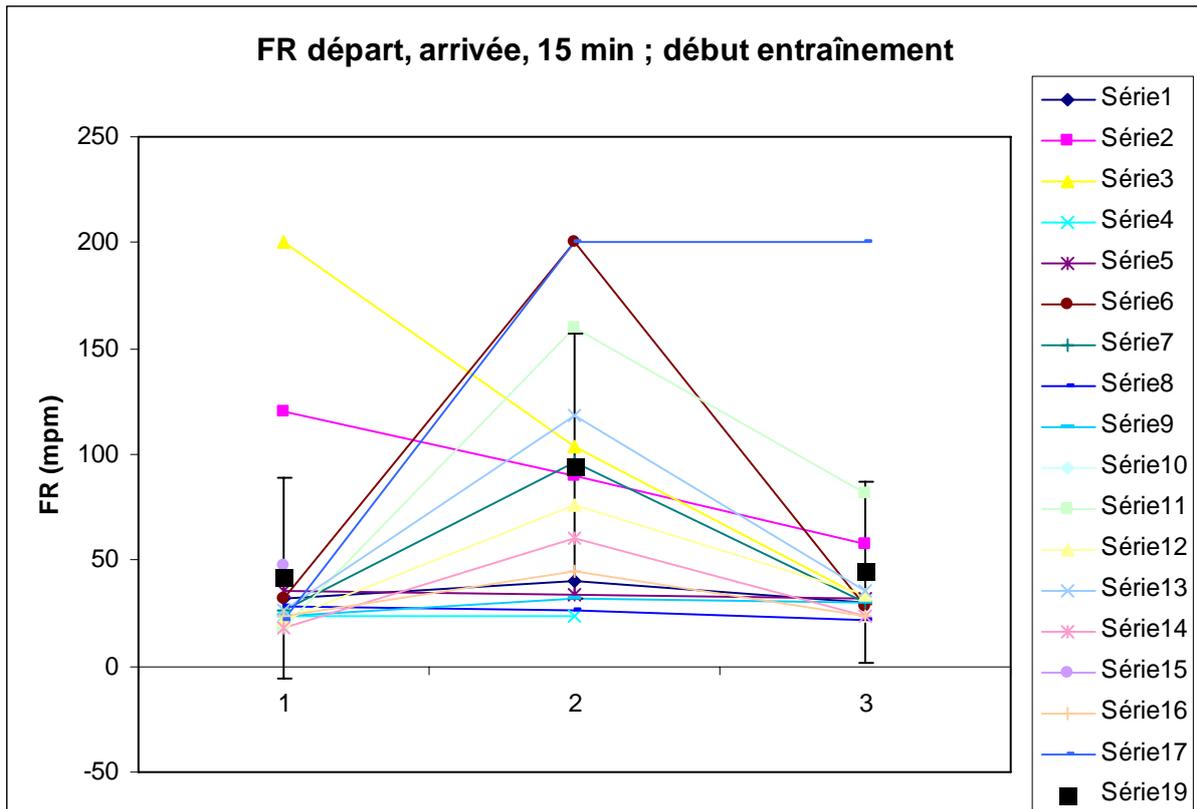
Cependant, de nombreux chiens ne suivent pas ce schéma.

c) Fréquence respiratoire :

Pour les chiens en polypnée, une fréquence respiratoire de 200 mpm a été attribuée.

FR (mpm)	<i>Départ</i>	<i>Arrivée</i>	<i>Arrivée + 15'</i>
<i>Moyenne</i>	42	94	44
<i>Ecart type</i>	47	63	43

Tableau 6 : Moyennes et écarts types de la fréquence respiratoire avant entraînement.



Graphe 2 : Evolution de la fréquence respiratoire des chiens avant entraînement.

Pour la majorité des chiens la fréquence respiratoire augmente suite à l'exercice puis redescend dans le quart d'heure qui suit dans des valeurs proches de la fréquence de départ.

d) Température :

$T_{\text{dép}}$ = température rectale au départ

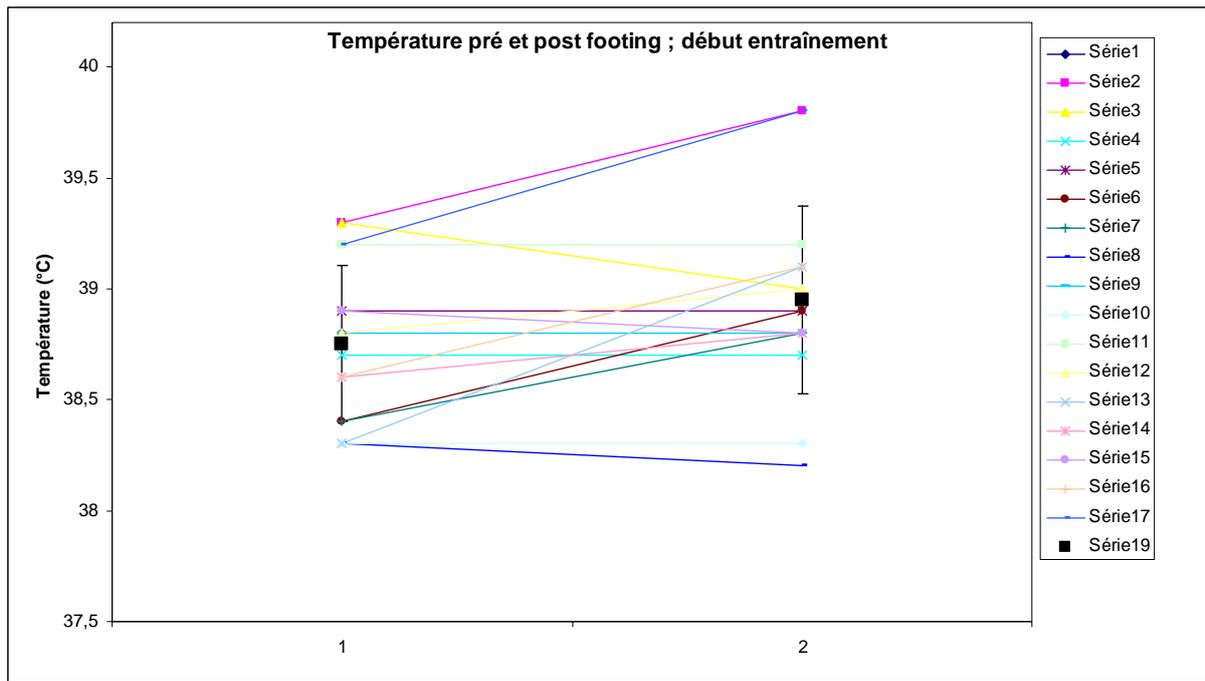
$T_{15'}$ = température rectale à l'arrivée + 15'

Température (°C)	Départ	Arrivée
Moyenne	38,75	38,95
Ecart type	0,35	0,42

Tableau 7 : Moyennes et écarts types de la température rectale avant entraînement.

	$T_{\text{dép}} < T_{15'}$	$T_{\text{dép}} = T_{15'}$	$T_{\text{dép}} > T_{15'}$
nombre de chiens	8	5	3
%	50	31	19

Tableau 8 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale, avant entraînement.



Graphe 3 : Evolution de la température rectale des chiens avant entraînement.

Pour la plupart des chiens (50%) la température rectale augmente suite à l'exercice. Cette augmentation reste faible, sauf pour deux d'entre eux qui ont une augmentation de plus de 0,5°C.

2) Après entraînement, le 19.03.2008 :

a) Tableau de résultats :

Balthazar 2	Budy	Bello	Luca	Bart	Bosco	Box	Vicco	Bob	Vox
Daure	Fargier	Fradin	Barbaro	Courson	Devaux	Milan	Vivier	Cathelain	Mirbel
10h08	10h18	11h01	14h13	15h03	14h53	14h23	14h38	14h03	13h53
10h36	10h47	11h29	14h42	15h30	15h22	14h48	15h14	14h34	14h24
22	26	polypnée	54	20	72	60	60	66	63
80	86	72	96	88	84	114	90	80	108
-	38,3°C	38,7°C	40°C	38,4°C	39,3°C	38,6°C	38,5°C	39,2°C	39,1°C
25,7	28,6	29,8	18,9	25	24,8	24,9	27,9	24,2	29
50	28	polypnée	70	polypnée	polypnée	74	60	polypnée	92
100	96	80	126	120	120	130	170	84	128
44	22	160	68	32	72	63	60	64	120
90	84	100	104	104	95	123	90	84	162
38,6°C	38,2°C	39,4°C	39,4°C	38,7°C	39,4°C	39,2°C	39°C	38,9°C	39,5°C

Chien	Bacou	Boston 2	Valko	Astus	Bacille	Vabrouke	Balto
Maître de chien	Miersman	Pringere	Lalanne	Quetil	Stoerkel	Authier	Dudeffend
Heure de départ	8h09	8h49	8h19	8h29	8h39	9h56	10h28
Heure d'arrivée	8h37	9h17	8h45	9h01	9h06	10h22	10h58
FR	38	polynée	22	18	20	45	19
FC	80	120	124	138	100	96	84
t°C	38°C	39,2°C	38,5°C	38,9°C	38,6°C	38,7°C	38,5°C
poids (kg)	24,8	28,5	30	28	25,6	37,7	31,5
FR 1	64	180	120	38	32	96	72
FC 1	124	180	176	122	116	135	118
FR 2 (15')	48	polynée	88	24	20	64	60
FC 2 (15')	104	130	96	112	100	87	112
t°C	38,2°C	39,9°C	38,9°C	39,2°C	38,9°C	39,3°C	38,9°C
Remarques					a fait des BLOC au mordant et une syncope en fin de pistage, légère hypertrophie oreillette gauche		castré début mars

Tableau 9 : Résultats du 19.03.2008, après entraînement.

b) Fréquence cardiaque :

FC (bpm)	<i>Départ</i>	<i>Arrivée</i>	<i>Arrivée + 15'</i>
<i>Moyenne</i>	96	125	105
<i>Ecart type</i>	18,4	28,7	19,7

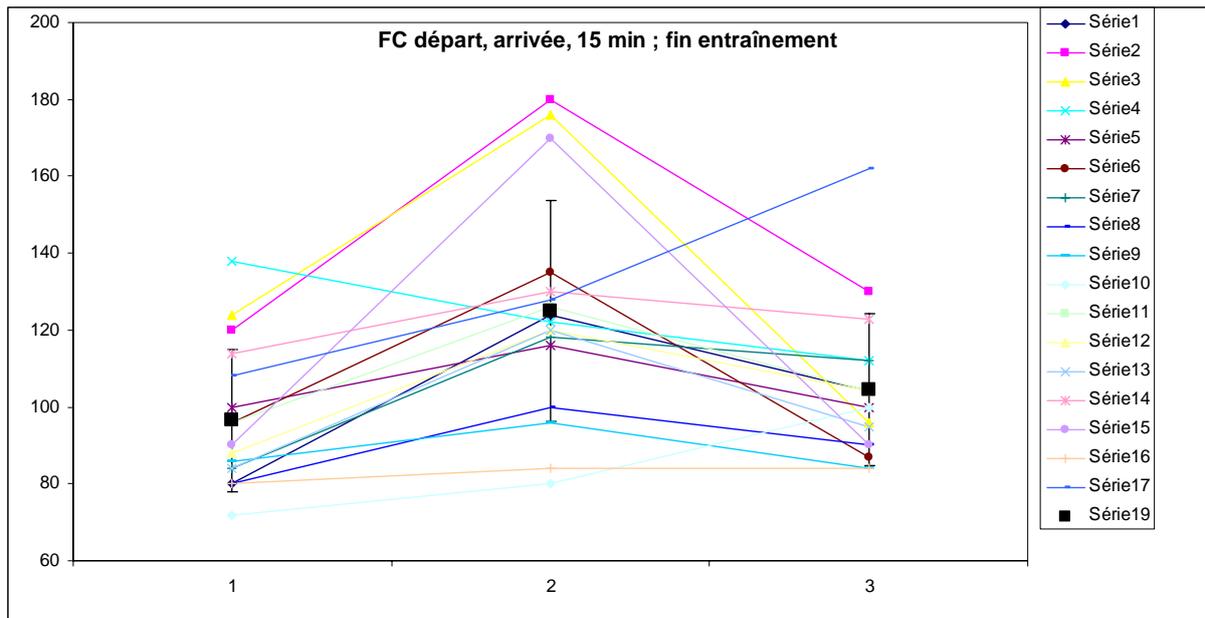
Tableau 10 : Moyennes et écarts types de la fréquence cardiaque après entraînement.

FC _{dép}		FC ₁		FC _{15'}	
nb chiens	intervalle FC	nb chiens	intervalle FC	nb chiens	intervalle FC
4	71-80	1	71-80	0	71-80
5	81-90	1	81-90	5	81-90
3	91-100	2	91-100	4	91-100
1	101-110	0	101-110	3	101-110
2	111-120	4	111-120	2	111-120
1	121-130	5	121-130	2	121-130
1	131-140	1	131-140	0	131-140
0	141-150	0	141-150	0	141-150
0	151-160	0	151-160	0	151-160
0	161-170	1	161-170	1	161-170
0	171-180	2	171-180	0	171-180

Tableau 11 : Répartition des chiens par intervalles de fréquences cardiaques, après entraînement.

	FC _{dép} < FC ₁	FC _{dép} = FC ₁	FC _{dép} > FC ₁	FC ₁ < FC _{15'}	FC ₁ = FC _{15'}	FC ₁ > FC _{15'}	FC _{dép} < FC _{15'}	FC _{dép} = FC _{15'}	FC _{dép} > FC _{15'}
nombre de chiens	16	0	1	2	1	14	11	2	4
%	94	0	6	12	6	82	65	12	23

Tableau 12 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque, après entraînement.



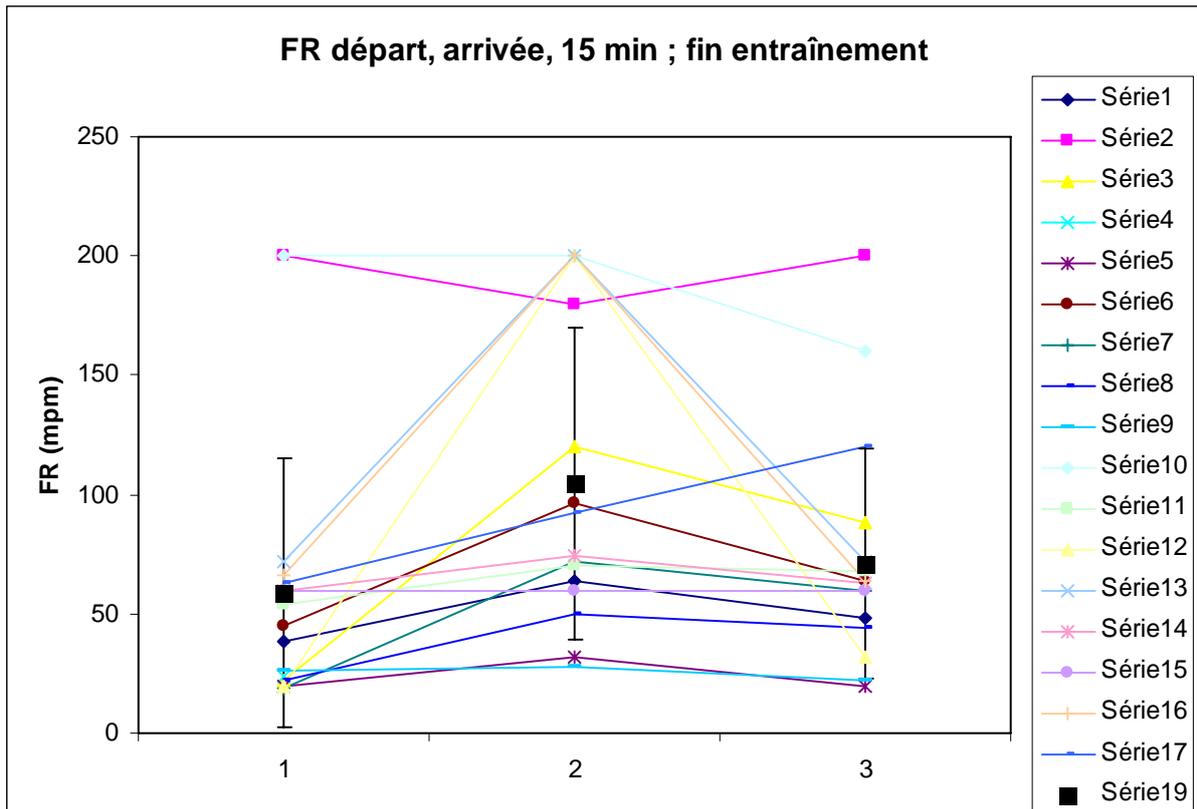
Graph 4 : Evolution de la fréquence cardiaque des chiens après entraînement.

L'évolution de la fréquence cardiaque suit le même schéma après l'entraînement, elle augmente suite à l'exercice, redescend dans le quart d'heure qui suit mais reste supérieure à la valeur de départ. L'évolution des fréquences cardiaques est cependant plus homogène qu'avant l'entraînement.

c) Fréquence respiratoire :

FR (mpm)	<i>Départ</i>	<i>Arrivée</i>	<i>Arrivée + 15'</i>
<i>Moyenne</i>	59	104	71
<i>Ecart type</i>	56	65	49

Tableau 13 : Moyennes et écarts types de la fréquence respiratoire après entraînement.



Graph 5 : Evolution de la fréquence respiratoire des chiens après entraînement.

Pour la fréquence respiratoire également le schéma semble identique après l'entraînement, elle augmente suite à l'exercice puis redescend dans les 15 minutes qui suivent. Par contre il semble qu'elle redescende un peu moins vite, en effet les fréquences respiratoires 15 minutes après l'arrivée sont supérieures aux fréquences respiratoires de départ.

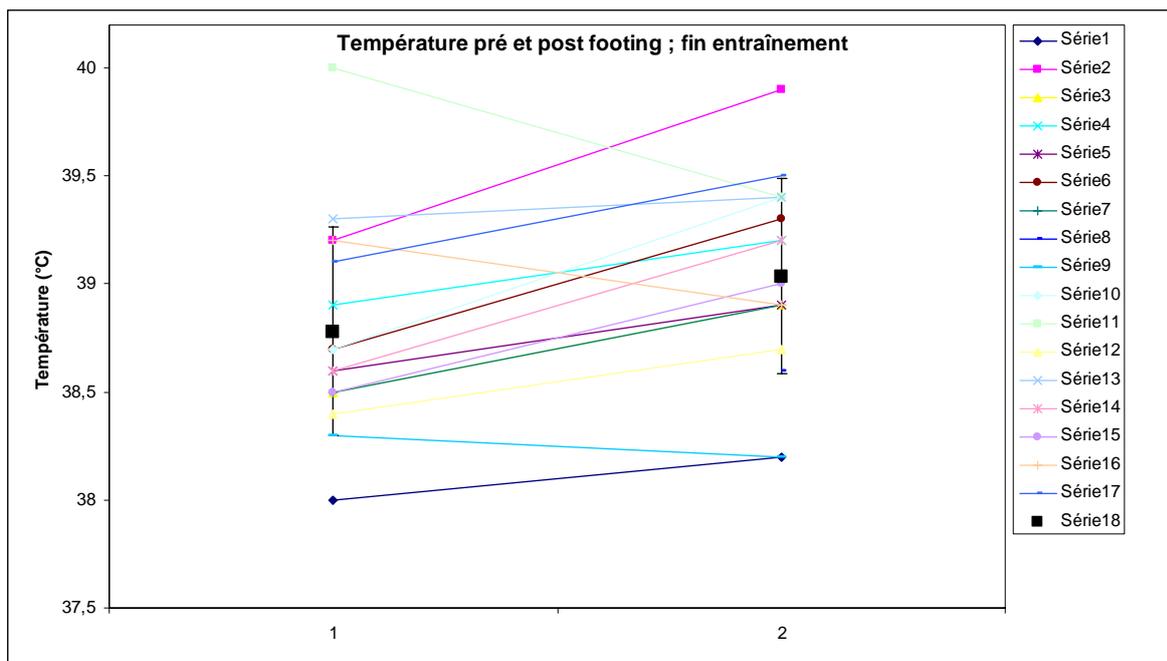
d) Température :

Température (°C)	Départ	Arrivée
Moyenne	38,78	39,04
Ecart type	0,48	0,45

Tableau 14 : Moyennes et écarts types de la température rectale après entraînement.

	$T_{\text{dép}} < T_{15'}$	$T_{\text{dép}} = T_{15'}$	$T_{\text{dép}} > T_{15'}$
nombre de chiens	13	0	3
%	81	0	19

Tableau 15 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale, après entraînement.



Graph 6 : Evolution de la température rectale des chiens après entraînement.

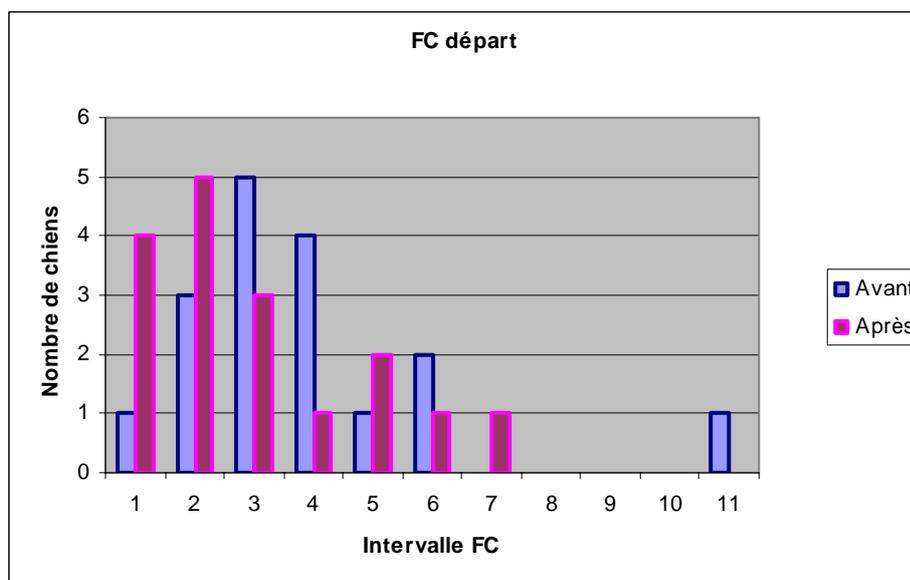
Pour la plupart des chiens (81%) la température rectale augmente suite à l'exercice.

3) Modifications suite à l'entraînement :

a) Fréquence cardiaque :

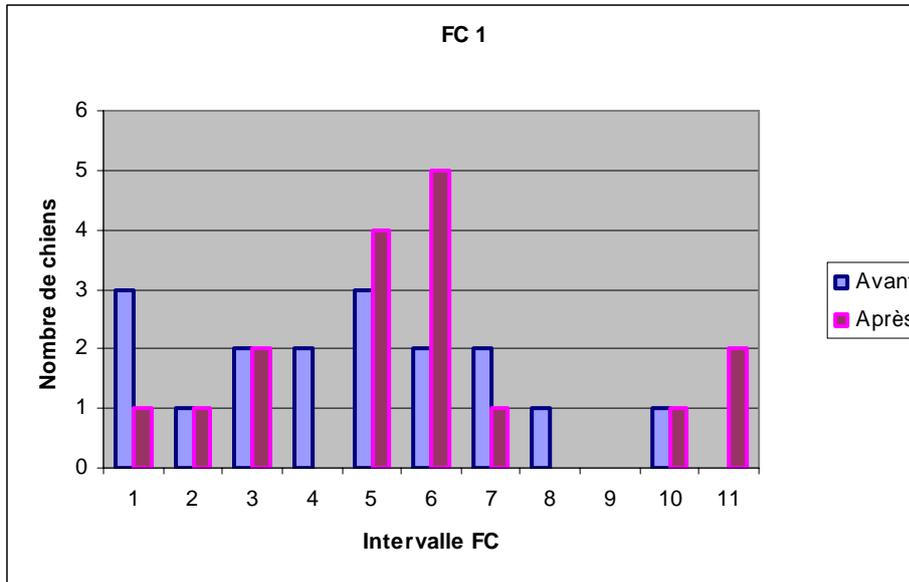
Suivi par intervalle de fréquence cardiaque :

numéro de l'intervalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
intervalle de FC	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130	131-140	141-150	151-160	161-170	171-180

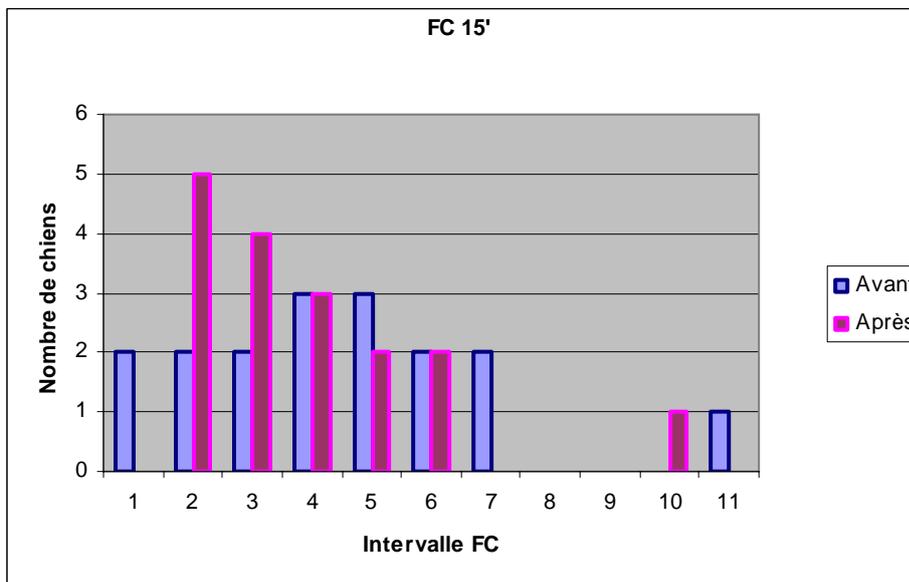


Graph 7 : Modification de la répartition des fréquences cardiaques de départ.

La $FC_{\text{dép}}$ a baissé de 9,5 bpm en moyenne avec un écart type de 21,4 bpm. Cela correspond à une baisse de 9 %.



Graph 8 : Modification de la répartition des fréquences cardiaques après l'exercice.



Graph 9 : Modification de la répartition des fréquences cardiaques 15 minutes après l'exercice.

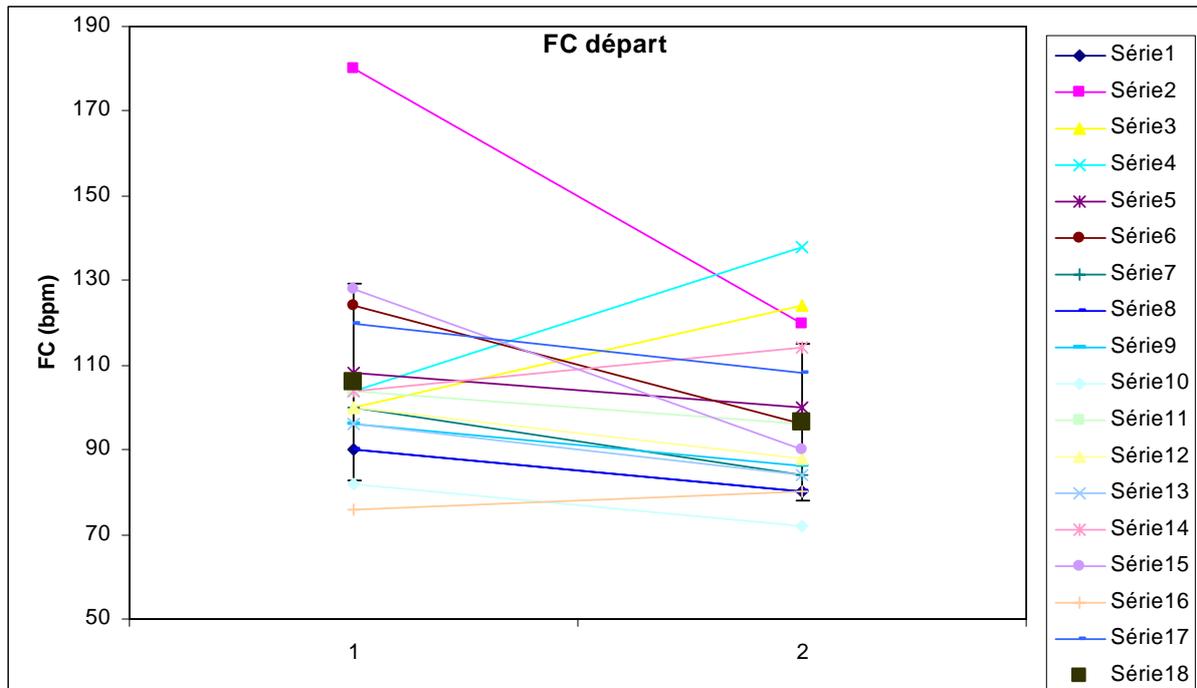
La récupération cardiaque ($FC_1 - FC_{15'}$) avait une moyenne de 2,1 bpm avec un écart type de 23,6 bpm avant l'entraînement. Elle est passée à 20,5 bpm de moyenne avec un écart type de 30,1 bpm après l'entraînement.

Il y a eu un gain de 18,3 bpm de moyenne avec un écart type de 37,4 bpm.

Suivi chien par chien :

	FC _{dép} avant < FC _{dép} après	FC _{dép} avant > FC _{dép} après
nombre de chiens	4	13
%	23	67

Tableau 16 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque de départ.

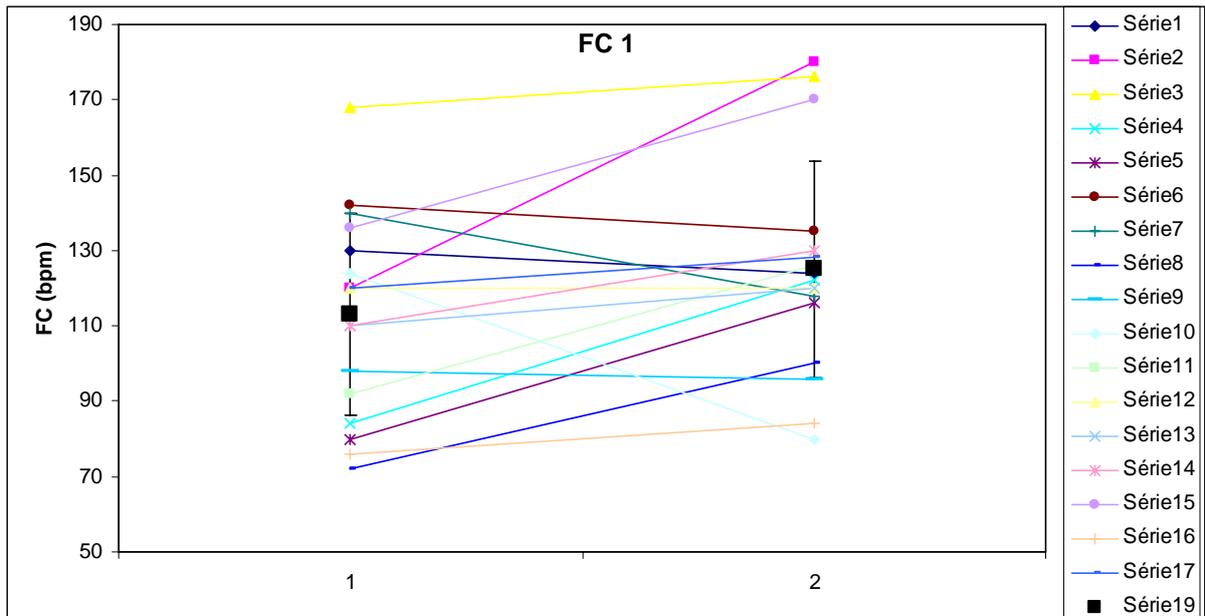


Graphe 10 : Evolution des fréquences cardiaques de départ.

Pour 67 % des chiens, la fréquence cardiaque de départ a diminué suite à l'entraînement.

	FC ₁ avant < FC ₁ après	FC ₁ avant = FC ₁ après	FC ₁ avant > FC ₁ après
nombre de chiens	11	1	5
%	65	6	29

Tableau 17 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque après l'exercice.

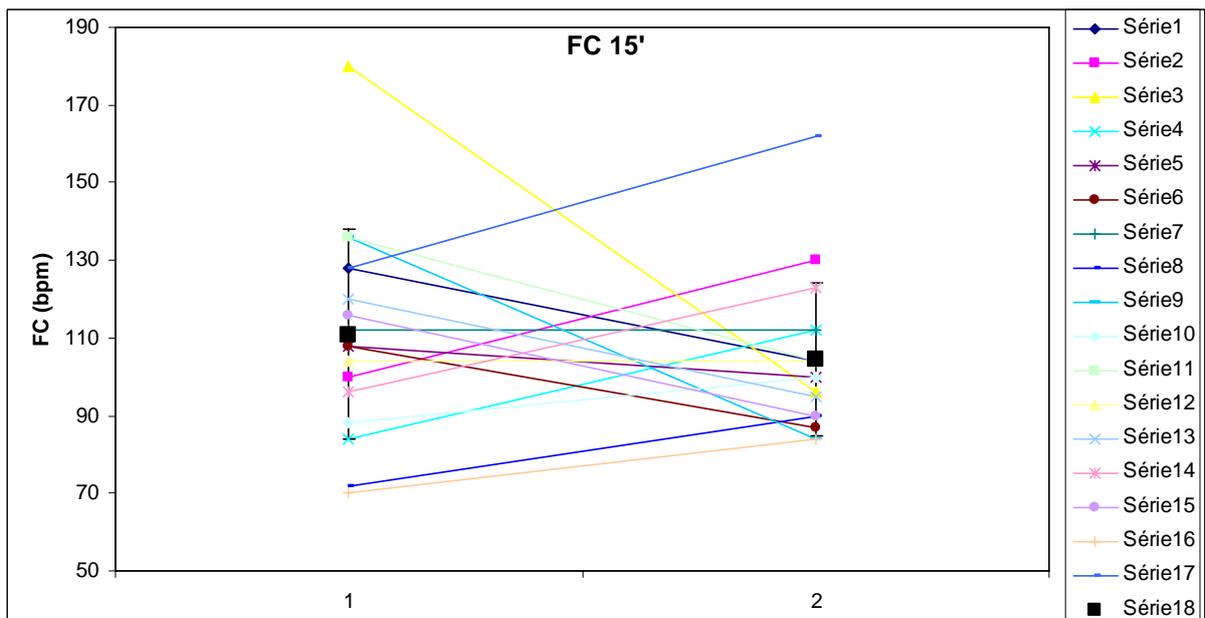


Graphe 11 : Evolution des fréquences cardiaques après l'exercice.

Pour 65 % des chiens la fréquence cardiaque à l'arrivée était plus basse avant l'entraînement. Ceci est en contradiction avec ce que l'on trouve dans la littérature.

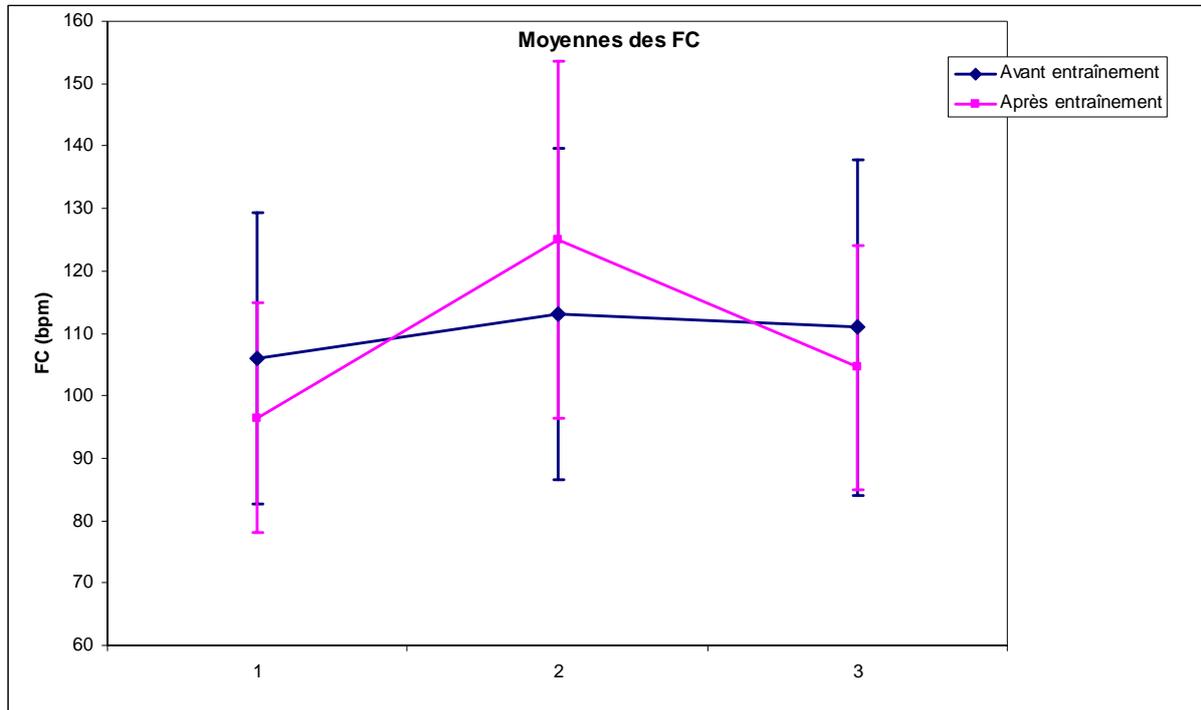
	FC _{15'} avant < FC _{15'} après	FC _{15'} avant = FC _{15'} après	FC _{15'} avant > FC _{15'} après
nombre de chiens	7	2	8
%	41	12	47

Tableau 18 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence cardiaque 15 minutes après l'exercice.



Graphe 12 : Evolution des fréquences cardiaques 15 minutes après l'exercice.

En ce qui concerne la fréquence cardiaque 15 minutes après l'arrivée, il n'y a pas de tendance d'évolution suite à l'entraînement.



Graphique 13 : Evolution des moyennes des fréquences cardiaques.
1 : au départ, 2 : à l'arrivée, 3 : 15' après l'arrivée

Les fréquences cardiaques après l'entraînement suivent la même évolution qu'avant celui-ci. Celle-ci est plus marquée après l'entraînement. Cependant les écarts types se chevauchent.

b) Fréquence respiratoire :

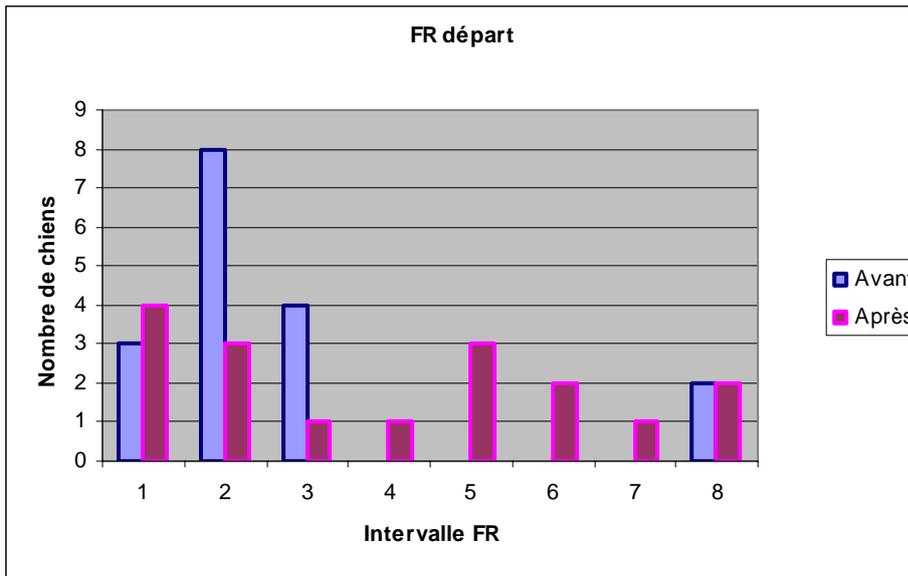
$FR_{dép}$ = fréquence respiratoire au départ

FR_1 = fréquence respiratoire à l'arrivée

$FR_{15'}$ = fréquence respiratoire à l'arrivée + 15'

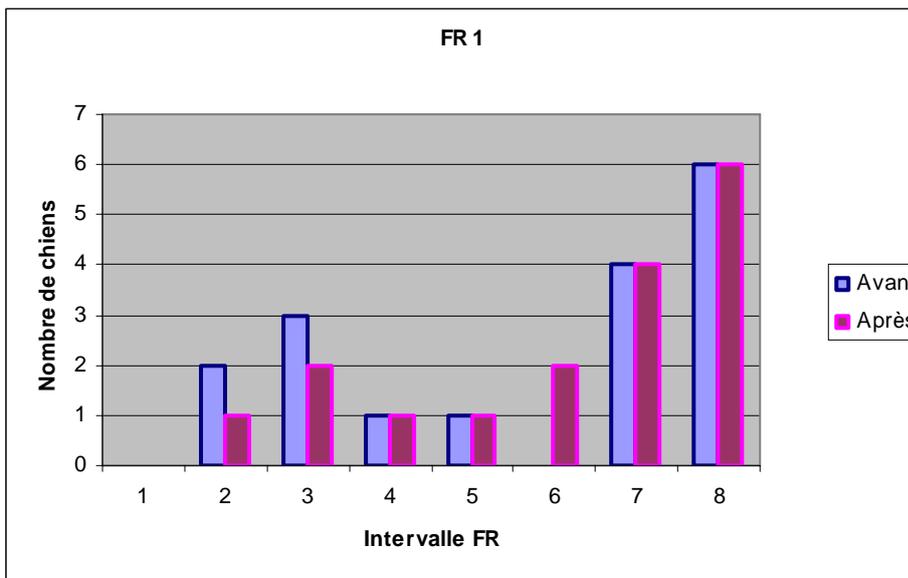
Suivi par intervalle de fréquence respiratoire :

numéro de l'intervalle	1	2	3	4	5	6	7	8
intervalle de FR	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-100	> 100

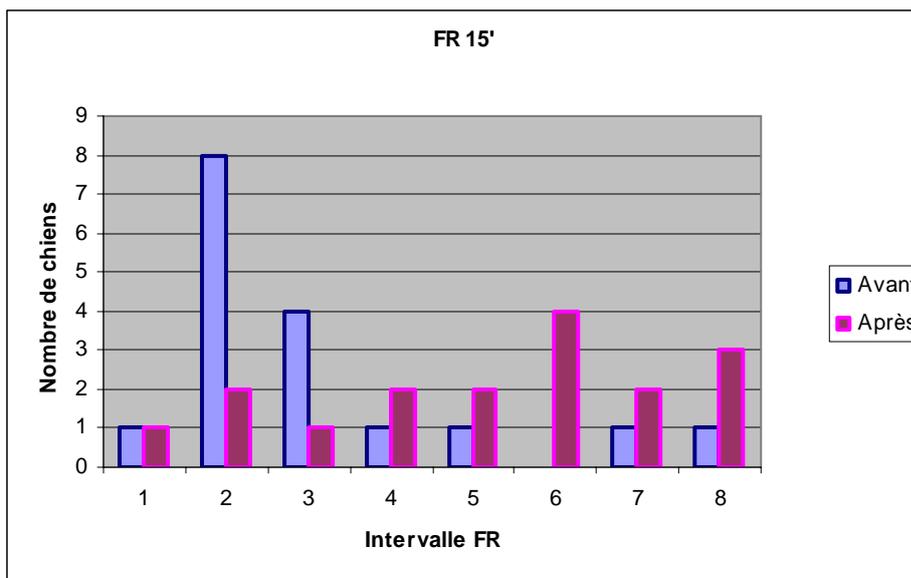


Graphe 14 : Modification de la répartition des fréquences respiratoires de départ.

La FR_{rep} a augmenté de 17 mpm en moyenne avec un écart type de 69 mpm.



Graphe 15 : Modification de la répartition des fréquences respiratoires après l'exercice.



Graph 16 : Modification de la répartition des fréquences respiratoires 15 minutes après l'exercice.

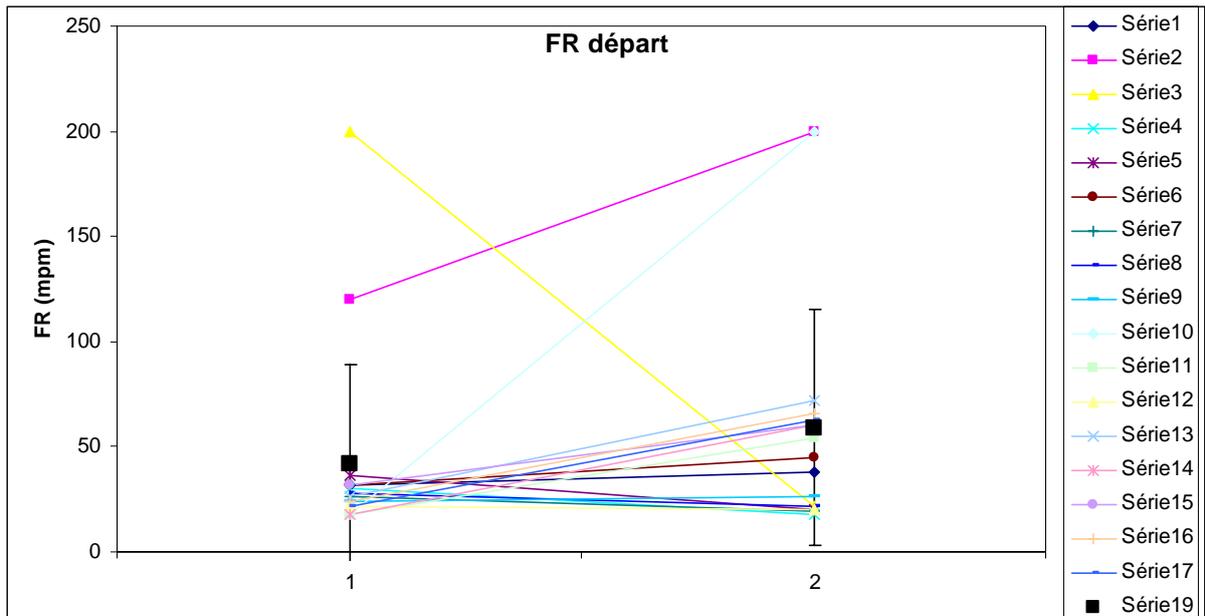
La récupération respiratoire ($FR_1 - FR_{15'}$) avait une moyenne de 49,8 mpm avec un écart type de 55,4 mpm avant l'entraînement. Elle est passée à 33,4 mpm de moyenne avec un écart type de 55,9 mpm après l'entraînement.

Il y a eu une baisse de la récupération respiratoire (plus 16,5 mpm de moyenne avec un écart type de 72,0 mpm). Ceci signifierait une moins bonne récupération après l'effort après les 8 semaines d'entraînement. Cette plus grande fréquence respiratoire après l'entraînement est possiblement en partie due à la température extérieure qui était légèrement plus élevée lors de la deuxième séance en mars.

Suivi chien par chien :

	$FR_{\text{dép avant}} < FR_{\text{dép après}}$	$FR_{\text{dép avant}} > FR_{\text{dép après}}$
nombre de chiens	11	6
%	65	35

Tableau 19 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence respiratoire de départ.

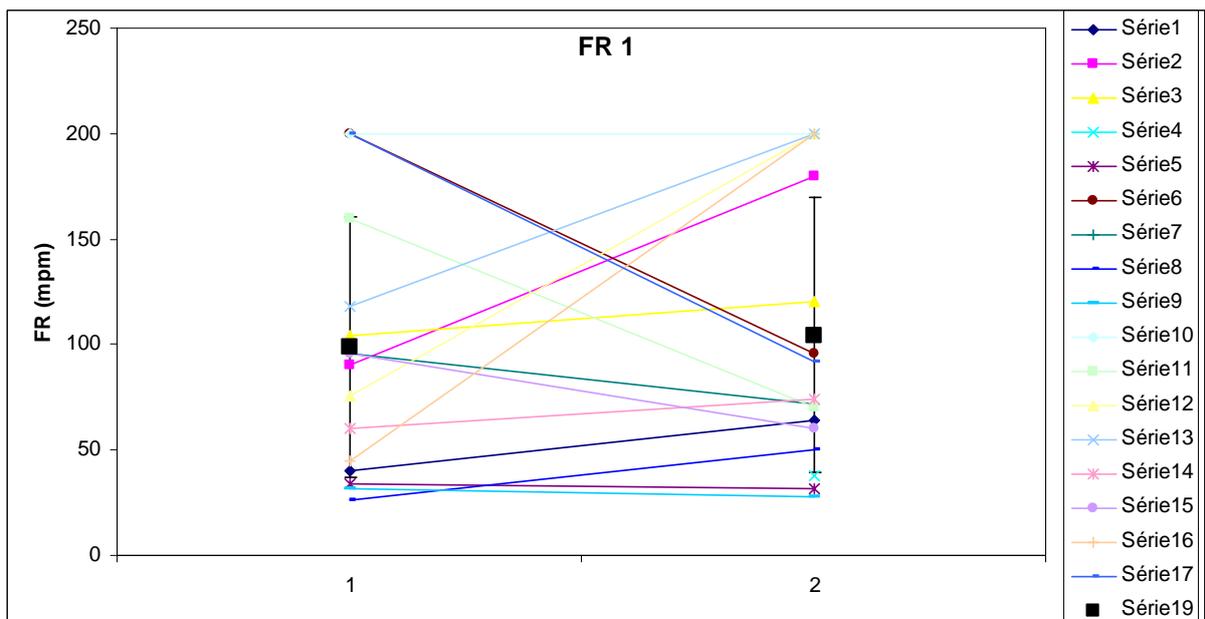


Graphe 17 : Evolution des fréquences respiratoires de départ.
1 = avant entraînement, 2 = après entraînement

Pour 65 % des chiens la fréquence respiratoire de départ était plus basse avant l'entraînement. On peut attribuer ceci à une moindre excitation des chiens, ceux-ci étant moins habitués à sortir courir au début du stage.

	FR ₁ avant < FR ₁ après	FR ₁ avant = FR ₁ après	FR ₁ avant > FR ₁ après
nombre de chiens	9	1	7
%	53	6	41

Tableau 20 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence respiratoire après l'exercice.

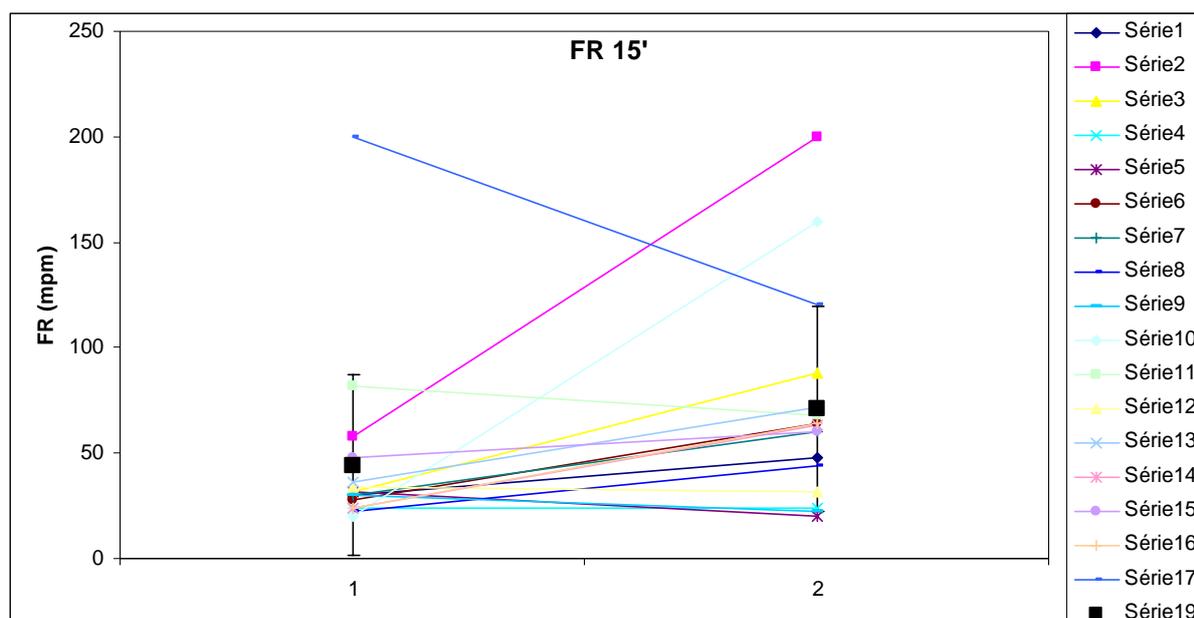


Graphe 18 : Evolution des fréquences respiratoires après l'exercice.

En ce qui concerne la fréquence respiratoire à l'arrivée, il n'y a pas de tendance d'évolution suite à l'entraînement. Comme précédemment, on peut l'attribuer à la température extérieure plus élevée en mars.

	FR _{15'} avant < FR _{15'} après	FR _{15'} avant = FR _{15'} après	FR _{15'} avant > FR _{15'} après
nombre de chiens	11	1	5
%	65	6	29

Tableau 21 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur fréquence respiratoire 15 minutes après l'exercice.



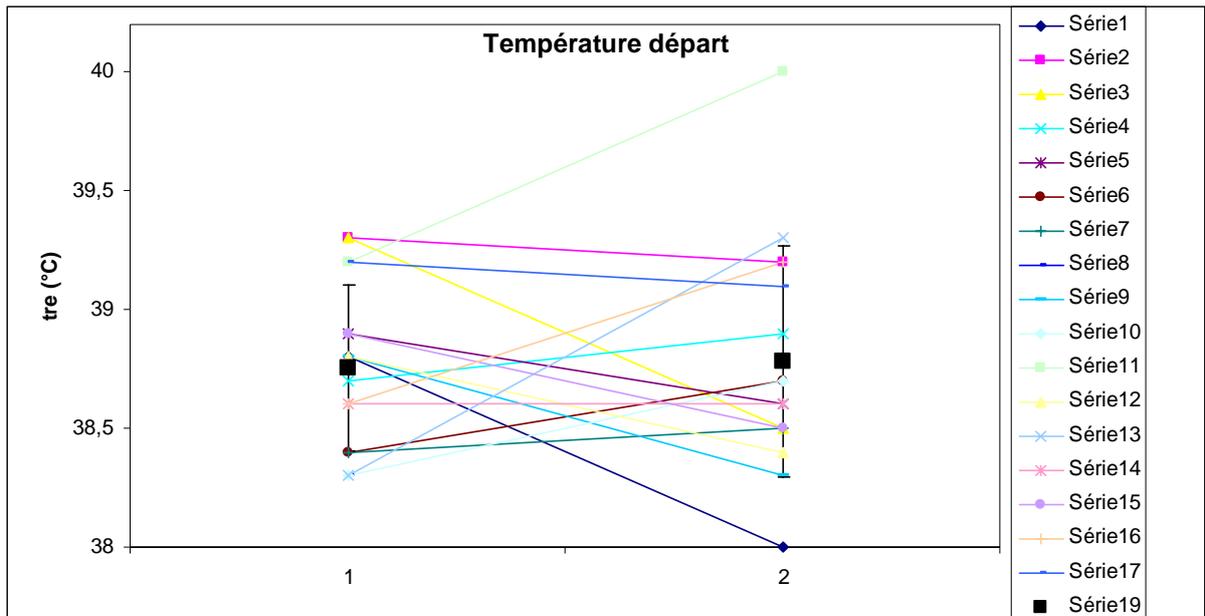
Graph 19 : Evolution des fréquences respiratoires 15 minutes après l'exercice.

Pour 65 % des chiens la fréquence respiratoire 15 minutes après l'arrivée était plus basse avant l'entraînement.

c) Température :

	T _{dép} avant < T _{dép} après	T _{dép} avant = T _{dép} après	T _{dép} avant > T _{dép} après
nombre de chiens	7	1	8
%	44	6	50

Tableau 22 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale de départ.

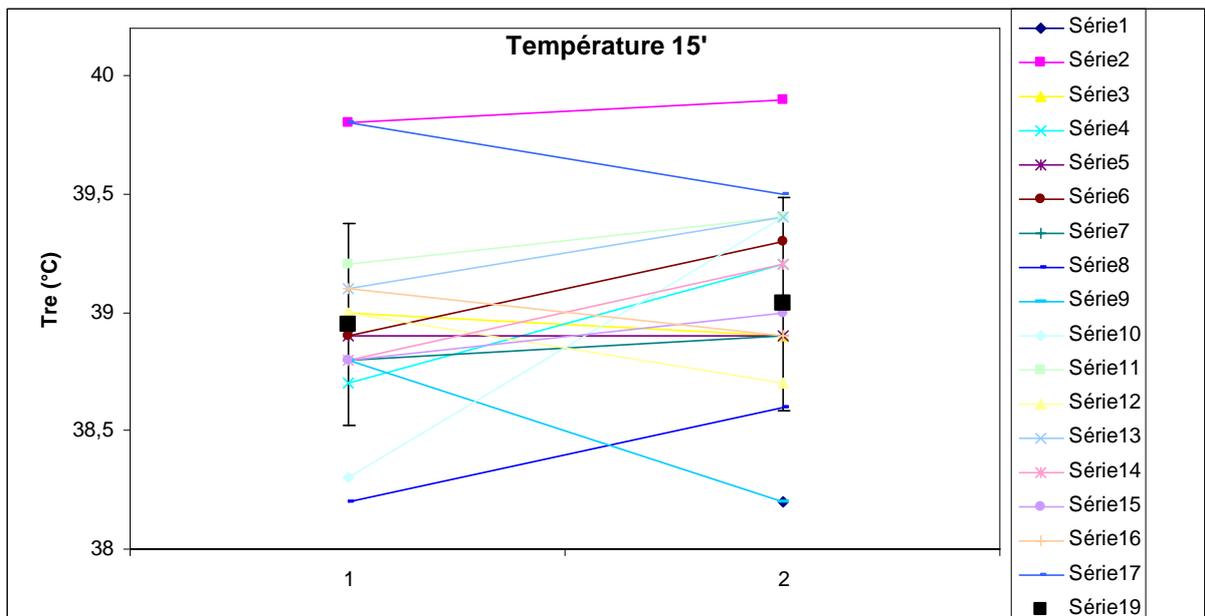


Graph 20 : Evolution des températures rectales de départ.

Il ne semble pas y avoir de tendance d'évolution de la température rectale au départ suite à l'entraînement, ce qui semble être normal puisqu'il s'agit alors de la température corporelle basale des chiens.

	$T_{15'} \text{ avant} < T_{15'} \text{ après}$	$T_{15'} \text{ avant} = T_{15'} \text{ après}$	$T_{15'} \text{ avant} > T_{15'} \text{ après}$
nombre de chiens	10	1	5
%	63	6	31

Tableau 23 : Répartition des chiens en fonction de l'évolution de leur température rectale 15 minutes après l'exercice.



Graph 21 : Evolution des températures rectales 15 minutes après l'exercice.

Suite à l'entraînement, 63 % des chiens ont une température 15 minutes après l'arrivée de l'exercice très légèrement supérieure (0,09°C de moyenne) à ce qu'elle était avant l'entraînement.

d) ECG :

Nous n'avons observé aucun trouble du rythme sur les ECG.

e) Poids :

Les chiens ont pris en moyenne 3 % de leur poids avec un écart type de 6 %.
10 chiens (63 %) ont pris de poids, 1 (6 %) n'a pas bougé et 5 (31 %) ont maigri.

A la suite de notre étude, le vétérinaire du CNICG a continué de suivre ces chiens, puis quelques mois plus tard, une fois les maîtres de chiens affectés à une unité, des courriers ont été envoyés afin de savoir si les chiens avaient présentés des troubles lors d'efforts.

Le chien Bacille a fait un BAV 2 et une syncope ; il a des valeurs qui sont dans la moyenne du groupe. Le chien Bacou a fait une syncope de quelques secondes suite à un exercice de mordant consécutif à un poser d'assaut (le chien saute de l'hélicoptère pour aller mordre l'homme d'attaque). Lui aussi a des valeurs qui sont dans la moyenne du groupe.

Aucun des paramètres étudié n'aurait permis de les détecter.

VI Discussion :

L'objectif de ce travail était double : d'une part, obtenir des données descriptives concernant l'adaptation des chiens à l'entraînement dispensé au CNICG ; et d'autre part, rechercher certaines variations permettant de prévoir une fatigabilité à l'effort au cours de la carrière du chien. Aucun chien n'a montré d'inadaptation à l'effort au cours de ce stage au CNICG.

Afin de permettre que cette étude soit utile dans la suite du suivi des chiens, nous avons volontairement limité les paramètres étudiés à des éléments simples, facilement utilisables par les maîtres de chiens pour certains (fréquence cardiaque et fréquence respiratoire), ou faisant déjà partie de la surveillance régulière effectuée par l'équipe vétérinaire (température rectale, ECG).

La fréquence respiratoire est difficile à interpréter, et aucune tendance ne se dégage à l'observation des résultats suite à l'entraînement.

Il est possible d'avancer plusieurs explications qui ne sont pas exclusives. Le port de la muselière fausse certainement les valeurs. L'hyperthermie fait également intervenir la respiration (27). Il semble donc difficile de se fier à la fréquence respiratoire pour juger si le travail a été effectué plus en aérobie ou en anaérobie, même si ceci rentre en compte (26). L'excitation peut aussi modifier la fréquence respiratoire, cela rend donc l'interprétation de ce paramètre assez difficile.

La fréquence respiratoire est assez peu étudiée dans les articles, sans doute à cause de ces biais.

L'excitation peut également entraîner une hyperthermie. Il pourrait être intéressant de relever le comportement des chiens lors de l'examen clinique afin de déterminer si l'hyperthermie observée est due (au moins en partie) à l'excitation. Il serait possible par la suite de mieux interpréter les variations de température rectale observées.

Après chaque footing, on observe une légère augmentation de la température rectale des chiens, que ce soit au début ou à la fin de l'entraînement. Les conditions climatiques étaient semblables, avec une température externe relativement basse. Or malgré ces conditions, leur température corporelle s'est élevée.

Ce paramètre de la température rectale pourrait être intéressant à évaluer dans des conditions climatiques différentes, notamment avec des températures plus élevées. En effet, les chiens de la gendarmerie sont amenés à faire des missions alors que la température extérieure et les conditions d'hygrométrie sont beaucoup plus difficiles, en outremer par exemple. L'élévation de leur température corporelle lors d'un effort pourrait alors devenir un facteur limitant de leur capacité à l'effort.

La fréquence cardiaque est un paramètre simple à mesurer, c'est également celui qui semble le plus interprétable dans notre étude. La littérature donnait des données contradictoires quant à l'évolution de la fréquence cardiaque suite à l'entraînement (7, 8, 24, 29, 60, 70, 71, 72, 74). Dans notre étude, on observe une diminution de la fréquence cardiaque au repos, une augmentation de la fréquence cardiaque suite à l'exercice et une amélioration de la récupération cardiaque.

L'évolution des fréquences cardiaques est intéressante. Alors qu'elles étaient assez disparates avant l'entraînement, elles s'uniformisent après l'entraînement. Il est difficile de dire si cela est dû à une moindre excitation des chiens (23), il n'y a en effet pas de modification dans le même sens de la fréquence respiratoire qui est elle aussi liée en partie à l'excitation. Une modification des tonus sympathique et parasympathique pourrait aussi être envisageable (11, 68).

L'évolution des fréquences cardiaques pourrait servir à établir un intervalle de référence pour les prochains stages. De plus, il serait intéressant d'affiner cet intervalle et de noter le devenir des chiens dont la fréquence cardiaque s'écarte de celui-ci.

Il aurait été intéressant de regarder l'influence de l'entraînement sur la fréquence cardiaque au cours de l'exercice ainsi qu'au repos, mais ceci n'est possible qu'au moyen de la méthode de Holter. Or nous voulions nous limiter à des mesures simples afin que notre protocole soit utilisable dans le contexte de l'armée et en particulier par les maîtres de chiens.

L'utilisation de la méthode de Holter spécifiquement sur les chiens ayant fait une syncope pourrait permettre d'apprécier la gravité de cette affection vis-à-vis de l'avenir du chien. Cependant son interprétation reste difficile et requiert de l'expérience.

Nous n'avons pas observé de trouble du rythme cardiaque hormis un BAV 2 chez un chien (Bacille), mais il n'a présenté aucune fatigabilité à l'effort. Des troubles du rythme pouvant entraîner des problèmes lors d'efforts sont décrits dans la littérature (67). Un premier examen réalisé lors de l'achat des chiens permet d'éliminer les chiens qui ont des troubles du rythme à ce moment. Une surveillance cardiaque lors du stage et après celui-ci permettrait d'écarter au plus tôt les chiens présentant des troubles cardiaques.

Les chiens suivent toujours leurs entraînements avec le même maître de chien. Il est donc difficile de savoir si ceux-ci interviennent dans les résultats observés. Mais comme le couple reste stable dans le temps, il faudra peut-être plus se fier aux variations qu'aux valeurs brutes.

Une autre étude a été réalisée en même temps que celle-ci. Elle s'intéresse à des paramètres biochimiques : concentrations sanguines en lactate, protéines totales, créatinine, créatine kinase et microhématocrite. Aucun de ces paramètres ne semble donner des résultats concluants.

VII Conclusion :

Ce travail constitue une première étape descriptive. Nous avons ébauché des intervalles de fréquences cardiaques et de températures rectales.

Notre échantillon étant de taille réduite, nos intervalles sont encore assez peu précis.

Même si nous n'avons pas pu mettre en évidence des paramètres permettant de prédire la fatigabilité des chiens à l'effort, il paraît intéressant de poursuivre dans cette voie, d'une part car nous n'avons pas eu de chien qui soit réellement devenu fatigable et d'autre part pour affiner les intervalles. Cela permettra de mieux suivre l'entraînement des chiens, voire d'adapter l'entraînement au chien.

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que
Mr LEMAIRE Guillaume, Robert, Emile
a été admis(e) sur concours en : 2003
a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 10 juillet 2008
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussignée, Armelle DIQUELOU, Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
autorise la soutenance de la thèse de :
Mr LEMAIRE Guillaume, Robert, Emile

intitulée :

« Etude des variations des paramètres cliniques lors de l'entraînement des chiens du centre national d'instruction cynophile de la gendarmerie. »



Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Armelle DIQUELOU

C.H.U. DE TOULOUSE
HOPITAL DE PURPAN
Professeur E. ARLET-SUAU
Service de Médecine Interne
CLINIQUE DIEULAFOY
F - 31059 TOULOUSE CEDEX

Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Elisabeth ARLET-SUAU



Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON



Vu le : 13/01/09
Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Professeur Gilles FOURTANIER



BIBLIOGRAPHIE

1. ANSORGE E.J., AUGUSTYNIAC R.A., PERINOT M.L., *et al.* Altered muscle metaboreflex control of coronary blood flow and ventricular function in heart failure. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2005, **288**, H1381-H1388
2. ANSORGE E.J., SHAH S.H., AUGUSTYNIAC R.A. Muscle metaboreflex control of coronary blood flow. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2002, **283**, H526-H532
3. ART T., AMORY H., LEKEUX P. Notion de base de physiologie de l'effort. *Prat Vet Equine*, 2000, **32**, numéro spécial, 247-254
4. ART T., LEKEUX P. Training-induced modifications in cardiorespiratory and ventilatory measurements in thoroughbred horses. *Equine Vet J*, Nov 1993, **25**, 6, 532-536
5. AUGUSTYNIAC R.A., COLLINS H.L., ANSORGE E.J., *et al.* Severe exercise alters the strength and mechanisms of the muscle metaboreflex. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, Apr 2001, **280**, 4, H1645-H1652
6. BAKER M.A., HAWKINS M.J., RADER R.D. Thermoregulatory influences on common carotid blood flow in the dogs. *J Appl Physiol*, May 1982, **52**, 5, 1138-1146
7. BARNARD R.J., CORRE K., CHO H. Effect of training on the resting heart rate of rats. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, Sep 1976, **35**, 4, 285-289
8. BAYLY W.M., GABEL A.A., BARR S.A. Cardiovascular effects of submaximal aerobic training on a treadmill in Standardbred horses, using a standardized exercise test. *Am J Vet Res*, 1983, **44**, 4, 544-553
9. BILLMAN G.E. Heart rate response to onset of exercise: evidence for enhanced cardiac sympathetic activity in animals susceptible to ventricular fibrillation. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2006, **291**, H429-H435
10. BILLMAN G.E., HOSKINS R.S. Times-series analysis of heart rate variability during submaximal exercise. Evidence for reduced cardiac vagal tone in animals susceptible to ventricular fibrillation. *Circulation*, 1989, **80**, 146-157
11. BILLMAN G.E., KUKIELKA M. Effects of endurance exercise training on heart rate variability and susceptibility to sudden cardiac death: protection is not due to enhanced cardiac vagal regulation. *J Appl Physiol*, 2006, **100**, 896-906
12. BJOTVEDT G., WEEMS C.W., FOLEY K. Strenuous exercise may cause health hazards for racing Greyhounds. *Vet Med*, Dec 1984, **79**, 1481-1487
13. BLANCHARD E.M., SOLARO R.J. Inhibition of the activation and troponin calcium binding of dog cardiac myofibrils by acid pH. *Circ Res*, Sep 1984, **55**, 3, 382-391

14. BROOM D.M. Les concepts de stress et de bien-être. *Rec Med Vet*, 1988, **164**, 10, 715-722
15. BRUGERE H. Physiopathologie des affections dues au stress chez le chien de sport. *Rec Med Vet*, 1991, **167**, 7/8, 635-645
16. BULOW J., TONDEVOLD E. Blood flow in different adipose tissue depots during prolonged exercise in dogs. *Pflügers Arch*, Jan 1982, **392**, 3, 235-238
17. CAIN J.B., LIVINGSTONE S.D., NOLAN R.W., *et al.* Respiratory heat loss during work at various ambient temperatures. *Respir Physiol*, 1990, **79**, 145-150
18. COGGAN A.R., SWANSON S.C., MENDENHALL L.A., *et al.* Effects of endurance training on hepatic glycogenolysis and gluconeogenesis during prolonged exercise in men. *Am J Physiol*, Mar 1995, **268**, E 375-383
19. COLE C.R., FOODY J.M., BLACKSTONE E.H., *et al.* Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med*, 2000, **132**, 7, 553-555
20. COMBRISSE H., BOLNOT D. Adaptations cardio-vasculaires et respiratoires à l'effort musculaire chez le chien. *Rec Med Vet*, 1999, **166**, 4, 391-398
21. CONSTABLE P.D., HINCHCLIFF K.W., OLSON J. *et al.* Athletic heart syndrome in dogs competing in a long-distance sled race. *J Appl Physiol*, Jan 1994, **76**, 1, 433-438
22. CORR P.B., YAMADA K.A., WITKOWSKI F.X. Mechanisms controlling cardiac automatic function and their relationships to arrhythmogenesis. In: FOZZARD H.A., HABER E., JENNINGS R.B., KATZ A.M., MORGAN H.E. (eds) *The heart and cardiovascular system*. New York, Raven Press, Publishers, 1986, 1343-1404
23. DUCHENE-MARULLAZ P., TALVARD J., VACHER J. Variations nyctémérales de la fréquence cardiaque du chien au repos. *Compt Rend Soc Biol*, Dec. 1963, **15**, 2197-2199
24. EVANS D.L., ROSE R.J. Cardiovascular and respiratory responses to submaximal exercise training in the thoroughbred horse. *Pflügers Arch*, Mar 1988, **411**, 3, 316-321
25. FAGARD R.H. Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience. *Int J Sports Med*, Nov 1996, **17**, 3, S140-S144
26. FARGEAS J. Physiologie de l'effort musculaire. In: Société française de cynotechnie : Séminaire sur le chien de travail. Toulouse, 27 Février-01 Mars 1987, **1**, 1-44
27. FLANDROIS R., LACOUR J.R., OSMAN H. Control of breathing in the exercising dog. *Resp Physiol*, Dec 1971, **13**, 3, 361-371
28. FURUYAMA F., MURAKAMI M., OIWA T., *et al.* Differences in thermal salivation between the FOX rat (a model of genotypic heat adaptation) and three other rat strains. *Physiol Behav*, Mar 1998, **63**, 5, 787-793

29. GILBERT C.A., NUTTER D.O., FELNER J.M., *et al.* Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athlete. *Am J Cardiol*, Oct 1977, **40**, 4, 528-533
30. GOGNY M., SOUILEM O. Eléments de physiologie de l'effort chez le chien et le cheval. *Point Vét*, 1995, **27**, 171, 597-605
31. GOLDBERG M.B., LANGMAN V.A., TAYLOR C.R. Panting in dogs: paths of air flow in response to heat and exercise. *Respir Physiol*, Mar 1981, **43**, 3, 327-338
32. GOLDSMITH R.L., BIGGER J.T. Jr, STEINMAN R.C, *et al.* Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. *J Am Coll Cardiol*, Sep 1992, **20**, 3, 552-558
33. GRANDJEAN D. (Page consultée le 17 avril 2008), Bienvenue sur le site de Dominique Grandjean, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.dominiquegrandjean.com/15-categorie-565530.html>
34. GRANDJEAN D., MOQUET N., PAWLOWIEZ S., *et al.* Guide pratique du chien de sport et d'utilité. 2^{ème} édition. Aniwa Publishing, 2002, 423 p.
35. HOGAN M.C., GLADDEN L.B., KURDAK S.S., *et al.* Increased [lactate] in working dog muscle reduces tension development independent of pH. *Med Sci Sports Exerc*, Mar 1995, **27**, 3, 371-377
36. HOLLOSZY J.O., COYLE E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol*, Apr 1984, **56**, 4, 831-838
37. HUG F. Evolution des variables respiratoires et électromyographiques au cours de l'exercice : étude chez des sujets sédentaires, des cyclistes amateurs et professionnels. Th. : Marseille, 2003, 205
38. HURLEY B.F., NEMETH P.M., MARTIN W.H. 3rd, *et al.* Muscle triglyceride utilization during exercise: effects of training. *J Appl Physiol*, Feb 1986, **60**, 2, 562-567
39. JOSE A.D., STITT F., COLLINSON D. The effects of exercise and changes in body temperature on the intrinsic heart rate in man. *American Heart Journal*, Apr 1970, **79**, 4, 488-498
40. KRSSAK M., PETERSEN K.F., BERGERON R., *et al.* Intramuscular glycogen and intramyocellular lipid utilization during prolonged exercise and recovery in man: a ¹³C and ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy study. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Feb 2000, **85**, 2, 748-754
41. KRUK B., KACIUBA-USCILKO H., NAZAR K., *et al.* Hypothalamic, rectal, and muscle temperatures in exercising dogs: effects of cooling. *J Appl Physiol*, Mai 1985, **58**, 5, 1444-1448

42. KUKIELKA M., SEALS D.R., BILLMAN G.E. Cardiac vagal modulation of heart rate during prolonged submaximal exercise in animal with healed myocardial infarctions: effects of training. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2006, **290**, H1680-H1685
43. MARTIN W.H. 3rd, DALSKY G.P., HURLEY B.F., *et al.* Effect of endurance training on plasma free fatty acid turnover and oxidation during exercise. *Am J Physiol*, Nov 1993, **265**, E 708-714
44. MATHIEU L. (Page consultée le 10 août 2008), Les équipes cynophiles de la gendarmerie nationale française, [en ligne]. Adresse URL : <http://pagesperso-orange.fr/chiengendarmerie/>
45. MedNote.dk (Page consultée le 27 octobre 2008), Autonomic system and disorders, [en ligne]. Adresse URL : http://mednote.dk/index.php/Autonomic_system_and_disorders
46. MINISTERE DE LA DEFENSE. Instruction Ministérielle 10700, 24 avril 1987
47. MITCHELL J.W., NADEL E.R., STOLWIJK J.A.J. Respiratory weight losses during exercise. *J Appl Physiol*, 1972, **32**, 474-476
48. O'LEARY D.S., AUGUSTYNIAC R.A. Muscle metaboreflex increases ventricular performance in conscious dogs. *Am J Physiol*, Jul 1998, **275**, H220-H224
49. O'LEARY D.S., AUGUSTYNIAC R.A., ANSORGE E.J., *et al.* Muscle metaboreflex improves O₂ delivery to ischemic active skeletal muscle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 1999, **276**, H1399-H1403
50. O'LEARY D.S., ROSSI N.F., CHURCHILL P.C. Substantial cardiac parasympathetic activity exists during heavy dynamic exercise in dogs. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 1997, **273**, H2135-H2140
51. O'LEARY D.S., SALA-MERCADO J.A., AUGUSTYNIAC R.A., *et al.* Impaired muscle metaboreflex-induced increases in ventricular function in heart failure. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2004, **287**, H2612-H2618
52. O'LEARY D.S., SEAMANS D.P. Effect of exercise on autonomic mechanisms of baroreflex control of heart rate. *J Appl Physiol*, 1993, **75**, 5, 2251-2257
53. PARKS C.M., MANOHAR M. Distribution of blood flow during moderate and strenuous exercise in ponies (*Equus caballus*). *Am J Vet Res*, 1983, **44**, 10, 1861-1866
54. PERSSON S.G.B. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In: SNOW D.H., PERSSON S.G.B., ROSE R.J. (eds). *Equine Exercise Physiology*. Cambridge, Granta Editions, 1983, 441-457
55. PHILLIPS S.M., GREEN H.G., TARNOPOLSKY M.A., *et al.* Effects of training duration on substrate turnover and oxidation during exercise. *J Appl Physiol*, 1996, **81**, 5, 2182-2191

56. RIVERO J.L., RUZ M.C., SERRANO A.L., *et al.* Effects of a 3 month endurance training program on skeletal muscle histochemistry in Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses. *Equine Vet J*, Jan 1995, **27**, 1, 51-59
57. ROBINSON B.F., EPSTEIN S.E., BEISER G.D., *et al.* Control of heart rate by the autonomic nervous system: Studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circ Res*, 1966, **19**, 400-411
58. RODMAN J.R., HENDERSON K.S., SMITH C.A., *et al.* Cardiovascular effects of the respiratory muscle metaboreflexes in dogs: rest and exercise. *J Appl Physiol*, 2003, **95**, 1159-1169
59. ROMIJN J.A., COYLE E.F., SIDOSSIS L.S., *et al.* Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol*, Sep 1993, **265**, E380-E391
60. ROSE R.J., ALLEN J.R., HODGSON D.R., *et al.* Responses to submaximal treadmill exercise and training in the horse: Changes in haematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values and heart rate. *Vet Rec*, 1983, **113**, 612-618
61. ROWELL L.B., O'LEARY D.S. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol*, 1990, **69**, 2, 407-418
62. SALA-MERCADO J.A., HAMMOND R.L., KIM, J.K., *et al.* Muscle metaboreflex control of ventricular contractility during dynamic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2006, **290**, H751-H757
63. SALA-MERCADO J.A., ICHINOSE M., HAMMOND R.L., *et al.* Muscle metaboreflex attenuates spontaneous heart rate baroreflex sensitivity during dynamic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, Jun 2007, **292**, 6, H2867-H2873
64. SCHEELE K., HERZOG W., RITTHALER G., *et al.* Metabolic adaptation to prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, May 1979, **41**, 2, 101-108
65. SHERIFF D.D., ROWELL L.B., SCHER A.M. Is rapid rise in vascular conductance at onset of dynamic exercise due to muscle pump? *Am J Physiol*, 1993, **265**, H1227-H1234
66. SIMMONS A.D., CARRIER D.R., FARMER C.G., *et al.* Lack of locomotor-cardiac coupling in trotting dogs. *Am J Physiol*, 1997, **273**, R1352-R1360
67. SMITH L.L., KUKIELKA M., BILLMAN G.E. Heart rate recovery after exercise: a predictor of ventricular fibrillation susceptibility after myocardial infarction. *Physiol Heart Circ Physiol*, 2005, **288**, H1763-H1769
68. SMITH M.L., HUDSON D.L., GRAITZER H.M., *et al.* Exercise training bradycardia: the role of automatic balance. *Med Sci Sports Exer*, Feb 1989, **21**, 1, 40-44
69. STEISS J., AHMAD H.A., COOPER P., *et al.* Physiologic response in healthy Labrador retrievers during field trial training and competition. *J Vet Intern Med*, 2004, **18**, 2, 147-151

70. STEPIEN R.L., HINCHCLIFF K.W., CONSTABLE P.D., *et al.* Effect of endurance training on cardiac morphology in Alaskan sled dogs. *J Appl Physiol*, Oct 1998, **85**, 4, 1368-1375
71. STONE H.L. Cardiac function and exercise training in conscious dogs. *J Appl Physiol*, 1977, **42**, 6, 824-832
72. STUEWE S.R., GWIRTZ P.A., AGARWAL N., *et al.* Exercise training enhances glycolytic and oxidative enzymes in canine ventricular myocardium. *J Mol Cell Cardiol*, 2000, **32**, 903-913
73. THOMSON E.M., PLESCHKA K. Vasodilatory mechanisms in the tongue and nose of the dog under heat load. *Pflügers Arch*, Sep 1980, **387**, 2, 161-166
74. TIPTON C. M., CAREY R. A., EASTIN W. C., *et al.* A submaximal test for dogs: evaluation of effects of training, detraining, and cage confinement. *J Appl Physiol*, Aug 1974, **37**, 2, 271-275
75. VAZQUEZ J.P., GOMEZ F.P., BADILLO A.A., *et al.* Cardiac arrhythmias induced by maximal dynamic exercise (sprint): a study in Greyhounds. *Rev Esp Cardiol*, 1998, **51**, 559-565
76. VINCENT I.C., LEAHY R.A. Real-time non-invasive measurement of heart rate in working dogs: a technique with potential applications in the objective assessment of welfare problems. *The Veterinary Journal*, 1997, **153**, 179-184
77. VOTION D.M., CAUDRON I., LEJEUNE J.P., *et al.* Spécificités musculaires de cheval d'endurance : réponse à l'exercice et à l'entraînement. In: 35^{ème} journées AVEF. Deauville, France, 18 au 20 Oct 2007
78. WEST W., HICKS A., Mc KELVIE R., *et al.* The relationship between plasma potassium, muscle membrane excitability and force following quadriceps fatigue. *Pflügers Arch*, May 1996, **432**, 1, 43-49
79. WOLOSKER H., DE MEIS L. pH dependent inhibitory effects of Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^{+} on Ca^{2+} efflux mediated by sarcoplasmic reticulum ATPase. *Am J Physiol*, May 1994, **266**, 5 Pt 1, C1376-C1381
80. YAMAMOTO K., MIYACHI M., SAITOH T., *et al.* Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*, Sep 2001, **33**, 9, 1496-1502
81. YOUNG I.S., ALEXANDER R., WOAKES A.J., *et al.* The synchronization of ventilation and locomotion in horses (*Equus caballus*). *J Exp Biol*, Mai 1992, **166**, 19-31
82. ZWILLICH C.W., PIERSON D.J., CREAGH E.M., *et al.* Effects of hypocapnia and hypocapnic alkalosis on cardiovascular function. *J Appl Physiol*, Mar 1976, **40**, 3, 333-33