



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 3036

**To cite this document :**

Courtin, Sabine (2009) [Etude des variations des paramètres biologiques lors de l'entraînement des chiens au Centre National d'Instruction Cynophile de la Gendarmerie](#) Thesis

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr)

# ETUDE DES VARIATIONS DES PARAMETRES BIOLOGIQUES 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*

**Sabine, Jeannine, Louise, Yvonne COURTIN**  
Née le 9 janvier 1984 à Dreux (28)

---

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

MEMBRE(S) INVITES(S) :

**M. Thomas NORMAND** Docteur en Médecine Vétérinaire



**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche  
ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

**Directeur** : M. A. MILON

**Directeurs honoraires** M. G. VAN HAVERBEKE.  
M. P. DESNOYERS

**Professeurs honoraires** :

M. L. FALIU	M. J. CHANTAL	M. BODIN ROZAT DE MENDRES NEGRE
M. C. LABIE	M. JF. GUELFY	
M. C. PAVAU	M. ECKHOUTTE	
M. F. LESCURE	M. D.GRIESS	
M. A. RICO	M. CABANIE	
M. A. CAZIEUX	M. DARRE	
Mme V. BURGAT	M. HENROTEAUX	

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*  
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*  
M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

**PROFESSEURS 1° CLASSE**

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*  
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*  
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*  
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*  
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*  
M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*  
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*  
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*  
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*  
M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**PROFESSEURS 2° CLASSE**

Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*  
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistique, Modélisation*  
M. **DUCOS Alain**, *Zootchnie*  
M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*  
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*  
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*  
M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*  
M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*  
M. **SANS Pierre**, *Productions animales*  
Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

**INGENIEUR DE RECHERCHE**

- M. **TAMZALI Youssef**, *Responsable Clinique Equine*  
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine, Ophtalmologie*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE**

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*  
M **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

**MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*  
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*  
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*  
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*  
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*  
Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. **DOSSIN Olivier**, (DISPONIBILITE) *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie du Bétail*  
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*  
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
M **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants.*  
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*  
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*  
M. **MONNEREAU Laurent**, *Anatomie, Embryologie*  
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*  
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*  
Mme **TROGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*  
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*  
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

**MAITRES DE CONFERENCES CONTRACTUEL**

- Mlle **BUCK-ROUCH**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie du bétail*  
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie*  
M. **SEGUELA Jérôme**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

**ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS**

- Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
M. **GIN Thomas**, *Production et pathologie porcine*  
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*  
Mlle **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*

## REMERCIEMENTS

A notre Présidente de thèse,

**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 notre jury de thèse,

**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 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 et le plaisir de prendre part à notre jury de thèse,

*Qu'il trouve ici le témoignage de notre gratitude.*

**A mes parents,**

Merci pour votre éternel soutien, pour y avoir toujours cru, souvent plus que moi, et pour me soutenir encore et toujours. Je ne vous le dis pas assez, mais je vous aime.

**A ma tante « nounou »,**

Pour ton aide précieuse, ton soutien, et tes « archives personnelles » ! Merci !

**A Antoine, Pierre, Romain, Guillaume, Sandrine, Fred, Sophie, Baptiste, Anne, Isolde et tous ceux d'Auzeville, de la prépa.**

On ne me croit jamais quand je dis ça, mais cette année avec vous a sûrement été la meilleure de toute ma scolarité. Les séances de Ti89, la VS, les faisceaux libéro-ligneux, Barcelone, Vic, les pénalités de 50m, ce sont vraiment d'excellents souvenirs !

J'aimerais vous voir plus souvent, j'espère qu'on saura trouver le temps...

**Au « groupe de TP » qui sont devenus des confrères, des consoeurs mais surtout des amis : Pierre, Séverine, Bérangère, Marion, Emilie, Yannick, Déborah, Aurélie, Carole, Sophie, Virginie, Florence, Catherine.**

Merci pour ces quatre belles années passées ensemble. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite quelque soit la voie que vous choisirez. J'espère qu'on ne s'éloignera pas trop les-uns des autres...

**Aux copiiiiines : Barquette, Anne-Laure, Marie, Blandine, Marie-Julie, Elo...**

Parce qu'on est les mêmes, parce que je sais que je peux compter sur vous, ma « hotline », parce que rien de tel que de jouer à la marchande de lunettes en écoutant Dalida... ! :

**A mes hôtes, mes colocs, « les FIF 2009 », Aurélia, Rodolfo, Julien...**

Mille mercis pour votre accueil, j'ai découvert et pris goût à la colocation grâce à vous ! Bonne chance pour la suite.

**...A toi,**

Sur qui je sais que je peux compter, et qui m'en apprend tous les jours, Mr le Professeur ! Je te souhaite de réussir, tu le mérites.

J'espère que nos ambitions respectives ne nous éloignerons pas trop l'un de l'autre...

**A Lise,**

Ma jumelle, ma deuxième maman, mon mentor...  
Merci pour tes précieux conseils, merci d'être toi.  
Bonne chance pour la Californie et n'oublie pas de rentrer de temps en temps pour une virée shopping, un starbuck, et surtout rigoler !

**A Antoine,** mon chirurgien préféré...

Pour ton aide précieuse, pour le tango à Alesia... !  
Bonne chance pour la suite, sois heureux.

**Aux drôles de dames du laboratoire de l'Ecole,**

Merci d'avoir réalisé l'ensemble des dosages de ce travail. Merci pour votre bonne humeur permanente !

**Au Docteur Capitaine Thomas NORMANT,**

Pour votre implication et votre soutien pour réaliser ce travail. En espérant qu'il vous soit utile.

**Aux maîtres-chiens et leurs chiens**

Merci pour votre participation à ce travail. En espérant qu'il vous serve par la suite sur le terrain.

**A Robin et Jules,**

**A Toundra**



# TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX	15
LISTE DES ABREVIATIONS	19
INTRODUCTION	20
<b>PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>21</b>
I. Le chien dans la Gendarmerie et la CNICG	22
1.1 Historique du CNICG	22
1.2 Missions du CNICG	
1.3 Les spécialités cynophiles de la Gendarmerie	22
1.3.1 Le pistage	23
1.3.2 La recherche	23
1.3.3 Le mordant	24
1.3.4 La détection	25
1.4 Le recrutement et la sélection des chiens	25
1.5 Le déboufrage d'orientation	26
1.6 La formation	27
1.6.1 La formation initiale	27
1.6.2 La formation à la piste-défense	27
✓ Le déboufrage	27
✓ Le stage de formation	28
1.6.3 Le dressage au mordant	30
✓ L'exercice d'excitation collective	30
✓ La prise aux bras	31
✓ La cessation	31
✓ La prise aux jambes	31
✓ La progression des exercices utilitaires	32
II. Physiologie de l'effort	33
2.1 L'effort musculaire	33
2.1.1 Le muscle squelettique et la contraction musculaire	33
2.1.2 Les différents types de fibres	34
2.2 les filières de productions d'énergie	35
2.2.1 La voie aérobie alactique	35
2.2.2 La glycolyse anaérobie	35

2.2.3 La voie aérobie	36
2.2.4 La notion de dette en oxygène	40
2.3 Les sources d'énergie	40
2.4 La régulation hormonale	41
III. Les adaptations biologiques à l'effort et les effets cliniques de l'entraînement	42
3.1 Les adaptations cardiovasculaires	42
3.1.1 Le débit cardiaque	42
3.1.2 La circulation générale	43
3.2 Les adaptations respiratoires	43
3.3 Thermorégulation	44
3.4 Les effets de l'entraînement sur les fonctions cardiovasculaire et respiratoire	44
IV. Les modifications hématologiques et biochimiques lors d'un effort physique	45
4.1 L'hématocrite	45
4.2 Les protéines totales	46
4.3 Les lactates	46
4.3.1 Variations de lactatémie au cours d'un effort	47
✓ Chez le cheval	48
✓ Chez le chien	48
4.4 La créatinine	49
4.5 La créatine kinase	50
4.5.1 Variations de la créatine kinase au cours d'un effort	50
✓ Chez le cheval	51
✓ Chez le chien	51
4.6 Les effets de l'entraînement sur le muscle	52
<b>DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODE</b>	<b>54</b>
I. Les chiens	55

II. Les maîtres-chiens	55
III. Le parcours	56
IV. Les séances de test	56
4.1 Les dates	56
4.2 Le déroulement	56
V. Les paramètres évalués	57
5.1 Les paramètres cliniques	57
5.2 Les paramètres biochimiques	57
5.2.1 Les lactates	57
5.2.2 Le microhématocrite	57
5.2.3 Les protéines totales	57
5.2.4 La créatinine	58
5.2.5 La créatine kinase	58
VI. L'analyse statistique	58
<b>TROISIEME PARTIE : RESULTATS</b>	<b>59</b>
I. Résultats par paramètres pour l'ensemble des chiens	60
1.1 Les protéines totales et l'hématocrite	60
1.1.1 Au début de l'entraînement	60
1.1.2 A la fin de l'entraînement	61
1.2 Les lactates	63
1.2.1 Au début de l'entraînement	63
1.2.2 A la fin de l'entraînement	63
1.3 La créatinine	64
1.3.1 Au début de l'entraînement	64
1.3.2 A la fin de l'entraînement	65
1.4 La créatine kinase	66
1.4.1 Au début de l'entraînement	66
1.4.2 A la fin de l'entraînement	67
II. Résultats pour chaque chien	69
2.1 Bacou	69

2.1.1 Les protéines totales et l'hématocrite	69
2.1.2 Les lactates	69
2.1.3 La créatinine	69
2.1.4 La créatine kinase	70
2.2 Boston 2	70
2.2.1 Les protéines totales et l'hématocrite	70
2.2.2 Les lactates	71
2.2.3 La créatinine	71
2.2.4 La créatine kinase	71
2.3 Valko	72
2.3.1 Les protéines totales et l'hématocrite	72
2.3.2 Les lactates	73
2.3.3 La créatinine	73
2.3.4 La créatine kinase	73
2.4 Astus	74
2.4.1 Les protéines totales et l'hématocrite	74
2.4.2 Les lactates	75
2.4.3 La créatinine	75
2.4.4 La créatine kinase	75
2.5 Bacille	76
2.5.1 Les protéines totales et l'hématocrite	76
2.5.2 Les lactates	76
2.5.3 La créatinine	76
2.5.4 La créatine kinase	76
2.6 Vabruke	77
2.6.1 Les protéines totales et l'hématocrite	77
2.6.2 Les lactates	78
2.6.3 La créatinine	78
2.6.4 La créatine kinase	78
2.7 Balto	79
2.7.1 Les protéines totales et l'hématocrite	79
2.7.2 Les lactates	80
2.7.3 La créatinine	80
2.7.4 La créatine kinase	80
2.8 Balthazar 2	81
2.8.1 Les protéines totales et l'hématocrite	81
2.8.2 Les lactates	82
2.8.3 La créatinine	82
2.8.4 La créatine kinase	82
2.9 Budy	83

2.9.1 Les protéines totales et l'hématocrite	83
2.9.2 Les lactates	84
2.9.3 La créatinine	84
2.9.4 La créatine kinase	84
2.10 Belo	85
2.10.1 Les protéines totales et l'hématocrite	85
2.10.2 Les lactates	85
2.10.3 La créatinine	86
2.10.4 La créatine kinase	86
2.11 Luca	87
2.11.1 Les protéines totales et l'hématocrite	87
2.11.2 Les lactates	87
2.11.3 La créatinine	88
2.11.4 La créatine kinase	88
2.12 Bart	89
2.12.1 Les protéines totales et l'hématocrite	89
2.12.2 Les lactates	89
2.12.3 La créatinine	90
2.12.4 La créatine kinase	90
2.13 Bosco	91
2.13.1 Les protéines totales et l'hématocrite	91
2.13.2 Les lactates	91
2.13.3 La créatinine	92
2.13.4 La créatine kinase	92
2.14 Box	93
2.14.1 Les protéines totales et l'hématocrite	93
2.14.2 Les lactates	93
2.14.3 La créatinine	94
2.14.4 La créatine kinase	94
2.15 Vicco	95
2.15.1 Les protéines totales et l'hématocrite	95
2.15.2 Les lactates	95
2.15.3 La créatinine	96
2.15.4 La créatine kinase	96
2.16 Bob	97
2.16.1 Les protéines totales et l'hématocrite	97
2.16.2 Les lactates	97
2.16.3 La créatinine	98
2.16.4 La créatine kinase	98
2.17 Vox	99

2.17.1 Les protéines totales et l'hématocrite	99
2.17.2 Les lactates	99
2.17.3 La créatinine	100
2.17.4 La créatine kinase	100
<b>QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION</b>	<b>103</b>
I. Rappels sur les objectifs de l'étude	104
II. Intérêt des paramètres choisis	104
III. Type d'effort évalué par rapport au travail effectué	104
IV. Adaptations biologiques à l'effort	105
V. Pertinences des valeurs préexercices	105
VI. Interprétation des différents paramètres	105
6.1 Les protéines totales et l'hématocrite	105
6.2 Les lactates	106
6.3 La créatinine	107
6.4 La créatine kinase	107
<b>CONCLUSION</b>	<b>109</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>110</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>119</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Photos :

Photo 1	Chien en piste	24
Photo 2	Berger allemand en recherche de cannabis	25
Photo 3	Labrador en recherche de produits accélérateurs d'incendie	25
Photo 4	Chien travaillant à mordre au bras avec l'homme d'attaque	26
Photo 5	Berger belge malinois	55
Photo 6	Berger belge tervueren	55
Photo 7	Berger allemand	55

### Figures :

Figure 1	Représentation schématique des étapes de formation au sein du CNICG	26
Figure 2	Représentation schématique du travail de piste en 5 <sup>ème</sup> semaine de formation	29
Figure 3	Représentation schématique du travail de piste en 8 <sup>ème</sup> semaine de formation	29
Figure 4	Représentation schématique de la quête croisée	30
Figure 5	Représentation schématique de la structure d'un sarcomère	33
Figure 6	Synthèse d'ATP par transphorylations anaérobies à partir de phosphocréatine	35
Figure 7	La glycolyse anaérobie	35
Figure 8	Le cycle de Cori, la néoglucogénèse hépatique à partir de l'acide lactique	36
Figure 9	Représentation schématique des différentes filières de production d'énergie lors de l'exercice musculaire	38
Figure 10	Représentation schématique de la puissance (Kcal/min) des trois principales voies fournissant l'ATP au muscle en fonction de la durée de l'effort	39
Figure 11	Synthèse de lactate à partir de pyruvate	46
Figure 12	Synthèse d'ATP à partir de phosphocréatine et d'ADP	49

### Tableaux :

Tableau 1	Caractéristiques des 3 voies énergétiques	40
Tableau 2	Résultats d'ensemble des protéines totales et de l'hématocrite	106
Tableau 3	Résultats d'ensemble des lactates	107
Tableau 4	Résultats d'ensemble de la créatinine	108
Tableau 5	Résultats d'ensemble de la créatine kinase	108

### Graphiques :

Graphique 1	Les protéines totales avant/ après l'effort, au début de l'entraînement	60
Graphique 2	L'hématocrite avant/après l'effort, au début de l'entraînement	61
Graphique 3	Les protéines totales avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement	62
Graphique 4	L'hématocrite avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement	62
Graphique 5	Les lactates avant/après l'effort, au début de l'entraînement	63
Graphique 6	Les lactates avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement	64

Graphique 7	La créatinine avant/après l'effort, au début de l'entraînement	65
Graphique 8	La créatinine avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement	66
Graphique 9	La créatine kinase avant/après l'effort, au début de l'entraînement	67
Graphique 10	La créatine kinase avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement	68
Graphique 11	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacou	69
Graphique 12	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacou	70
Graphique 13	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Boston 2	71
Graphique 14	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Boston 2	72
Graphique 15	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Valko. Remarque : les variations ne sont pas significatives	73
Graphique 16	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Valko	74
Graphique 17	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Astus. Remarque : les variations ne sont pas significatives	74
Graphique 18	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Astus	75
Graphique 19	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacille. Remarque : les variations ne sont pas significatives	76
Graphique 20	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacille	77
Graphique 21	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vabruke. Remarque : les variations ne sont pas significatives	78
Graphique 22	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vabruke	79
Graphique 23	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balto. Remarque : les variations ne sont pas significatives	80
Graphique 24	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balto	81
Graphique 25	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balthazar2. Remarque : les variations ne sont pas significatives	82
Graphique 26	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balthazar2	83
Graphique 27	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Budy. Remarque : les variations ne sont pas significatives	84
Graphique 28	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Budy	85
Graphique 29	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Belo.	86

	Remarque : les variations ne sont pas significatives	
Graphique 30	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Belo	87
Graphique 31	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Luca. Remarque : les variations ne sont pas significatives	88
Graphique 32	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Luca	89
Graphique 33	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bart	90
Graphique 34	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bart	91
Graphique 35	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bosco. Remarque : les variations ne sont pas significatives	92
Graphique 36	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bosco	93
Graphique 37	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Box. Remarque : les variations ne sont pas significatives	94
Graphique 38	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Box	95
Graphique 39	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vicco. Remarque : les variations ne sont pas significatives	96
Graphique 40	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vicco	97
Graphique 41	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bob. Remarque : les variations ne sont pas significatives	98
Graphique 42	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bob	99
Graphique 43	Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vox. Remarque : les variations ne sont pas significatives	100
Graphique 44	La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vox	101
<b>Annexes :</b>		119
Annexe 1	Résultats pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008	120
Annexe 2	Résultats pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008	121
Annexe 3	Intervalles de différence analytique des protéines totales et de l'hématocrite pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008	122
Annexe 4	Intervalles de différence analytique de l'hématocrite pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008	122
Annexe 5	Intervalles de différence analytique des lactates pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008	123
Annexe 6	Intervalles de différence analytique de la créatinine pour	123

Annexe 7	l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008 Intervalles de différence analytique de la créatine kinase pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008	124
Annexe 8	Intervalles de différence analytique des protéines totales pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008	124
Annexe 9	Intervalles de différence analytique des lactates pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008	125
Annexe 10	Intervalles de différence analytique de l'hématocrite pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008	125
Annexe 11	Intervalles de différence analytique de la créatinine pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008	126
Annexe 12	Intervalles de différence analytique de la créatine kinase pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008	126

## LISTE DES ABREVIATIONS :

- ADP : adénosine diphosphate
- ALAT : alanine amino transférase
- ASAT : aspartate amino transférase
- ATP : adénosine Triphosphate
- CCMH : concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine
- CNICG : Centre d'Instruction Cynophile de Gramat
- CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone
- Créatine P : créatine phosphate
- CK : créatine kinase
- Créat : créatinine
- ENVT : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
- Ht : hématocrite
- LDH : lactate deshydrogénase
- O<sub>2</sub> : dioxygène
- PT : Protéines totales
- V O<sub>2</sub> : consommation d'oxygène par unité de temps
- VGM : volume globulaire moyen

## INTRODUCTION

Depuis la seconde guerre mondiale, l'utilisation des chiens par la Gendarmerie s'est fortement développée. Le Centre Nationale d'Instruction Cynophile de Gramat (CNICG) a été créé en 1945 et a formé depuis, plus de 4500 chiens. Les chiens sont formés à différentes spécialités et leur apprentissage continue tout au long de leur travail en unité. Cette formation est longue, difficile et onéreuse, mais l'utilisation des chiens sur le terrain s'est montrée indispensable pour de nombreux types d'intervention.

De nombreuses études sur le déroulement de l'entraînement et le travail réalisé sur le terrain ont été menées. Cependant, on dispose à ce jour de très peu de données physiologiques sur ces animaux. De plus, certains chiens développent au cours de leur entraînement ou plus tard en unité, des problèmes de fatigabilité à l'effort et des pathologies cardiaques. Leur réforme représente une perte sèche pour la Gendarmerie, et la formation d'un nouveau chien demande beaucoup de temps.

Il apparaît donc nécessaire d'établir des valeurs de référence pour permettre au vétérinaire et au maître-chien d'évaluer les aptitudes physiques de l'animal afin de déceler rapidement d'éventuels problèmes.

Ainsi, nous avons d'abord entrepris un rappel sur la formation des chiens dans la Gendarmerie et sur la physiologie de l'effort, puis effectué une revue des données bibliographiques sur les variations de nombreux paramètres chez des chiens de sport et de travail. Par la suite, notre étude a consisté à évaluer les variations d'un certain nombre de paramètres cliniques et biochimiques au cours d'un effort standardisé, en début et en fin d'entraînement. Notre but était d'obtenir des valeurs de référence pour cette population et de déceler d'éventuelles pathologies relatives à l'effort.

Nous tenons à remercier le vétérinaire du CNICG, le Docteur Thomas Normand, pour son aide précieuse pour mener à bien ce travail ainsi que les instructeurs et maîtres-chiens qui se sont profondément impliqués dans cette étude.

PREMIERE PARTIE :  
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

## I. Le chien dans la gendarmerie et le CNICG

### 1.1 Historique du CNICG

Le domaine de Gramat a été acquis en 1935 par l'Etat pour l'installation de « l'établissement hippique de transition de Ségala », un haras régi par la Direction des Services Vétérinaires. En 1943, la gendarmerie décide de former des chiens de police. Ce sont alors les Services Vétérinaires qui assurent le recrutement et la formation des animaux. A la fin de l'année 1945, le centre hippique est supprimé et la gendarmerie récupère le site pour créer le Chenil Central de la Gendarmerie, destiné à former les équipes cynophiles. (17)

En 1972, le centre est rattaché au commandement des Ecoles de la Gendarmerie à Maisons-Alfort et devient le « Centre de formation des maîtres chien de la Gendarmerie ». Les formations vont alors se diversifier progressivement : en 1970 est créée la section chiens de recherche en avalanche ; puis en 1972, la section chiens de recherche de produits stupéfiants et en 1983, les sections chiens de recherche d'explosifs et chiens d'assaut pour le GIGN.

En 1996, le centre change à nouveau d'appellation et devient : le Centre National d'Instruction Cynophile de la Gendarmerie (CNICG). Il se dote de nouvelles spécialités en 2001 : les chiens d'intervention et les chiens de recherche de restes humains.

Ainsi, depuis sa création en 1945, le CNICG a formé plus de 4500 chiens et maîtres chiens. Il assure le remplacement annuel des chiens décédés ou devenus inaptes. On retrouve aujourd'hui environ 500 équipes cynophiles sur le territoire national. (42)

### 1.2 Missions du CNICG

Le CNICG a cinq grandes missions :

- assurer le recrutement, la sélection et l'orientation des chiens, en fonction de leurs aptitudes intrinsèques.
- constituer des équipes cynophiles approchant au maximum d'une harmonie homme-chien idéale.
- garantir la formation pratique et théorique des maîtres chiens.
- Assurer la surveillance technique des équipes en service.
- former le personnel instructeur et les hommes d'attaque.

Pour réaliser ces objectifs, le Centre organise chaque année deux stages de formation de Maître-chien, en février et en septembre, un stage de recyclage en mai, et un stage de chien d'avalanche en janvier. Les stages de formation durent trois mois chacun et ne forment pas moins de 30 stagiaires à chaque session. Le stage de recyclage permet la reprise en main de trente chiens déjà formés. (17, 29, 42).

La carrière d'un chien au sein de la gendarmerie est de 8 ans.

### 1.3 Les spécialités cynophiles de la Gendarmerie

Les grandes disciplines cynophiles de la gendarmerie sont :

- le pistage
- la recherche

- le mordant
- la détection
- la démonstration

Ces grandes disciplines se retrouvent dans les différentes spécialités pour lesquelles sont formées les brigades cynophiles. (17, 29, 42)

### 1.3.1 Le pistage

Le pistage est la discipline mère du chien d'utilité. C'est la spécialité qui recense actuellement le plus grand nombre d'équipes cynophiles en France, soit environ une équipe sur deux. Elle consiste à rechercher des personnes disparues ou des malfaiteurs à partir de traces ou d'indices laissés sur le terrain. Le chien est mis sur piste que lorsqu'un minimum de circonstances favorables sont réunies c'est-à-dire : des délais d'intervention réduits, des indices de départ valables et des conditions atmosphériques et topographiques propices. Le travail de dressage de ces chiens est long et minutieux. (17, 29, 42)

L'effort physique demandé ici est surtout de type endurance. Cet exercice demande aussi une grande concentration de la part du chien ce qui peut-être aussi à l'origine de fatigue et baisse de performance.

Les chiens qui ont été testés pour cette étude étaient tous formés au pistage et à la défense. Ainsi, en plus de leur formation à la piste, ils sont formés au mordant et à la défense du Maître. Ces deux types d'exercices sont différents non seulement par leur nature même mais aussi par le type d'effort physique qu'ils demandent.



Photo 1 : Chien en piste ([www.ouest-france.fr](http://www.ouest-france.fr))

### 1.3.2 La recherche

Dans cette discipline on retrouve différentes spécialités en fonction de la nature de l'élément recherché. Ainsi les chiens peuvent rechercher : des explosifs, des stupéfiants, des armes, des restes humains, des traces de sang, des produits accélérateurs d'incendie et des billets de banque. (29) Le chien doit apprendre à rechercher ces odeurs mais aussi à marquer le site de leur découverte. Il existe deux types de marquages : le marquage passif et le marquage actif. Lors du marquage passif, le chien se couche ou s'assied. Ce type de marquage est utilisé pour un travail délicat comme la recherche d'explosif ou de personnes. Au contraire, lors du marquage actif, le chien gratte pour marquer l'endroit. Le marquage actif est

utilisé pour la majorité des recherches. Les chiens sélectionnés pour cette discipline doivent être joueurs et très possessifs avec leurs jouets. (42)



Photo 2 : chien berger allemand en recherche de cannabis. (www.ouest-france.fr)

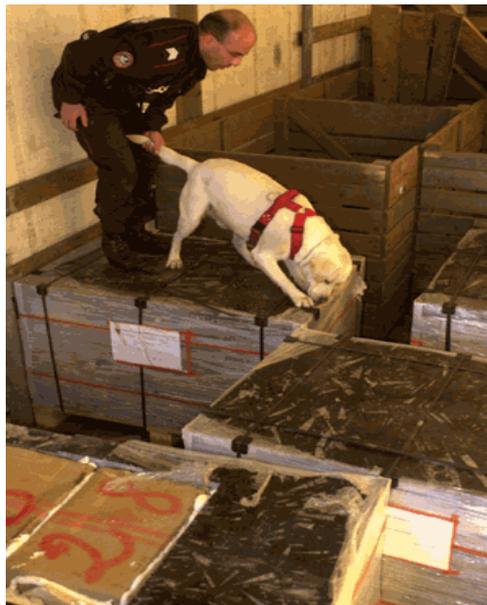


Photo 3 : labrador en recherche de produits accélérateurs d'incendie (www.ouest-france.fr)

### 1.3.3 Le mordant

Le mordant est pratiqué dans de nombreuses disciplines qui sont : l'assaut, l'intervention, le pistage-défense, la recherche de stupéfiants-défense et la garde-patrouille. Il prépare le chien à défendre son maître et à l'interception de personnes malveillantes ou en fuite. Le travail d'apprentissage est surtout réalisé par l'homme d'attaque qui apprend au chien à mordre au bon endroit et de manière efficace. Le maître-chien est là pour encourager le chien. (23) L'effort physique qui est réalisé ici est un effort violent de courte durée.



Photo 4 : chien travaillant à mordre au bras avec l'homme d'attaque. (www.ouest-france.fr)

#### 1.3.4 La détection

La détection est pratiquée par les chiens d'intervention. Cette discipline consiste à faire rechercher au chien une personne cachée dans un certain périmètre. Il apprend également à fouiller un bâtiment en cas de déclenchement d'une alarme. Ces chiens peuvent être utilisés lors de patrouilles à pied, de contrôles routiers ou de surveillances de locaux. (23)

#### 1.4 Le recrutement et la sélection des chiens

Les principales races utilisées sont désormais Berger Belge Malinois (80% des chiens) et le Berger Allemand. Ce sont le plus souvent des mâles ou des femelles ovariectomisées, âgés de 12 à 24 mois. Ils doivent correspondre aux standards de la race avec ou sans pedigree. Le recrutement se fait par des rabatteurs spécialisés, auprès des maîtres chiens d'unités, et par achats ou par dons. C'est la cellule achat, composée de dresseurs-acheteurs et du vétérinaire du Service Vétérinaire d'Unité, qui se charge de recruter les chiens. Le prix d'achat moyen d'un chien est de 1680euros. La sélection des animaux est basée sur différents critères morphologique, sanitaire et caractériel. (23, 29)

D'un point de vue morphologique le chien doit correspondre aux standards de sa race et à des critères concernant les aptitudes physiques. Les qualités recherchées sont celles d'un chien sportif: la résistance, la vigueur, l'énergie, la souplesse, l'endurance et la robustesse. L'examen morphologique, notamment de l'appareil locomoteur, est donc minutieux. La robe est également un critère important car elle doit être sombre pour répondre au critère de camouflage.

Enfin, une attention particulière est accordée à la dentition surtout pour les chiens ayant déjà fait du ring. (17, 42)

Ainsi, l'examen cynotechnique comprend deux phases : un examen d'ensemble et un examen rapproché où on examine sur l'animal au repos : les aplombs de face et de profil, la ligne du dessus dans sa conformité et sa robustesse. Puis sur l'animal en mouvement, en laisse et en liberté sont notés : la souplesse du mouvement, le comportement de la ligne du dessus, la poussée arrière des postérieurs, la prise de terrain des antérieurs, et les éventuelles boiteries.

L'examen sanitaire consiste à contrôler le carnet de vaccination et à prendre des radios des hanches sur l'animal tranquilisé pour dépister la dysplasie coxofémorale.

Suite à ces critères morphologiques, le caractère du chien doit être évalué par la recherche d'un certain nombre d'aptitudes comportementales : (23, 42)

Les principales aptitudes comportementales recherchées sont :

- la vigilance : On évalue l'attention du chien au monde extérieur. Il doit être attentif aux odeurs, aux bruits et aux mouvements. La vigilance est donc en rapport avec l'acuité sensorielle du sujet.
- l'agressivité : Elle se traduit par le goût du chien à attaquer et à mordre franchement, sans lâcher. On tiendra compte, pour ce critère, du milieu dans lequel l'animal a vécu.
- la stabilité émotionnelle : Elle correspond à attitude calme et une indifférence aux coups de feu.

Enfin, cette évaluation caractérielle du chien est complétée par un test au mordant pour ceux qui ont déjà fait du ring. En effet, ceci n'est pas forcément un avantage, car les animaux peuvent avoir été mal dressés ou avoir pris de mauvaises habitudes. On dit, dans ce cas, que les chiens sont cassés.

Lorsque le chien répond à ces différents critères, il est alors sélectionné pour entrer dans la formation. Il est, à ce moment là, déjà orienté vers une spécialité selon les aptitudes qu'il présente. Il est placé en quarantaine au cours de laquelle il recevra les vaccins et les rappels correspondants, un déparasitage complet et divers traitements en fonction de son état de santé. Puis, par tirage au sort, les chiens sont répartis dans les groupes d'instruction. (29, 23, 42)

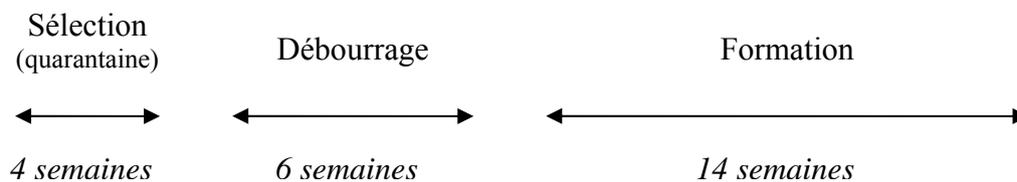


Figure 1 : Représentation schématique des étapes de formation au sein du CNICG.

### 1.5 Le déboufrage d'orientation

Après la période de sélection vient le déboufrage d'orientation. Cette période de 6 semaines permet de vérifier les aptitudes de l'animal pour la spécialité vers laquelle il a été orienté. Le déboufrage peut aussi parfaire l'éducation du chien par des exercices d'obéissance. Les instructeurs prennent en charge une dizaine de chiens chacun et vont tester leur caractère et leur aptitude au travail. Le but est de connaître les qualités individuelles de chaque animal. Pour cela, les instructeurs observent l'activité générale du chien, son comportement vis-à-vis de ses congénères et de l'Homme, et son aptitude au flair et au mordant. Les périodes de déboufrage ont lieu l'été et en fin d'année, avant l'arrivée des maîtres-chiens stagiaires. (42, 17)

## 1.6 La formation

Cette période est la plus longue, elle dure 14 semaines. C'est la période de dressage de l'animal. Le dressage se définit comme l'ensemble des moyens employés pour doter les animaux d'aptitudes spéciales. Le dressage en vue d'effectuer un travail, cherche à développer des qualités naturelles du chien pour l'adapter au mieux à sa destination définie. De plus, le dressage est facilité par les qualités héréditaires du chien. C'est pourquoi, les races utilisées sont choisies en fonction de leurs aptitudes intrinsèques reconnues. Le principe de base du dressage est construit selon le schéma : donner un ordre, obtenir une exécution, récompenser.

Il existe deux grandes méthodes de dressage : la première concerne les réflexes conditionnés étudiés par le physiologiste Pavlov en 1902, et la seconde est une méthode par habitude, qui aboutit à transformer un acte volontaire en réflexe, sans demander d'analyse intellectuelle au chien. Dans les deux cas le chien doit aimer et respecter son maître. Le défaut majeur de ces deux techniques est qu'elles aboutissent à la mécanisation de l'animal, pourtant nécessaire au début de son apprentissage. C'est donc le dressage d'entretien, qui permettra d'effacer ces automatismes pour faire appel à nouveau aux qualités initiales du chien. (42, 23, 17)

### 1.6.1 La formation initiale

La formation initiale comprend un tronc commun et des modules propres à chaque spécialité. Elle comporte également un volet théorique pour les maîtres-chiens. Le tronc commun concerne essentiellement l'obéissance. Le chien doit être entièrement dominé. Une symbiose parfaite est alors fondée sur le respect mutuel et une confiance totale du chien pour le maître. Cet apprentissage se fait grâce à différents exercices, toujours abordés en augmentant progressivement les difficultés.

Ces exercices comprennent :

- la marche au pied.
- le rappel, la position d'arrêt.
- les positions assis, debout, couché.
- l'habituatation au tir.
- le saut.
- le rapport d'objet.

### 1.6.2 La formation à la piste-défense

Les chiens qui ont fait l'objet de cette étude étaient tous formés à la piste défense.

Cette spécialité comprend la recherche de personnes disparues ou en fuite, et dans un second volet, la défense du maître-chien. (23)

✓ le débouillage :

Le chien à son arrivé à Gramat, est pris en charge par un dresseur qui établit avec lui une relation de confiance. Le chien entre aussi en contact avec un gendarme adjoint qui s'occupe de lui régulièrement et auquel il va progressivement s'attacher. Cet attachement sera très utile pour la formation car il stimulera la recherche de cet adjoint par le chien. Le débouillage

s'effectue dans la « verte », c'est-à-dire dans des zones de verdure où l'herbe est rase. Les premières pistes se déroulent de la manière suivante :

L'animal semble se promener avec le dresseur. Puis celui-ci s'éloigne avec lui jusqu'à ce que le chien perde de vue le gendarme adjoint. L'instructeur équipe alors le chien d'un harnais et d'une longe pendant que l'adjoint trace la piste. Tout d'abord, il effectue le marquage au point de départ en laissant des odeurs de références pour le chien en piétinant l'herbe à l'endroit du départ : les odeurs laissées par l'herbe cassée serviront d'odeur de référence. La viande peut aussi être utilisée comme odeur de référence. Certaines fois, c'est le jouet qui est utilisé si le chien y porte plus d'intérêt qu'au gendarme adjoint. Les premières pistes se font à vue puis à l'insu de l'animal qui est alors obligé d'utiliser son flair. (23)

Le pistage sur objet est utilisé en condition réelle lorsque les personnes recherchées ont perdu des objets personnels. Le chien doit alors apprendre à marquer sans toucher l'objet pour ne pas compromettre les analyses ultérieures.

Au début du déboufrage, la longueur des pistes est modérée : de 50 à 100 mètres maximum, en ligne droite. Au fur et à mesure du déboufrage, la difficulté augmente. Tout d'abord, la quantité d'odeurs laissées sur la piste diminue. Puis, on fait varier le délai entre le moment où la piste est tracée et où on lance le chien. D'abord nul, ce délai d'intervention augmente petit à petit. Enfin, on augmente la longueur de la piste qui peut atteindre 250 mètres en ligne droite. Par la suite, le tracé de la piste progresse avec l'introduction d'angles de plus en plus importants au cours des séances.

En conséquence, avant le début du stage de formation, les chiens doivent être capables de suivre une piste de 250 mètres avec une angulation. (42)

#### ✓ le stage de formation :

Il commence par deux semaines de familiarisation avec les maîtres-chiens. Les exercices de pistage reprennent la troisième semaine. Les premières séances ont lieu dans la « verte » et consiste à retrouver le maître auquel le chien vient de s'attacher. Puis le maître apprend à conduire le chien, ce sont alors d'autres gendarmes qui doivent être cherchés. Lorsque débute la recherche sur objet personnel, elle se fait avec un objet au début de la piste, et un au milieu. Les objets personnels sont importants lors de l'introduction d'angulations des pistes. En effet, la présence d'un objet personnel quelques mètres après l'angulation conforte le chien dans la direction.

La progression du travail est telle qu'à la cinquième semaine de formation, les chiens sont capables de suivre une piste de 300 mètres de longs, avec une angulation et deux objets personnels et ceci dans un délai d'intervention de 25 minutes. (23, 42)

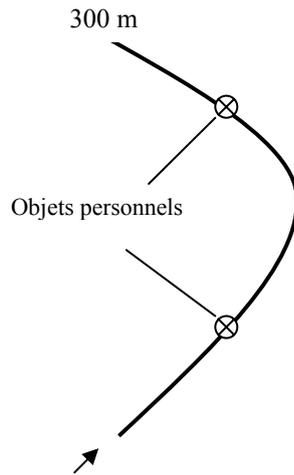


Figure 2 : Représentation schématique du travail de piste en 5<sup>ème</sup> semaine de formation.

A la septième semaine, une deuxième déviation est introduite, formant alors un parcours de trois branches. Le délai d'intervention est rallongé, à la mi-stage, à trente minutes. A la huitième semaine de stage, les pistes font 350 à 400 mètres de long et le délai d'intervention est repoussé à quarante minutes. A cette période, les chiens sont également initiés au départ de pistes en bordure de route. En effet, le bitume retient très peu les odeurs donc la recherche est beaucoup plus difficile. Or, les particules lourdes auxquelles le chien se réfère principalement se déposent sur deux mètres de part et d'autre du traceur, soit sur une bande de 4,5 mètres de large environ. C'est pourquoi, il est difficile pour un chien de longer une route, voire de la traversée. (23, 42)

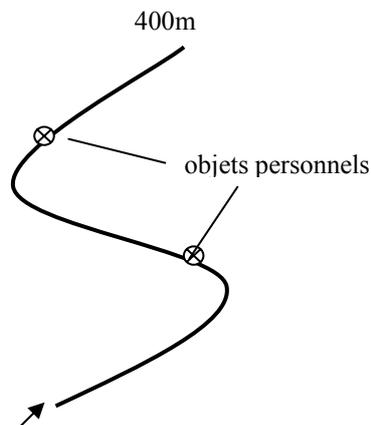


Figure 3 : Représentation schématique du travail de piste en 8<sup>ème</sup> semaine de formation.

Par la suite, le chien apprend à travailler sur de nouveaux types de terrains, tels que des forêts ou des champs labourés. Ensuite est introduit un premier obstacle, par exemple une clôture, un cours d'eau ou un longer de route. Par la suite, le chien apprend à traverser une route. Les équipes travaillent aussi les recherches au départ d'habitation ou de véhicule.

Au cours du troisième mois, on introduit les pistes en zone brouillée, apprentissage essentiel pour la recherche de malfaiteurs. Le but de cet exercice est d'apprendre au chien à suivre une piste dans un secteur parasité par le passage d'individus, de véhicules mais aussi d'animaux. On enseigne alors la quête croisée. Le maître avance en faisant des lignes perpendiculaires au tracé pour progresser en zigzag jusqu'à ce que le chien retrouve l'odeur et la piste. Puis, un second traceur vient couper la première piste ou la longer : le chien doit alors ignorer cette deuxième piste et continuer sur le tracé initial. Si le chien se trompe, le maître le remet sur la bonne piste en l'incitant à revenir sur ses pas. Le chien assimile au bout de quelques erreurs qu'il ne doit pas suivre une piste différente de l'odeur de référence. (23, 42)

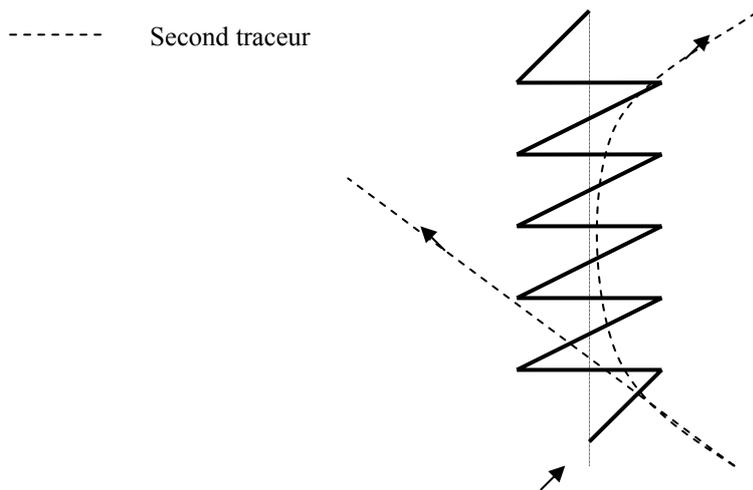


Figure 4 : Représentation schématique de la quête croisée.

A la fin du stage, l'objectif est que le chien soit capable de suivre une piste de 500 mètres de long avec des obstacles tels qu'une traversée de route. Le tracé comprend trois angulations et trois objets personnels sur la piste plus un quatrième près du départ, hors de la zone brouillée. Le délai d'intervention est alors de 45 minutes et le tracé est coupé par une fausse piste.

La dernière semaine du stage est consacrée à des exercices à partir de cas concrets, en conditions réelles. Ceci permet aussi d'entraîner les maîtres au recueil d'informations afin de trouver un point de départ pour mettre les chiens en recherche.

En unité les équipes progressent en augmentant la longueur des pistes jusqu'à plusieurs kilomètres, et le délai d'intervention jusqu'à deux ou trois heures. Elles continuent aussi à travailler sur les exercices réalisés lors de la formation initiale pour que le chien ne perde rien de son apprentissage de base. (42, 27, 23)

### 1.6.3 Le dressage au mordant

- ✓ l'exercice d'excitation collective :

Au début de la formation, le but est de susciter l'envie de mordre. Les équipes sont disposées en cercle autour de l'homme d'attaque, en alternant un chien à débourrer, et un chien meneur, de façon à stimuler le chien à débourrer. L'homme d'attaque excite les chiens avec un boudin

de toile ou une manchette en commençant par les chiens habitués. Le chien, encouragé par son maître, cherche à mordre l'objet pour s'en saisir. Après plusieurs passages, le maître lâche le collier et l'homme d'attaque offre une bonne prise du boudin au chien, puis le lui abandonne. Une fois que le chien a lâché, l'homme d'attaque s'en ressaisi et recule en le traînant et en faisant mine de l'emporter. Le chien avance pour le récupérer ; il ressort donc vainqueur et reçoit les félicitations de son maître.

Lorsque le chien a développé une bonne prise en gueule avec le boudin, un nouvel objet est utilisé : le bâton (tiges de bambous). Quand chaque chien manifeste une envie de mordre certaine, l'initiation est terminée et les équipes peuvent désormais travailler individuellement. Il est important de noter pour notre étude que l'exercice du mordant constitue un exercice d'intensité très importante et de courte durée. Il n'utilisera donc pas les mêmes filières de production d'énergie qu'un exercice de piste, par exemple. (42, 17, 23)

✓ la prise au bras :

Pour cet exercice, l'homme d'attaque utilise la manchette. C'est une manche en toile matelassée qui protège le bras et l'avant-bras. L'homme d'attaque vient alors narguer le chien en faisant un simulacre d'agression, puis il fait mine de prendre la fuite. Sur ordre de son maître, le chien attaque et prend prise. L'homme d'attaque tente de s'en défaire en faisant des mouvements de va et vient avec son bras.

Durant les premières séances, l'homme d'attaque finit par abandonner la manchette au chien qui sort donc victorieux.

Par la suite, lorsque le chien montre suffisamment d'ardeur à mordre, le travail des cessations commence. (23)

✓ les cessations :

Pour apprendre au chien à lâcher et à revenir au pied de son maître, celui-ci tire sur la laisse et lui dit « halte, au pied ». Si le chien a du mal à lâcher, le maître peut faire diversion en apportant un jouet ou une friandise. (23)

✓ la prise aux jambes :

L'apprentissage est fondé sur le même principe que la prise au bras. La plupart des chiens préfèrent mordre au bras car la prise est plus facile. En effet, le bras leur est présenté à l'horizontal contrairement à la jambe qui est verticale. Quand le chien a mordu l'homme d'attaque, celui-ci fait des mouvements de jambes pour essayer de le faire lâcher. (23)

Lorsque le chien a acquis ces compétences fondamentales, le dresseur le fait travailler à partir de différents exercices :

- l'attaque de face.
- la garde au ferme : le chien doit se coucher ou s'asseoir et empêcher l'agresseur de fuir.
- la conduite : le chien doit accompagner le malfaiteur après son interpellation.

- la fuyante : le chien doit apprendre à mordre dans le dos pour arrêter un fuyard.
- la défense du maître : Le chien apprend à rester calme et assis quand son maître rencontre quelqu'un, tout en restant vigilant car les intentions de cette personne peuvent être malveillantes.
- le décrochage opérationnel et le mordant utilitaire: Il consiste à apprendre au chien à changer d'adversaire en fonctions des faits et gestes de chaque malfaiteur.
- le déconditionnement : l'éducateur arrête de travailler avec les objets à base de toile, utilisés jusqu'alors. Les attaques sont désormais muselées sur une personne en civile portant des protections sous ses vêtements. Le chien privé ainsi de sa gueule, va apprendre à faire tomber et bloquer l'agresseur. Le chien est encouragé par son maître, et à la fin de la séance, il est récompensé en mordant sans muselière.

✓ la progression des exercices utilitaires :

Les exercices progressent dans le but de se rapprocher le plus possible des conditions réelles. C'est pourquoi, on fait varier les lieux d'exercice et les horaires, en faisant travailler les chiens de jour comme de nuit. Des obstacles sont aussi rajoutés sur le terrain. Par ailleurs, par moment le travail avec le costume d'attaque est repris pour conserver les qualités de prise en gueule des chiens. En effet, il est plus dur de mordre dans du kevlar ou du cuir que dans de la toile et il arrive souvent que les chiens se fracturent des crocs au cours de l'apprentissage du mordant. (23)

Nous constatons donc ici que les chiens des brigades cynophiles de la Gendarmerie sont appelés à réaliser toutes sortes d'activités. Il apparaît alors difficile de caractériser précisément le type d'effort qui leur est demandé contrairement aux chiens de courses ou de traîneaux par exemple. Les spécialités sont très variées et font appel à de nombreuses acuités sensorielles ainsi qu'à une concentration importante. Il est donc difficile d'une part, de comparer ces chiens aux autres chiens de sport ou de travail, et d'autre part de standardiser leur effort. De plus, nous avons vu clairement que quelque soit l'activité, la difficulté augmentait au cours de l'entraînement et donc ceci ajoute à la complexité de mettre au point un exercice standard.

Par ailleurs, il n'existe aucune donnée bibliographique sur les paramètres biologiques de ces chiens. Nous ne disposons donc d'aucune valeur de référence, ce qui est délicat pour interpréter les différents résultats d'examen lorsqu'ils sont présentés en consultation à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse pour fatigabilité à l'effort, essentiellement.

Nous allons maintenant nous intéresser à la physiologie de l'effort et aux données bibliographiques actuelles de différents paramètres biologiques chez des animaux sportifs.

## II. Physiologie de l'effort

### 2.1 L'effort musculaire

#### 2.1.1 Le muscle squelettique et la contraction musculaire

Un mouvement, quel qu'il soit est permis par à la contraction des muscles squelettiques présents sur l'ensemble du corps. Un muscle squelettique est constitué de fibres longitudinales dont chacune est une cellule unique. Ces cellules, issues de la fusion de plusieurs cellules embryonnaires, possèdent de nombreux noyaux et de nombreuses mitochondries, signe de la nécessité de beaucoup d'énergie. Les fibres sont striées longitudinalement et transversalement. Elles sont regroupées en faisceaux entourés de tissu conjonctif pour constituer le muscle. Les muscles sont vascularisés par une ou plusieurs artères qui s'anastomosent autour des faisceaux avant d'y pénétrer.

On trouve à l'intérieur des cellules un assemblage de myofibrilles constituées elles-mêmes de deux types de myofilaments : les filaments minces d'actine et les filaments épais de myosine, qui disposés de façon régulière, constituent les sarcomères. Un sarcomère est l'unité structurale fondamentale du muscle. Il est constitué d'une alternance de filaments minces et épais, dont l'alignement forme des stries. (14)

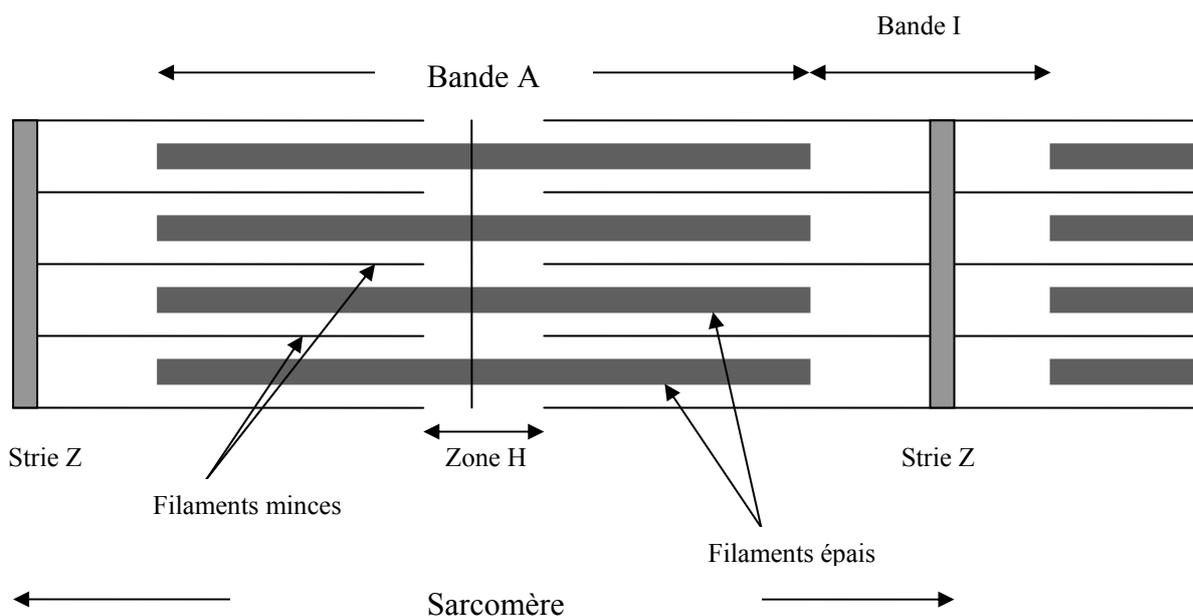


Figure 5 : Représentation schématique de la structure d'un sarcomère, d'après Biologie, Campbell.

La contraction des fibres musculaires se fait grâce au raccourcissement des sarcomères par le jeu du glissement des fibres de myosine et d'actine entre elles. Ainsi, lorsqu'un muscle se contracte, chaque sarcomère raccourcit. Il y a contraction par glissement des filaments de telle sorte que la distance entre deux stries Z voisines diminue. Cette contraction nécessite de l'énergie apportée par l'ATP (adénosine triphosphate), du calcium et des enzymes. L'ATP est hydrolysé, ce qui permet la libération de phosphate inorganique, d'adénosine diphosphate et donc d'énergie. (14, 26)

### 2.1.2 Les différents types de fibres

Chaque muscle possède différents types de fibres musculaires dans des proportions particulières. En effet, les fibres ayant des propriétés contractiles, une fatigabilité et une capacité aérobie différentes, on trouvera des proportions différentes et génétiquement établies selon le type d'animal et son aptitude à un effort donné.

Ainsi, les fibres musculaires sont classées en deux catégories :

- les fibres de type I, rouges ou lentes. (5, 33)
- les fibres de type II, blanches ou rapides. (5, 33)

Les fibres lentes, aussi appelées fibres ST (Slow Twitch), ont un métabolisme essentiellement aérobie car elles sont riches en enzymes aérobies et en mitochondries. Elles sont entourées de nombreux capillaires formant un réseau essentiel pour leur apport en oxygène. Ces fibres permettent les efforts d'endurance, c'est-à-dire d'intensité moyenne mais de longue durée, et présentent une certaine résistance à la fatigue. (77)

En revanche, les fibres rapides ou fibres FT (Fast Twitch), ont un métabolisme anaérobie. Elles possèdent une faible quantité de mitochondries mais des réserves en glycogène et composés phosphates très importantes. Elles sont capables de fournir un effort intense mais de courte durée et sont particulièrement fatigables. Elles servent donc aux efforts rapides. (77)

Il a été prouvé par différentes études et notamment par celle menée par Guy et Snow (33) que la proportion de fibres lentes et rapides est établie génétiquement et que l'on retrouve chez les Greyhounds, par comparaison à des chiens issus de races croisées, une proportion significativement élevée de fibres rapides. Il a également été montré chez l'homme et chez le cheval qu'il y avait une relation importante entre la composition musculaire et les performances athlétiques (65, 69)

L'entraînement peut également améliorer les capacités aérobies par le matériel enzymatique, le stockage des substrats, ou encore le nombre de myofibrilles. Ce type d'adaptation affecte surtout les fibres de type rapide qui s'hypertrophient, alors que les fibres de type lent voient leur volume inchangé. (26, 30, 33)

Il existe donc, malgré des prédispositions génétiques marquées, de réelles adaptations biologiques à l'effort et plus précisément au type d'effort demandé. C'est au cours de l'entraînement que se développent ces modifications. Un entraînement adéquat permettra ainsi de modifier la répartition des fibres par différentes stimulations nerveuses auxquelles elles sont soumises. Une stimulation prolongée et de basse fréquence entraînera un développement de fibres lentes ; alors qu'une stimulation haute fréquence induira le développement de fibres rapides. (67)

## 2.2 Les filières de production d'énergie

### 2.2.1 La voie anaérobie alactique

La cellule musculaire ne stock pratiquement pas d'ATP. Elle a donc besoin en permanence, de sources lui fournissant cet ATP. Il existe 3 voies de production d'ATP qui interviennent successivement dans le temps et en se chevauchant légèrement.

La première n'est pas à proprement parler une voie de production, mais l'utilisation du stock très limité d'ATP que possède la cellule. Elle reconstitue ensuite ce stock dès l'arrêt de l'effort à partir de la phosphocréatine par des transphorylations anaérobies. (30, 79)

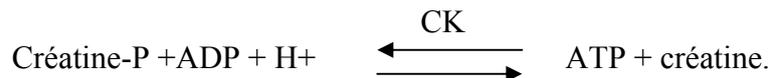


Figure 6 : Synthèse d'ATP par transphorylations anaérobies à partir de phosphocréatine.

Cette réaction se fait grâce à la créatine phosphokinase. C'est la voie anaérobie alactique. Elle est utilisée pour fournir l'énergie nécessaire pendant les premières secondes de l'effort. Cette voie n'a pas de réel facteur limitant hormis sa faible capacité. Par contre, sa puissance est élevée et sa disponibilité très rapide. De ce fait, cette voie n'est pas optimisable par l'entraînement ou l'alimentation. (5, 26,30, 58)

### 2.2.2 La glycolyse anaérobie

La voie qui se met en place par la suite est la glycolyse anaérobie au cours de laquelle le glycogène est dégradé en acide pyruvique, lui-même converti en acide lactique.



Figure 7 : la glycolyse anaérobie

L'acide lactique n'est pas utilisable par la cellule musculaire striée squelettique mais peut-être utilisé par le myocarde. (26)

Il est également reconverti en glucose lors de la néoglucogenèse dans le foie par le cycle de Cori.

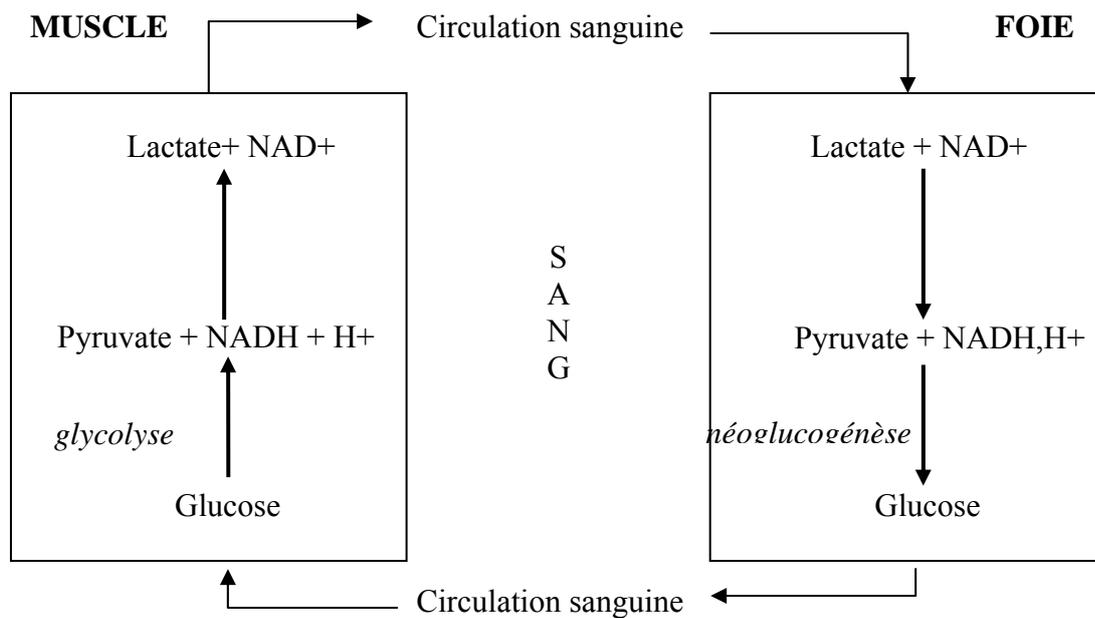


Figure 8: le cycle de Cori, la néoglucogénèse hépatique à partir de l'acide lactique.

Cette voie intervient avec un délai d'une dizaine de secondes et atteint son maximum 30 à 60 secondes après le début de l'effort. Sa capacité est élevée mais sa puissance ne représente que la moitié de celle fournie par la voie anaérobie alactique. Son principal facteur limitant est l'accumulation de l'acide lactique dans le muscle ou dans la circulation. En effet cette accumulation locale est responsable d'une fatigue musculaire, de crampes, de rhabdomyolyse et de myoglobininurie (26). Au niveau systémique, elle est responsable d'une acidose, d'une hyperammoniémie et de fatigue générale.

L'entraînement peut être utile pour améliorer la puissance de cette voie grâce à une augmentation de l'activité enzymatique et à une meilleure tolérance à l'accumulation des lactates dans le muscle. Une alimentation riche en glucides lents peut favoriser l'utilisation de cette voie. Au contraire, un jeûne ou une alimentation riche en graisse vont la limiter. (58)

### 2.2.3 La voie aérobie

La dernière voie qui se met en place est la voie oxydative qui correspond à l'oxydation des Acétyl coenzyme A dans le cycle de Krebs aboutissant à la formation de CO<sub>2</sub> et d'eau.

Le CO<sub>2</sub> diffuse très facilement donc ne s'accumule pas. Il sera éliminé par voie pulmonaire.

Cette voie se met en place en trois à quatre minutes. Sa capacité est très importante mais sa puissance limitée. Théoriquement, étant donné qu'il n'y a pas d'accumulation de déchets dans la cellule, la capacité de cette voie est infinie si les substrats sont toujours apportés en quantité nécessaire. Cependant, en pratique, un effort de faible intensité ne peut être poursuivi indéfiniment et il apparaît toujours des phénomènes de fatigue musculaire. Le principal facteur limitant constitue donc l'apport en dioxygène qui est objectivé chez l'Homme par le calcul de la consommation d'oxygène par unité de temps : la VO<sub>2</sub>. La VO<sub>2</sub> dépend du débit cardiaque, des échanges pulmonaires et des facteurs tissulaires locaux. La consommation en

oxygène atteint rapidement un plateau : la VO<sub>2</sub>max. Elle correspond à la capacité maximale de transport d'oxygène par unité de temps.

Pour les chiens de la Gendarmerie, le mordant constitue un effort qui utilise la voie anaérobie. Au contraire, les exercices de piste ou de recherche se rapprochent des efforts de type endurance et utilisent donc plutôt la voie aérobie.

D'un point de vue temporel, il est à noter que ces voies s'enchaînent en se chevauchant. Cependant, la voie anaérobie lactique peut reprendre le relais de la voie aérobie lorsque l'intensité de l'effort est telle qu'elle dépasse la puissance maximale aérobie ; de plus lors d'un effort très intense à la fin d'un effort d'endurance par exemples, la voie des phosphagènes peut venir suppléer les deux autres. (5, 6, 26, 30, 58)

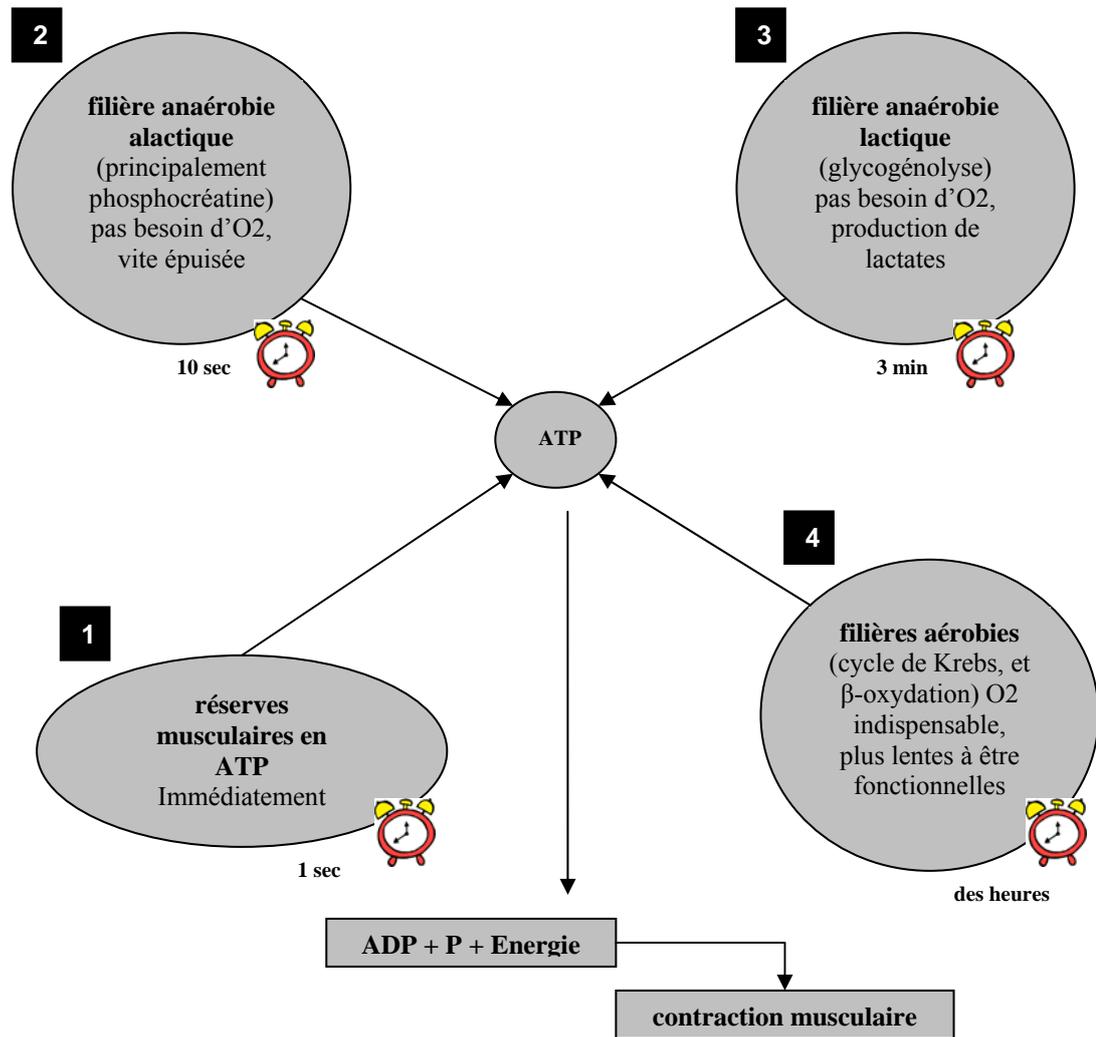


Figure 9 : Représentation schématique des différentes filières de production d'énergie lors de l'exercice musculaire (d'après 5).

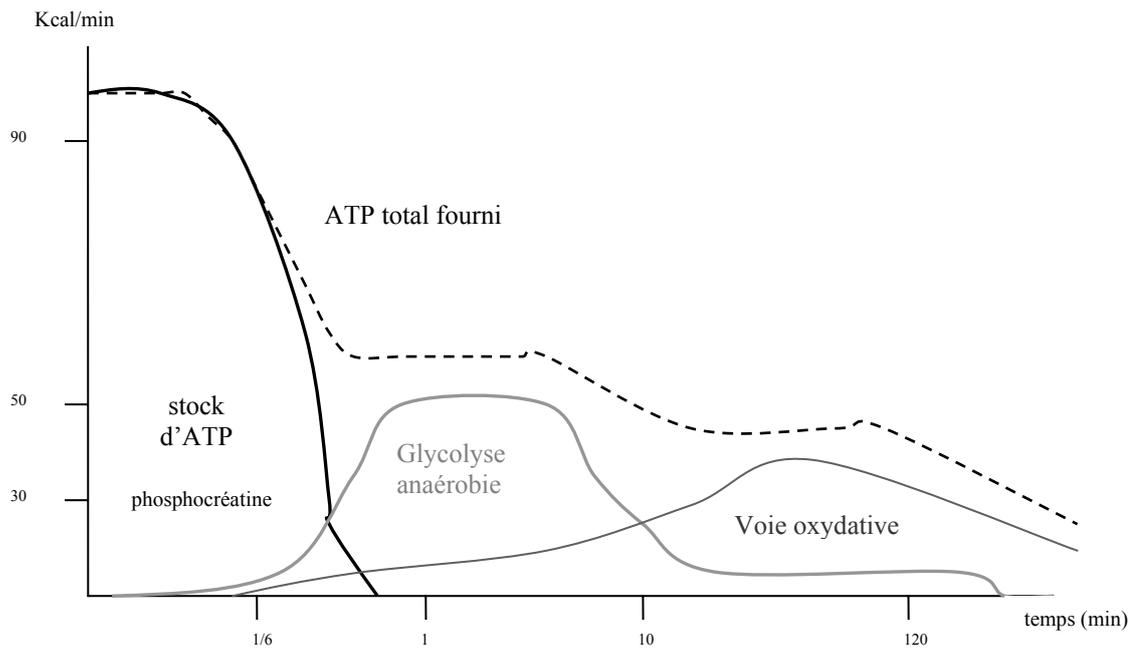


Figure 10 : Représentation schématique de la puissance (Kcal/min) des trois principales voies fournissant l'ATP au muscle en fonction de la durée de l'effort. (D'après 30)

<i>Voie</i>	<b>Anaérobie alactique</b>	<b>Anaérobie lactique</b>	<b>Aérobie</b>
<i>Caractéristiques</i>			
<i>Substrats</i>	ATP, Phosphocréatine	Glycogène, glucose	Lipides, glucides, protides
<i>Délai d'intervention</i>	nul	15 à 30 secondes	2 à 4 minutes
<i>Puissance</i>	Très élevée 400 à 750 kJ/ min	Elevée 200 à 500kJ/min	Moyenne 60 à 120 kJ/min
<i>Capacité</i>	Très faible 30 à 50 kJ	Faible 95 à 120 kJ	Très élevée Théoriquement illimitée
<i>Durée maximale</i>	7 à 30 sec	30 secondes à 2 minutes	3 minutes à plusieurs heures
<i>Produit final</i>	ADP, AMP et Créatine	Acide lactique	Eau, gaz carbonique
<i>Facteurs limitants</i>	Epuisement des réserves	Acidose métabolique	VO <sub>2</sub> max, épuisement des réserves, épuisement des systèmes enzymatiques
<i>Durée de la récupération après solicitation maximale</i>	Reconstitution des réserves en 2 minutes	Elimination du lactate en 1 heure	Reconstitution des réserves en 24 à 48h

Tableau 1: Caractéristiques des 3 voies énergétiques.

Pour un même processus, les valeurs varient en fonction des caractéristiques individuelles et du niveau d'entraînement. Les valeurs les plus élevées correspondent à des sportifs de haut niveau, spécialistes d'activités basées sur l'un ou l'autre de ces métabolismes.

#### 2.2.4 La notion de dette en oxygène

Au début de l'effort ou lors d'un effort intense, le muscle consomme plus d'énergie que la voie aérobie peut en fournir et utilise donc les voies anaérobies. Il contracte donc à cause des phénomènes anaérobies, une dette en oxygène. Elle est alors remboursée au moment de la phase de récupération par une consommation en oxygène qui reste supérieure aux besoins durant les premières minutes qui suivent l'arrêt de l'effort. Ceci permet la reconstitution du stock de phosphocréatine, le drainage des lactates et la resynthèse du glycogène. (5, 58)

#### 2.3 Les sources d'énergie

Les ressources énergétiques de l'organisme animal sont constituées par les glucides stockés sous forme de glycogène dans le foie d'une part, et les triglycérides du tissu adipeux d'autre part (21). La rentabilité énergétique des acides gras est supérieure à celle des hydrates de carbone : 146 ATP, contre 36 ATP par mole de substrat oxydé (26). Les métabolites énergétiques circulants ne sont qu'une très faible part des réserves énergétiques. Les protéines

et acides aminés ne sont pas utilisés en quantités appréciables dans les conditions normales. Le myocarde peut toutefois utiliser certains acides aminés à des fins énergétiques (26).

#### 2.4 La régulation hormonale

Les différentes voies métaboliques intervenant dans la production d'énergie et la contraction musculaire sont sous contrôle neuro-hormonal. En effet, le système sympatho-surrénalien intervient au début de l'effort en augmentant les catécholamines circulantes. Ceci permet la mise en place de la glycogénolyse, la lipolyse et la lipomobilisation. Par la suite, le glucagon et l'hormone de croissance prennent le relais en 10 à 30 minutes. D'autre part, le cortisol intervient en cas d'effort prolongé. (30, 26)

### III. Les adaptations biologiques à l'effort et les effets cliniques de l'entraînement

#### 3.1 Les adaptations cardio-vasculaires

Elles sont indissociables des adaptations respiratoires mais se mettent en place avec un temps de latence de plusieurs dizaines de secondes entre les variations des échanges au niveau alvéolaires et leurs répercussions à l'étage cellulaire, ceci est à l'origine de la notion de dette en oxygène. Les modifications observées concernent le débit cardiaque et la circulation générale.

##### 3.1.1 Le débit cardiaque

L'augmentation du débit cardiaque constitue la principale réponse de l'organisme à l'effort. En effet, celui-ci est multiplié par trois ou quatre, voire dix chez des individus entraînés. (26, 45, 30). Le débit cardiaque augmente grâce à l'élévation de la fréquence cardiaque mais aussi dans une moindre mesure, grâce à l'augmentation du volume d'éjection systolique.

En effet, celui-ci augmente suite à l'accroissement du retour veineux et à la majoration de la force de contractilité du cœur, selon la loi de Starling. Cependant, le volume d'éjection systolique atteint vite un plateau car il est inversement proportionnel à la fréquence cardiaque. En effet, plus la fréquence cardiaque augmente, plus la diastole est raccourcie. La fréquence cardiaque augmente dès les premières secondes de l'effort et pendant trente à quarante secondes. Puis elle augmente plus lentement pour se stabiliser autour de 250 bpm environ. (26, 45, 30) A la fin de l'effort, la fréquence diminue rapidement puis plus lentement, restant supérieur aux besoins, de façon à couvrir la dette en oxygène. (5, 7)

Ces adaptations de débit cardiaque en fonction de l'effort demandé, se font grâce à différents mécanismes. L'innervation extrinsèque du cœur constitue un dispositif majeur. Ainsi, la vasodilatation au niveau des muscles sollicités entraîne une diminution de pression perçue par les barorécepteurs du sinus carotidien. Ceci provoque alors une élévation de la fréquence cardiaque. (26, 30, 49)

De même, l'augmentation du débit de la circulation de retour induit une distension de l'oreillette droite qui entraîne des modifications de fréquence et de débit cardiaque. De plus, la stimulation des récepteurs musculaires et articulaires est également importante en début d'exercice. (53, 5, 19)

D'autre part, l'action inotrope des catécholamines circulantes ou libérées sur place participe aussi à l'élévation du volume d'éjection systolique. (66, 70, 71)

##### 3.1.2 La circulation générale

La circulation générale connaît elle aussi des adaptations importantes. En effet, le sang est envoyé préférentiellement vers les muscles sollicités, au détriment des autres organes tels que le rein, la rate ou l'intestin. (26, 30, 45, 55) Ce phénomène de balancement circulatoire permet, avec la dilatation locale des artérioles et des capillaires, d'augmenter le débit sanguin musculaire de 40 à 50 fois par rapport au débit de repos.

De plus, l'élévation de la pression intramusculaire provoquée par la contraction, masque en partie la vasodilatation. Au niveau cardiaque, le débit coronaire peut doubler voire être multiplié par 4 à 6 pendant un effort. (26, 30, 45)

Cependant, il y a une opposition entre l'élévation du travail du cœur et son apport en dioxygène. En effet le débit coronaire est maximal au moment de la diastole mais celui-ci diminue quand la fréquence cardiaque augmente. Par ailleurs, la circulation au niveau pulmonaire augmente dans les mêmes proportions que le débit cardiaque. Or, les vaisseaux pulmonaires étant très distensibles, la pression sanguine est peu modifiée car leur résistance à l'écoulement diminue. (26, 30, 45).

La pression artérielle reste constante ou augmente légèrement en fonction de l'intensité de l'exercice. En effet la réponse cardiaque et la vasodilatation très localisée permettent de maintenir la pression artérielle constante. Le seul paramètre modifié est la pression artérielle systolique comme l'ont montré des expériences réalisées sur des chiens avec des cathéters artériels à demeure. (26, 30, 45, 50).

Les mécanismes qui permettent ces modifications circulatoires font intervenir aussi bien les centres nerveux supérieurs que des mécanismes locaux. Ainsi, dès le début de l'effort se met en place une vasodilatation généralisée par action concomitante sur les motoneurons et les centres cardio-respiratoires. L'activité du système nerveux sympathique augmente alors que le tonus vagal diminue. (7)

D'autre part, la stimulation des médullosurrénales induit une augmentation de l'adrénaline. De plus, les fibres musculaires libèrent des catabolites vasodilatateurs tels que du CO<sub>2</sub> et des métabolites acides. (26, 30, 45)

Par ailleurs, les catécholamines interviennent sur la vasoconstriction veineuse et, avec un léger retard, sur la splénocontraction. Elles sont responsables également de la vasodilatation au niveau des muscles mais aussi du cerveau, du cœur et des poumons. Elles jouent aussi un rôle important dans la vasoconstriction artérielle des territoires sacrifiés. (55)

### 3.2 Les adaptations respiratoires

Le principal facteur limitant de la voie aérobie est l'apport en dioxygène. Ainsi, l'organisme met en œuvre des variations ventilatoires et cardio-vasculaires de façon à satisfaire le besoin en dioxygène des cellules musculaires.

En effet, dès le début de l'effort, on assiste à une augmentation brutale et très rapide de la ventilation : c'est l'accrochage ventilatoire. Par la suite, on observe l'installation plus progressive d'une tachypnée d'accroissement plus lent : la phase d'installation. La ventilation atteint ensuite, en quelques minutes, un plateau, constant si l'effort est d'intensité moyenne ou faible. A l'arrêt de l'effort, la ventilation baisse immédiatement, c'est le décrochage ventilatoire. Cependant, plusieurs minutes sont nécessaires avant que l'organisme recouvre son niveau ventilatoire de repos. Ce délai sera d'ailleurs d'autant plus élevé que l'intensité ou la durée de l'exercice ont été importantes. C'est le remboursement de la dette en oxygène. (26, 30, 45)

Ces modifications de la courbe ventilatoire mettent en jeu différents mécanismes.

La phase d'accrochage ventilatoire est surtout liée à des facteurs nerveux et non au type d'effort. Elle met en jeu des récepteurs articulaires et tendineux, ainsi que des mécanorécepteurs bronchioliques. (26, 30, 45, 19).

Au contraire, les phases d'installation et de plateau dépendent de l'intensité du travail. L'augmentation de la ventilation pendant la phase initiale se fait majoritairement par l'augmentation de la fréquence respiratoire, ce qui tend à diminuer l'amplitude des mouvements et donc le volume d'air courant. A contrario, par la suite c'est le volume d'air courant qui varie en fonction de l'intensité de l'effort. Il augmente au dépend des volumes des

réserve inspiratoire et expiratoire, l'expiration devenant un phénomène actif. Le débit ventilatoire au repos est de 2 à 4L/min chez le chien et 70 à 80L/min chez le cheval et peut être multiplié par 10 à 20 durant un effort. (19, 26, 30)

Mais, au-delà d'une certaine fréquence, le volume courant stagne, voire diminue. Le débit ventilatoire atteint donc un plafond dont la valeur est fonction de l'animal et de son entraînement. Cependant, le débit cardiaque semble être un facteur limitant plus sévère que le débit ventilatoire. (53, 5, 19, 26, 30)

### 3.3 Thermorégulation

Au cours de la contraction musculaire, une grande quantité d'énergie est perdue sous forme de chaleur. En effet, le rendement énergétique moyen de la contraction musculaire est de 25%, ce qui signifie que près de 75% de l'énergie potentielle est perdue sous forme de chaleur. La thermorégulation sera donc essentielle au cours d'un effort. La chaleur produite est éliminée sous forme de vapeur d'eau au niveau des cavités buccales et nasales grâce à une vasodilatation importante au niveau des muqueuses et de la langue. C'est la polypnée thermique qui permet d'évacuer cette vapeur d'eau. Secondairement, la thermorégulation se fait aussi par convection et radiation. (79). Malgré cette thermorégulation, l'hyperthermie est fréquente et proportionnelle à l'intensité de l'effort. Ainsi, la température corporelle du chien en exercice, objectivée par la température rectale, peut augmenter de 1 à 2°C.

(26, 30, 50, 68, 9)

D'autre part, l'entraînement peut permettre d'optimiser ce rendement énergétique et donc de diminuer les variations de température. (26, 30, 50)

### 3.4 Les effets de l'entraînement sur les fonctions cardiovasculaires et respiratoires

L'entraînement induit une augmentation des possibilités maximales de transport du dioxygène et diminue le travail du cœur lors de l'effort, tout en augmentant l'efficacité de la pompe. Ainsi, sur un individu entraîné, on observe une baisse de la fréquence cardiaque au repos, et pour une même intensité de travail. (26, 30, 7, 38)

D'autre part, chez le chien sportif, on remarque toujours une augmentation de l'arythmie sinusale respiratoire. (74) Par ailleurs, on observe aussi une augmentation de la masse cardiaque ce qui normalise la tension pariétale pour une même pression d'éjection. (71, 43, 30)

Pour exemple, une étude réalisée sur des Greyhounds a montré que la masse cardiaque représentait chez ces chiens 1% du poids vif alors qu'elle n'est normalement que de 0,6 à 0,8% chez d'autres races. (30)

L'entraînement semble aussi augmenter préférentiellement l'influence inotrope positive plutôt que la réponse chronotrope, du système nerveux végétatif. (26)

Le débit coronaire à l'effort augmente chez des chiens entraînés, alors qu'au repos il est le même que chez des chiens sédentaires.

## IV. Les modifications hématologiques et biochimiques lors d'un effort physique

### 4.1 L'hématocrite

Les études menées sur des chevaux de courses, des greyhounds ou des chiens de traîneaux ont toutes montré que le stress et l'excitation dus à l'évènement sportif lui-même induit chez les athlètes plusieurs modifications biologiques quelques minutes avant le départ. C'est pourquoi, il est important de prendre des valeurs de base au calme et dans l'environnement normal de l'animal. Ainsi, juste avant une course, on observe une augmentation non négligeable de l'hématocrite, de l'hémoglobinémie et du nombre de globules rouges. (41, 45, 52) Ceci permettrait de préparer l'organisme aux besoins métaboliques de la course et notamment d'augmenter l'apport de dioxygène aux muscles dès le début de la course.

Après cette première augmentation, on note une augmentation de ces trois paramètres au cours de l'effort. L'hématocrite peut alors passer de 58% à 64% pendant une course de greyhounds. (45)

Il en est de même chez les chiens de traîneaux, dont l'augmentation de l'hématocrite varie de 5,12 à 22,37% d'augmentation par rapport aux valeurs de repos. (61) Cette augmentation persiste environ 20 minutes après l'exercice. Le retour à des valeurs normales se fait environ après 10 minutes sur des chevaux de cross (53) à 30 minutes de repos chez des chiens de traîneaux. (61, 38).

Cette augmentation de l'hématocrite et des globules rouges circulant a lieu grâce à la splénocontraction qui se produit pendant un effort musculaire et qui résulte, d'une stimulation par le système nerveux sympathique. D'autre part, en parallèle, cette augmentation de l'hématocrite s'explique aussi par la déshydratation extracellulaire par passage d'eau vers les cellules musculaires. En effet, du fait de la production de lactates et d'autres produits dans les cellules musculaires, l'osmolarité intracellulaire augmente créant un appel d'eau. (63) Ces modifications permettent donc d'améliorer l'apport d'oxygène aux muscles, facteur limitant de la voie aérobie. De plus, on a remarqué également une modification de la taille et de la forme des hématies libérées par la rate. Elles sont plus petites que des hématies normales et d'aspect crénelé. De plus le VGM et le CCMH des hématies présentes dans la rate seraient inférieurs par rapport aux hématies circulantes. (64)

Ces modifications, très certainement dues à la baisse de pH de sang et à l'hypertonie plasmatique, n'altèrent pas la durée de vie des hématies et sembleraient réversibles. (64)

Par ailleurs, certains auteurs ont observé une diminution de l'hématocrite chez des chiens entraînés. (35, 32) Ces auteurs ont supposés qu'un entraînement excessif peut mener à une anémie stress-induite à cause d'une baisse de l'érythropoïèse et d'une augmentation de la destruction des globules rouges. Il est toutefois important de mesurer le volume plasmatique pour pouvoir conclure à une anémie. Ainsi d'après une étude menée par Rocker en 1985, chez les athlètes d'endurance le volume sanguin est augmenté de 10 à 15% alors que l'hématocrite est diminué de 3%. Il s'agit donc d'une hémodilution.

## 4.2 Les protéines totales

La concentration des protéines totales dans le sang augmente lors d'un exercice musculaire. En effet, lors d'une course de 722m réalisés par 16 Greyhounds, les valeurs moyennes de protidémie varient de 61g/L avant la course à 73g/L tout de suite après, et 58g/L trois heures après. (41)

Ceci est principalement du aux phénomènes osmotiques responsables de la sortie d'eau du secteur intravasculaire vers le secteur extravasculaire. (9, 41, 63) Ces mouvements d'eau sont liés soit à des pertes hydriques dues à l'hyperthermie engendrée par l'effort physique, soit à l'entrée d'eau dans les cellules musculaires pour compenser l'augmentation de l'osmolarité provoquée par l'accumulation de métabolites tels que les lactates (26).

Au cours d'une compétition d'agility, bien que l'on observe une augmentation de l'hématocrite et de l'hémoglobémie, il n'y a pas d'augmentation des protéines totales immédiatement après l'effort. (64) Ceci suggère ainsi que chez ces chiens la splénocontraction serait une composante majeure, du moins plus importante que les phénomènes osmotiques, dans les variations hématologique observées.

## 4.3 Les lactates

L'acide lactique ou acide 2-hydroxypropanoïque est une forme réduite. La forme oxydée est l'acide pyruvique. L'acide lactique participe à une réaction d'oxydoréduction réversible avec le coenzyme NAD<sup>+</sup>, et catalysée par la lactate deshydrogénase. Cette réaction a lieu en anaérobiose selon l'équation :

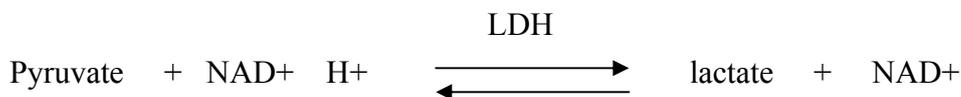


Figure 11: Synthèse de lactate à partir de pyruvate.

Au niveau cellulaire, l'acide lactique provient de la fermentation anaérobie du pyruvate produit à partir du glucose sanguin et du glycogène musculaire. (79).

La métabolisation de l'acide lactique peut se faire selon deux voies différentes.

En effet, le lactate peut servir, par voie anabolique, à restaurer les réserves énergétiques. C'est la néoglucogénèse et la glycogénogénèse, qui ont lieu surtout dans les muscles squelettiques au repos et dans le foie par le cycle de Cori.

D'autre part, l'acide lactique peut réintégrer les processus cataboliques producteurs d'énergie par le cycle de Krebs. Pour chacune des deux voies métaboliques, l'acide lactique est précédemment converti en acide pyruvique. (44, 58)

L'acide lactique est un marqueur d'anaérobiose important mais il présente toujours au repos, une faible concentration résiduelle. En effet, l'acide lactique provient alors pour 10% des hématies qui libèrent la totalité de l'acide lactique qu'elles produisent dans le plasma, pour 20% des muscles, bien que leur capacité oxydative ne soit pas saturée, et enfin pour 70% d'autres tissus et notamment de l'intestin, et dans une moindre mesure de la peau, de la médullaire rénale, de la névroglie, des leucocytes, des plaquettes et de la rétine. (44)

Il existe donc des valeurs résiduelles de lactacidémie et de grandes variabilités inter-individuelles qui sont importantes à considérer pour l'interprétation des données.

L'élimination de l'acide lactique a lieu dans les urines. Il est filtré et réabsorbé activement par les reins sauf lors d'un effort intense où on retrouve du lactate de sodium dans les urines. Il peut également être éliminé par voie salivaire à des concentrations importantes, mais aussi par la sueur. (44).

L'accumulation des lactates se produit lorsque la voie anaérobie lactique est nécessaire pour fournir un effort. Avec son pKa de 3,8, l'acide est pratiquement entièrement dissocié au pH intracellulaire. Il y a alors libération d'ions H<sup>+</sup> qui seront tamponnés à 90% par le système des bicarbonates. L'action des bicarbonates induit la production de CO<sub>2</sub> en plus de celui produit par la production d'énergie par la voie anaérobie lactique. Les lactates passent alors dans la circulation sanguine. Suite à ce mécanisme se met en place une acidose métabolique. (58)

Le mécanisme responsable de la régulation des lactates est l'objet de nombreuses théories et controverses. Il a d'abord été évoqué l'accumulation par action de masse. Ainsi, la glycolyse serait si rapide que le pyruvate ne serait pas pris en charge assez rapidement par le cycle de Krebs, ce qui aboutirait à la formation et donc à l'accumulation de lactates. L'accélération de la glycolyse serait due à la contraction séquentielle des fibres ST, à l'augmentation des catécholamines circulantes, et au déficit en oxygène. (34)

D'autres ont montré que l'accumulation des lactates serait due à une baisse de leur utilisation. (78)

Ainsi, il existe plusieurs hypothèses tentant d'expliquer le mécanisme de régulation des lactates. La production de lactates à des intensités inférieures aux capacités aérobies maximales des muscles serait due à un ensemble de facteurs menant à un déséquilibre entre les métabolismes glycolytiques et oxydatifs. De plus, la disponibilité en dioxygène a une influence majeure sur la respiration cellulaire et donc sur la régulation de la production de lactates. (58, 78, 54)

#### 4.3.1 Variations de lactatémie au cours d'un effort

Les variations de la concentration plasmatique d'acide lactique ont surtout été étudiées chez l'Homme et le Cheval. Le niveau de lactatémie atteint dépend de la balance entre la production et l'élimination des lactates. (58) La production de lactates au cours d'un effort physique a lieu dans les muscles sollicités et résulte du métabolisme anaérobie. Pour un faible niveau d'intensité de l'exercice, l'utilisation compense la production, et la concentration plasmatique n'augmente pas. Pour des intensités de travail plus élevées, la production dépasse l'utilisation, s'ensuit alors une augmentation des lactates dans le sang et l'apparition de troubles liés à cette accumulation qui empêchent l'individu de continuer son effort.

Les troubles observés sont des troubles musculaires (parésie, crampes), des troubles digestifs (vomissements, douleurs abdominales, anorexie, diarrhée), des troubles neurologiques (sommolence, léthargie), une hypothermie modérée, de la déshydratation, une oligo-anurie et parfois une cyanose des extrémités. (44)

De façon chronique, l'acidose lactique gêne l'élaboration de la vitamine D par le rein et nuit déjà de cette façon à la minéralisation osseuse. Elle stimule également la fuite urinaire du calcium et induit ainsi une hyperparathyroïdie secondaire, à l'origine d'une déminéralisation

osseuse et d'une dépolymérisation du collagène qui expliquent l'accroissement des fragilités osseuse et tendineuse. (78)

✓ chez le cheval :

Grâce à de nombreuses études menées lors de courses hippiques, on a défini chez le cheval, par analogie à ce qui a été déterminé chez l'Homme, un seuil aérobie et un seuil anaérobie. Le seuil aérobie correspond à la limite supérieure d'un travail aérobie strict et a été fixé à une lactatémie de 2 mmol/L. Le seuil anaérobie équivaut à la limite inférieure à partir de laquelle les lactates s'accumulent fortement. Ce seuil est fixé à 4 mmol/L. La zone intermédiaire entre de ces deux valeurs correspond à la zone de transition aéro-anaérobie pour laquelle il y a un équilibre relatif entre la production et l'utilisation des lactates. (5, 30)

Il a ainsi été montré que durant un effort important, comme lors d'un cross, la concentration de lactates plasmatiques dépassait fortement le seuil anaérobie atteignant des valeurs de 9 à 10 mmol/L. (53)

D'autre part, au cours d'une course d'attelage de 7km courue à 14km/h, la lactatémie moyenne à l'arrivée était de 4,3mmol/L et certains chevaux présentaient des lactatémies finales très élevées (supérieures à 16mmol/L). (73) Ceci souligne donc que l'énergie nécessaire à la réalisation de cet effort provient non seulement de la voie oxydative mais aussi de la glycolyse anaérobie.

✓ chez le chien :

Chez le Chien, c'est surtout grâce aux courses de lévrier et de chien de traîneau, mais aussi récemment, par les concours d'agility que cette donnée est observée. Ainsi, il a été remarqué que pendant une compétition d'agility, la concentration en lactates dans le sang augmentait fortement, atteignant des valeurs post-exercice autour de 4,5mmol/L. (63)

De plus, chez les Greyhounds, athlètes réalisant typiquement des efforts de courtes durées de type anaérobie, après une course de 722 mètres à une vitesse moyenne de 15m/s, la lactatémie peut dépasser les 28mmol/L immédiatement après la course. Les lactates plasmatiques reviennent à des valeurs normales 3 heures après l'effort. (41) On retrouve les mêmes valeurs après une course de 400m réalisée à une vitesse moyenne de 16m/s. (62)

D'après une étude menée par Musch en 1985, chez des Foxhounds après un exercice maximal la concentration moyenne en lactate plasmatique est de 2,71mmol/L ; et chez des labradors retrievers cinq minutes après une épreuve sur le terrain, les lactates montraient une élévation à 2,18 à 3,15mmol/L, selon le type d'exercice. (70)

On note également que les valeurs de base peuvent varier d'une étude à l'autre ; ceci étant du fait que la condition physique des chiens varie. Ainsi, tous s'accordent à dire qu'une mesure ponctuelle de lactatémie ne permet pas d'apprécier la condition physique d'un individu. Seul un suivi régulier de lactatémie peut permettre de conclure, chaque individu ayant sa propre valeur de référence. (69, 73)

Les études menées chez des chiens de traîneaux sont difficiles à comparer les unes aux autres. En effet, il existe de nombreuses variations chez ces chiens concernant la durée et l'intensité de l'exercice, le niveau d'entretien, la facilité et la méthode de prélèvement, ou encore le type de diète. Cependant, la majorité des études rapportent une augmentation de la concentration en lactates plasmatiques immédiatement après la course et un retour à la normale en 20 à 30 minutes. (37, 35)

#### 4.4 La créatinine

La créatinine est la forme anhydre de la créatine. Elle est formée dans le muscle suite à une déshydratation irréversible et non enzymatique de la créatine phosphate, et de la perte d'un phosphate. La créatine et sa forme de réserve énergétique, la phosphocréatine, sont présentes dans le muscle, le cerveau, et le sang. Chez les vertébrés, la créatine phosphate sert de réserve d'ATP.

En effet, l'ATP, combustible de la contraction musculaire, n'est présente qu'en très faible concentration dans le muscle : 0,8umol /g de muscle et est épuisé en 1 seconde d'effort. Il est donc nécessaire que l'ATP soit reconstitué rapidement. Cette restauration est quasi immédiate et permise par l'action d'une enzyme : la créatine kinase (CK). La réaction spontanée qui se produit est la suivante :



Figure 12 : Synthèse d'ATP à partir de phosphocréatine et d'ADP.

Elle permet le transfert réversible de groupement phosphoryl de la créatine phosphate à l'ADP.

L'abondance de la créatine phosphate et son potentiel de transfert de phosphoryl élevé par rapport à celui de l'ATP en font un tampon de phosphate très efficace. La créatine phosphate maintient donc une concentration d'ATP élevée dans les périodes d'exercices musculaires. C'est elle qui, chez l'Homme, fournit les phosphates nécessaires aux quatre premières secondes d'un sprint de 100mètres. Elle constitue ainsi une réserve énergétique immédiatement mobilisable, fournissant l'ATP nécessaire à la contraction musculaire, en attendant que la stimulation de la glycolyse se traduise par une formation accrue d'ATP. (81)

La créatinine est donc un produit du métabolisme endogène musculaire. La créatinine est excrétée essentiellement par filtration glomérulaire. Elle n'est ni sécrétée, ni réabsorbée, et constitue ainsi, un formidable marqueur de la filtration glomérulaire. (15)

Chez les animaux jeunes, la créatinine sérique est plus basse que chez les adultes, du fait de leur musculature moins développée. (15)

Selon les études, les effets d'un exercice physique sur la créatinine semblent variables. Ainsi dans une étude menée sur 5 Greyhounds portant des cathéters artériels et courant un sprint de plus de 400m, on note une augmentation significative de la créatinine juste après la course (123umol/L) par rapport à la valeur de référence mesurée au repos avant celle-ci (102umol/L). Il est observé en parallèle lors de cette étude une augmentation significative de l'hématocrite et des protéines totales. (62)

D'autre part, une autre étude réalisée lors d'un exercice d'agility d'une durée de 100s environ réalisé par 15 chiens, ne montre pas d'augmentation significative de la créatinine. (64)  
Les variations de créatinine semblent donc liés à l'hémoconcentration et sont plus significatives lors d'effort de type explosif. (15)

#### 4.5 La créatine kinase

La créatine kinase est présente dans toutes les cellules de l'organisme ayant besoin de beaucoup d'énergie. Elle est prépondérante dans le muscle squelettique chez toutes les espèces d'oiseaux et de mammifères. Bien que présente dans de nombreux organes tels que le muscle squelettique, le myocarde, l'encéphale, et les intestins, son activité est très supérieure dans les muscles squelettiques par rapport aux autres organes. (2, 3)

L'activité de la créatine kinase est  $10^5$  fois supérieure dans le muscle que dans le plasma. Ainsi, une petite lésion au niveau d'un muscle squelettique, doublera l'activité catalytique de la CK dans le plasma et se traduira donc par une élévation très forte de sa concentration d'activité plasmatique. (12)

De plus, il existe des isoenzymes de la créatine kinase. En effet, elle possède deux sous unités : M et B. elle peut donc exister sous formes d'homodimères : MM et BB, et d'un hétérodimère MB. Il existe des différences entre les espèces mais aussi entre les différents organes où se trouve la CK. Chez le chien, la CK présente dans le muscle squelettique est constituée à 100% d'homodimères MM. C'est pourquoi, l'exploration des iso enzymes n'offre aucun intérêt. (3) La créatine kinase est rapidement épurée puisque son temps de demi-vie plasmatique est d'environ 2 heures. Cependant, il est probable que ce soit le débit de libération de la CK qui représente le principal déterminant de son activité plasmatique lors de lésion musculaire. (12, 2)

Lors du prélèvement sanguin, il est important de ne pas ponctionner les muscles sous-jacents et d'éviter toute hémolyse car les protéines totales et les leucocytes renferment de la créatine kinase chez le chien. Il faut donc éviter de mesurer la CK chez des animaux ayant reçu une injection intramusculaire dans les jours précédant le prélèvement. En effet ces injections représentent une lésion musculaire et peuvent entraîner une augmentation des CK jusqu'à deux à trois fois la limite supérieure de l'intervalle de référence après 3 jours. (4)

D'autre part, il est nécessaire de se reporter aux valeurs de référence de l'analyseur utilisé car les limites supérieures peuvent varier de 105U/l à 500U/l. (2)

Selon les différentes études publiées, l'activité de la créatine kinase semble être influencée par le sexe et l'âge de l'animal. Ainsi la CK est plus élevée de près de 50% chez le mâle et diminue avec l'âge, notamment au cours de la première année de vie. (12, 3) Par ailleurs, toutes les études mettent en évidence une importante variabilité interindividuelle. (3)

##### 4.5.1 Variations de créatine kinase au cours d'un effort

Concernant les variations de la CK suite à un exercice physique, les études réalisées ne montrent pas toutes d'augmentation significative ou bien les résultats ne sont pas toujours comparables.

✓ chez le cheval :

Chez des chevaux réalisant des courses à des vitesses croissantes, il a été montré que l'augmentation de la créatine kinase juste après l'exercice était plus importante chez les chevaux andalous par rapport aux chevaux arabes et anglo-arabes. Plus la longueur et la vitesse de la course augmentent, plus le niveau de créatine kinase post-exercice est élevé. (54)

Dans une autre étude, les chevaux ont réalisé un entraînement type a une vitesse voisine de la vitesse maximale, une fois, deux fois, ou trois fois par semaine. Il a alors été constaté que la valeur moyenne de la CK 12 heures après l'exercice était supérieure à la valeur de départ et que le retour à cette valeur s'effectuait 24 heures après l'effort chez les chevaux entraînés une et deux fois par semaine. Par ailleurs, la valeur moyenne de créatine kinase chez les chevaux entraînés trois fois par semaine restait au niveau préexercice à 12 et 24 heures après l'effort. (48)

✓ chez le chien :

Les données bibliographiques sur les variations de la créatine kinase au cours d'un effort chez le chien ne donnent pas toutes les mêmes résultats.

Ainsi, certaines études rapportent que l'activité plasmatique de la créatine kinase est peu ou pas modifiée par un effort physique bref, d'une heure chez des chiens non entraînés, (15, 16) ou lors de course de sprint (36)

D'autre part, d'après une étude menée sur des greyhounds faisant une course de 722m, la CK a presque doublée juste après la course et continue d'augmenter 3h après mettant alors en évidence la présence de lésions musculaires associées à l'effort. (41) Une autre étude réalisée lors d'une course de 503m montre une augmentation majeure de la créatine kinase qui triple après l'effort. (9)

Egalement, une étude effectuée sur une course de 420m montre quant à elle un retour à des valeurs normales 30 minutes après l'effort (62) Ainsi le retour à des valeurs de base dépend de la distance parcourue et des lésions musculaires engendrées par l'effort. On peut noter alors que plus la course est longue plus le retour à la normale sera tardif comme le montre l'étude menée sur la course de 722m puisqu'il se fait 3 heures après l'effort. (41)

Chez des chiens réalisant un concours d'agility de 400m avec 40 obstacles, ce qui a été défini d'après l'étude de différents paramètres comme un effort sous-maximal, il n'y a pas de changement plasmatique de la créatine kinase après l'effort. Cependant, les auteurs expliquent que les mesurent ont été faites au maximum 30 minutes après l'effort et que le pic de créatine kinase apparaît 6 à 8 heures après l'exercice. (62)

Il est donc difficile de comparer ces résultats, du fait des différents types d'effort réalisés mais aussi des nombreux facteurs de variations.

Enfin, ces variations de l'activité de la créatine kinase pourraient n'être dues, selon certains auteurs, qu'à une augmentation transitoire de la perméabilité membranaire des cellules musculaires (62).

Seules les variations majeures de la CK plasmatique sont significatives pour établir un diagnostic. En pratique, seules les valeurs au moins deux à trois fois la limite supérieure de

l'intervalle de référence sont prises en compte. (1) La créatine kinase plasmatique est très fortement augmentée lors de myopathies, notamment les myopathies inflammatoires du chien, (26) et dans les carences expérimentales en sélénium et vitamine E. (76)

#### 4.6 Les effets de l'entraînement sur le muscle

D'un point de vue musculaire, l'entraînement permet d'augmenter la puissance de la voie anaérobie lactique par amélioration de l'activité enzymatique. (30)

Ainsi, on remarque une augmentation de la plupart des enzymes du métabolisme de la cellule musculaire (LDH, CK, ASAT, ALAT).

Il y a aussi un remaniement des fibres musculaires. On observe alors une hypertrophie des muscles sollicités, une augmentation de la teneur en myoglobine et un changement de la répartition des fibres lentes et rapides en fonction du type d'effort demandé. Il y a également multiplication des capillaires. (19, 33, 56)

Par ailleurs, l'entraînement induirait également une augmentation de la résistance à l'acide lactique. C'est pourquoi il est souvent inclus dans les entraînements, des phases de récupérations passives pour que le muscle supporte mieux l'acide lactique. (32, 73)

Cependant ces données sont à modérer suite à une étude réalisée chez le fox-hound à la suite d'un programme d'endurance aérobie de 8 à 12 semaines. En effet ces travaux n'ont montré aucune modification des activités enzymatiques musculaires. De même, la proportion de chaque type de fibres musculaires, le potentiel oxydatif, et la densité capillaire ne sont pas modifiés par l'entraînement.

Le muscle squelettique d'un fox-hound non entraîné apparaît initialement adapté à soutenir un métabolisme oxydatif à haute intensité. Ainsi, le muscle gastrocnémien du fox-hound présente une richesse en mitochondries ainsi qu'une densité capillaire nettement supérieure à ce qui est observé chez les autres espèces. Il semblerait donc que le fox-hound soit génétiquement prédisposé à un travail musculaire aérobie de haute intensité, de par une préadaptation à l'extraction et à l'utilisation de l'oxygène. Il n'y a pas d'autres études qui nous permettent de tirer les mêmes conclusions pour d'autres races de l'espèce canine mais ces observations sont intéressantes à prendre en compte chez les races sélectionnées pour leur faculté d'endurance. (56)

Conclusion sur cette partie bibliographique :

Nous avons dans un premier temps, essayer de décrire précisément les activités des chiens de la Gendarmerie afin de tenter de caractériser le type d'effort qui leur est demandé. Nous avons vu que leurs activités étaient nombreuses et variées et qu'il est donc difficile de classer leur travail dans une catégorie précise.

Dans la littérature, il existe de nombreuses données sur les chevaux, les chiens de course de traîneaux, les lévriers Greyhounds de sprint et désormais quelques données sur les chiens d'agility.

En revanche, nous n'avons trouvé aucune donnée bibliographique sur les variations de ces différents paramètres chez les chiens de la Gendarmerie.

Ainsi, notre étude a consisté en la mise au point d'un exercice standard pour un groupe de chien en formation pour la spécialité piste-défense et à évaluer un certain nombre de paramètres biologiques dans cette étude, et clinique dans une autre étude menée en parallèle. Les paramètres ont été choisis pour leur pertinence d'une part, mais aussi pour la simplicité de leur mesure et leur reproduction ultérieure en unité en utilisant un minimum de matériel et pour un coût le plus faible possible.

DEUXIEME PARTIE :  
MATERIEL ET METHODE

## I. Les chiens

Pour réaliser cette étude nous avons testé un groupe de 17 chiens qui ont débuté leur formation au CNICG de Gramat au mois de septembre 2007. Ces 17 chiens répartis en trois groupes ont tous été formés pour la spécialité piste et défense. Ce sont tous des mâles, âgés de 1 à 3 ans. Parmi ces 17 chiens, on retrouve 15 bergers belges malinois, un berger allemand à poil long et un berger belge tervueren, âgés de 2 à 4 ans. Ces trois races sont semblables d'un point de vue morphologique et caractériel.



Photo 5: Berger belge malinois  
(photo ouest-France.fr)



Photo 6: Berger belge tervueren  
(photo ouest-France.fr)



Photo 7: Berger allemand  
(photo vidock.skyrock.com)

## II. Les maîtres-chiens

Les maîtres-chiens sont sélectionnés sur des critères physiques et psychologiques très précis. Les formateurs essaient au maximum de créer des binômes Homme-chien cohérents. Pour cette étude, ils n'ont pas été recrutés sur la base du volontariat mais ont tous fait part d'un grand intérêt, observant ainsi leur animal et nous faisant part de leurs remarques et de leurs interrogations. Il est à noter également que ces personnes sont toutes entraînées physiquement et donc en excellente forme pour réaliser l'exercice demandé.

### III. Le parcours

Pour effectuer cette étude, les chiens et leurs maîtres avaient pour missions de réaliser un footing tel qu'il leur ait demandé plusieurs fois par semaine tout au long de leur formation.

A chaque séance de tests, le parcours choisi pour le footing était le même. Il mesure 5 km de distance autour du centre et le terrain n'est pas particulièrement accidenté ni pentu. La vitesse moyenne de course était de 10 à 11km par heure.

Les tests s'étalant sur toute la journée, les départs avaient lieu régulièrement depuis 8h00 le matin jusqu'à environ 15h00. Ainsi les conditions climatiques et notamment la température de l'air n'était pas la même pour tous les chiens. Les premiers partant couraient donc par une température de -1°C à -2°C alors que progressivement au cours de la journée elle augmentait jusqu'à atteindre 12°C au mois de janvier et 20°C au mois de mars. D'autre part, les chiens qui couraient l'après-midi ne recevaient qu'une demi ration de croquettes le midi afin de limiter le risque de dilatation-torsion de l'estomac.

Au cours des deux journées, les heures de départ et l'ordre dans lequel les chiens sont partis sont restés les mêmes.

### IV. Les séances de test

#### 4.1 Les dates

Les tests se sont déroulés le 24 janvier 2008 et le 19 mars 2008. Les chiens avaient commencé leur formation proprement dite au début du mois de janvier 2008. La période de débouillage était donc terminée depuis la fin du mois de décembre. Il n'a pas été possible de réaliser les dosages avant le 24 janvier. Ainsi, on peut remarquer que la première séance de test, qui sert de valeur de référence pour chaque animal, a eu lieu trois semaines après le début de la formation. La deuxième session de test a eu lieu le 19 mars 2008, alors que les animaux arrivaient à la fin de leur formation et allaient regagner chacun leur unité de travail.

#### 4.2 Le déroulement

Chaque séance s'est déroulée comme suit :

Avant le début de l'exercice, les chiens étaient présentés par leur maître, en laisse et collier, et munis d'une muselière, dans un environnement calme et au repos. Là, ils étaient tout d'abord pesés, puis un certain nombre de paramètres cliniques étaient alors évalués. De plus, une ponction sanguine réalisée à la veine céphalique (ou saphène en fonction du caractère du chien) à l'aide d'une aiguille et d'une seringue, était effectuée. Une partie du sang récolté servait à mesurer les lactates sanguins grâce à un appareil de test rapide : l'Accutrend® lactates. Le sang restant était conservé sur tube hépariné au réfrigérateur à -20°C en attendant de réaliser les mesures d'hématocrite et de protéines totales.

Après ces premières mesures, les chiens sont équipés d'un harnais qui est attaché à la ceinture du maître-chien et la muselière est retirée. Ils partent alors faire leur footing habituel.

Au retour de cet exercice, une gamelle d'eau est présentée au chien et la quantité bue est relevée par pesée différentielle.

Les paramètres cliniques sont mesurés immédiatement après la course par le maître-chien aidé d'un vétérinaire dans un premier temps, puis, une fois les gestes de prises de fréquences cardiaques maîtrisés, ils effectuaient les mesures seuls.

Par la suite, un quart d'heure après l'arrivée, les chiens nous étaient de nouveau présentés, dans le but d'apprécier la capacité de récupération. Les paramètres cliniques étaient alors réévalués, une deuxième ponction sanguine, et un électrocardiogramme étaient également effectués.

D'un point de vue technique, les paramètres cliniques étaient consignés sur une fiche particulière pour chaque animal. Les tubes étaient identifiés, centrifugés et congelés pour être par la suite dosés au laboratoire de l'école. L'hématocrite et les protéines totales ont été mesurés sur place grâce à une centrifugeuse à micro hématocrite.

## V. Les paramètres évalués

### 5.1 Les paramètres cliniques

En parallèle de cette étude, un certain nombre de paramètres cliniques ont été étudiés. Ainsi, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, et la température rectale ont été mesurées au repos, immédiatement après l'effort et après 15 minutes de repos.

### 5.2 Les paramètres biochimiques

#### 5.2.1 Les lactates

La lactatémie était mesurée avant le début de l'exercice et quinze minutes après le retour. Le sang était prélevé à la veine céphalique à l'aide d'une aiguille fine et d'une seringue de 5mL. Un appareil Accutrend® lactates permettait de faire la mesure immédiatement. Si la contention de l'animal était difficile la mesure était effectuée à la veine saphène. Le coefficient de variation des lactates mesurés sur l'Accutrend® lactates est de 5,3%.

#### 5.2.2 Le microhématocrite

L'hématocrite était mesuré à la fin de la journée à partir du sang collecté sur tube hépariné. Il est évalué avant l'exercice et un quart d'heure après. Les mesures ont été réalisées grâce à une centrifugeuse à micro hématocrite. Le coefficient de variation a été fixé 4% d'après les données de la littérature. (3 à 5%)

#### 5.2.3 Les protéines totales

Les protéines totales plasmatiques ont été mesurées avant et quinze minutes après la fin du footing. Elles ont été mesurées grâce à l'appareil Vitros. Le coefficient de variation est de 5,4%.

#### 5.2.4 La créatinine

La créatininémie a été mesurée avant l'exercice et un quart d'heure après. Les dosages ont été effectués au laboratoire de l'école sur les échantillons de plasma congelés à l'aide d'un appareil Vet-test. Le coefficient de variation du laboratoire est de 3,6%.

#### 5.2.5 La créatine kinase

Comme les autres paramètres biochimiques, son évaluation a été réalisée avant l'effort et quinze minutes après. Le dosage de la créatine kinase plasmatique a été réalisé au laboratoire de l'école grâce à un appareil Vitros. Le coefficient de variation du laboratoire est de 4,8%.

### VI. L'analyse statistique

L'échantillon de population étant faible, nous avons réalisé une analyse statistique essentiellement descriptive. L'étude porte sur les moyennes et les écart-types observés au début et à la fin de l'entraînement pour chacun des paramètres. La prise en compte des valeurs a été faite grâce aux calculs des intervalles de différences analytiques, à l'intérieur desquels deux valeurs sont analytiquement comparables.

Intervalle de différence analytique : [**moyenne des 2 mesures +/- 2,77SD**]

TROISIEME PARTIE :

RESULTATS

## I. Résultats par paramètre pour l'ensemble des chiens

Nous allons observer les résultats paramètre par paramètre et leur évolution entre le début de l'entraînement et la fin ; c'est-à-dire entre le 24 janvier 2008 et le 19 mars 2008.

Nous n'avons interprété que les variations qui étaient statistiquement significatives et considérer comme identiques deux valeurs appartenant à l'intervalle de différence critique du paramètre étudié.

### 1.1 Les protéines totales et l'hématocrite

#### 1.1.1 Au début de l'entraînement

Protéines totales avant l'effort : moyenne de 63,53 g/L +/- 5,13 ; [52,7 – 74,2].

Hématocrite avant l'effort : 48,53% +/- 4,351 ; [39 – 55].

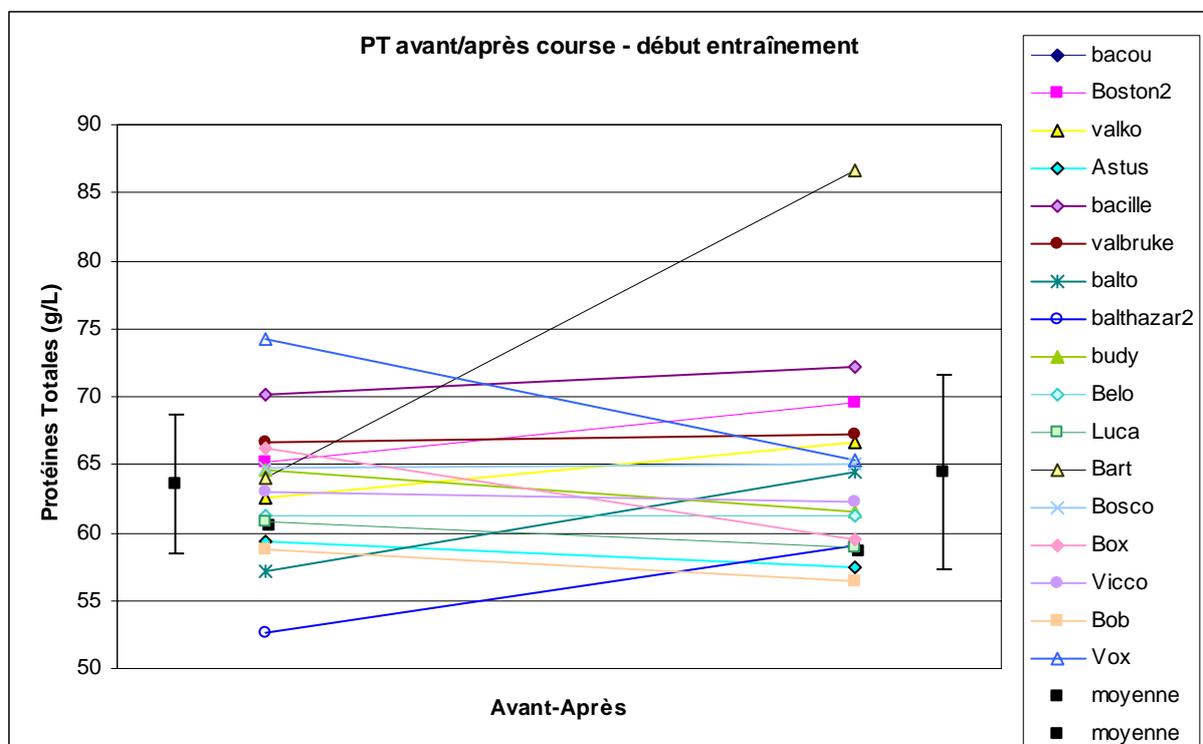
Le chien Astus a une valeur légèrement inférieure aux autres : 39%. Les autres se trouvent dans une fourchette de 43 à 55%.

Protéines totales après l'effort : moyenne de 64,39 g/L +/- 7,16 ; [59,1 - 86,6].

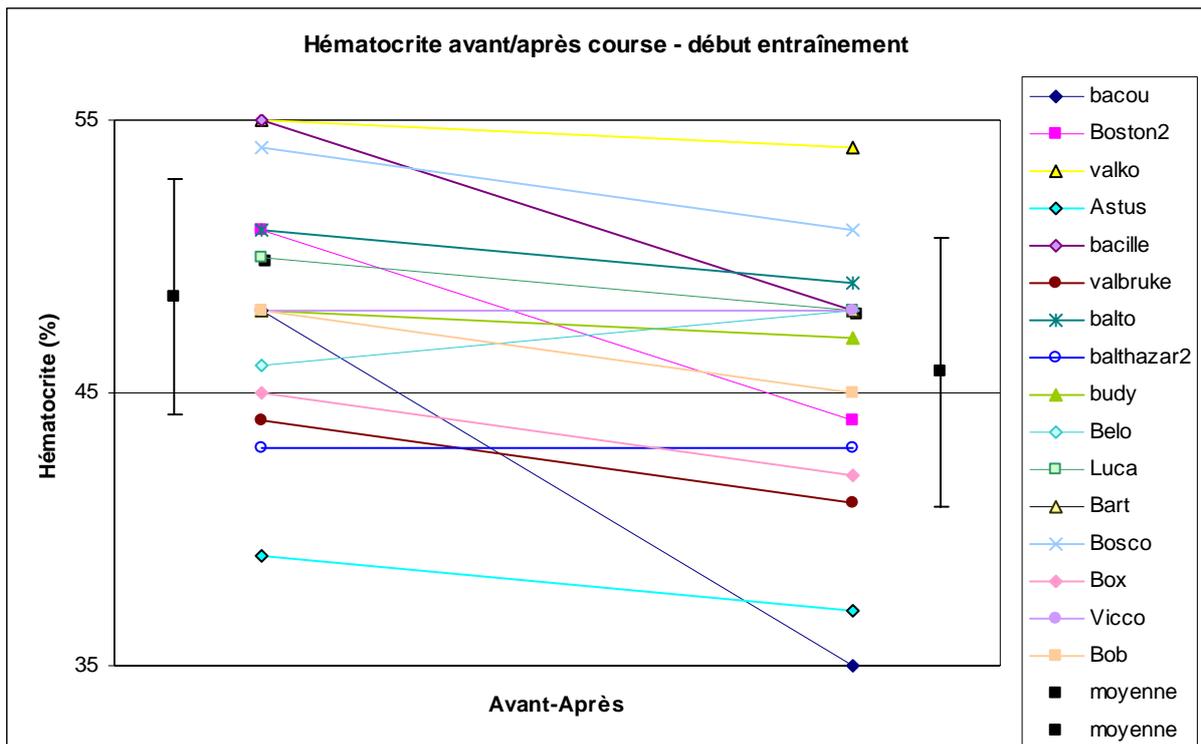
Pour la majorité des chiens les valeurs sont statistiquement comparables ; il n'y a que pour Bart que l'on observe une augmentation significative d'hématocrite de 64 à 86,6%.

Hématocrite après l'effort : 45,8% +/- 5 ; [35 – 55].

Pour la majorité des chiens les valeurs sont statistiquement comparables ; il n'y a que pour Bacou que l'on observe une diminution significative d'hématocrite de 48 à 35%.



Graphique 1 : Les protéines totales avant/ après l'effort, au début de l'entraînement.



Graphique 2 : L'hématocrite avant/après l'effort, au début de l'entraînement.

### 1.1.2 En fin d'entraînement

Protéines totales avant l'exercice : moyenne de 63,06 g/L +/- 4,70 ; [51,7 - 69,2].

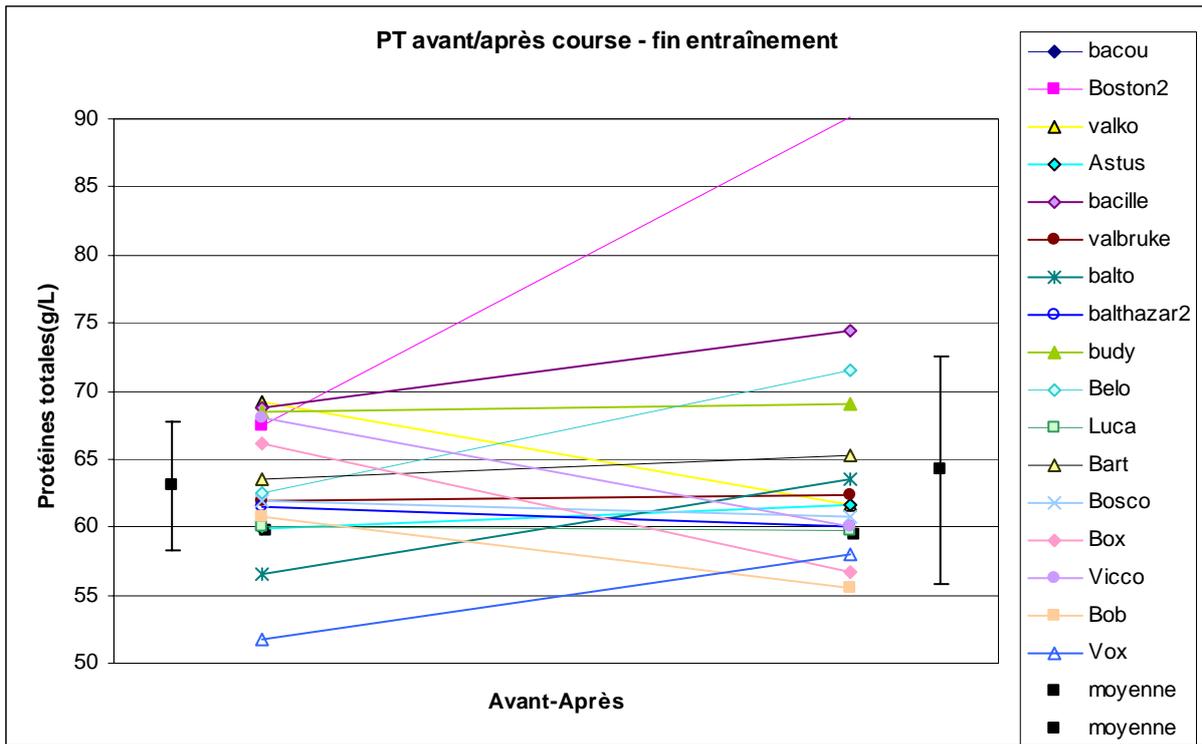
Hématocrite avant l'exercice : moyenne de 49,18 +/-4,78 ; [36 - 56].

Protéines totales après l'exercice : moyenne de 64,18g/L +/- 8,37 ; [55,5 - 90,1].

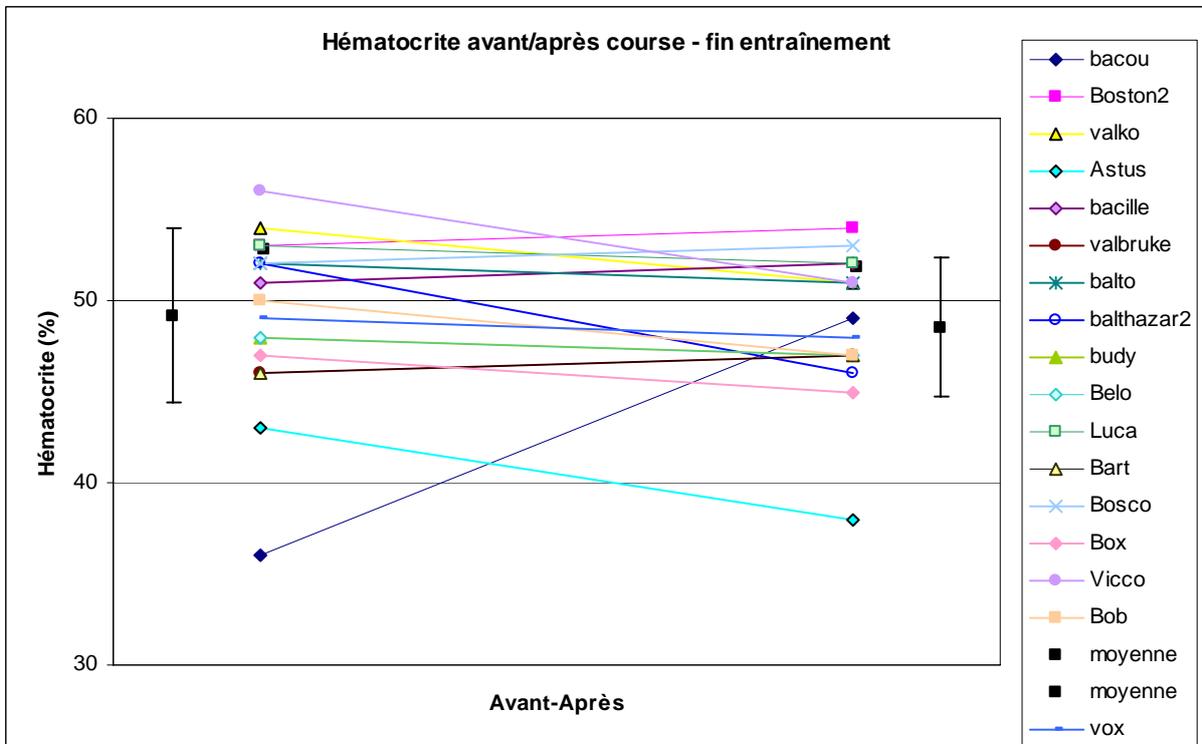
Pour l'ensemble des chiens les résultats sont comparables.

Hématocrite après l'exercice : 48,53 +/- 3,83 ; [38 - 54].

Pour la majorité des chiens les valeurs sont statistiquement comparables ; il n'y a que pour Bacou que l'on observe une augmentation significative d'hématocrite de 36 à 49%.



Graphique 3 : Les protéines totales avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement.



Graphique 4 : L'hématocrite avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement.

## 1.2 Lactates

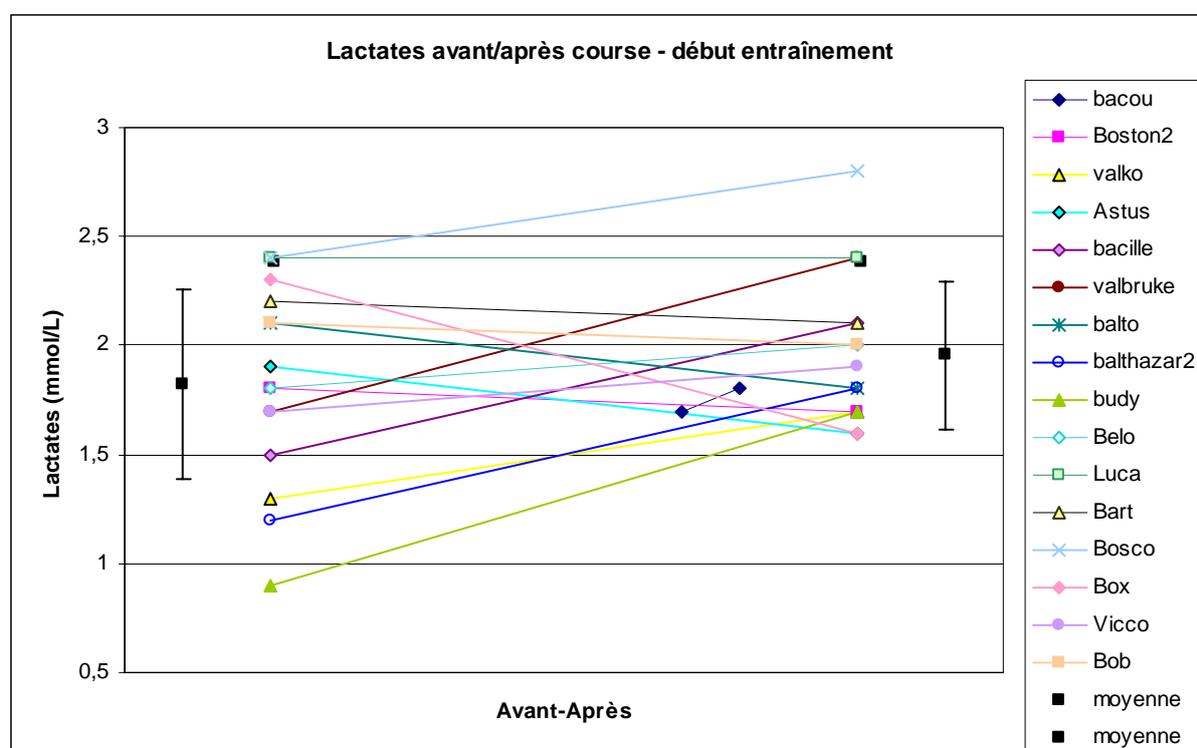
### 1.2.1 Au début de l'entraînement

Avant la course : 1,82mmol/L +/- 0,43 ; [0,9 – 2,4].

Le chien Budy est beaucoup plus bas que les autres avec une valeur à 0,9mmol/L.

Après la course : 1,96mmol/L +/- 0,33 ; [1,6 – 2,8].

Pour 11 chiens les résultats sont comparables avant et après l'effort. Pour les 6 autres les résultats sont significatifs. Pour 5 d'entre eux la concentration en lactates augmente après l'effort et pour un seul elle diminue. Il est intéressant de noter que ce sont des chiens dont les variations de protéines totales et d'hématocrite n'étaient pas significatives donc ces variations de lactatémie ne peuvent être imputables à une éventuelle déshydratation.



Graphique 5 : Les lactates avant/après l'effort, au début de l'entraînement

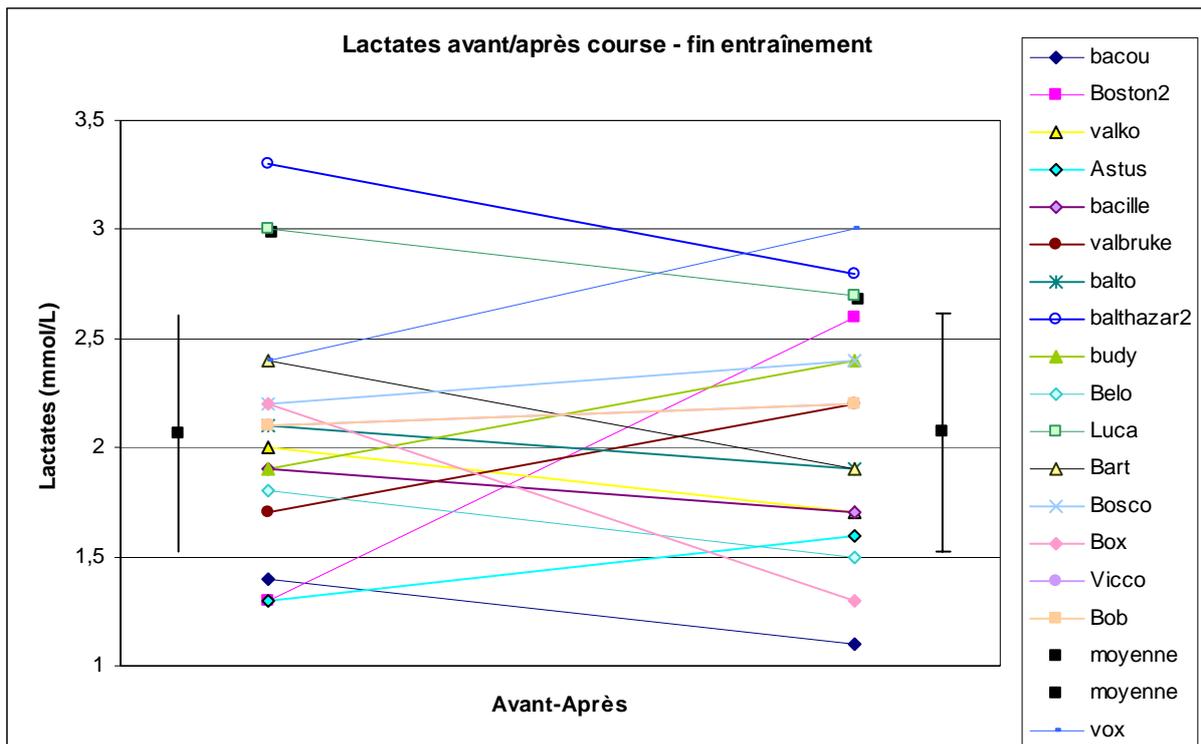
### 1.2.2 En fin d'entraînement

Avant l'exercice : 2,06mmol/L +/-0,53 ; [1,3 – 3,3].

Après l'exercice : 2,07 mmol/L +/- 0,54 ; [1,1 – 3].

Les valeurs moyennes restent donc dans les valeurs usuelles mais elles sont au dessus de la limite supérieure pour 3 chiens avant le footing et pour 6 chiens après.

Pour 15 des 17 chiens testés les variations de lactatémie en fin d'entraînement ne sont pas significatives. Pour Boston2 la lactatémie augmente significativement de 1,3 à 2,6 mmol/L ; et pour Box la lactatémie diminue 2,2 à 1,3 mmol/L.



Graphique 6 : Les lactates avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement.

### 1.3 Créatinine

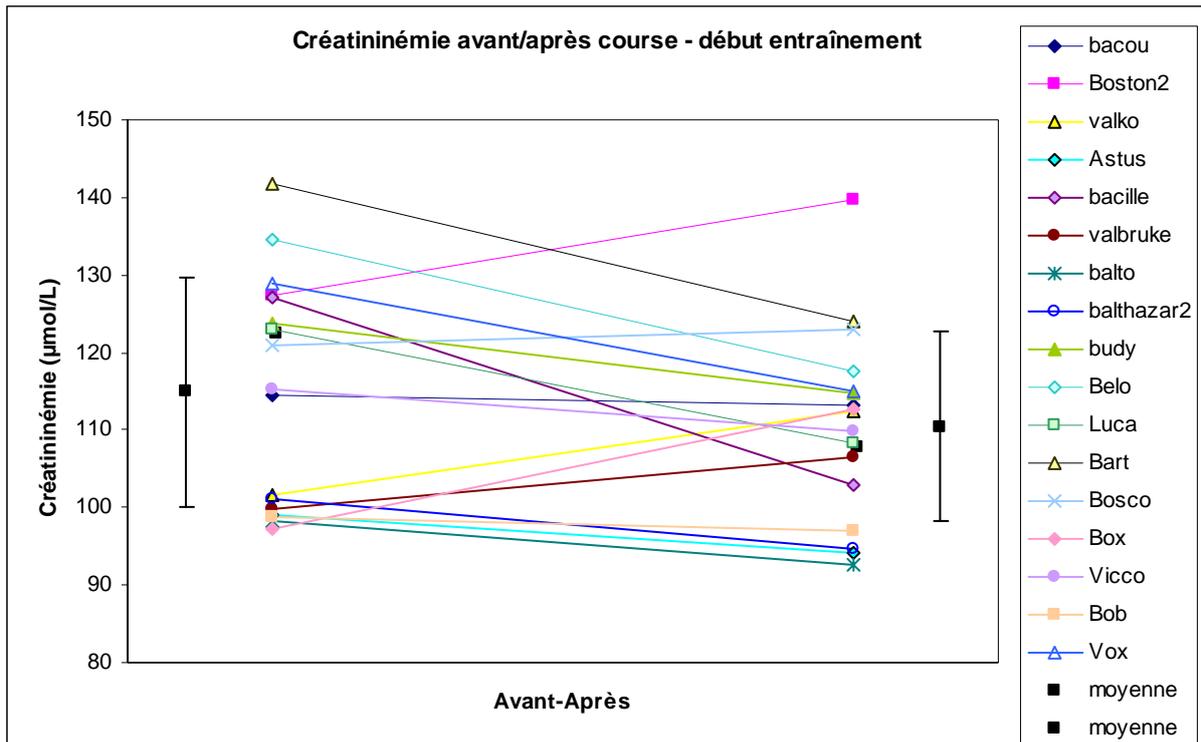
#### 1.3.1 Au début de l'entraînement

Avant l'exercice : moyenne de 114,91  $\mu\text{mol/L}$  +/-14,76 ; [97,3 -141,8].

Après l'exercice : moyenne de 110,48  $\mu\text{mol/L}$  +/-12,21 ; [92,6 -139,6].

Pour la majorité des chiens les valeurs avant et après l'exercice sont comparables.

Pour Bacille, on observe une baisse de 127,1 à 103  $\mu\text{mol/L}$ .



Graphique 7 : La créatinine avant/après l’effort, au début de l’entraînement.

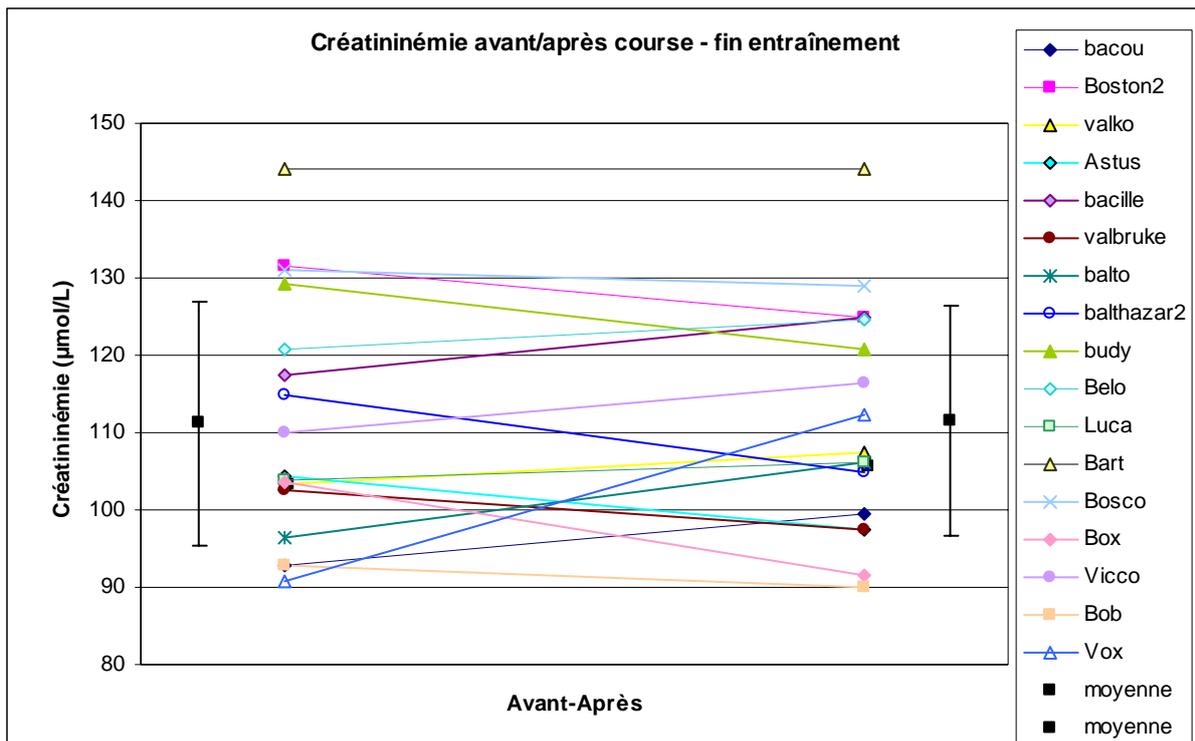
### 1.3.2 En fin d’entraînement

Avant l’exercice : moyenne de 111,16µmol/L +/- 15,75 ; [90,8 – 144,2].

Après l’exercice : moyenne de 111,6 µmol/L +/- 14 ; [90,1-144,1].

Pour la majorité des chiens les valeurs avant et après l’exercice sont comparables.

Pour Vox, on observe une augmentation de 90,8 à 112,2 µmol/L.



Graphique 8: La créatinine avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement.

#### 1.4 Créatinine kinase

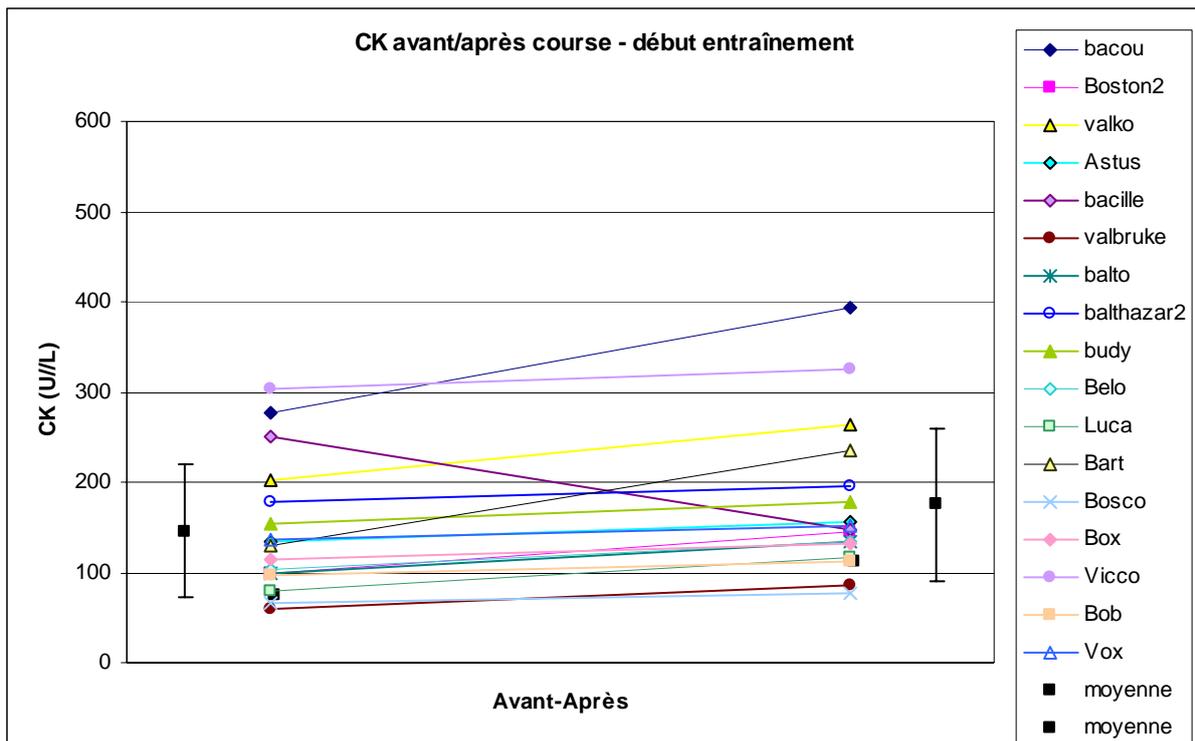
##### 1.4.1 Au début de l'entraînement

Avant l'exercice : moyenne de 146,06U/L +/- 73,19 ; [60-304].

Après l'exercice : moyenne de 175,29U/L +/- 84,87 ; [77 - 394].

Pour 7 individus (Bacou, Boston2, Vabruke, Balto, Belo, Luca, et Bart) la valeur augmente après l'effort ; à l'inverse, pour un seul d'entre eux (Bacille) elle diminue.

Pour les autres, les résultats sont comparables.



Graphique 9 : La créatine kinase avant/après l'effort, au début de l'entraînement.

#### 1.4.2 En fin d'entraînement

Avant l'exercice : moyenne de 199,41U/L +/- de 225,58 ; [74 -1031].

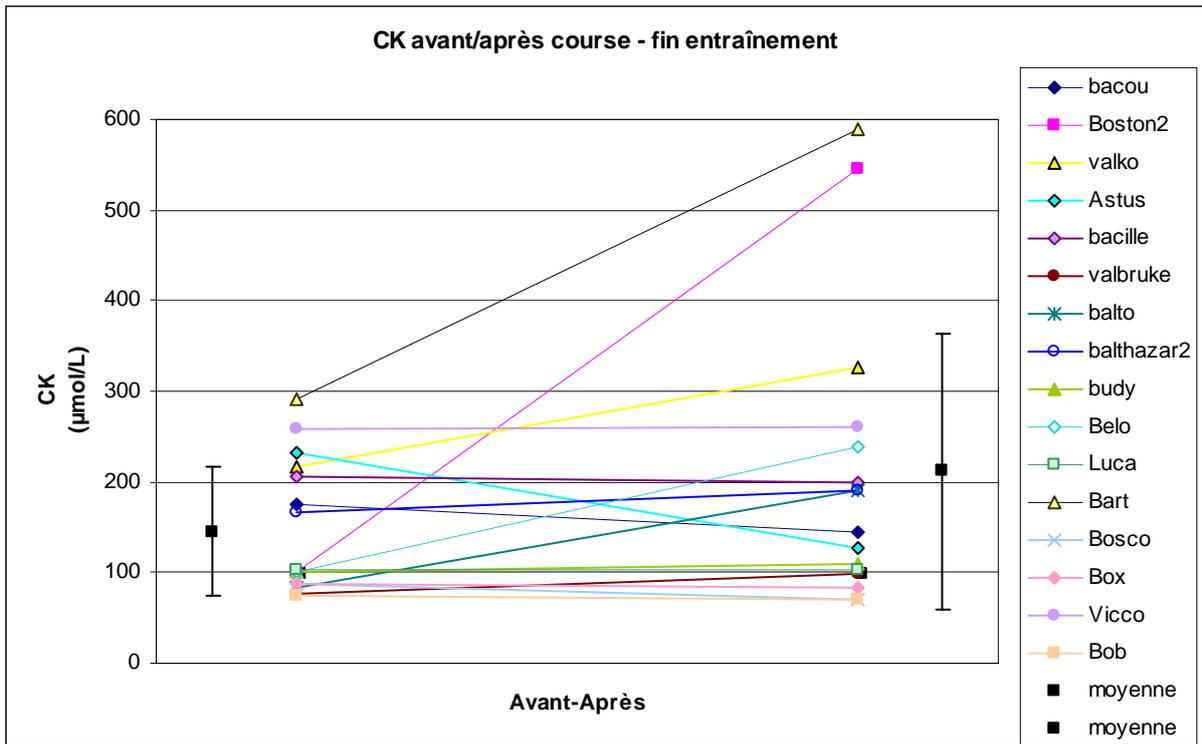
Après l'exercice : moyenne de 211,41 U/L +/-153,05 ; [71 – 590].

On note ici qu'une valeur aberrante a été observée avant l'effort pour Vox : 1031 U/L. Or ce chien n'avait aucun signe clinique et après l'effort il présentait une valeur de 232U/L. Ceci est incompatible avec les données pharmacologiques de la créatine kinase. Il s'agit donc d'une erreur analytique et cette valeur a été éliminée.

Pour 5 chiens (Boston 2, Valko, Balto, Belo, et Bart) les CK augmentent après l'exercice. On constate que ce sont les mêmes qu'au début de l'entraînement.

Pour un chien (Astus), les CK diminuent après l'effort.

Pour les autres, les résultats sont comparables.



Graphique 10 : La créatine kinase avant/après l'effort, à la fin de l'entraînement.

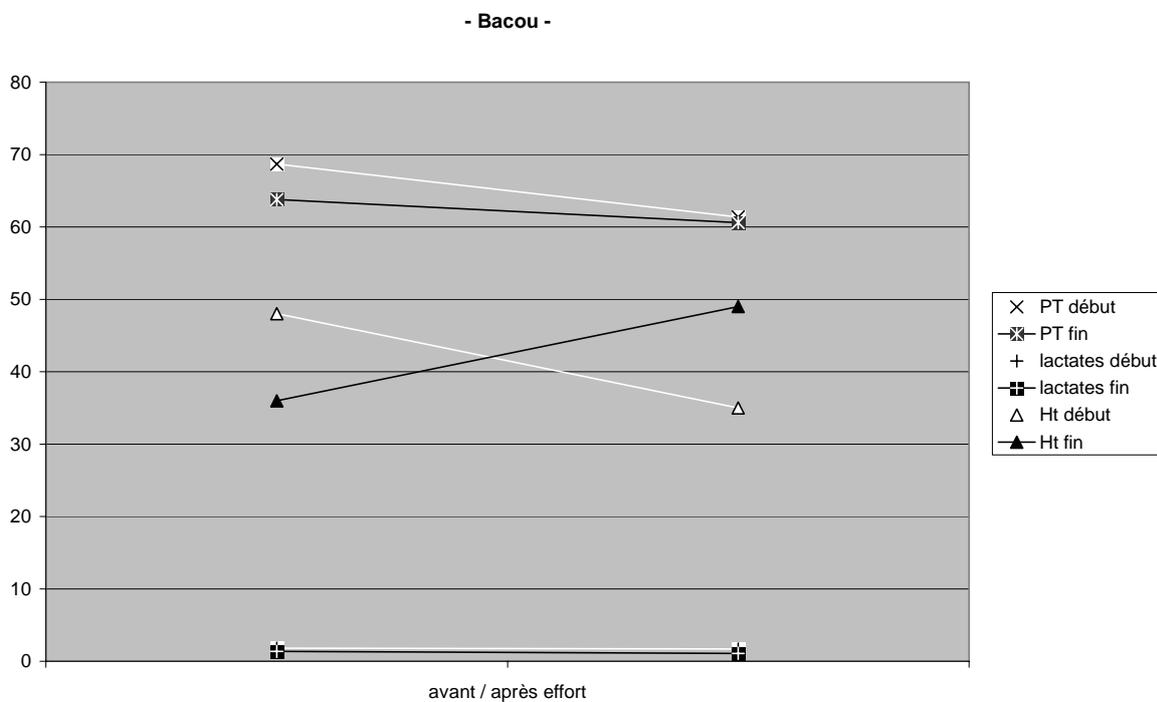
## II. Résultats pour chaque chien

Nous allons maintenant présenter les résultats que chaque chien a obtenus en début et en fin d'entraînement et voir leur évolution propre.

### 2.1 Bacou

#### 2.1.1 Les protéines totales et l'hématocrite

En début et en fin d'entraînement, les protéines totales ne varient pas significativement. Concernant l'hématocrite, en début d'entraînement, elle diminue après l'exercice : de 48% à 35%. Au contraire, elle augmente en fin d'entraînement, passant de 36% à 49%. La valeur de protéines totales au repos est supérieure en fin d'entraînement ; elle est même au dessus des valeurs usuelles. On ne remarque donc pas chez Bacou de signe de déshydratation.



Graphique 11 : Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacou.

#### 2.1.2 Lactates

En début et en fin d'entraînement, les lactates sont inchangés après l'exercice.

#### 2.1.3 Créatininémie

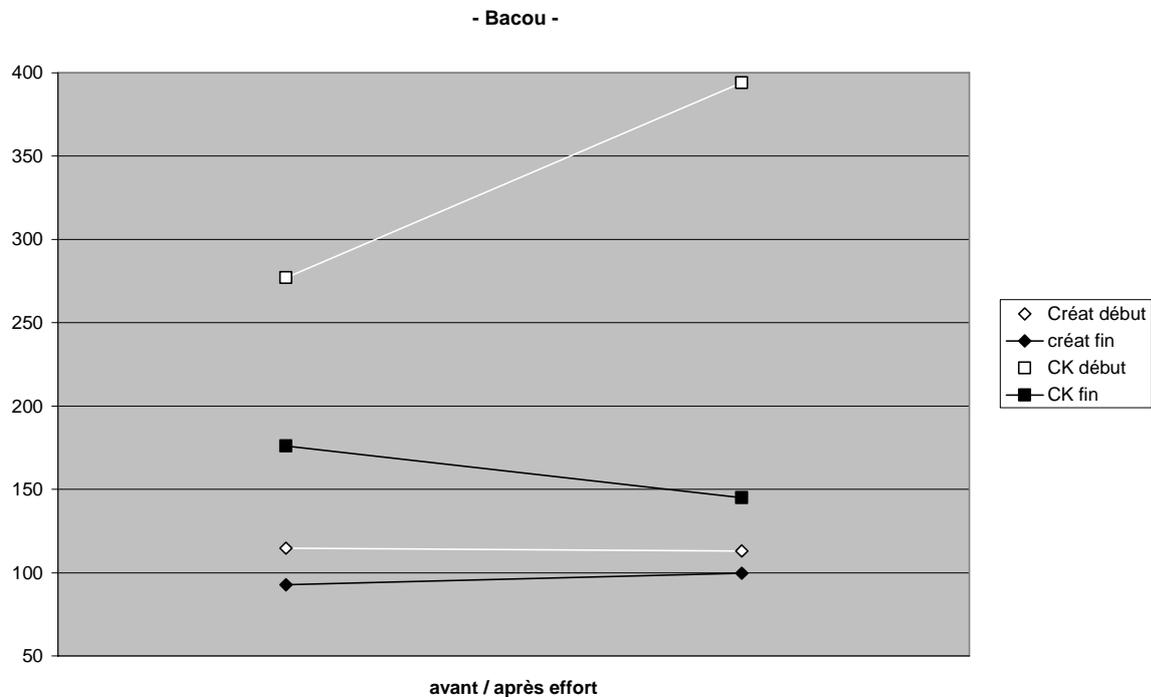
Que soit en début ou en fin d'entraînement, les valeurs pré et post-exercice sont inchangées. Cependant, ces valeurs sont légèrement supérieures en fin d'entraînement.

### 2.1.4 Créatine kinase

En début d'entraînement, cette valeur augmente fortement après l'effort : de 277 à 394  $\mu\text{mol/L}$ .

Nous avons également noté les quantités d'eau consommées au retour du footing, au début et en fin d'entraînement. Pour Bacou cette donnée est constante puisqu'il a consommé 250mL d'eau après le premier footing et 230mL après le deuxième. Ce paramètre ne semble donc pas induire de variation majeure de volume plasmatique chez Bacou, tant par sa faible quantité que par sa constance.

Par ailleurs, il nous a été rapporté après cette étude que 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). Les paramètres cliniques évalués en parallèle n'avaient pas permis de déceler de problème d'intolérance à l'effort chez ce chien.



Graphique 12 : La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacou.

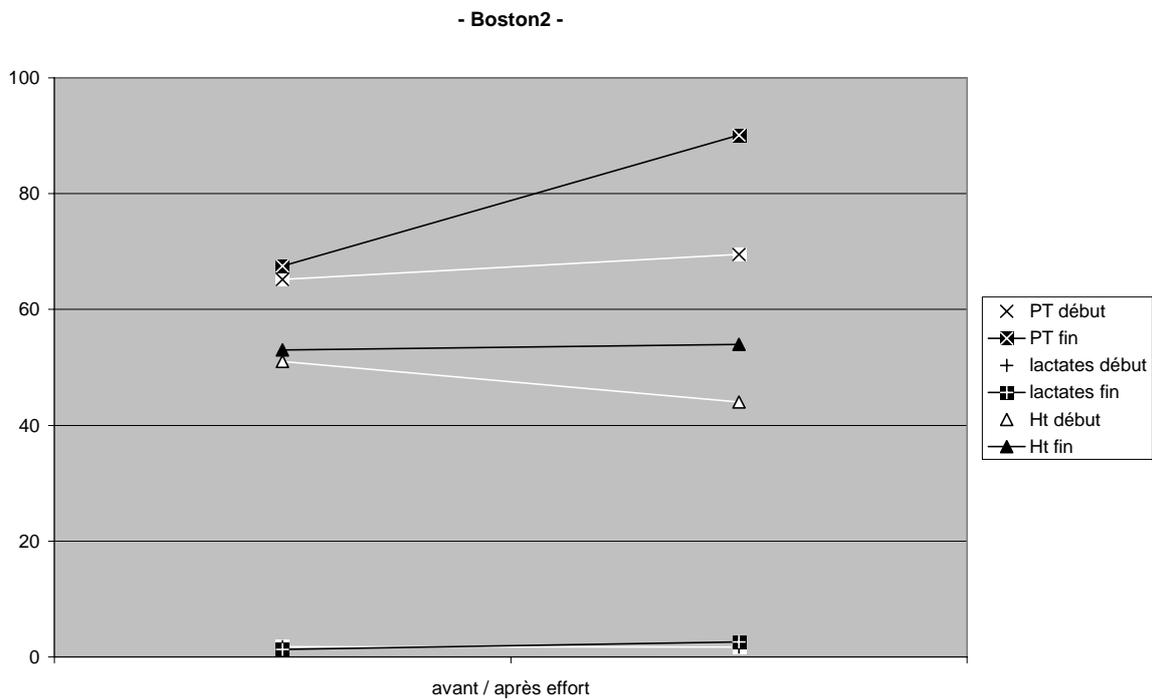
## 2.2 Boston2

### 2.2.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début de l'entraînement les valeurs pré et post-footing de protéines totales sont inchangées.

En fin d'entraînement, les valeurs de protéines totales augmentent après l'effort et sont au dessus des intervalles de référence puisqu'elles passent de 67 à 90g/L.

En début et en fin d'entraînement, l'hématocrite est inchangée après la course.



Graphique 13 : Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Boston 2.

### 2.2.2 Lactates

En début d'entraînement, les lactates ne varient pas après le footing.

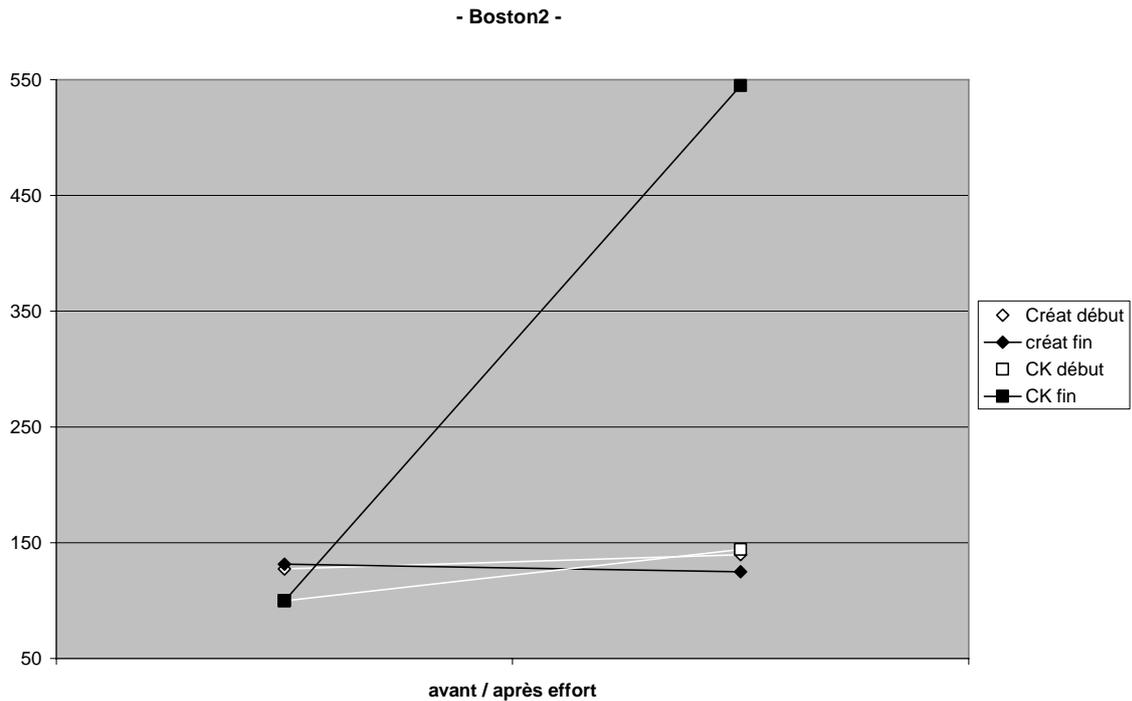
En fin d'entraînement, les lactates augmentent fortement puisque la valeur a doublé.

### 2.2.3 Créatininémie

Les valeurs au repos sont quasiment identiques lors des deux tests. Les variations observées en début et en fin d'entraînement ne sont pas significatives.

### 2.2.4 Créatine kinase

Les valeurs au repos sont les mêmes au début et en fin d'entraînement. Au début de l'entraînement, les valeurs augmentent faiblement après l'effort. En fin d'entraînement, ce paramètre augmente très fortement passant de 100 à 545  $\mu\text{mol/L}$ .



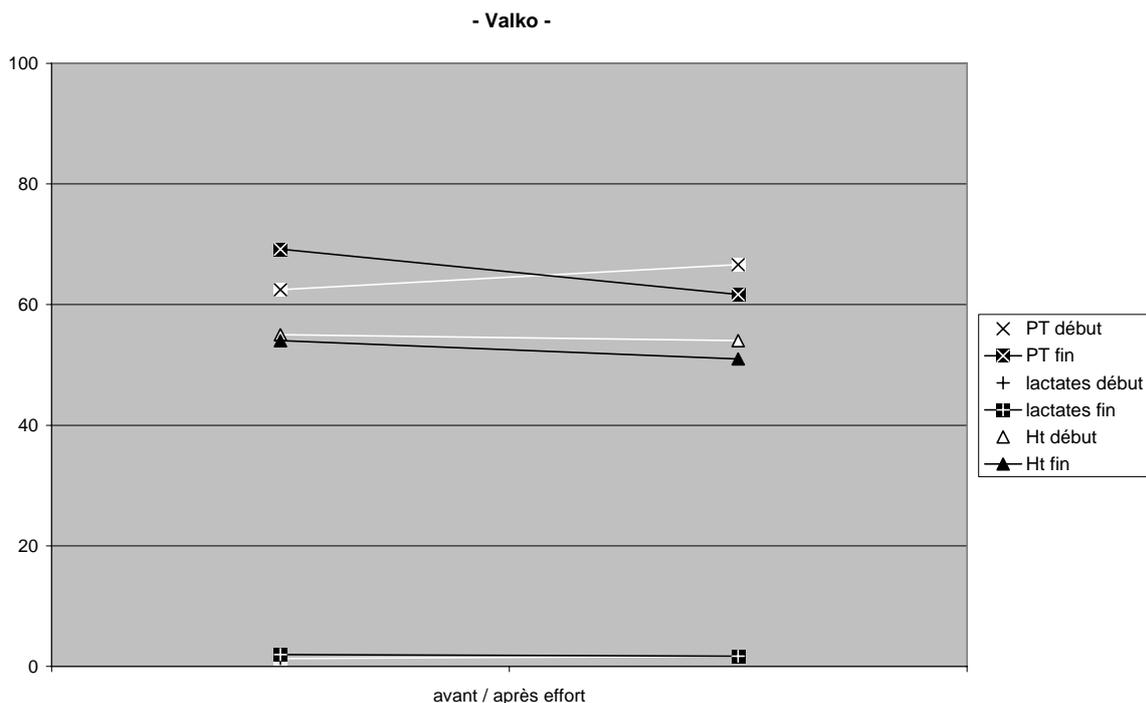
Graphique 14 : La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Boston 2.

Les quantités d'eau bue par Boston2 sont de 543mL lors du premier footing et 825mL lors du second. La forte consommation d'eau lors du deuxième test pourrait laisser croire que Boston2 se trouvait un peu hémodilué lors de la prise de sang et donc que les augmentations majeures des CK et des lactates étaient d'autant plus importantes. Or, on remarque également que l'hématocrite est inchangé lors de ce deuxième test. L'hémodilution de Boston2 lors de ce test est donc négligeable pour l'interprétation de ces résultats.

## 2.3 Valko

### 2.3.1 Les protéines totales et l'hématocrite

En début et en fin d'entraînement, les valeurs avant et après exercice sont statistiquement les mêmes.



Graphique 15 : Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Valko. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.3.2 Lactates :

Au début de l'entraînement, les lactates augmentent un peu après l'effort ; alors qu'ils sont inchangés en fin d'entraînement.

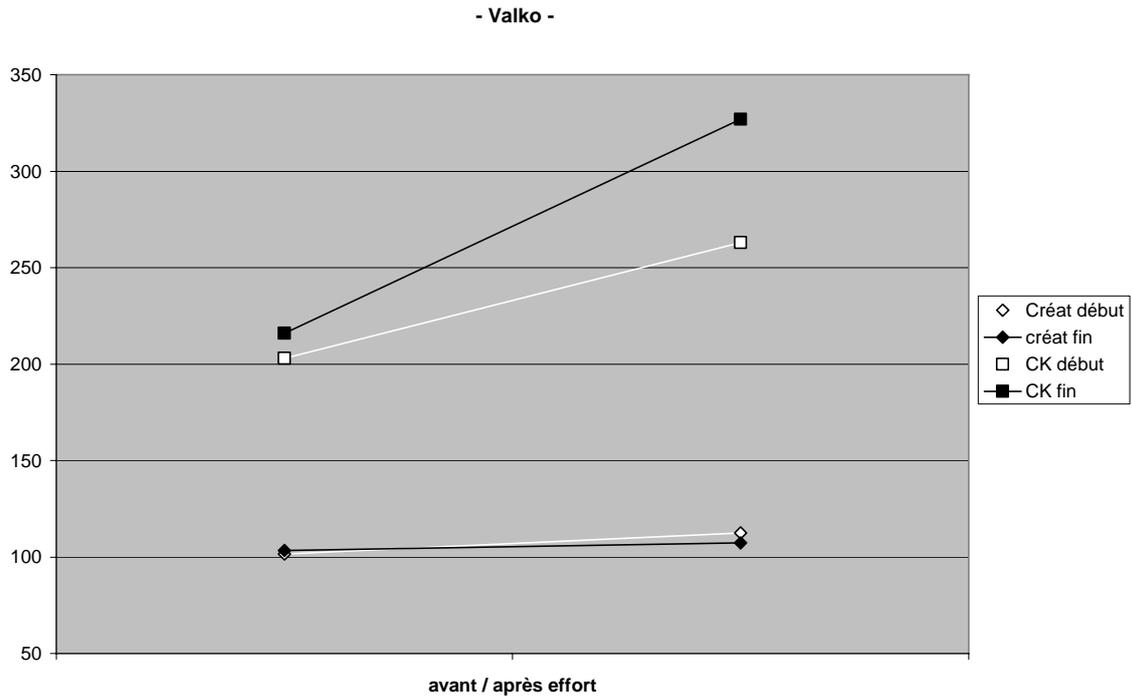
### 2.3.3 Créatininémie :

Les valeurs obtenues au début et à la fin de l'entraînement, ne montrent pas de modification significative de ce paramètre après l'effort.

### 2.3.4 Créatine kinase :

Au début de l'entraînement, les valeurs sont identiques avant et après le footing. La valeur de CK au repos est supérieure à la fin de l'entraînement. En fin d'entraînement, la valeur de CK augmente fortement après l'effort.

La quantité d'eau bue par Valko après le premier exercice est de 115mL. Après le deuxième exercice Valko a consommé 270mL. Ces valeurs sont trop faibles pour induire des variations significatives des paramètres sanguins.

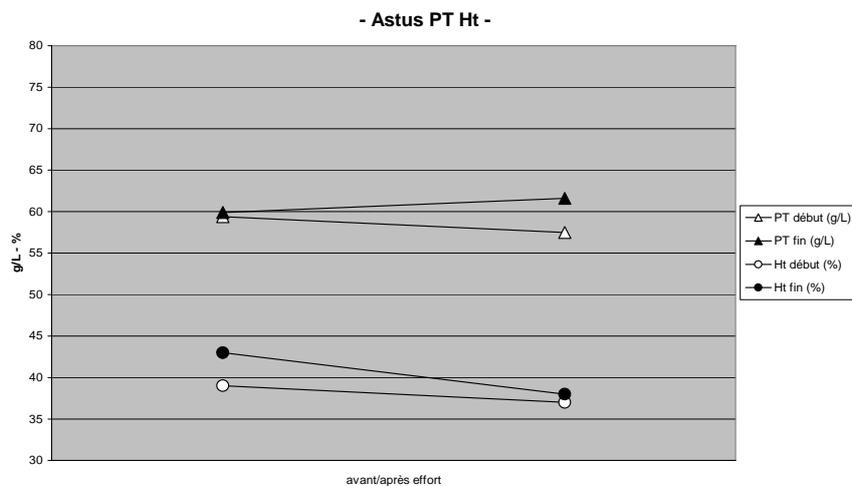


Graphique 16 : La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Valko.

## 2.4 Astus

### 2.4.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Que se soit en début ou en fin d'entraînement, les valeurs de protéines totales et d'hématocrite avant et après l'effort sont identiques.



Graphique 17 : Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Astus. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.4.2 Lactates

La lactatémie ne varie pas significativement après l'effort, que ce soit en début ou en fin d'entraînement.

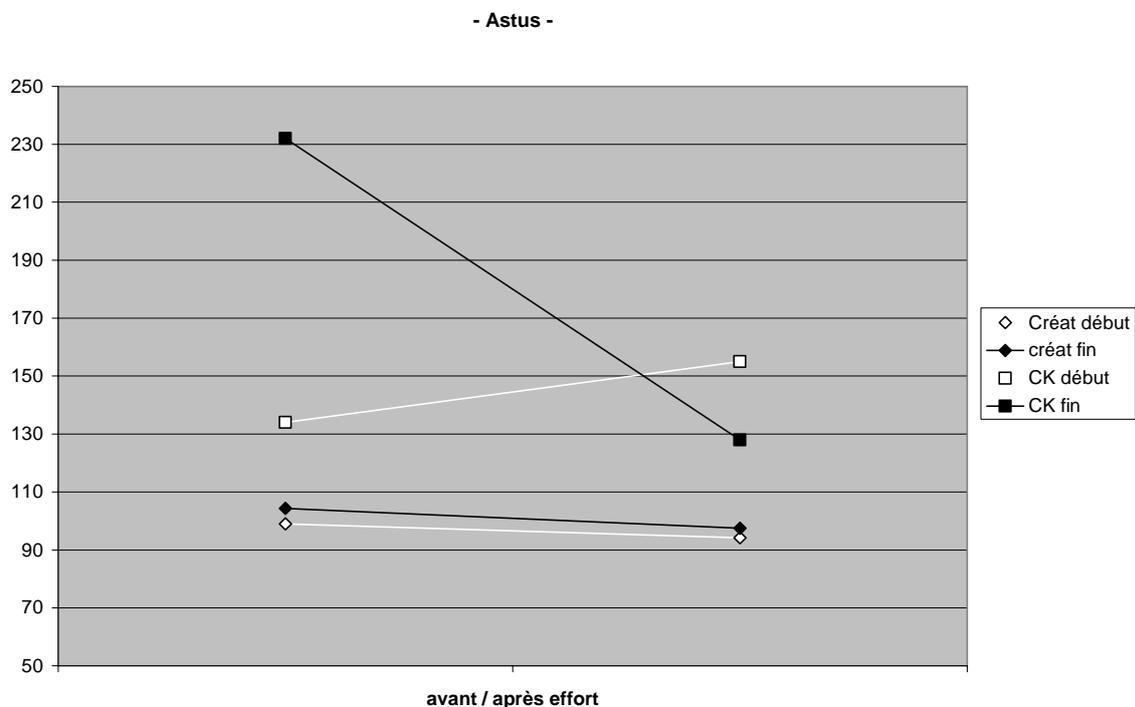
### 2.4.3 Créatininémie

En début et en fin d'entraînement, les valeurs de créatininémie sont inchangées après l'effort. La valeur initiale est légèrement supérieure en fin d'entraînement.

### 2.4.4 Créatine kinase

Au début de l'entraînement la valeur de créatine kinase est inchangée après la course. En fin d'entraînement, cette valeur est presque divisée par deux après l'effort. La valeur initiale de CK avant la course est supérieure en fin d'entraînement.

Les quantités d'eau bues par Astus lors des deux footings sont respectivement de 20mL et 380mL. Cette deuxième quantité étant très supérieure à la première, elle pourrait être responsable d'une légère hémodilution lors du second test. Ceci pourrait être responsable des légères baisses de créatininémie, et d'hématocrite observées. Cependant, il est à noter que ceci n'explique pas la diminution importante de CK et que la légère augmentation des lactates est donc plus importante à considérer si le chien est un peu hémodilué.

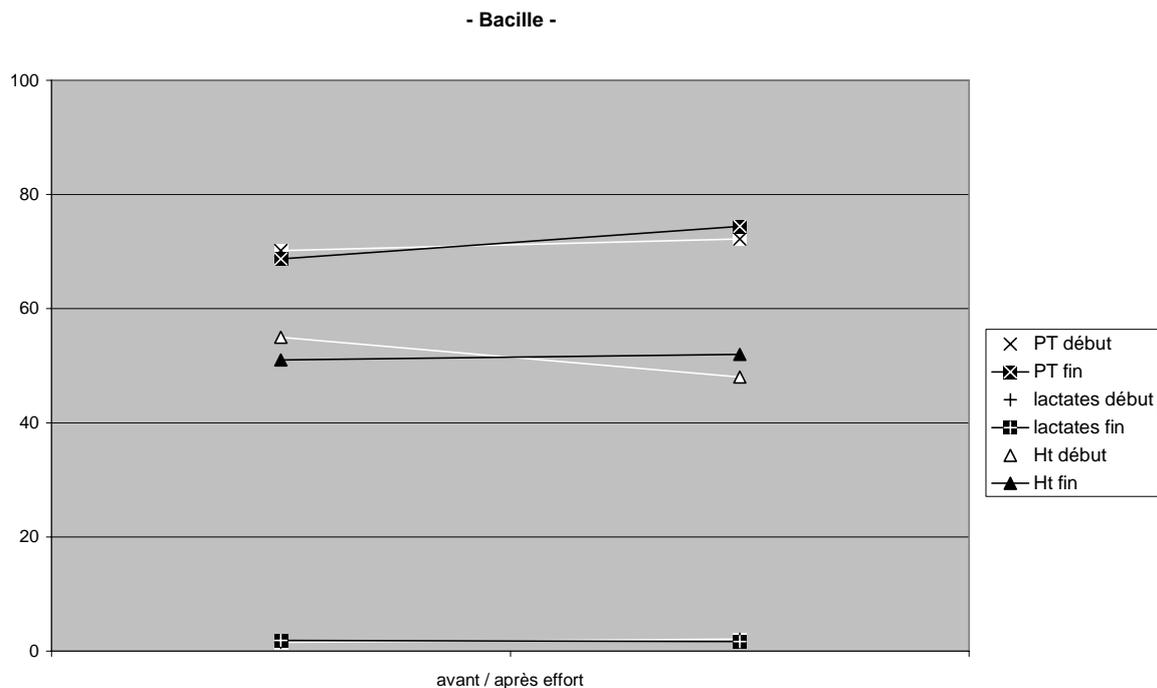


Graphique 18 : La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Astus.

## 2.5 Bacille

### 2.5.1 Les protéines totales et l'hématocrite

En début comme en fin d'entraînement, l'hématocrite et les protéines totales restent identiques avant et après l'effort.



Graphique 19: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacille. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.5.2 Lactates

En début d'entraînement, la lactatémie augmente significativement après l'effort. En fin d'entraînement, les lactates sont inchangés après l'effort.

### 2.5.3 Créatininémie

Au début de l'entraînement, la créatininémie diminue significativement après l'exercice. En fin d'entraînement, cette valeur est inchangée. La valeur au repos est supérieure au début de l'entraînement par rapport à la fin de l'entraînement.

### 2.5.4 Créatine kinase

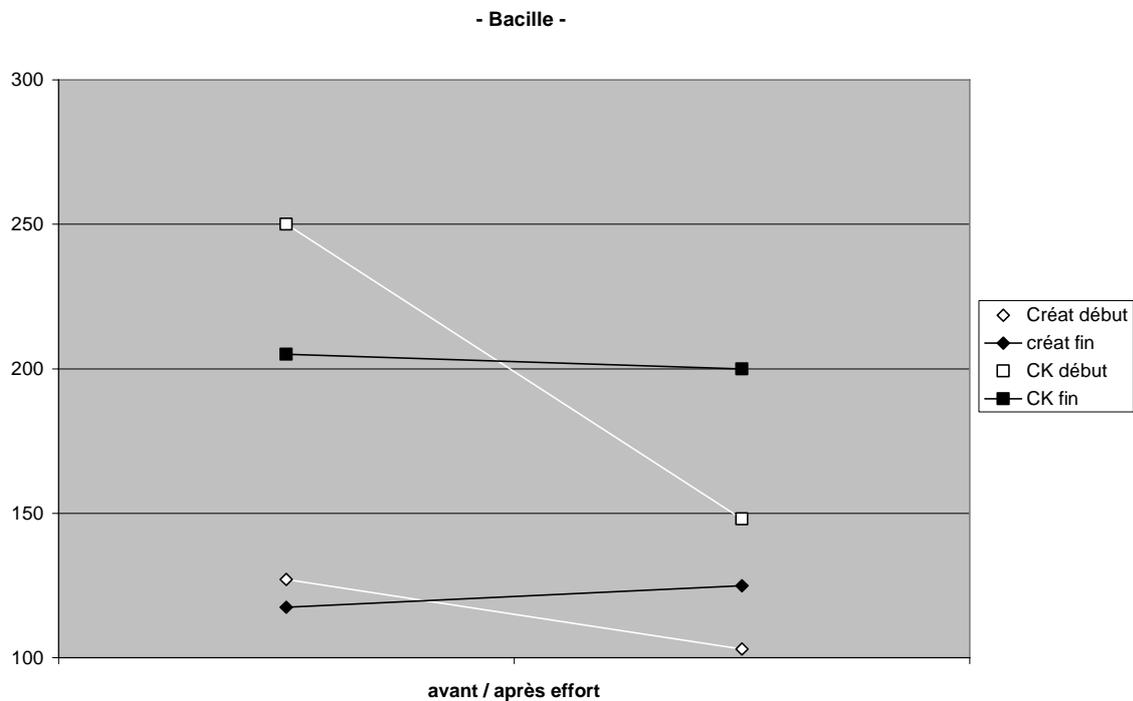
Au début de l'entraînement, la valeur de créatine kinase chute fortement en post exercice.

A la fin de l'entraînement cette valeur reste la même avant et après l'effort. La valeur initiale avant la course est supérieure en début d'entraînement.

Comme précédemment pour Astus, Bacille présente une baisse inattendue de CK après l'effort mais uniquement en début d'entraînement.

Bacille, après ces deux exercices a consommé 25mL et 85mL d'eau. Ces valeurs sont très faibles et n'induisent donc pas de variations de volume plasmatique. Il faut souligner également que Bacille a couru légèrement plus vite lors du deuxième test que lors du premier, passant ainsi d'une vitesse de 9km/heure à 11km/heure. Cette variation est imputable au maître-chien qui contrôle la vitesse de course de l'animal durant tout l'exercice.

Par ailleurs, il nous a été rapporté depuis la fin de l'étude, que Bacille a eu une syncope lors d'un exercice. Les paramètres cliniques évalués en parallèle de cette étude n'avaient pas permis de déceler une insuffisance à l'effort.

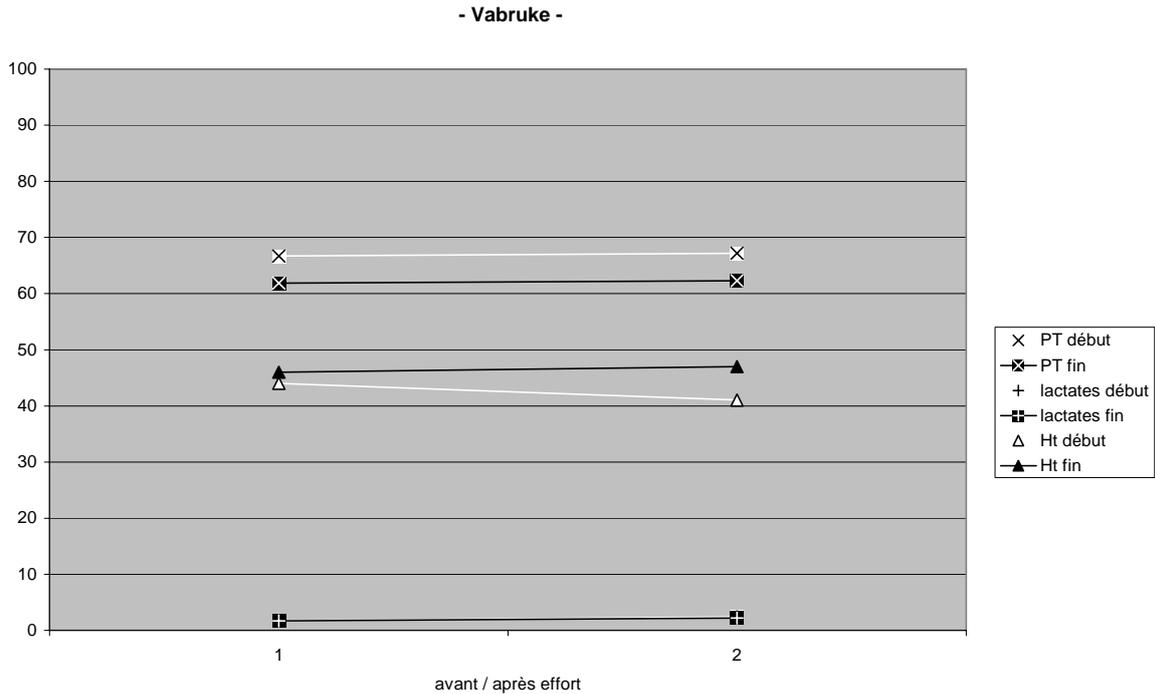


Graphique 20: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bacille.

## 2.6 Vabruke

### 2.6.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les valeurs de protéines totales et d'hématocrite sont inchangées après l'effort.



Graphique 21: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vabruke. Remarque : les variations de protéines totales et d'hématocrite ne sont pas significatives.

### 2.6.2 Lactates

Au début de l'entraînement, les valeurs de lactates augmentent de façon statistiquement significative après l'exercice. En fin d'entraînement elles sont identiques.

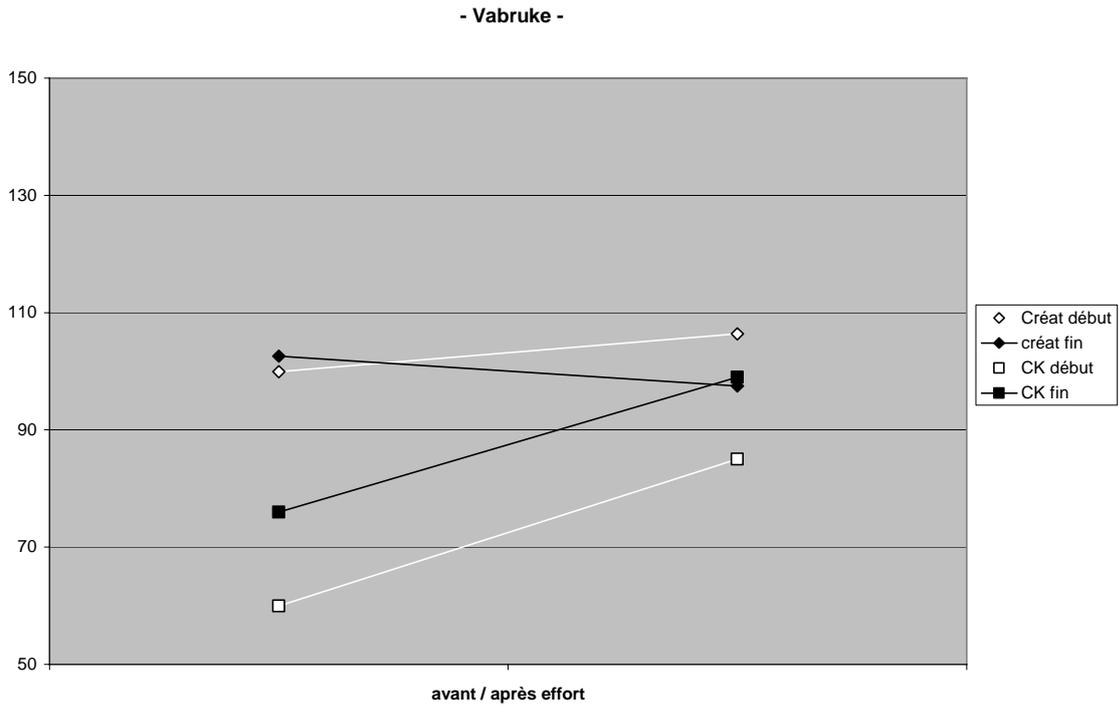
### 2.6.3 Créatininémie

Au début et à la fin de l'entraînement, la créatininémie ne varie après l'effort.

### 2.6.4 Créatine kinase

Au début et à la fin de l'entraînement, les valeurs de créatine kinase augmentent dans les mêmes proportions après le footing. La valeur initiale est supérieure en fin d'entraînement. Les variations de la CK de Vabruke après l'exercice sont donc constantes en début et en fin d'entraînement.

La quantité d'eau bue par Vabruke n'a pas pu être évaluée lors du deuxième exercice car il a renversé sa gamelle. Notons également que la quantité de boisson relevée lors du premier test était très faible et peu significative vu qu'il y en avait beaucoup à côté. Ce paramètre n'est donc pas exploitable pour Vabruke.

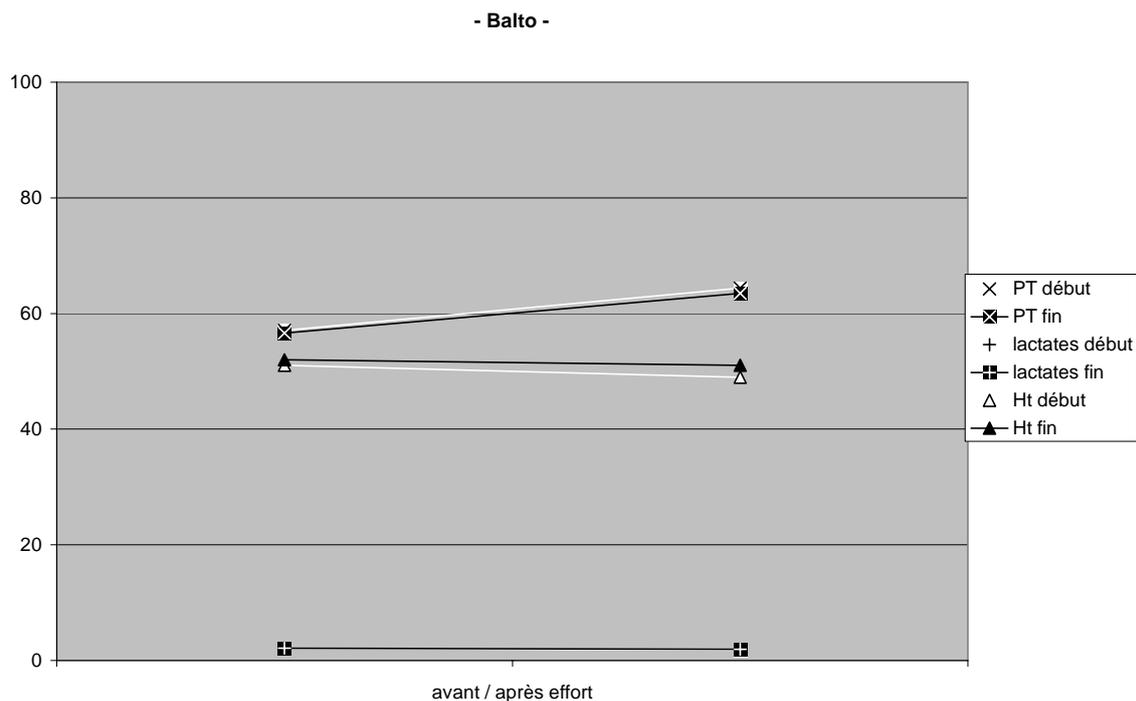


Graphique 22: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vabruke.

## 2.7 Balto

### 2.7.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les valeurs de protéines totales et d'hématocrite sont inchangées après l'effort.



Graphique 23: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balto. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.7.2 Les lactates

Au début comme à la fin de l'entraînement, les lactates sont inchangés après l'effort.

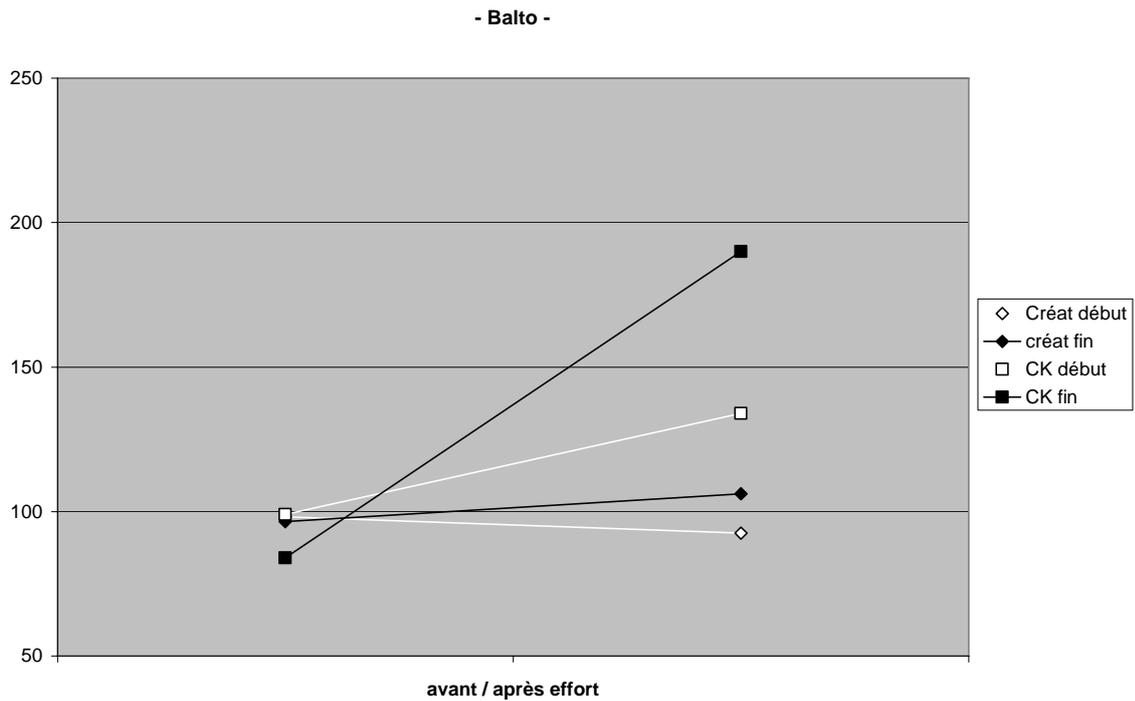
### 2.7.3 La créatinine

Au début et à la fin de l'entraînement, la créatininémie est inchangée après l'exercice.

### 2.7.4 La créatine kinase

Au début de l'entraînement, la valeur de créatine kinase augmente après l'effort. En fin d'entraînement elle augmente de façon majeure puisque la valeur est plus que doublée.

Au cours de ces deux exercices, Balto a bu 160mL et 315mL d'eau après la course. Nous ne pouvons pas considérer que cette deuxième valeur soit responsable d'une éventuelle hémodilution puisque l'hématocrite reste identique et les protéines totales augmentent légèrement. On remarque également que la vitesse de course est inférieure lors du second test puisqu'elle passe de 10 à 7km/heure. Or, comme pour Bacille, cette variation est imputable au maître-chien.

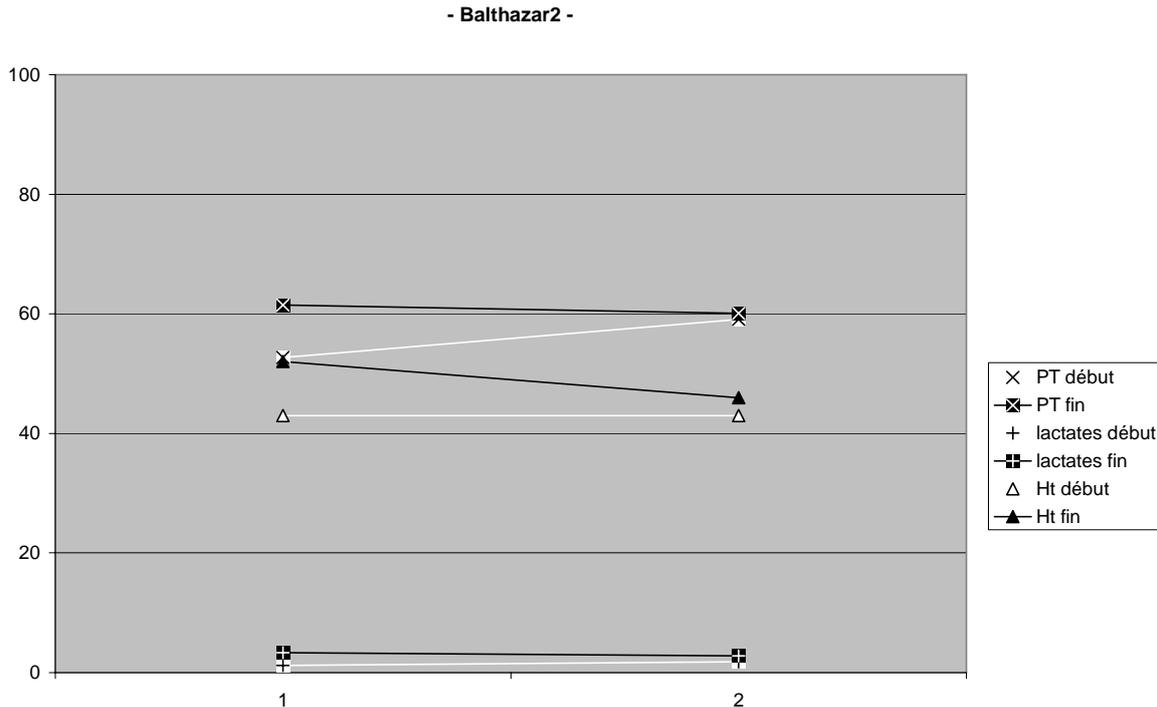


Graphique 24: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balto.

## 2.8 Balthazar2

### 2.8.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite restent identiques après l'effort.



Graphique 25: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balthazar2. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.8.2 Les lactates

Au début de l'entraînement, les lactates augmentent après la course. En fin d'entraînement, les lactates restent inchangés.

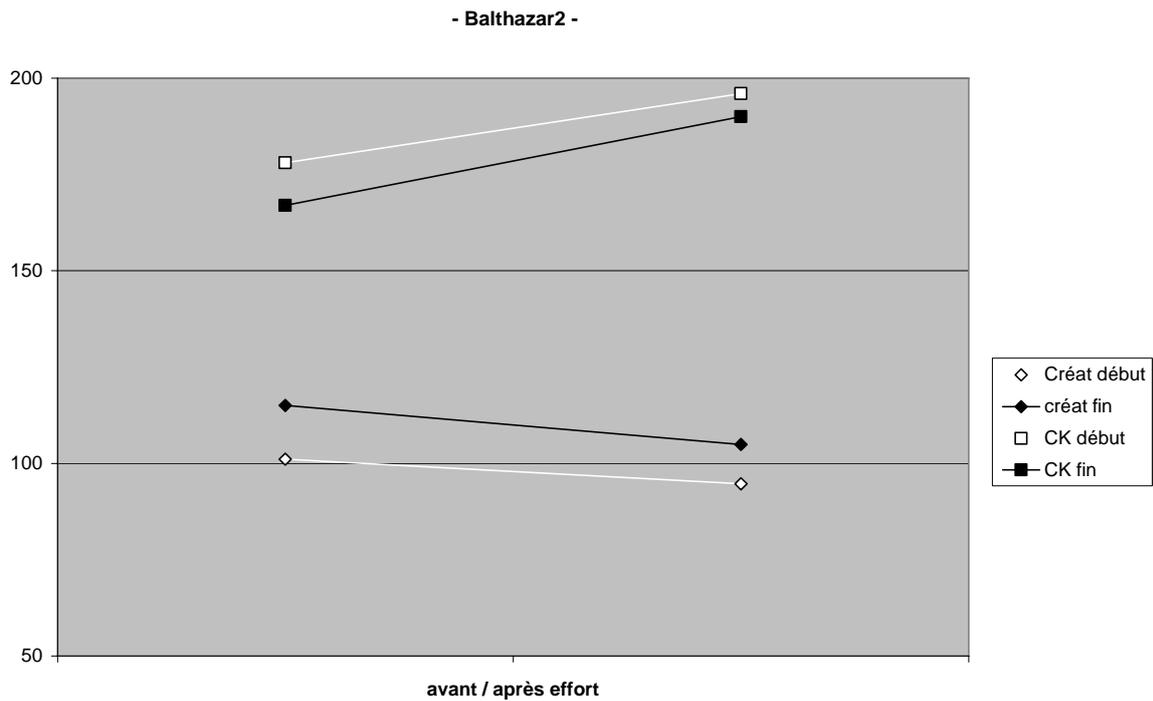
### 2.8.3 La créatinine

Au début et à la fin de l'entraînement, les valeurs de créatinine sont inchangées après le footing.

### 2.8.4 La créatine kinase

Au début comme à la fin de l'entraînement, les valeurs de créatine kinase ne varient pas après l'effort.

Au cours de ces deux exercices, Balthazar2 a consommé les mêmes quantités d'eau, à savoir 160mL et 165mL, quantité insuffisante pour induire une variation de volume plasmatique.



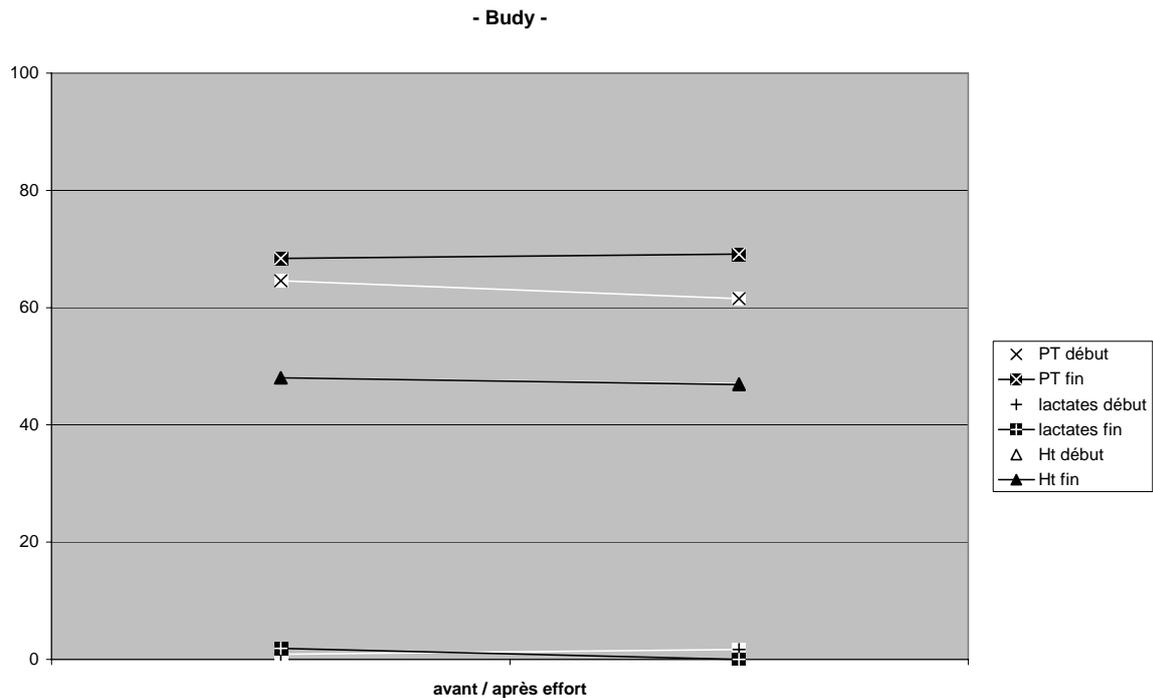
Graphique 26: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Balthazar2.

## 2.9 Budy

### 2.9.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite restent identiques avant et après l'effort.

En fin d'entraînement, les valeurs de protéines totales sont supérieures aux limites de l'intervalle de référence.



Graphique 27: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Budy. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.9.2 Les lactates

Au début de l'entraînement, les valeurs de lactates augmentent après l'exercice. En fin d'entraînement les lactates sont inchangés.

### 2.9.3 La créatinine

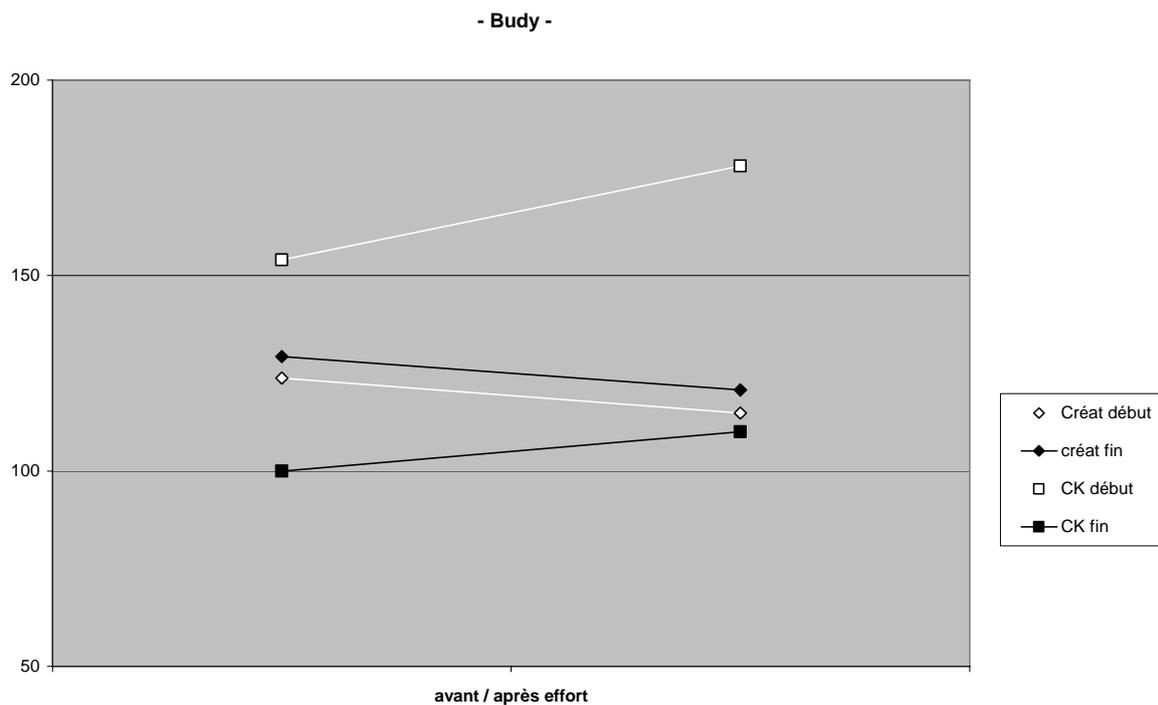
Au début et à la fin de l'entraînement, les valeurs de créatinine restent inchangées après le footing.

### 2.9.4 La créatine kinase

Au début comme à la fin de l'entraînement, les valeurs de créatine kinase sont identiques après l'effort.

Durant ces deux exercices Budy a bu 150mL et 750mL d'eau. Cette seconde consommation d'eau semble importante mais elle ne paraît pas induire une hémodilution puisque l'hématocrite et les protéines totales restent inchangés.

On remarque que la vitesse de course a aussi augmenté chez Budy passant de 6,8 km/heure en début d'entraînement à 10 km/heure en fin d'entraînement. Ceci est à nouveau dû au maître-chien qui maîtrise l'animal pendant toute la course.



Graphique 28: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Budy.

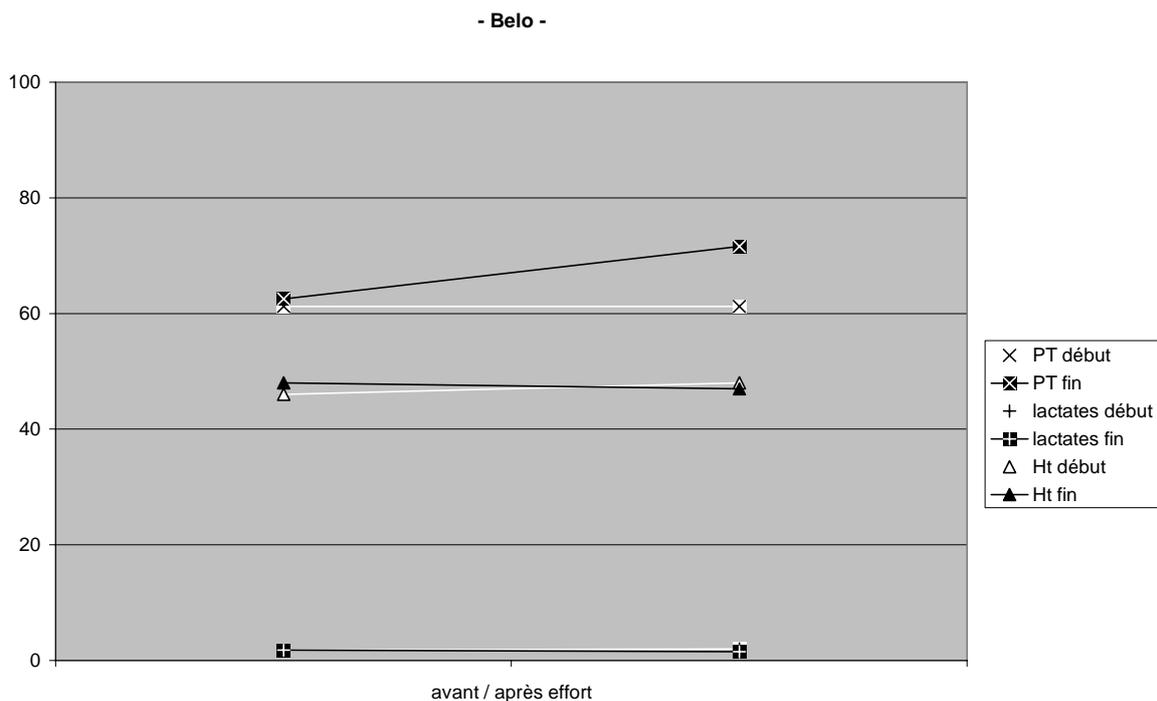
## 2.10 Belo

### 2.10.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début comme en fin de l'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite ne varient pas significativement avant et après l'effort.

### 2.10.2 Lactates

Au début et en fin d'entraînement, les lactates ne varient pas après l'effort.



Graphique 29: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Belo. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

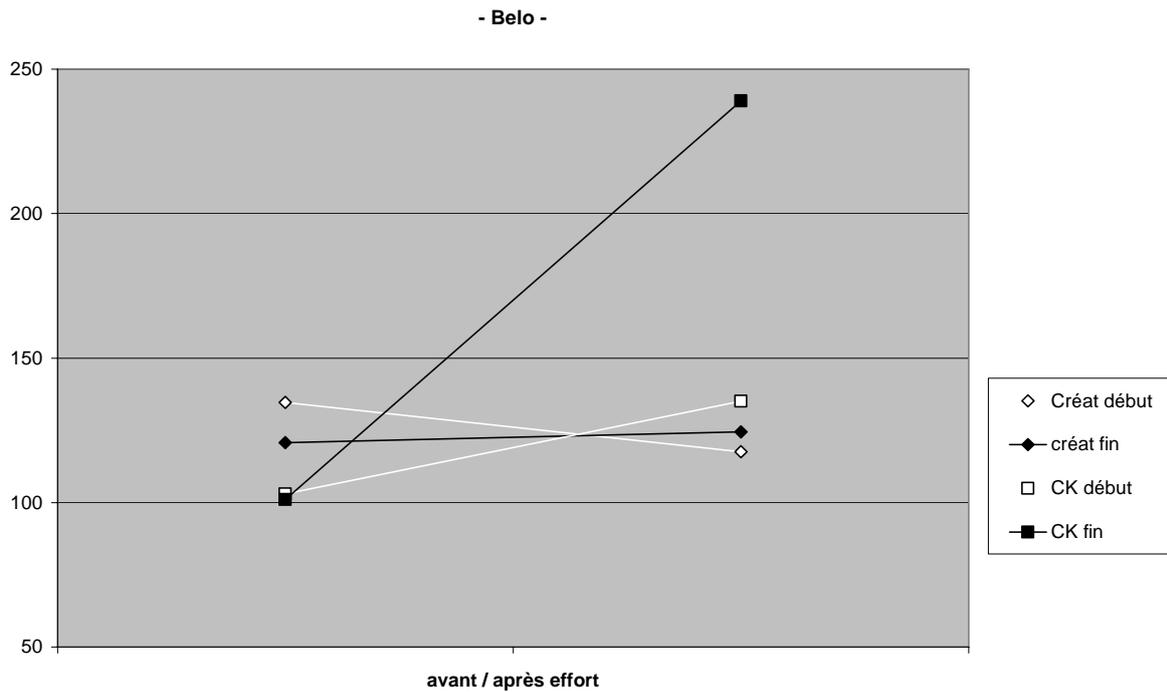
### 2.10.3 Créatinine

Au début et en d'entraînement, la créatininémie reste statistiquement inchangé après le footing.

### 2.10.4 La créatine kinase

Au début de l'entraînement, la valeur de créatine kinase augmente après l'effort. En fin d'entraînement elle augmente de façon majeure puisque la valeur est plus que doublée.

La quantité d'eau consommée par Belo durant ces deux exercices est de 405mL et 60mL. Ceci ne semble pas influencer les résultats.



Graphique 30: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Belo.

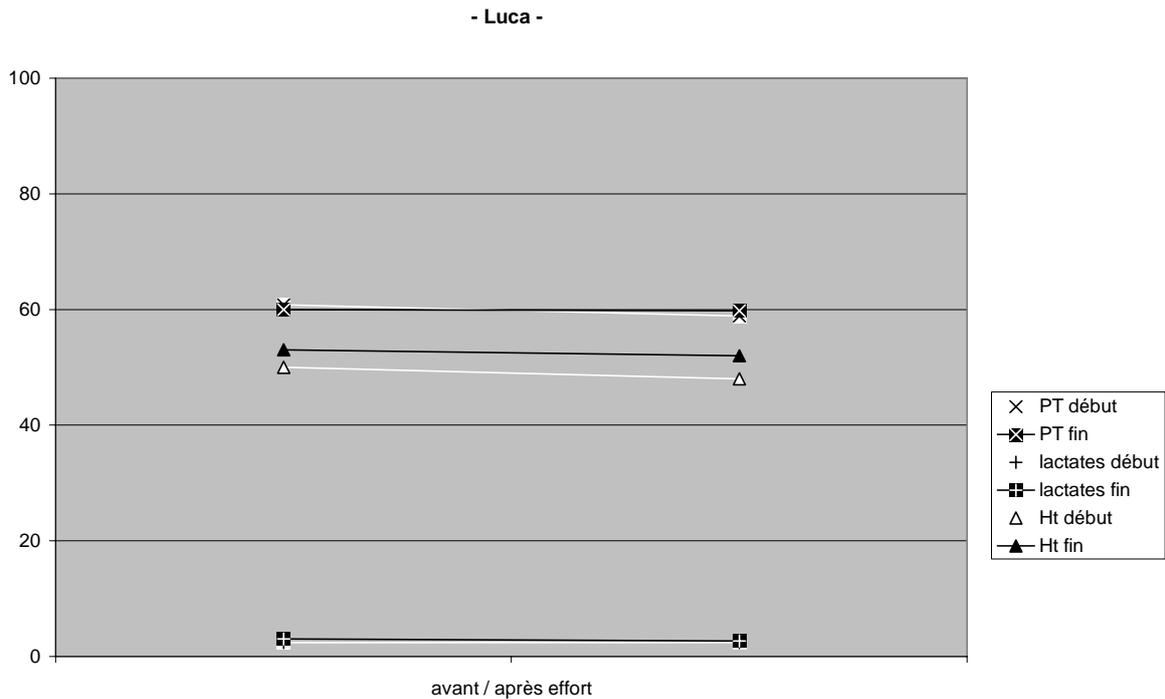
## 2.11 Luca

### 2.11.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite restent identiques.

### 2.11.2 Les lactates

Au début et en fin d'entraînement, les lactates ne varient pas entre le pré et le post-exercice.



Graphique 31: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Luca. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.11.3 La créatinine

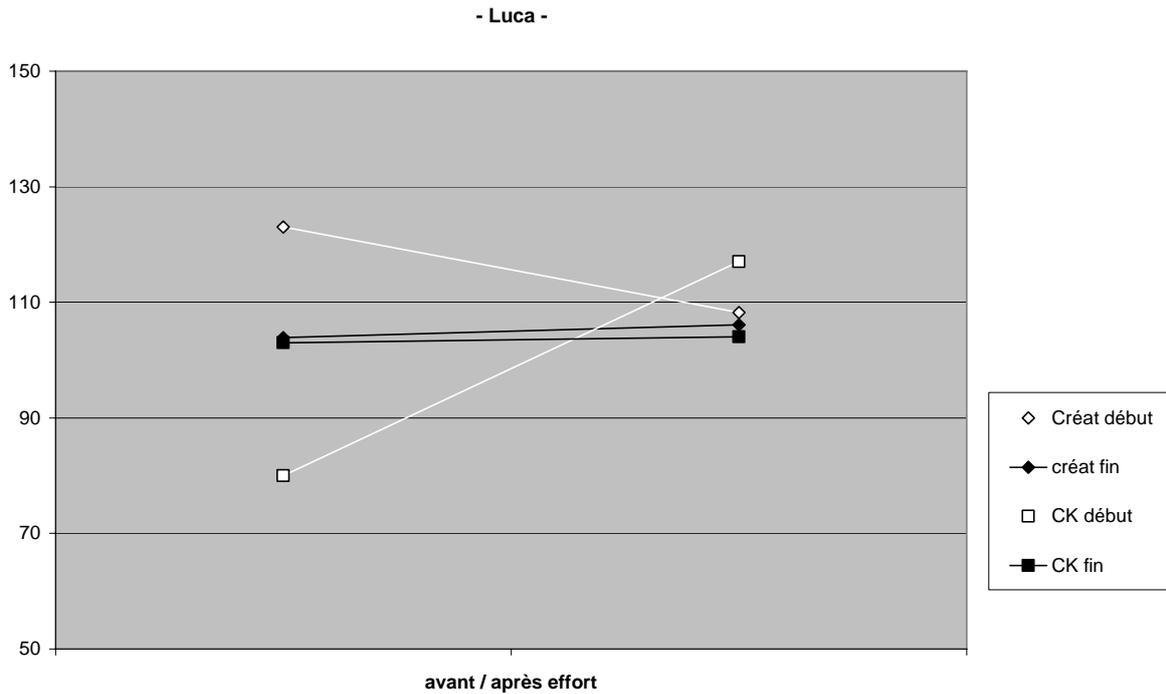
Au début et à la fin de l'entraînement, la créatinine reste identique après l'effort. La valeur initiale au repos est supérieure au début de l'entraînement.

### 2.11.4 La créatine kinase

Au début de l'entraînement, la valeur des créatines kinase augmente après le footing.

En fin d'entraînement, elle reste inchangée. La valeur avant la course est supérieure à la fin de l'entraînement.

La quantité d'eau bue par Luca n'a pu être évaluée qu'en fin d'entraînement. Il a alors consommé 51mL. Cette faible quantité n'a aucune influence sur les dosages réalisés.



Graphique 32: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Luca.

## 2.12 Bart

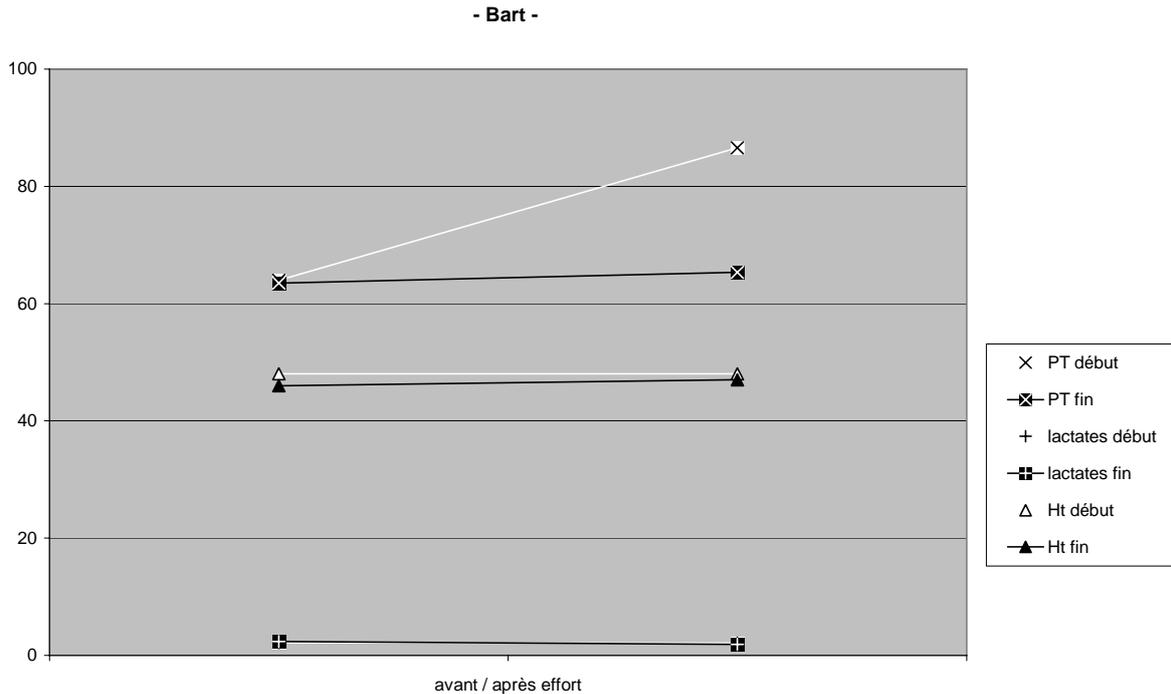
### 2.12.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début de l'entraînement, les protéines totales augmentent fortement après l'effort. En fin d'entraînement, elles restent inchangées.

Au début comme en fin d'entraînement, l'hématocrite ne varie pas après l'effort.

### 2.12.2 Les lactates

En début et en fin d'entraînement, les lactates ne varient pas après la course.



Graphique 33: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bart.

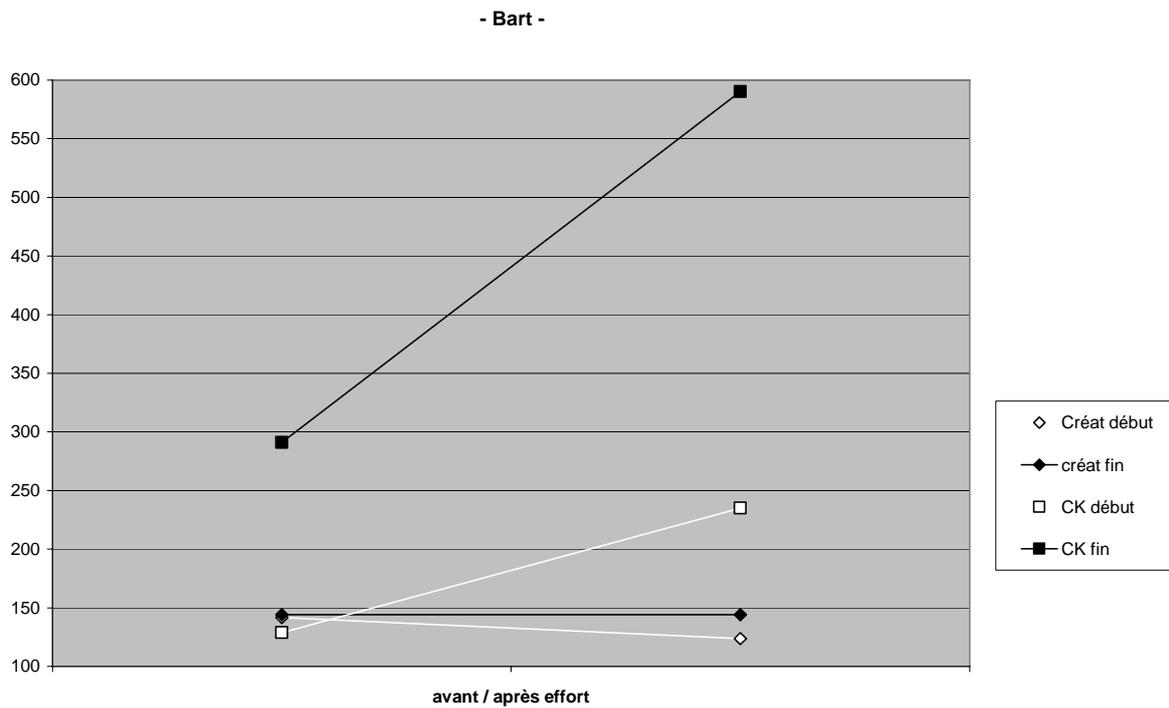
### 2.12.3 La créatinine

En début d'entraînement et en fin d'entraînement, ce paramètre ne varie pas. Les valeurs de créatininémie de Bart au repos sont toujours légèrement au-dessus des valeurs limites usuelles.

### 2.12.4 La créatine kinase

Au début et à la fin de l'entraînement les valeurs de créatine kinase augmentent fortement puisqu'elles sont presque multipliées par deux. L'augmentation est plus importante en fin d'entraînement. La valeur au repos est supérieure en fin d'entraînement.

Bart a bu 120mL d'eau après le premier footing et 165mL après le deuxième. Ces valeurs n'influent pas sur le volume plasmatique et donc sur les dosages réalisés.



Graphique 34: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bart.

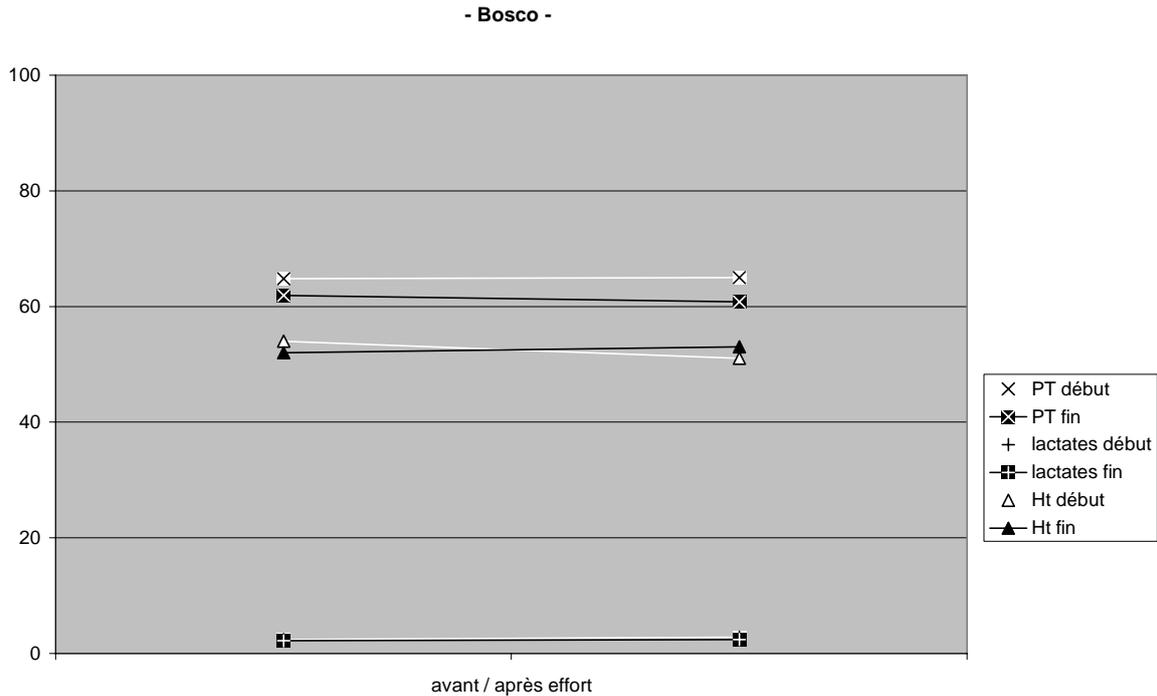
## 2.13 Bosco

### 2.13.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début comme à la fin de l'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite ne varient pas après l'exercice.

### 2.13.2 Les lactates

En début comme en fin d'entraînement, les valeurs de lactatémie après la course restent inchangées.



Graphique 35: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bosco. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

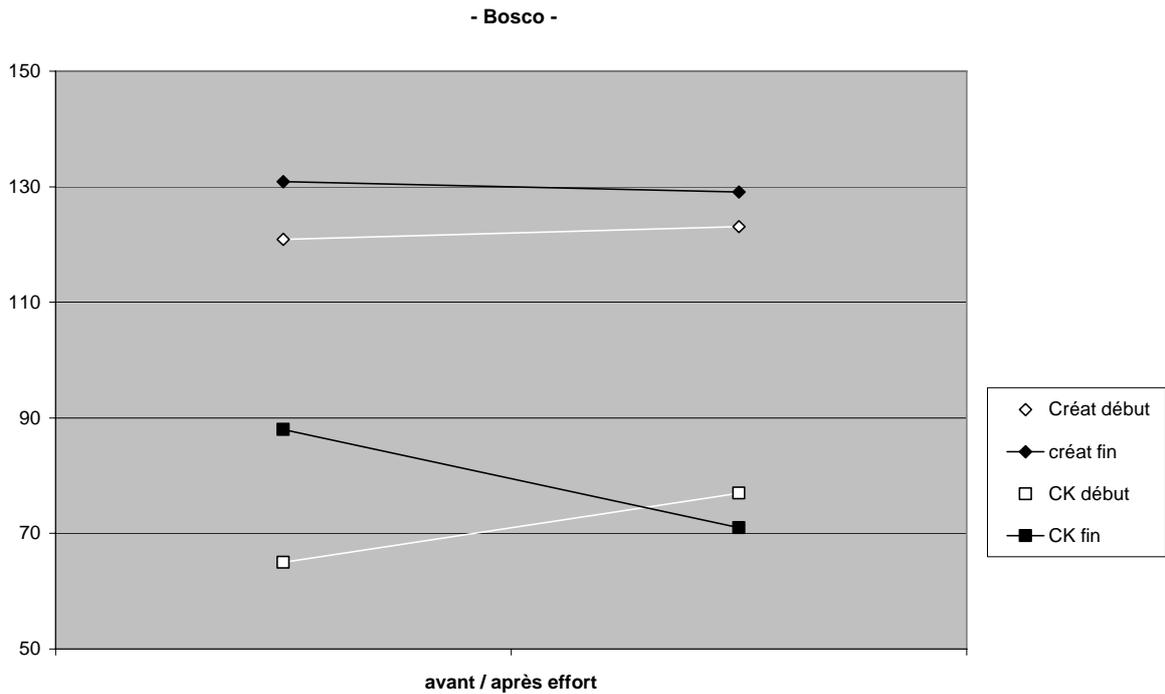
#### 2.13.4 La créatinine

En début comme en fin d'entraînement, les valeurs de créatinine après la course restent inchangées. La valeur avant la course est supérieure à la fin de l'entraînement.

#### 2.13.5 La créatine kinase

Au début et en fin d'entraînement les variations de créatine kinase après l'effort ne sont pas significatives. La valeur au repos est supérieure à la fin de l'entraînement.

Au cours de ces deux tests, Bosco a bu 310mL et 715mL d'eau. Ceci ne semble pas avoir d'influence sur le volume plasmatique car l'hématocrite et les protéines totales n'ont que très peu varié.



Graphique 36: La créatinine et la créatine kinase avant/après l’effort, au début et à la fin de l’entraînement, pour Bosco.

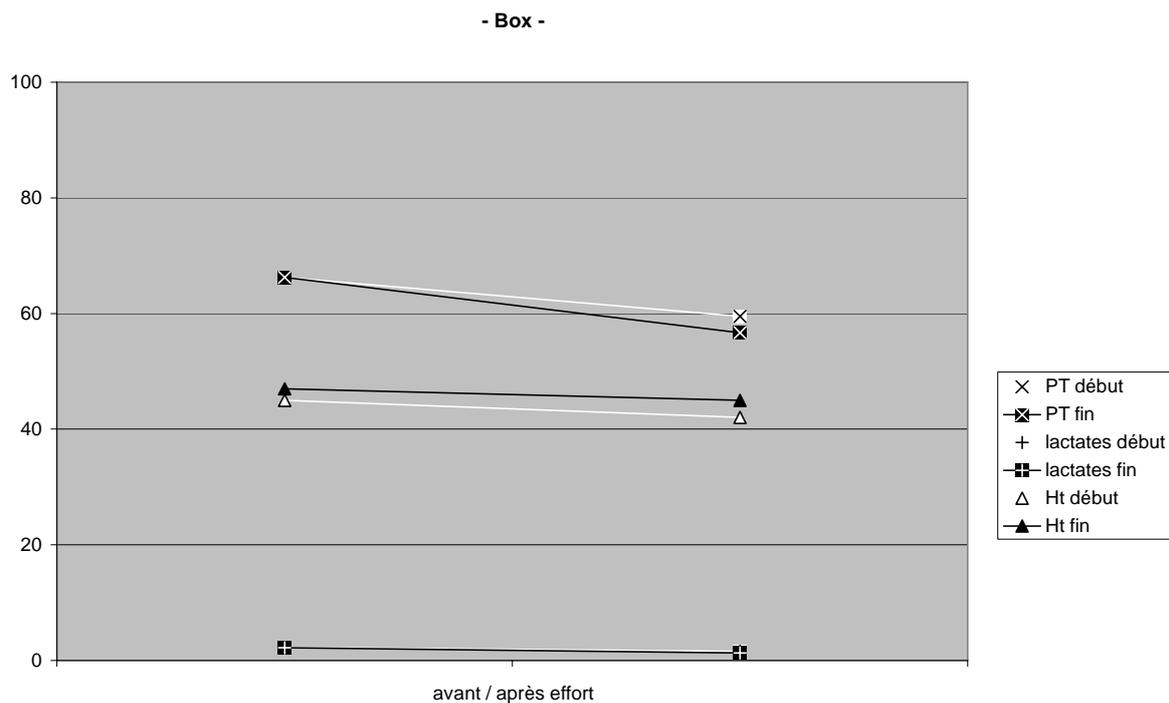
## 2.14 Box

### 2.14.1 Les protéines totales et l’hématocrite

Au début et en fin d’entraînement, les protéines totales et l’hématocrite restent inchangés après l’effort.

### 2.14.2 Les lactates

Au début et à la fin de l’entraînement, les lactates diminuent significativement après la course ; les valeurs étant presque divisées par deux.



Graphique 37: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Box. Remarque : les variations de protéines totales et d'hématocrite ne sont pas significatives.

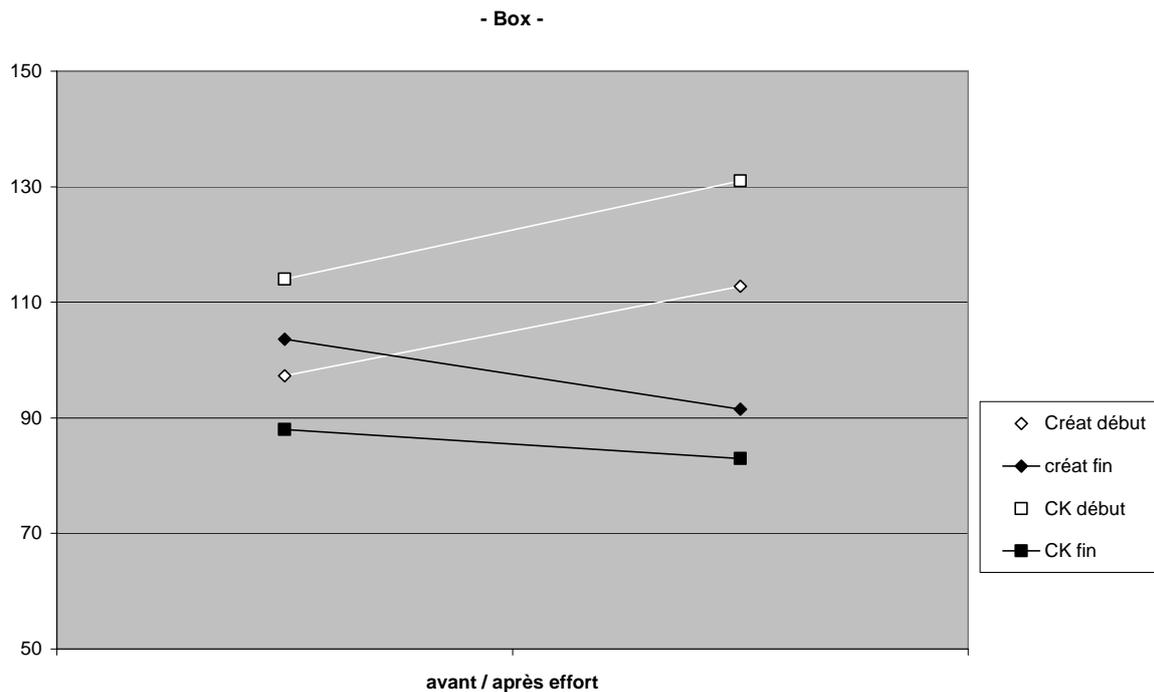
#### 2.14.4 La créatinine

Au début et à la fin de l'entraînement, la créatinine ne varie pas après l'exercice.

#### 2.14.5 La créatine kinase

Au début et à la fin de l'entraînement, la créatine kinase ne varie pas de façon significative. La valeur de CK au repos est supérieure au début de l'entraînement..

La consommation d'eau de Box durant ces des efforts est de 480mL et 425mL, ce qui ne semble pas faire varier le volume plasmatique.



Graphique 38: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Box.

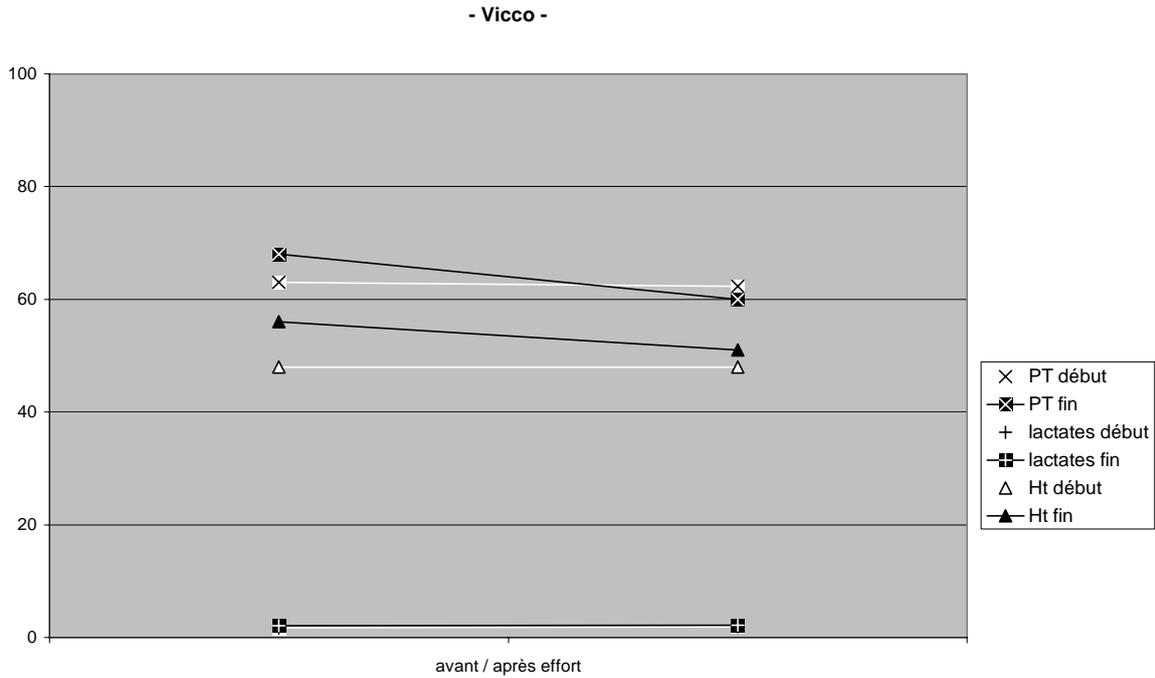
## 2.15 Vicco

### 2.15.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et en fin d'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite ne varient pas après le footing.

### 2.15.2 Les lactates

Les lactates ne varient pas, que se soit en début comme en fin d'entraînement. La valeur au repos est supérieure en fin d'entraînement.



Graphique 39: Les protéines totales et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vicco. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

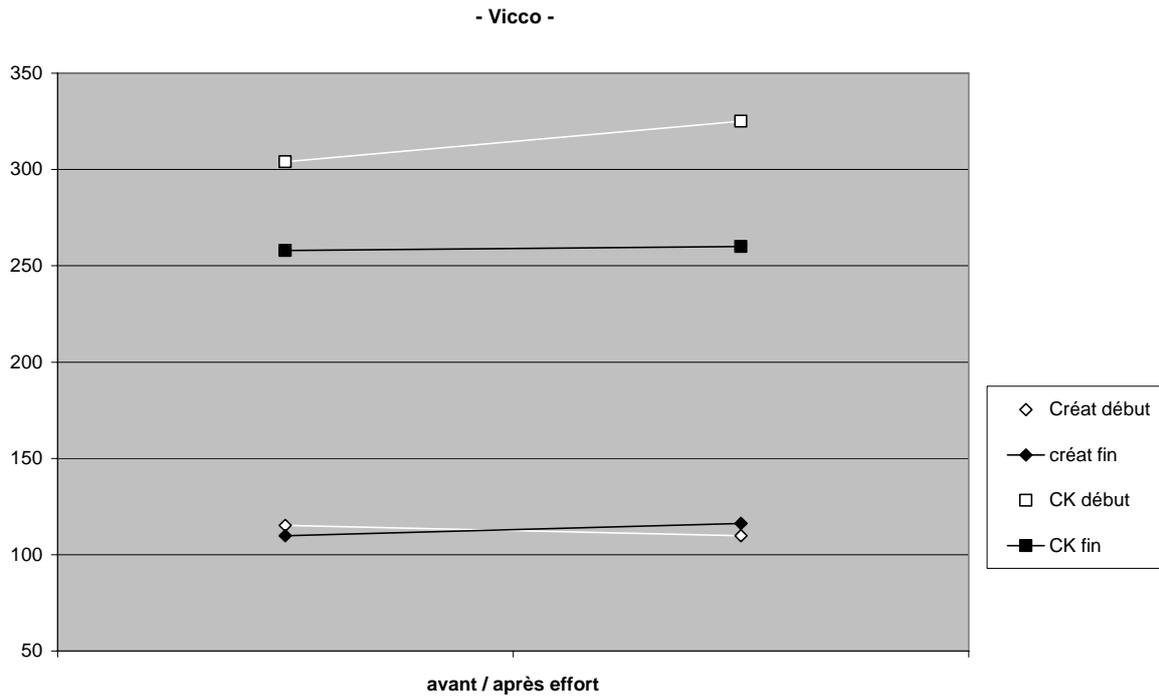
### 2.15.3 La créatinine

Au début comme à la fin de l'entraînement, la créatininémie est inchangée après l'effort.

### 2.15.4 Créatine kinase

Au début et à la fin de l'entraînement, les variations de la créatine kinase ne sont pas significatives. Par contre, les valeurs sont à chaque fois très supérieures aux valeurs usuelles et la valeur de repos est supérieure au début de l'entraînement.

La quantité d'eau bue par Vicco au cours de ces deux footing est de 280mL et 500mL. Cela ne semble pas induire de variation de volume plasmatique significative.



Graphique 40: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vicco.

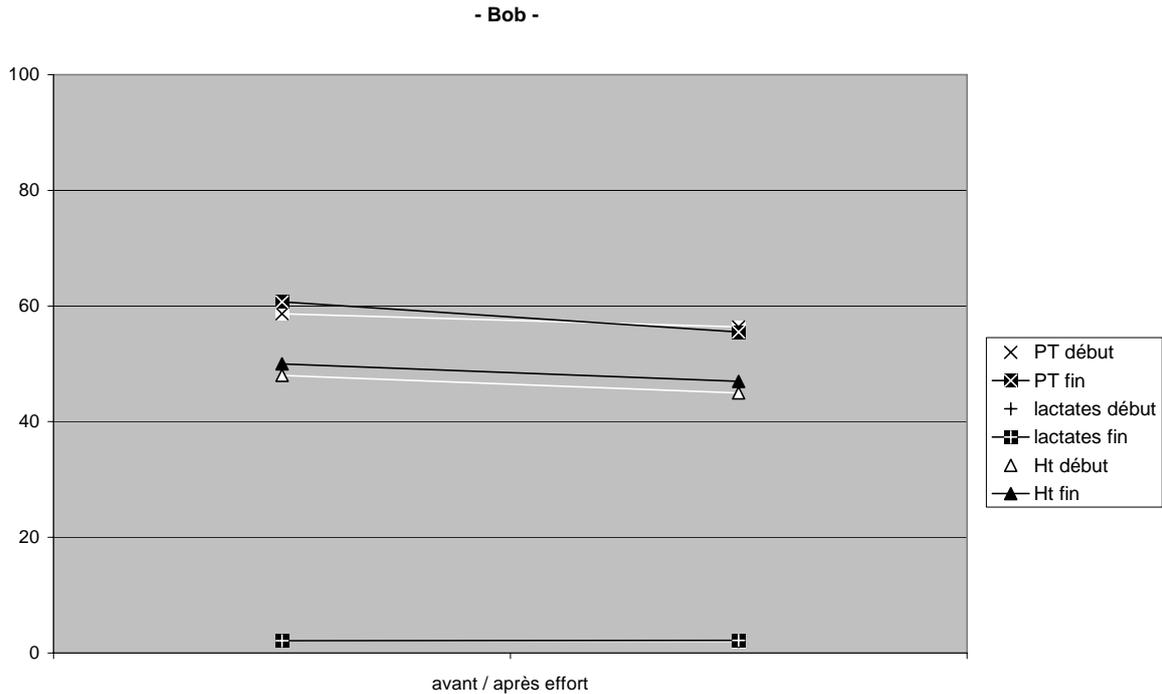
## 2.16 Bob

### 2.16.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les valeurs de protéines totales et d'hématocrite sont inchangées.

### 2.16.2 Les lactates

En début d'exercice, les lactates ne varient pas après l'effort. Nous n'avons pas les valeurs de lactatémie de fin d'entraînement de Bob en raison d'un problème technique.



Graphique 41: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bob. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

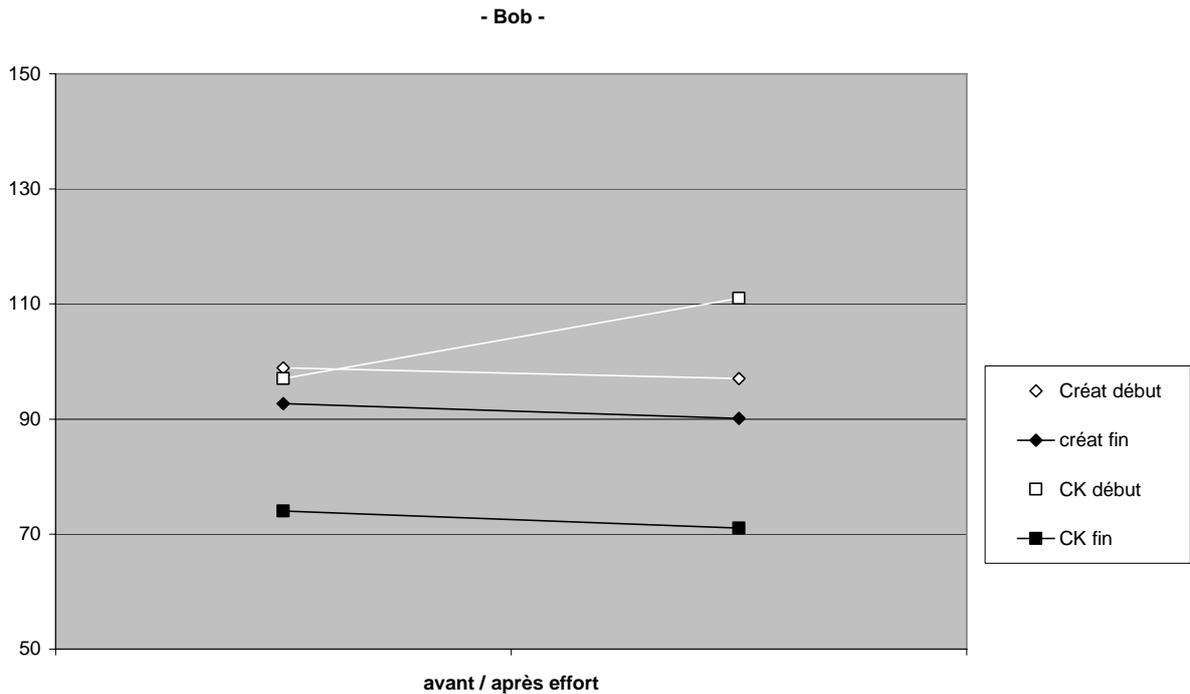
### 2.16.3 La créatinine

Au début comme à la fin de l'entraînement, les valeurs de créatininémie ne varient pas après l'exercice. Les valeurs sont supérieures au début de l'entraînement.

### 2.16.4 La créatine kinase

Au début et à la fin de l'entraînement, les CK ne varient pas significativement. Les valeurs au début de l'entraînement sont supérieures à celles de la fin de l'entraînement.

La quantité d'eau bue par Bob n'a pu être évaluée qu'en fin d'entraînement. Il a alors consommé 460mL d'eau.



Graphique 42: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Bob.

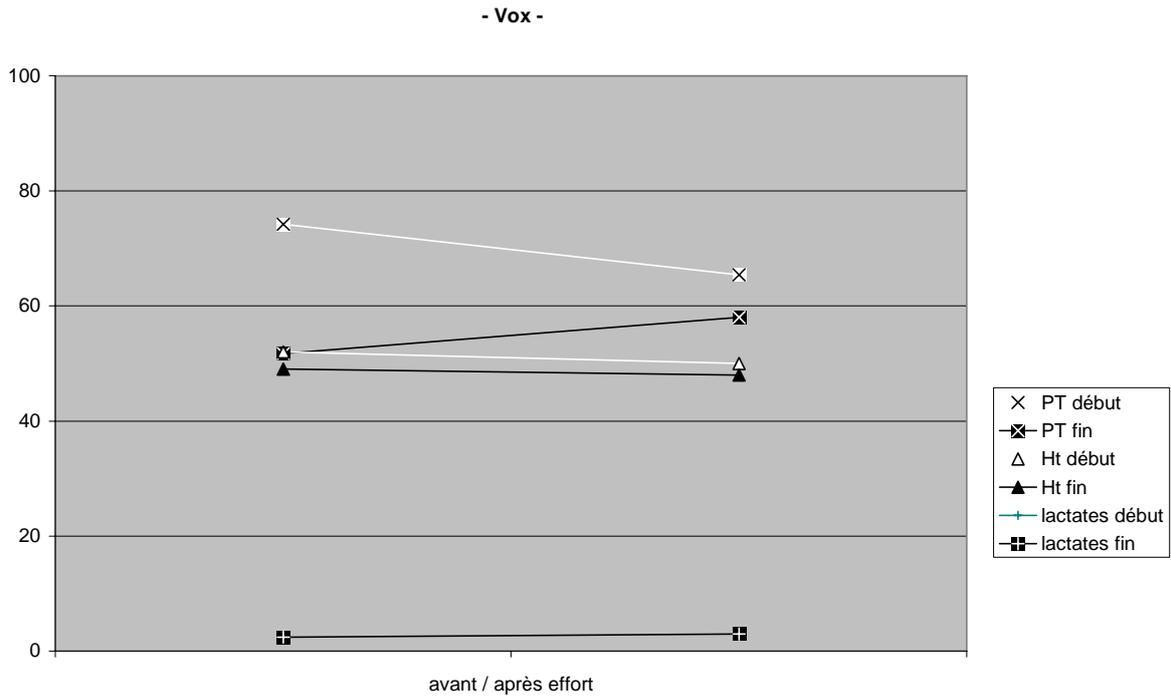
## 2.17 Vox

### 2.17.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Au début et à la fin de l'entraînement, les protéines totales et l'hématocrite ne varient pas après l'effort.

### 2.17.2 Les lactates

Pour des raisons techniques nous n'avons pas les valeurs de lactatémie de Vox en début d'entraînement. En fin d'entraînement, les lactates sont inchangés après l'effort.



Graphique 43: Les protéines totales, les lactates et l'hématocrite avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vox. Remarque : les variations ne sont pas significatives.

### 2.17.3 La créatinine

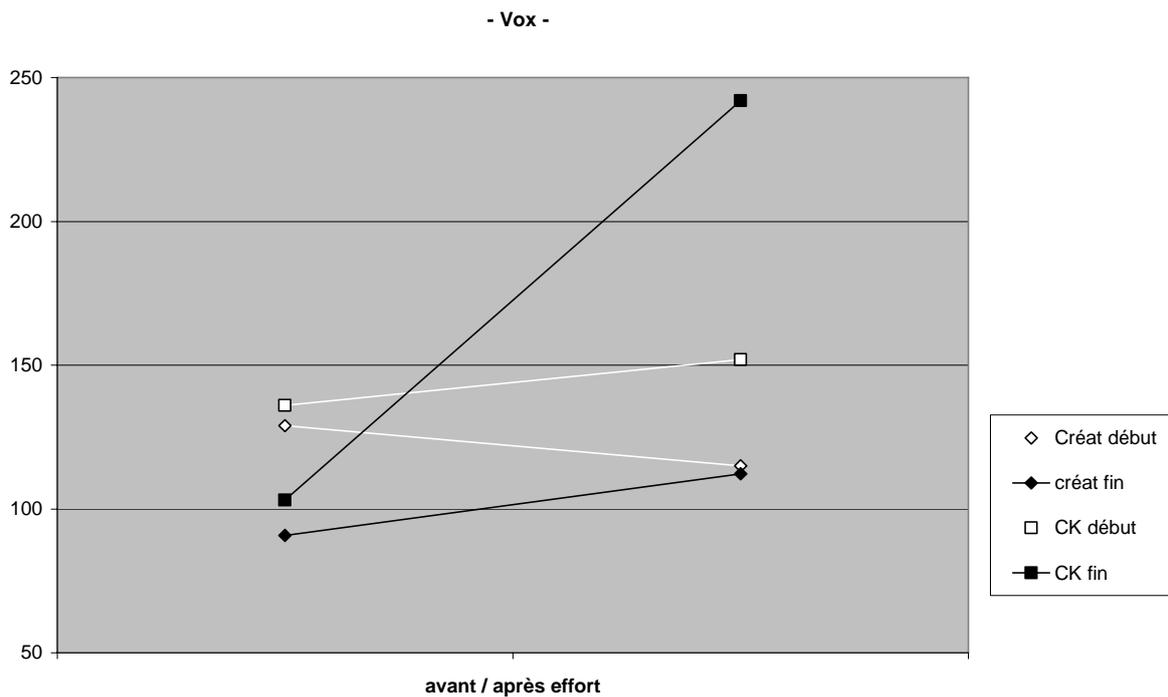
Au début de l'entraînement, la créatininémie ne varie pas après l'exercice. En fin d'entraînement, elle augmente. La valeur au repos est supérieure en début d'entraînement.

### 2.17.4 La créatine kinase

La valeur de créatine kinase ne varie pas après l'effort, au début de l'entraînement.

En fin d'entraînement, cette valeur augmente fortement puisqu'elle est plus que doublée. La valeur au repos était toutefois supérieure en début d'entraînement qu'en fin.

La quantité d'eau bue par Vox au cours de ces deux footings est de 275mL et 40mL. Ces quantités n'induisent pas de variation de volume plasmatique significative.



Graphique 44: La créatinine et la créatine kinase avant/après l'effort, au début et à la fin de l'entraînement, pour Vox.

En observant les résultats obtenus pour chacun des chiens, nous constatons que les résultats sont majoritairement peu significatifs pour l'ensemble des paramètres.

Nous remarquons que pour la créatine kinase les variations sont différentes selon les chiens :

Ainsi, Boston2, Belo et Bart voient leurs CK augmentaient significativement après l'effort, aussi bien au début qu'à la fin de l'entraînement.

De plus, pour Bacou, Vabruke, Balto et Luca, les CK n'augmentent qu'au début de l'entraînement.

Enfin, pour Bacille ce n'est qu'à la fin de l'entraînement que les CK augmentent après l'effort.

Ces animaux ne montraient aucun signe clinique de fatigue musculaire à leur retour du footing.

Pour les 11 autres les variations ne sont pas significatives.

Concernant l'hématocrite et les protéines totales : Pour une majorité de chiens les valeurs ne varient pas.

Pour Box et Vox, on note une baisse des protéines totales mais en début d'entraînement pour l'un et en fin pour l'autre.

Pour Boston2 et Belo, les protéines totales augmentent en fin d'entraînement ; alors que pour Bart elles augmentent au début de l'entraînement.

Pour Balto cette augmentation se retrouve au début et à la fin de l'entraînement.

On note chez Bacou une baisse de l'hématocrite en début d'entraînement, et à l'inverse une hausse à la fin.

Il est important de noter qu'aucun chien n'a présenté de signes cliniques montrant une insuffisance à l'effort au cours de l'entraînement. Par la suite, il nous a été rapporté que Bacou et Bacille ont, l'un et l'autre eu une syncope au cours d'exercices intenses mais ils n'ont présenté aucun autre signe depuis et les paramètres cliniques évalués en parallèle étaient normaux.

QUATRIEME PARTIE :

DISCUSSION

## I. Rappels sur les objectifs de l'étude

Le but de cette étude était d'observer un certain nombre de paramètres biochimiques sur une population de chiens en formation au CNICG, afin de déceler des problèmes physiques liés à l'effort fourni ou d'essayer d'en prédire l'apparition éventuelle. Par ailleurs, ces tests devaient permettre également d'obtenir des valeurs de référence chez cette population particulière de chiens de travail. Le protocole mis en place devait être simple et reproductible par la suite au CNICG pour un faible coût.

## II. Intérêt des paramètres choisis

Les paramètres dosés devaient être simples à obtenir, pertinents quant à la physiologie de l'effort, possédant des données bibliographiques antérieures et peu coûteux.

C'est pourquoi nous avons choisi d'évaluer dans un premier temps des paramètres simples mais nécessaires chez ces chiens pour lesquels aucune donnée bibliographique n'existe. Ainsi l'hématocrite, les protéines totales et les lactates pouvaient être mesurés directement au CNICG qui possède tout le matériel nécessaire. La créatine kinase a été choisie pour sa spécificité importante comme marqueur de lésion musculaire et la créatinine représente un très bon marqueur du métabolisme endogène musculaire. Ces deux enzymes ont été dosées au laboratoire central de l'ENVT. De nombreuses données bibliographiques sur ces paramètres existent chez le chien et le cheval.

Il aurait été également intéressant de réaliser d'autres dosages tels qu'un ionogramme mais aussi une glycémie ou encore les gaz sanguins. Ces autres dosages rendaient notre étude plus onéreuse et plus difficile à mettre en place puisqu'il aurait fallu multiplier les manipulations et les ponctions artérielles pour les gaz du sang sont difficilement envisageables sur ces chiens. Nous avons donc choisi de limiter le nombre de paramètres toujours dans l'optique d'une utilisation ultérieure au Centre.

## III. Type d'effort évalué par rapport au travail effectué

Nous avons vu dans la première partie que les chiens des brigades cynophiles de la gendarmerie étaient formés pour différents types d'exercice. Ainsi la nature de l'effort varie beaucoup d'un exercice à l'autre.

Un exercice de mordant par exemple, est d'une intensité extrême mais de très courte durée ; à l'inverse un exercice de piste est un exercice de longue durée mais de faible intensité. Or, un chien formé pour la piste-défense réalise les deux types d'exercice.

Ici, dans le but de standardiser le plus possible l'effort demandé, nous avons choisi de tester les chiens sur un même footing, de durée moyenne et à une vitesse limitée. Or, il est important de remarquer que cet exercice ne représente pas un effort maximal.

C'est pourquoi, il serait intéressant de réaliser à nouveaux des tests lors d'exercices de mordant. Mais, la difficulté réside dans le fait que les chiens apprennent à mordre au cours de leur entraînement. Ainsi, leur réaction et la durée de la prise varie, non seulement selon le chien mais aussi pour un même chien en début et en fin d'entraînement, donc il apparaît très difficile de standardiser cet exercice.

## IV. Adaptations biologiques à l'effort

Nous avons vu que les adaptations biologiques à l'effort pouvaient être nombreuses. Or, pour des raisons pratiques nous n'avons pu réaliser la première séance de tests que 3 semaines après le début de la formation proprement dite, sachant qu'il y a eu précédemment une période de 6 semaines de débouillage. Nous ne pouvons donc écarter l'hypothèse que des adaptations biologiques s'étaient peut-être déjà développées et que nos valeurs de référence sont peut-être éronnées.

Par ailleurs, la première journée de test a eu lieu trois semaines après le début de leur formation donc les adaptations biologiques à l'effort se développaient déjà. Il serait donc pertinent de refaire ces tests dès le début du stage, voire dès le début de la période de débouillage afin que les valeurs de départ soient prises sur des chiens qui n'ont encore réalisé aucun effort régulier. Cela nous était impossible car il fallait attendre que tous les chiens soient arrivés avant de commencer. Cette évaluation pourrait se faire dans un autre cadre que ce travail de thèse et faire partie de l'évaluation des chiens effectuée lors de leur arrivée au centre.

## V. Pertinence des valeurs préexercices

D'autre part, concernant à nouveau nos valeurs de référence, il est important de souligner que lorsque les chiens étaient présentés avant la course ils étaient déjà excités par la perspective du footing et par le fait de venir dans la salle du vétérinaire du Centre. Ainsi, comme il a été montré que l'excitation juste avant la course et le « white-coat effect » modifiaient les valeurs hématobiochimiques et notamment l'hématocrite, nous ne pouvons écarter des variations éventuelles des valeurs pré-exercices.

## VI. Interprétation des différents paramètres

### 6.1 Les protéines totales et l'hématocrite

Si l'on compare les variations obtenues au cours des deux journées de tests, on remarque qu'elles sont globalement comparables:

	Avant le footing		Après le footing	
	Protéines totales (g/L)	Hématocrite (%)	Protéines totales (g/L)	Hématocrite (%)
Le 23 janvier	63,53 +/- 5,13	48,53 +/- 4,35	64,39 +/- 7,16	45,76 +/- 4,95
Le 19 mars	63,06 +/- 4,70	49,18 +/- 4,78	64,18 +/- 8,37	48,53 +/- 3,83

Tableau 2 : Résultats d'ensemble des protéines totales et de l'hématocrite

D'après la littérature, les protéines totales plasmatiques et l'hématocrite augmentent après un effort. (41, 62, 61)

Pour les protéines totales, ceci est essentiellement la conséquence des phénomènes osmotiques dus aux pertes hydriques liées à l'hyperthermie, et à l'augmentation de

l'osmolarité dans les cellules du fait de l'accumulation de métabolites tels que les lactates. (9, 41). Or ici, l'augmentation est faible, et peu significative d'un point de vue statistique, par rapport aux données de la littérature.

Concernant l'hématocrite, il a été souvent démontré que les valeurs augmentent après un effort. Par exemple chez des Greyhounds les valeurs passent de 58% à 64% immédiatement après la course et reviennent à des valeurs normales après trente minutes de récupération. (41). Cette augmentation de l'hématocrite serait due, à la fois à la splénocontraction et aux variations osmotiques que nous venons d'évoquer.

Les chiens testés ici ne semblent donc pas être hémococoncentrés quinze minutes après l'effort demandé.

Tout d'abord, il est important de noter que dans les études précédemment réalisées, les ponctions sanguines sont faites immédiatement après l'effort, alors que nous avons attendu 15 minutes dans notre protocole. Ainsi, il est possible que l'augmentation transitoire d'hématocrite ait eu lieu et que celle-ci soit déjà redescendue lorsque nous avons réalisé le prélèvement puisque dans la littérature le retour à des valeurs normales a lieu en trente minutes.

Nous pouvons aussi émettre d'autres hypothèses. Ainsi, nous pouvons dans un premier temps supposer que la quantité d'eau bue au retour du footing est très importante et crée donc une hémodilution. Pour essayer de comprendre ce phénomène nous avons mesuré les quantités d'eau bue par les chiens au retour du footing. Il n'apparaît aucune réelle corrélation avec les valeurs de l'hématocrite. D'autre part les protéines totales à l'inverse de l'hématocrite, augmentent légèrement après l'effort, donc ce ne peut être la quantité d'eau absorbée le seul facteur de ces variations, puisqu'elles sont en sens inverse.

De plus, il est rapporté dans la littérature que l'excitation et le stress qui apparaissent avant la course sont à l'origine d'une augmentation de l'hématocrite. Nous pouvons donc également penser que les animaux, bien que dans un environnement relativement calme lors des prises de sang pré-footing, ressentent déjà l'excitation de la course ce qui serait responsable de l'augmentation obtenue avant l'effort.

Enfin, l'effort demandé peut ne pas être suffisamment important pour déclencher une splénocontraction significative.

## 6.2 Les lactates

Au cours des deux séances de test, les lactates restent dans les valeurs usuelles et les variations observées après l'effort ne sont pas significatives.

Lactates (mmol/L)	Avant le footing	Après le footing
Le 23 janvier	1,83 +/- 0,43	1,95 +/- 0,33
Le 19 mars	2,06 +/- 0,53	2,07 +/- 0,54

Tableau 3 : Résultats d'ensemble des lactates

D'après les données bibliographiques, pour un effort de faible intensité la production et l'élimination des lactates sont identiques donc la concentration plasmatique ne varie pas. (58)

Ce n'est que lorsque la production dépasse l'élimination que l'on observe une augmentation de la concentration plasmatique.

Or ici, il ne s'agit pas d'un effort d'une grande intensité, comme c'est le cas chez les chiens de course ou de traîneau par exemple, chez qui les valeurs augmentent fortement autour de 4,5 mmol/L. (35)

### 6.3 La créatinine

Au cours des deux séances les variations plasmatiques de créatinine ne sont pas les mêmes mais leur différence n'est pas statistiquement significative :

Créatinine ( $\mu\text{mol/L}$ )	Avant le footing	Après le footing
Le 23 janvier	114,91 +/- 14,76	110,48 +/- 12,21
Le 19 mars	111,16 +/- 15,75	111,60 +/- 14,82

Tableau 4 : Résultats d'ensemble de la créatine

Les écarts types sont importants et les valeurs pré et post exercices proches, ce qui rend l'interprétation de ces résultats difficiles. Les valeurs semblent diminuer légèrement lors de la première séance et sont les mêmes pour la seconde.

Dans la littérature il est rapporté des variations différentes selon le type d'effort : ainsi, on observe des augmentations importantes pour des efforts de type explosif.

A nouveau, l'effort ici n'est certainement pas suffisamment violent pour obtenir des variations significatives de la créatininémie. Il a aussi été noté des baisses de créatinine au repos au cours de l'entraînement (61).

Le temps de prélèvement est aussi important à considérer mais ici il ne semble pas poser de problème puisque le retour à des valeurs normales se fait en plus d'une heure (62)

### 6.4 La créatine kinase

Les concentrations moyennes de créatine kinase augmentent au cours des deux séances de test mais les variations ne sont pas significatives. Les écarts entre les individus sont importants et par conséquent l'interprétation difficile.

Créatine kinase ( $\mu\text{mol/L}$ )	Avant le footing	Après le footing
Le 23 janvier n=17	144,1 +/-73,2	175,3 +/- 84,9
Le 19 mars n=16	147,4 +/- 72,8	209,5 +/- 157,9

Tableau 5 : Résultats d'ensemble de la créatine kinase

D'après la littérature, à nouveau, les valeurs varient selon le type d'effort. (61, 41,64) Il a aussi été montré que les variations de CK n'étaient pas significatives chez des Beagles non entraînés soumis à un effort sous-maximal (16).

D'autre part, le temps de retour à la normale dépend du type et de la durée de l'effort mais aussi du nombre de lésions musculaires. (61, 41)

Comme nous l'avons dit précédemment, l'effort demandé ici est de faible intensité donc les variations sont faibles et peu significatives. Par ailleurs, les variations inter-individuelles sont importantes et nous avons vu que certains chiens avaient leurs CK systématiquement augmentées, d'autres seulement en début ou en fin d'exercice et, pour un, elles diminuaient.

De plus, le temps de prélèvement peut aussi être un biais sur ce paramètre puisque le prélèvement a été effectué non pas juste après l'effort mais un quart d'heure après. Or dans la littérature le retour à des valeurs normales a lieu en 20 à 30 minutes selon les études (61) et jusqu'en 3h si les lésions musculaires sont importantes (41).

Cependant on peut noter que 7 chiens en début d'entraînement ont une augmentation significative de leur concentration plasmatique en CK, et parmi ces 7 chiens, 4 (Boston, Balto, Belo et Bart) présentent cette même augmentation à la fin de leur entraînement. L'avenir « professionnel » de ces chiens sera à suivre afin de déterminer s'ils finissent par développer une fatigabilité à l'effort.

D'après les résultats obtenus lors de cette étude nous constatons que l'effort que nous avons demandé aux chiens n'est pas de nature « explosive ».

Aussi, il est important de noter que nous avons fait courir des binômes maîtres-chiens – chiens et que nous les avons volontairement limités sur la vitesse de course. Les chiens semblaient à leur retour du footing très peu fatigués par l'effort qu'ils venaient de réaliser.

Pour le type d'exercice demandé ici, il serait peut-être plus intéressant de doser d'autres paramètres tels que la glycémie avant et après l'effort.

Enfin, étant donné que des problèmes tels que de la fatigabilité à l'effort, n'apparaissent souvent qu'au cours du travail en unité, il serait intéressant de suivre les chiens par la suite sur le terrain, et de les tester à la fois en formation et en intervention.

Toutefois, à nouveau, ce type d'observation est difficile à mettre en œuvre et à standardiser étant donné que les interventions sont chaque fois différentes.

Les paramètres cliniques, évalués en parallèle, seront plus faciles à observer par les maîtres-chiens tout au long de leur activité avec l'animal.

## CONCLUSION

Les chiens depuis longtemps représentent un outil formidable pour la Gendarmerie Nationale. Ils réalisent des exercices variés qui aident énormément les gendarmes sur le terrain, que ce soit pour la recherche de personnes ou de matières, ou encore l'attaque et l'interpellation de personnes malveillantes. Leur formation est longue, difficile et coûteuse. Il arrive souvent, après leur période de formation ou, un peu plus tard, lors de leur travail en unité, qu'ils montrent des signes d'intolérance à l'effort sans que l'on ne comprenne comment ou que l'on ne puisse les déceler avant. Ils sont alors réformés, ce qui représente une perte sèche pour la Gendarmerie.

Cette étude avait pour but de décrire le travail réalisé par ces chiens et de quantifier un certain nombre de paramètres hématologiques et biologiques au cours de leur formation. Ceci permettait d'effectuer une comparaison avec les études réalisées chez les chiens de sport d'endurance ou de course de sprint. L'objectif final était d'établir des valeurs de référence et de déceler d'éventuelles intolérances à l'effort.

Les résultats obtenus ont montré que les variations d'hématocrite et de protéines totales chez les chiens de la Gendarmerie étaient différentes de celles précédemment observées chez des chiens de traîneaux ou des Greyhounds de course. Cette population de chiens est donc différente des autres populations décrites jusqu'ici, tant par l'effort réalisé que par les variations biologiques.

Cependant, les résultats obtenus ici étant peu significatifs hormis la créatine kinase plasmatique, il serait intéressant à l'avenir de doser d'autres paramètres et de changer le type d'effort qui était ici de faible intensité.

La difficulté qui se présente pour étudier ces chiens est la standardisation et la représentativité du travail qui leur est demandé lors de la mise en place de l'exercice test. C'est pourquoi, il serait intéressant de refaire des évaluations au cours d'exercices de mordant qui représentent des efforts très intenses mais difficilement standardisables, ou des exercices de pistage qui eux sont de faible intensité mais de longue durée.

Le chien de la Gendarmerie est donc singulier par le type de travail qu'il réalise et par les variations biologiques que l'on observe au cours de son entraînement.

Nous espérons que cette étude sera continuée par la suite afin que l'on arrive à mieux comprendre le travail de ces chiens et que l'on puisse adapter au mieux la médecine sportive à ces athlètes hors norme.

**AGREMENT ADMINISTRATIF**

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

**Mlle Sabine COURTIN**

a été admis(e) sur concours en : 2004

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 :

**Mlle Sabine COURTIN**

intitulée :

« Etude des variations des paramètres biologiques 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**

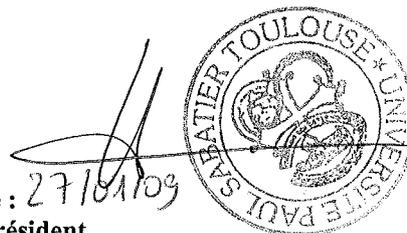
Vu : 

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

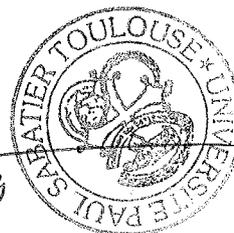


C.H.U. DE TOULOUSE  
HOPITAL DE PURPAN  
**Professeur E. ARLET-SUAU**  
Service de Médecine Interne  
**CLINIQUE DIEULAFOY**  
F - 37059 TOULOUSE CEDEX

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

Vu le : 27/10/09 

**Le Président  
de l'Université Paul Sabatier  
Professeur Gilles FOURTANIER**



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AKTAS.M, AUGUSTE D, LEFEBVRE HP, TOUTAIN PL, BRAUN JP. Creatine kinase in the dog: a review. *Vet Res Commun* (1993), **17**, 353-369.
2. AKTAS.M, AUGUSTE.D, CONCORDET.D, VINCLAIR.P, LEFEBVRE H, TOUTAIN PL et al. Créatine kinase in dog plasma: preanalytical factors of variation, reference values and diagnostic significance. *Res Vet Sci* (1994), **56**, 30-6.
3. AKTAS.M, LEFEBVRE HP, TOUTAIN PL, BRAUN JP. Disposition of creatine kinase activity in dog plasma following intravenous and intramuscular injection of skeletal muscles homogenates. *J Vet Pharmacol Ther* (1995), **18**, 1-6.
4. AKTAS. M, VINCLAIR P, LEFEBVRE FP, TOUTAIN PL, BRAUN JP. In vivo quantification of muscle damage in dogs after intramuscular administration of drugs. *Br Vet J* (1995), **151**,189-96.
5. ART T., AMORY H., LEKEUX P. Notion de base de physiologie de l'effort. *Prat Vet Equine* (2000), **32**, 247-254.
6. BAIRD HASTINGS.A, WHITE.C; SANDERS.M Comparative physiological responses to exercise stress *J Appl Physiol* (1982), **52**, 1077-1083.
7. 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.
8. BIRCHARD G.F. Optimal hematocrit: theory, regulation and implications. *Amer Zool*, (1997), **37**, 65-75.
9. BJOTVEDT G., WEEMS C. W., FOLEY K. Strenuous exercise may cause health hazards for racing Greyhounds. *Vet Med* (1984), **79**, 1481-1487.

10. BOLTER.CP, CRITZ.JB. Changes in plasma enzyme activity elicited by running exercise in the dog. *Proc Soc Exp Biol Med*, (1974), **145**, 1359-1362.
11. BOYD J. The interpretation of serum biochemistry test results in domestic animals. *Vet Clin Pathol*, (1984), **13**, 7-14.
12. BRAUN J.-P., LEFEBVRE H.P., AKTAS M, TRUMEL.C Exploration biochimique du muscle squelettique. *Encyclopédie Vétérinaire* (2007), *Biologie Clinique*, **1570**, 4p.
13. BRUGERE H. Physiopathologie des affections dues au stress chez le chien de sport. *Rec Méd Vét*, (1991), **167**, 635-645.
14. CAMPBELL, Biologie. Physiologie de l'effort musculaire. 3ième édition. (1995). De Boeck Université, Paris.
15. CHANOIT.GP, CONCORDET.D, LEFEBVRE.HP, ORCEL.K, BRAUN.JP Exercice does not induce major changes in plasma muscles enzymes, creatinine, glucose and total proteins concentrations in untrained beagle dogs. *J Vet Med A* (2002), **49**, 222-224.
16. CHANOIT.GP, LEFEBVRE. HP, ORCEL.K, LAROUTE.V, TOUTAIN.PL, BRAUN JP. Use of plasma creatine kinase pharmacokinetics to estimate the amount of exercise-induced muscle damage in Beagles. *Am J Vet Res* (2001), **62**, 1375-1380.
17. CNICG, site non officiel, 2008, <http://cnicggramat.free.fr/> [consulté le 3 mai 2008]
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*, (1995), **268**, E 375-383.
19. COMBRISSEON.H; BOLNOT.D Adaptations cardio-vasculaires et respiratoires à l'effort musculaire chez le chien. *Rec Med Vet*, (1990), **166**, 391-398.

20. CONSTABLE.PD ; HINCHCLIFF.KW ; OLSON.JL Effects of endurance training on standard and signal-averaged electrocardiograms of sled dogs. *Am J Vet Res* (2000), **61**, 582-588.
21. CONSTABLE.PD; HINCHCLIFF KW; OLSON J, HAMLIN RJ. Athletic heart rate syndrome in dogs competing in a long-distance sled race. *J Appl Physiol*, (1994), **76**, 433-438.
22. DAVOUST.B Le chien dans les armées. le chien au travail, Séminaire, ENVT 27 février-1<sup>er</sup> mars 1987, Toulouse, (1987), **1**, 95-136.
23. DELECHELLE.P, Thèse Doctorat Vétérinaire, Toulouse 1987. Le dressage du chien dans la gendarmerie.
24. DOMENECH R., MACHO P., SCHWARZE H., *et al.* Exercise induces early and late myocardial preconditioning in dogs. *Cardiovascular Research*, (2002), **55**, 561-566.
25. EVANS J, LEVESQUE D, SHELTON GD. Canine inflammatory myopathies: a clinicopathologic review of 200cas. *J Vet Intern Med* (2004), **18**, 679-91.
26. FARGEAS.J Physiologie de l'effort musculaire. le chien au travail, Séminaire, ENVT 27 février-1<sup>er</sup> mars 1987, Toulouse, (1987), **1**, 95-136.
27. FITTS. RH, WIDRICK.JJ Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev*, (1996), 427-73.
28. GAZIT I., TERKEL J. Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity. *Appl Anim Beh Sci* (2003), **81**, 149-161.
29. Gendarmerie nationale, site officiel, 2008,  
<http://www.gendarmerie.interieur.gouv.fr/fre/sites/Gendarmerie/Presentation/Formation/Formation/CNICG> [consulté le 17 mai 2008]

30. GOGNY M., SOUILEM O. Eléments de physiologie de l'effort chez le chien et le cheval. *Point Vét* (1995), **27**, 597-605.
31. GORMAN.MW ; TUNE. JD, NEU RICHMOND.K Quantitative analysis of feedforward sympathetic coronary vasodilatation in exercising dogs. *J Appl Physiol* (2000), **89**, 1903-1911.
32. GRANDJEAN D. Bienvenue sur le site de Dominique Grandjean, <http://www.dominiquegrandjean.com/15-categorie-565530.html> [consulté le 20 mai 200].
33. GUY.PS; SNOW.DH Skeletal muscle fiber composition in the dog and its relationship to athletic ability. *Res Vet Sci* (1981), **31**, 244-248.
34. HAGBERG J.M Physiological implications of the lactate threshold. *Int J Sports Med* (1984), **5**, 106-109.
35. HAMMEL EP, KRONFELD, Metabolic responses to exhaustive exercise in racing sled dogs fed diets containing medium, low or zero carbohydrate. *Am J Clin Nut*, (mar1977), 409-418.
36. HILL RC, BLOOMBERG MS, LEGRAND-DEFRETIN V, BURGER IH, HILLOCK SM, SUNDSTROM DA, et al. Maintenance energy requirements and the effect of diet on performance of racing Greyhounds. *Am J Vet Res* (2000), **61**, 1566-73.
37. HINCHCLIFF K.W., OLSON J., CRUSBERG C., et al. Serum biochemical changes in dogs competing in a long-distance sled race. *J Am Vet Med Assoc* (1993), **202**, 401-405.
38. HINCHCLIFF.KW, SHAW.LC, VUKICH.NS Effect of distance travelled and speed of racing on body weight and serum enzyme activity of sled dogs competing in a long-distance race. *J Am Vet Med Assoc* (1998), **213**, 639-644.

39. HOFFMAN R.M., HESS T.M., WILLIAMS C. A., *et al.* Speed associated with plasma pH, oxygen content, total protein and urea in an 80 km race. *Equine Vet J* (2002), **34**, 39-43.
40. HURLEY B.F., NEMETH P.M., MARTIN W.H. 3<sup>rd</sup>, *et al.* Muscle triglyceride utilization during exercise: effects of training. *J Appl Physiol* (1986), **60**, 562-567.
41. ILKIW J.E., DAVIS P. E., CHURCH D. B. Hematologic, biochemical, blood-gas, and acid-base values in Greyhounds before and after exercise. *Am J Vet Res* (1989), **50**, 583-586.
42. JACQUET E, Thèse de Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 2003. Contribution à l'étude de la sélection et de la formation des chiens et maîtres chien de la gendarmerie nationale.
43. 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.
44. LARCAN A, LAMBERT.H, L'acidose lactique. *Nutrition*, (1982), **9**, 1-6.
45. LASSEN E. D., CRAIG A. M., BLYTHE L.L. Effects of racing on hematologic and serum biochemical values in Greyhounds. *J Am Vet Med Assoc*, (1986), **188**, 1299-1303.
46. LE BOBINNEC.G. Pathologie et surveillance cardiorespiratoire du sportif. le chien au travail, Séminaire, ENVT 27 février-1<sup>er</sup> mars 1987, Toulouse, (1987), **1**, 95-136.
47. LEE.JA, HINCHCLIFF.KW. Effects of racing and nontraining on plasma thyroid hormone concentrations in sled dogs. *J Am Vet Med Assoc* (2004), **224**, 226-231.

48. LINDLER.A, SIGNORINI.R, LUCIANA BRERO. Effect of conditioning horses with short intervals at high speed on biochemical variables in blood. *Equine vet J* (2006), **36**, 88-92.
49. MACKINTOSH I.C., DORMEHL Irene C., VAN GELDER A.L., *et al.* Blood volume, heart rate, and left ventricular ejection fraction changes in dogs before and after exercise during endurance training. *Am J Vet Res* (1983), **44**, 1960-1962.
50. MATWITCHUK CL, TAYLOR SM, SHMON CL. Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise. *Am J Vet Res* (1999), **60**, 88-92.
51. MCKEEVER, SCAL.I.R, GEISER. Plasma aldosterone concentration and renal sodium excretion are altered during the first days of training. *Equine Vet J* (2002), **34**, 524-531.
52. MOESGAARD S.G., HOLTE A.V., MOGENSEN T., *et al.* Effects of breed, gender, exercise and white-coat effect on markers of endothelial function in dogs. *Res Vet Sci*, 2007, **82**, 409-415.
53. MUNOZ A, RIBER C, SANTISTEBAN R, RUBIO MD, *et al.* Cardiovascular and metabolic adaptations in horses competing in cross-country events. *J Vet Med Sci*, (1999), **61**, 13-20.
54. MUNOZ A, RIBER C, SANTISTEBAN R, LUCAS RG, *et al.* Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactates and enzymes concentrations in andalusiann, anglo-arabian and Arabian breeds. *Eq Vet J*, (2002), **34**, 245-251.
55. PAGES.JP, TROUILLET. JL. Pathologie de l'effort musculaire. le chien au travail, Séminaire, ENVT 27 février-1<sup>ier</sup> mars 1987, Toulouse, (1987), **1**, 95-136.

56. PARSONS D, MUSCH T.I, MOORE R.L, HAIDET G.C, ORDWAY G.A. Dynamic exercise training in foxhounds : analysis of skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985), **59**, 190-197.
57. O'LEARY D.S., AUGUSTYNIAK R.A. Muscle metaboreflex increases ventricular performance in conscious dogs. *Am J Physiol*, (1998), **275**, H220-H224.
58. POTIN.M ; PERRET.C Acidose lactique et hyperlactatémie. *Rev Prat* (Paris) (1990), **40**, 2042-2046
59. QUAIN,C. Thèse de Doctorat Vétérinaire Alfort, 2002. Intérêt de l'étude de la lactatémie dans le suivi biologique de l'entraînement du chien de sport.
60. QUEINNEC.G. La sélection du chien de travail. le chien au travail, Séminaire, ENVT 27 février-1<sup>er</sup> mars 1987, Toulouse, (1987), **1**, 95-136.
61. QUERENGAESSER A, IBEN C, LEIBETSEDER J, Blood changes during training and racing in sled dogs. *J Nutr* (dec 1994), 2760-2764.
62. ROSE R. J., BLOOMBERG M.S. Responses to sprint exercise in the Greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites. *Res Vet Sci* (1989), **47**, 212-218.
63. ROVIRA.S; MUNOZ.A; BENITO.M. Fluid and Electrolyte shifts during and after Agility Competitions in dogs. *J Vet Med Sci* (2007), **69**, 31-35.
64. ROVIRA.S, MUNOZ.A, BENITO.M. Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions. *Vet Clin Pathol* (2007), **36**, 30-35.
65. SALTIN B, HENRIKSSON J, NYGAARD E, ANDERSEN P, JANSSON E, Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary man and endurance runners. *Ann Int Physiol Biochim*, (1977), 3-29.

66. SCHAAFSMA I.A., VAN EMST M.G., KOOISTRA H.S., *et al.* Exercise-induced hyperkalemia in hypothyroid dogs. *Domest Anim Endocrinol* (2002), **22**, 113-125.
67. SINHA AK, Ray SP, Rose RJ. Effect of constant load training on skeletal muscle histochemistry of thoroughbred horses. *Res Vet Sci*, ( Mar1993), 147-59.
68. SNEDDON JC, MINNAAR.PP, GROSSKOPF.JFW. Physiological and blood biochemical responses to submaximal treadmill exercise in canaan dogs before, during and after training. *J S Afr Vet Ass* (1989), **60**, 87-91.
69. SNOW DH, GUY PS, The effect of training and detraining on several enzymes in horse skeletal muscle. *Arch Int Physiol Biochim*, (Fev 1979), 87-93.
70. 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**, 147-151.
71. 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* (1998), **85**, 1368-1375.
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. THIRIEZ P., COUROUCE A., LELEU C. Suivi de la fréquence cardiaque et de la lactatémie du cheval d'attelage. *Prat Vet Equine* (2001), **33**, 21-28.
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* (1974), **37**, 271-275.
75. VAYSSET-ORCEL. Thèse de Doctorat de médecine vétérinaire, Toulouse, 2000

Contribution à l'étude des effets d'un effort musculaire sur la disposition des enzymes d'origine musculaire chez le chien

76. VAN VLEET JF. Experimentally induced vitaminE-selenium deficiency in the growing dog. *J Am Vet Med Assoc* (1975) **166**, 769-74.
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<sup>ème</sup> journées AVEF. Deauville, France, 18 au 20 Oct 2007
78. WASSERMAN K, BEAVER WL, DAVIS J.A, PU J.Z, HEBER D, WHIPP BJ. Lactate, pyruvate and lactate to pyruvate ratio during exercise and recovery. *J Appl Physiol* (1985), **59**, 935-940.
79. Weil, Biochimie générale, 9<sup>e</sup> édition, Dunod, 2001
80. WOLTER R. L'alimentation du chien de sport. le chien au travail, Séminaire, ENVT 27 février-1<sup>er</sup> mars 1987, Toulouse, 1987,**1**, 95-136.
81. YOUNG DR, MOSHER R, ERVE P, Energy metabolism and gas exchange during treadmill running in dogs. *J Appl Physiol* (1959), **14**, 834-838.

## ANNEXES

Annexe 1 : Résultats pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

Le 24/01/08										
Chien	Créat début (umol/L)	Créat fin (umol/L)	CK début (U/L)	CK fin (U/L)	PT début (g/L)	PT fin (g/L)	lactates début (mmol/L)	lactates fin (mmol/L)	Ht début (%)	Ht fin (%)
Bacou	114,6	113,1	277	394	68,7	61,4	1,8	1,7	48	35
Boston2	127,4	139,6	100	144	65,2	69,5	1,8	1,7	51	44
Valko	101,6	112,5	203	263	62,5	66,6	1,3	1,7	55	54
Astus	99	94,2	134	155	59,4	57,5	1,9	1,6	39	37
Bacille	127,1	103	250	148	70,2	72,2	1,5	2,1	55	48
Vabruke	99,9	106,4	60	85	66,7	67,2	1,7	2,4	44	41
Balto	98,2	92,6	99	134	57,1	64,4	2,1	1,8	51	49
Balthazar2	101,1	94,7	178	196	52,7	59,1	1,2	1,8	43	43
Budy	123,8	114,8	154	178	64,6	61,5	0,9	1,7	48	47
Belo	134,6	117,6	103	135	61,2	61,2	1,8	2	46	48
luca	123	108,2	80	117	60,8	58,9	2,4	2,4	50	48
bart	141,8	123,9	129	235	64	86,6	2,2	2,1	48	48
bosco	120,9	123,1	65	77	64,8	65	2,4	2,8	54	51
box	97,3	112,8	114	131	66,2	59,5	2,3	1,6	45	42
vicco	115,3	109,8	304	325	63	62,3	1,7	1,9	48	48
bob	98,9	97	97	111	58,7	56,4	2,1	2	48	45
vox	129	115	136	152	74,2	65,4	2,1		52	50
moyenne	114,9	110,5	146,1	175,3	63,5	64,4	1,84	1,96	48,5	45,8
écart-type	14,8	12,2	73,2	84,9	5,1	7,2	0,43	0,34	4,3	4,9

Annexe 2 : Résultats pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008

le 19/03/08										
Chien	Créat avant (umol/L)	créat après (umol/L)	CK avant (U/L)	CK après (U/L)	PT avant (g/L)	PT après (g/L)	lactates avant (mmol/L)	lactates après (mmol/L)	Ht avant (%)	Ht après (%)
Bacou	92,8	99,6	176	145	63,8	60,6	1,4	1,1	36	49
Boston2	131,5	124,8	100	545	67,5	90,1	1,3	2,6	53	54
Valko	103,4	107,4	216	327	69,2	61,7	2	1,7	54	51
Astus	104,3	97,5	232	128	59,9	61,6	1,3	1,6	43	38
Bacille	117,5	124,9	205	200	68,7	74,4	1,9	1,7	51	52
Vabruke	102,6	97,5	76	99	61,9	62,3	1,7	2,2	46	47
Balto	96,5	106,1	84	190	56,6	63,5	2,1	1,9	52	51
Balthazar2	115	104,9	167	190	61,5	60,1	3,3	2,8	52	46
Budy	129,3	120,7	100	110	68,4	69,1	1,9	2,4	48	47
Belo	120,8	124,5	101	239	62,5	71,6	1,8	1,5	48	47
luca	103,9	106,1	103	104	60	59,8	3	2,7	53	52
bart	144,2	144,1	291	590	63,5	65,3	2,4	1,9	46	47
bosco	130,9	129,1	88	71	61,9	60,8	2,2	2,4	52	53
box	103,6	91,5	88	83	66,2	56,7	2,2	1,3	47	45
vicco	109,9	116,3	258	260	68	60	2,1	2,2	56	51
bob	92,7	90,1	74	71	60,7	55,5	2,1	2,2	50	47
vox	90,8	112,2	103,1	242	51,7	58	2,4	3	49	48
moyenne	111,2	111,6	144,8	211,4	63,1	64,2	2,07	2,07	49,1	48,5
écart-type	15,8	14,8	71,3	153,1	4,7	8,4	0,53	0,54	4,8	3,8

Annexe 3 : Intervalles de différence analytique des protéines totales et de l'hématocrite pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

le 24/01/08				
Chien	PT début (g/L)	PT fin (g/L)	intervalles de différence analytique	
Bacou	68,7	61,4	55,3	74,8
Boston2	65,2	69,5	57,3	77,4
Valko	62,5	66,6	54,9	74,2
Astus	59,4	57,5	49,7	67,2
Bacille	70,2	72,2	60,5	81,8
Vabruke	66,7	67,2	56,9	76,9
Balto	57,1	64,4	51,6	69,8
Balthazar2	52,7	59,1	47,5	64,3
Budy	64,6	61,5	53,6	72,5
Belo	61,2	61,2	52	70,3
luca	60,8	58,9	50,9	68,8
bart	<b>64</b>	<b>86,6</b>	64	86,6
bosco	64,8	65	55,2	74,6
box	66,2	59,5	53,4	72,2
vicco	63	62,3	53,3	72
bob	58,7	56,4	48,9	66,1
vox	74,2	65,4	59,3	80,2
moyenne	63,5	64,4	54,4	73,5

Annexe 4 : Intervalles de différence analytique de l'hématocrite pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

le 24/01/08				
Chien	Ht début (%)	Ht fin (%)	intervalle de différence analytique	
Bacou	<b>48</b>	<b>35</b>	35,7	47,2
Boston2	51	44	40,9	54
Valko	55	54	46,9	62
Astus	39	37	32,7	43,3
Bacille	55	48	44,4	58,6
Vabruke	44	41	36,6	48,4
Balto	51	49	43	56,9
Balthazar2	43	43	37	48,9
Budy	48	47	40,9	54
Belo	46	48	40,5	53,5
luca	50	48	42,2	55,7
bart	48	48	41,3	54,6
bosco	54	51	45,2	59,7
box	45	42	37,5	49,5
vicco	48	48	41,3	54,6
bob	48	45	40	52,9
vox	52	50	43,9	58
moyenne	48,53	45,8	40,6	53,6

Annexe 5 : Intervalles de différence analytique des lactates pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

le 24/01/08				
Chien	lactates début (mmol/L)	lactates fin (mmol/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	1,8	1,7	1,5	2
Boston2	1,8	1,7	1,5	2
Valko	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	1,3	1,7
Astus	1,9	1,6	1,5	2
Bacille	<b>1,5</b>	<b>2,1</b>	1,5	2
Vabruke	<b>1,7</b>	<b>2,4</b>	1,7	2,3
Balto	2,1	1,8	1,6	2,2
Balthazar2	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	1,2	1,7
Budy	<b>0,9</b>	<b>1,7</b>	1,1	1,4
Belo	1,8	2	1,6	2,2
luca	2,4	2,4	2	2,7
bart	2,2	2,1	1,8	2,5
bosco	2,4	2,8	2,2	2,9
box	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>	1,6	2,2
vicco	1,7	1,9	1,5	2
bob	2,1	2	1,7	2,3
vox	2,1		1,8	2,4
moyenne	1,84	1,96	1,6	2,2

Annexe 6 : Intervalles de différence analytique de la créatinine pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

le 24/01/08				
Chien	Créat début (umol/L)	Créat fin (umol/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	114,6	113,1	102,5	125,2
Boston2	127,4	139,6	120,2	146,8
Valko	101,6	112,5	96,4	117,7
Astus	99	94,2	86,9	106,2
Bacille	<b>127,1</b>	<b>103</b>	103,6	126,5
Vabruke	99,9	106,4	92,8	113,4
Balto	98,2	92,6	85,8	104,9
Balthazar2	101,1	94,7	88,1	107,6
Budy	123,8	114,8	107,4	131,2
Belo	134,6	117,6	113,5	138,7
luca	123	108,2	104	127,1
bart	141,8	123,9	119,6	146
bosco	120,9	123,1	109,8	134,2
box	97,3	112,8	94,6	115,5
vicco	115,3	109,8	101,3	123,7
bob	98,9	97	88,2	107,7
vox	129	115	109,8	134,2
moyenne	114,9	110,5	101,461556	123,938444

Annexe 7 : Intervalles de différence analytique de la créatine kinase pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

le 24/01/08				
Chien	CK début (U/L)	CK fin (U/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	<b>277</b>	<b>394</b>	290,9	380,1
Boston2	<b>100</b>	<b>144</b>	105,7	138,2
Valko	203	263	202	263,9
Astus	134	155	125,3	163,7
Bacille	<b>250</b>	<b>148</b>	172,5	225,4
Vabruke	<b>60</b>	<b>85</b>	62,8	82,1
Balto	<b>99</b>	<b>134</b>	101	131,9
Balthazar2	178	196	162,1	211,8
Budy	154	178	143,9	188
Belo	<b>103</b>	<b>135</b>	103,2	134,8
luca	<b>80</b>	<b>117</b>	85,4	111,6
bart	<b>129</b>	<b>235</b>	157,8	206,2
bosco	65	77	61,5	80,4
box	114	131	106,2	138,8
vicco	304	325	272,7	356,3
bob	97	111	90,2	117,8
vox	136	152	124,8	163,1
moyenne	146,1	175,3	139,3	182

Annexe 8 : Intervalles de différence analytique des protéines totales pour l'ensemble des chiens le 24 janvier 2008

le 19/03/08				
Chien	PT avant (g/L)	PT après (g/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	63,8	60,6	52,9	71,5
Boston2	67,5	90,1	67	90,6
Valko	69,2	61,7	55,6	75,2
Astus	59,9	61,6	51,6	69,8
Bacille	68,7	74,4	60,8	82,2
Vabruke	61,9	62,3	52,8	71,4
Balto	56,6	63,5	51	69
Balthazar2	61,5	60,1	51,7	69,9
Budy	68,4	69,1	58,5	79
Belo	62,5	71,6	57	77
luca	60	59,8	50,9	68,8
bart	63,5	65,3	54,7	74
bosco	61,9	60,8	52,2	70,5
box	66,2	56,7	52,2	70,6
vicco	68	60	54,4	73,6
bob	60,7	55,5	49,4	66,8
vox	51,7	58	46,6	63
moyenne	63,1	64,2	54,1	73,1

Annexe 9 : Intervalles de différence analytique de l'hématocrite pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008

le 19/03/08				
Chien	Ht avant (%)	Ht après (%)	intervalle de différence analytique	
Bacou	<b>36</b>	<b>49</b>	36,6	48,4
Boston2	53	54	46	60,9
Valko	54	51	45,2	59,7
Astus	43	38	34,9	46,1
Bacille	51	52	44,4	58,6
Vabruke	46	47	40	52,9
Balto	52	51	44,4	58,6
Balthazar2	52	46	42,2	55,8
Budy	48	47	40,9	54
Belo	48	47	40,9	54
luca	53	52	45,2	59,7
bart	46	47	40	52,9
bosco	52	53	45,2	59,7
box	47	45	39,6	52,4
vicco	56	51	46	60,9
bob	50	47	41,8	55,2
vox	49	48	41,8	55,2
moyenne	49,2	48,5	42	55,6

Annexe 10 : Intervalles de différence analytique des lactates pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008

le 19/03/08				
Chien	lactates avant (mmol/L)	lactates après (mmol/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	1,4	1,1	1	1,4
Boston2	<b>1,3</b>	<b>2,6</b>	1,6	2,2
Valko	2	1,7	1,6	2,1
Astus	1,3	1,6	1,2	1,6
Bacille	1,9	1,7	1,5	2
Vabruke	1,7	2,2	1,6	2,2
Balto	2,1	1,9	1,7	2,3
Balthazar2	3,3	2,8	2,6	3,5
Budy	1,9	2,4	1,8	2,5
Belo	1,8	1,5	1,4	1,9
luca	3	2,7	2,4	3,3
bart	2,4	1,9	1,8	2,5
bosco	2,2	2,4	1,9	2,6
box	2,2	1,3	1,5	2
vicco	2,1	2,2	1,8	2,5
bob	2,1	2,2	1,8	2,5
vox	2,4	3	2,3	3
moyenne	2	2	1,7	2,4

Annexe 11 : Intervalles de différence analytique de la créatinine pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008

le 19/03/08				
Chien	Créat avant (umol/L)	créat après (umol/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	92,8	99,6	86,6	105,8
Boston2	131,5	124,8	115,4	140,9
Valko	103,4	107,4	94,8	115,9
Astus	104,3	97,5	90,8	110,9
Bacille	117,5	124,9	109,1	133,3
Vabruke	102,6	97,5	90	110
Balto	96,5	106,1	91,2	111,4
Balthazar2	115	104,9	98,9	120,9
Budy	129,3	120,7	112,5	137,5
Belo	120,8	124,5	110,4	134,8
luca	103,9	106,1	94,5	115,5
bart	144,2	144,1	129,7	158,5
bosco	130,9	129,1	117	142,9
box	103,6	91,5	87,8	107,3
vicco	109,9	116,3	101,8	124,4
bob	92,7	90,1	82,3	100,5
vox	<b>90,8</b>	<b>112,2</b>	91,4	111,6
moyenne	111,2	111,6	100,3	122,5

Annexe 12 : Intervalles de différence analytique de la créatine kinase pour l'ensemble des chiens le 19 mars 2008

le 19/03/08				
Chien	CK avant (U/L)	CK après (U/L)	intervalle de différence analytique	
Bacou	176	145	139,1	181,8
Boston2	<b>100</b>	<b>545</b>	279,6	365,4
Valko	<b>216</b>	<b>327</b>	235,4	307,6
Astus	232	128	156	203,9
Bacille	205	200	175,6	229,4
Vabruke	76	99	75,8	99,1
Balto	84	190	118,7	155,2
Balthazar2	167	190	154,7	202,2
Budy	100	110	91	118,9
Belo	<b>101</b>	<b>239</b>	147,4	192,6
luca	103	104	89,7	117,3
bart	<b>291</b>	<b>590</b>	381,9	499
bosco	88	71	68,9	90
box	88	83	74,1	96,8
vicco	258	260	224,5	293,4
bob	74	71	62,8	82,1
vox		242	209,8	274,2
moyenne	<b>147,4</b>	<b>211,4</b>	155,6	203,3

Achévé d'imprimer à TOULOUSE par  
la S.A.R.L. NOTREL



84, chemin des Capelles • 31300 TOULOUSE  
[notrel.sarl@wanadoo.fr](mailto:notrel.sarl@wanadoo.fr)