

Année 2020

**INTÉRÊT DES EXPRESSIONS FACIALES
DANS L'ÉVALUATION DU NIVEAU DE FORME
CHEZ LE CHEVAL EN COURSE D'ENDURANCE**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 26 novembre 2020

par

Chloé, Léa HERFROY

née le 23 mars 1994 à Caen (Calvados)

sous la direction de

Céline ROBERT

Président du jury :	M. Damien BRESSON	Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL
1^{er} Assesseur :	Mme Céline ROBERT	Professeur à l'EnvA
2nd Assesseur :	Mme Caroline GILBERT	Professeur à l'EnvA

Liste des membres du corps enseignant



Directeur : Pr Christophe Degueurce

Directeur des formations : Pr Henry Chateau

Directrice de la scolarité et de la vie étudiante : Dr Catherine Colmin

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs C. Pilet, B. Toma, A.-L. Parodi, R. Moraillon, J.-P. Cotard, J.-P. Mialot & M. Gogny

Département d'Élevage et de Pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

<p>Unité pédagogique d'anesthésie, réanimation, urgences, soins intensifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Fernandez Parra Rocio, Maître de conférences associée - Pr Verwaerde Patrick* <p>Unité pédagogique de clinique équine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Audigé Fabrice - Dr Bertoni Léila, Maître de conférences - Dr Bourzac Céline, Chargée d'enseignement contractuelle - Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier - Pr Denoix Jean-Marie - Dr Giraudet Aude, Praticien hospitalier - Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier - Dr Maspouhès-Rivière Céline, Praticien hospitalier* - Dr Moiroud Claire, Praticien hospitalier - Dr Tanqueret Ludovic, Chargé d'enseignement contractuel <p>Unité pédagogique de médecine et imagerie médicale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Bencheikroun Ghita, Maître de conférences - Pr Blot Stéphane* - Dr Canonne-Guilbert Morgane, Maître de conférences - Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier - Dr Maurey-Guénec Christelle, Maître de conférences 	<p>Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Cabrera Gonzales Joaquin, Chargé d'enseignement contractuel - Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences - Pr Grandjean Dominique* - Dr Hoummady Sara, Chargée d'enseignement contractuelle - Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier - Dr Nudelmann Nicolas, Maître de conférences - Dr Ribeiro dos Santos Natalia, Praticien hospitalier <p>Unité pédagogique de pathologie chirurgicale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Decambon Adeline, Maître de conférences - Pr Fayolle Pascal - Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences - Pr Viateau-Duval Véronique* <p>Discipline : cardiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Chetboul Valérie - Dr Saponaro Vittorio, Praticien hospitalier <p>Discipline : ophtalmologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Chahory Sabine, Maître de conférences <p>Discipline : nouveaux animaux de compagnie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Pignon Charty, Praticien hospitalier - Dr Volait Laetitia, Praticien hospitalier
--	--

Département des Productions Animales et de Santé Publique (DPASP)

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

<p>Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Bolnot François, Maître de conférences - Pr Cartier Vincent - Dr Gauthier Michel, Maître de conférences associé - Dr Mûmet Narjes, Chargée d'enseignement contractuelle <p>Unité pédagogique de maladies règlementées, zoonoses et épidémiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Crozet Guillaume, Chargé d'enseignement contractuel - Pr Dufour Barbara* - Pr Haddad/Hoang-Xuan Nadia - Dr Rivière Julie, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pathologie des animaux de production</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Adjou Karim - Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences* - Dr Delsart Maxime, Maître de conférences associé - Pr Millemann Yves - Dr Plassard Vincent, Praticien hospitalier - Dr Ravary-Plumioën Bérandère, Maître de conférences 	<p>Unité pédagogique de reproduction animale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Constant Fabienne, Maître de conférences* - Dr Denis Marine, Chargée d'enseignement contractuelle - Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC) - Dr Mauffré Vincent, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Arné Pascal, Maître de conférences - Dr Barassin Isabelle, Maître de conférences - Pr Bossé Philippe* - Dr De Paula Reis Alline, Maître de conférences - Pr Grimard-Ballif Bénédicte - Pr Ponter Andrew <p>Rattachée DPASP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier
---	---

Département des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques (DSBP)

Chef du département : Pr Desquilbet Loïc - Adjoint : Pr Pilot-Storck Fanny

<p>Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Boissady Emilie, Chargée d'enseignement contractuelle - Pr Chateau Henry - Pr Crevier-Denoix Nathalie - Pr Robert Céline* <p>Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Boulouis Henri-Jean - Pr Eloit Marc - Dr Lagrée Anne-Claire, Maître de conférences - Pr Le Poder Sophie - Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences* <p>Unité pédagogique de biochimie, biologie clinique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Bellier Sylvain* - Dr Deshuillers Pierre, Maître de conférences - Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier <p>Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences - Pr Fontaine Jean-Jacques - Dr Laloy Eve, Maître de conférences - Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences* <p>Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais) - Pr Desquilbet Loïc, (Biostatistique, Epidémiologie) - Dr Legrand Chantal, Maître de conférences associée - Dr Marignac Geneviève, Maître de conférences* - Dr Rose Hélène, Maître de conférences associée 	<p>Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP) - Dr Briand Amaury, Assistant d'Enseignement et de Recherche Contractuel (rattaché au DEPEC) - Dr Cochet-Favre Noëlle, Praticien hospitalier (rattachée au DEPEC) - Pr Guillot Jacques* - Dr Polack Bruno, Maître de conférences - Dr Risco-Castillo Veronica, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Kohlhauer Matthias, Maître de conférences - Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences* - Pr Tissier Renaud <p>Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Chevallier Lucia, Maître de conférences (Génétique) - Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) - Pr Gilbert Caroline (Ethologie) - Pr Pilot-Storck Fanny (Physiologie, Pharmacologie) - Pr Tirez Laurent (Physiologie, Pharmacologie)* - Dr Titeux Emmanuelle (Ethologie), Praticien hospitalier <p>Discipline : éducation physique et sportive</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. Philips Pascal, Professeur certifié
--	---

* responsable d'unité pédagogique

Professeurs émérites : Pr Combrisson Hélène, Pr Enriquez Brigitte, Pr Panthier Jean-Jacques, Pr Paragon Bernard.

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil,
Qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de thèse,
Hommages respectueux.

A Mme Céline ROBERT, Professeur à l'EnvA,
Pour avoir été à l'origine de ce projet, pour votre accompagnement tout au long de ce travail, votre grande disponibilité et vos précieux conseils.
Sincère reconnaissance.

A Mme Caroline GILBERT, Professeur à l'EnvA,
Pour avoir accepté d'être assesseur de cette thèse et vos conseils avisés,
Sincère reconnaissance.

A M. Loïc DESQUILBET, Professeur à l'EnvA,
Pour votre aide précieuse en statistique,
Sincères remerciements.

Aux présidents du jury des différentes courses sur lesquelles je me suis rendue,
Pour m'avoir permis de réaliser la récolte des données,
Sincères remerciements.

A mes parents,
Pour votre soutien sans faille et votre patience, avec tout mon amour et ma reconnaissance.

A ma famille et mes amis,
D'être tout simplement présents dans ma vie, remerciements du fond du cœur.

A Alexandre,
D'être à mes côtés au quotidien, avec tout mon amour.

Table des matières

Liste des figures	3
Liste des tableaux	5
Liste des annexes	7
Liste des abréviations	11
Introduction	13
Première partie : Etude bibliographique	15
1. L'endurance équestre : règlement et contrôles vétérinaires.....	15
A. <i>Règlement des courses d'endurance</i>	15
a. Les épreuves à vitesse imposée	15
b. Les épreuves à vitesse libre.....	15
B. <i>Les contrôles vétérinaires lors des courses d'endurance à vitesse libre</i>	18
a. Le contrôle vétérinaire initial	18
b. Les contrôles vétérinaires intermédiaires.....	18
c. Le contrôle vétérinaire final	20
C. <i>Les éliminations en course d'endurance</i>	20
a. Les motifs d'élimination	20
b. Prévalence des éliminations en course d'endurance à vitesse libre	21
2. Données de courses recueillies et leurs associations à un état de fatigue.....	22
A. <i>Les données de course recueillies</i>	22
B. <i>Lien entre les données de course et l'état de fatigue des chevaux d'endurance</i>	22
a. Critères cliniques traduisant la fatigue chez les chevaux d'endurance	23
b. Lien entre les critères cliniques traduisant la fatigue et l'élimination chez les chevaux d'endurance	23
c. Variables recueillies lors des courses, associées à la fatigue et à l'élimination de la course chez les chevaux d'endurance.....	25
C. <i>Conclusion sur les données de course recueillies et leurs associations à un état de fatigue</i>	27
3. Les expressions faciales chez les chevaux dans l'évaluation de la douleur.....	30
A. <i>Présentation de la grille d'expression faciale établie par Emanuela Dalla Costa</i>	30
B. <i>Présentation d'autres grilles d'expressions faciales utilisées pour traduire la douleur</i>	32
a. Utilisation des expressions faciales pour traduire la douleur chez les chevaux au box	32
b. Les expressions faciales pour traduire la douleur chez les chevaux montés	36
C. <i>Conclusion sur l'utilisation des expressions faciales pour évaluer la douleur chez les chevaux</i>	41
4. Conclusion de l'étude bibliographique	41
Deuxième partie : étude des expressions faciales chez le cheval en course d'endurance ...	43
1. Objectifs de l'étude.....	43
2. Animaux, matériels et méthodes	43
A. <i>Choix de l'échantillon</i>	43
B. <i>Protocole expérimental</i>	43
C. <i>Courses</i>	44
D. <i>Traitement des données</i>	45
a. Etude préliminaire	46
b. Etude des expressions faciales lors des courses d'endurance	46
E. <i>Critères utilisés pour la notation des vidéos</i>	47
F. <i>Choix des données de courses utilisées</i>	50
G. <i>Analyse statistique des résultats</i>	51
a. Analyse statistique pour la répétabilité et la reproductibilité du protocole	51
b. Analyse statistique des résultats obtenus : comparaison des expressions faciales en fonction des données de courses.....	52
3. Résultats de l'analyse statistique du score NGEF8 : répétabilité et reproductibilité	54
A. <i>Etude de la répétabilité : concordance intra-opérateur</i>	54

a.	Résultats du test de concordance à partir du coefficient de concordance de Lin.....	54
b.	Quantification graphique à l'aide de la méthode de Bland et Altman	55
B.	<i>Etude de la reproductibilité : concordance inter-opérateur.....</i>	<i>56</i>
a.	Résultats du test de concordance à partir du coefficient de concordance de Lin.....	56
b.	Quantification graphique à l'aide de la méthode de Bland et Altman	57
4.	Résultats de l'étude statistique de la répétabilité et de la reproductibilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales.....	58
A.	<i>Répétabilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales</i>	<i>58</i>
B.	<i>Reproductibilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales</i>	<i>59</i>
5.	Evolution des expressions faciales pendant les courses	60
A.	<i>Etude de chacun des critères d'expressions faciales pendant la course</i>	<i>60</i>
B.	<i>Etude des expressions faciales pendant la course.....</i>	<i>62</i>
a.	Evolution de la NGEF8 en fonction de la distance parcourue toutes courses confondues	62
b.	Evolution de la NGEF8 en fonction de la distance parcourue sur les différentes courses	63
C.	<i>Etude des expressions faciales en fonction des critères cliniques traduisant la fatigue</i>	<i>64</i>
a.	Evolution de la NGEF8 en fonction du temps de récupération au contrôle vétérinaire correspondant	65
b.	Evolution de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque.....	66
c.	Evolution de la NGEF8 en fonction de l'indice de récupération cardiaque.....	67
D.	<i>Études des expressions faciales en fonction des données de course associées à la fatigue</i>	<i>67</i>
a.	Etude de la NGEF8 en fonction du classement à chaque contrôle vétérinaire	67
b.	Etude de la NGEF8 en fonction du type de course	69
c.	Etude de la NGEF8 en fonction de l'âge	69
d.	Etude NGEF8 en fonction de la race.....	70
E.	<i>Etude des expressions faciales en fonction de l'élimination et de sa cause</i>	<i>71</i>
F.	<i>Conclusion des résultats sur l'évaluation des expressions faciales sur huit critères</i>	<i>74</i>
6.	Résultats de l'étude des expressions faciales réalisées sur quatre critères lors des courses d'endurance.....	76
A.	<i>Evolution de la NGEF4 en fonction de la distance parcourue sur les différentes courses.....</i>	<i>76</i>
B.	<i>Evolution de la NGEF4 en fonction du temps de récupération.....</i>	<i>77</i>
C.	<i>Etude de la NGEF4 en fonction du type de course</i>	<i>77</i>
7.	Discussion.....	80
A.	<i>Apports de l'étude</i>	<i>80</i>
B.	<i>Limites statistiques.....</i>	<i>82</i>
C.	<i>Limites du protocole.....</i>	<i>84</i>
D.	<i>Limite des résultats obtenus</i>	<i>86</i>
E.	<i>Perspectives.....</i>	<i>89</i>
	Conclusion.....	91
	Liste des références bibliographiques	93
	Annexes	101

Liste des figures

Figure 1 : Présentation des données recueillies via le site ARTM System pour un concurrent lors des courses d'endurance utilisant ce logiciel (<i>ARTM 5 [Logiciel]</i> , 2018)	22
Figure 2 : Echelle d'expressions faciales traduisant la douleur chez les chevaux (Dalla Costa <i>et al.</i> , 2014).....	31
Figure 3 : Illustration des expressions faciales utilisées dans l'article de Gleerup <i>et al.</i> , 2015.	33
Figure 4 : Pourcentage des images montrant chaque expression faciale de douleur, dans les trois groupes contrôle, capsaïcine et garrot dans l'article de Gleerup <i>et al.</i> , 2015.	34
Figure 5 : Illustrations des expressions faciales sur les chevaux montés (Mullard <i>et al.</i> , 2017)	38
Figure 6 : Photographie extraite d'une vidéo, montrant la vue de profil utilisée pour la notation de ces vidéos.	44
Figure 7 : Photographies illustrant le critère « position des oreilles ».....	47
Figure 8 : Photographies illustrant le critère « ouverture de l'œil ».	47
Figure 9 : Photographies illustrant le critère « tension de la région frontale ».	48
Figure 10 : Photographies illustrant le critère « tension des muscles masticateurs ».....	48
Figure 11 : Photographies illustrant le critère « proéminence du menton et tension de la lèvre inférieure ».	49
Figure 12 : Photographies illustrant le critère « tension des naseaux »	49
Figure 13 : Interprétation de la valeur du CCC selon deux sources différentes.....	52
Figure 14 : Distribution des données : note d'expressions faciales (Stangroom, 2018)	53
Figure 15 : Valeurs du coefficient de corrélation de Pearson, de Cb, et du coefficient de concordance de Lin (avec son intervalle de confiance à 95%) pour la NGEF8 évaluée deux fois par le même opérateur (adapté de Desquilbet, 2019a).	54
Figure 16 : Graphique de Bland et Altman en différence absolue accompagné des valeurs pour la répétabilité de la NGEF8 (adapté de Desquilbet, 2019a).....	55
Figure 17 : Valeurs du coefficient de corrélation de Pearson, de Cb, et du coefficient de concordance de Lin (avec son intervalle de confiance à 95%) pour la NGEF8 évaluée par deux opérateurs différents (adapté de Desquilbet, 2019a).	56
Figure 18 : Graphique de Bland et Altman en différence absolue accompagné des valeurs pour la reproductibilité de la NGEF8 (adapté de Desquilbet, 2019a).	57
Figure 19 : Evolution de la NGEF8 pendant la course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n).....	62

Figure 20 : Evolution de la NGEF8 pendant chaque course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n).....	63
Figure 21 : Evolution de la NGEF8 en fonction du temps de récupération à chaque contrôle vétérinaire (Vn).....	65
Figure 22 : Evolution de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque à chaque contrôle vétérinaire (Vn).....	66
Figure 23 : Evolution de la NGEF8 en fonction de l'indice de récupération cardiaque à chaque contrôle vétérinaire (Vet n)	67
Figure 24 : Etude de la NGEF8 en fonction du classement. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vet n)	68
Figure 25 : Etude de la NGEF8 en fonction de la catégorie de la course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vet n).....	69
Figure 26 : Etude de la NGEF8 en fonction de l'âge. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n)	70
Figure 27 : Etude de la NGEF8 en fonction de la race. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n).....	71
Figure 28 : Etude de la NGEF8 moyenne en fonction de l'issue du contrôle vétérinaire : classé/éliminé. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vet n).....	72
Figure 29 : Etude de la NGEF8 en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination. Valeurs moyennes calculées sur l'ensemble de contrôles vétérinaires.....	73
Figure 30 : Etude de la NGEF8 au contrôle n selon l'issue du contrôle N+1. Valeurs moyennes calculées sur l'ensemble de contrôles vétérinaires.	74
Figure 31 : Evolution de la NGEF4 pour chaque course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n).....	76
Figure 32 : Etude de la NGEF4 en fonction de la catégorie de la course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vn).....	78

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des différentes épreuves à vitesse libre (Fédération Equestre Internationale, 2020c ; Fédération Française d'Equitation, 2020b)	16
Tableau 2 : Code, intitulé et signification des différents motifs de non qualification sur les courses d'endurance (Fédération Equestre Internationale, 2020c)	21
Tableau 3 : Code, intitulé et signification des différents motifs d'élimination sur les courses d'endurance (Fédération Equestre Internationale, 2020c)	21
Tableau 4 : Ensemble des critères cliniques marqueurs de la fatigue (Foreman, 1998 ; Robert, 2013)	28
Tableau 5 : Ensemble des facteurs de risque associés à la fatigue (Hodgson <i>et al.</i> , 1994 ; Foreman, 1998 ; Langlois et Robert, 2008 ; Nagy <i>et al.</i> , 2010 ; Fielding <i>et al.</i> , 2011 ; Nagy <i>et al.</i> , 2012 ; Adamu <i>et al.</i> , 2012b ; Adamu <i>et al.</i> , 2012b ; Nagy <i>et al.</i> , 2013 ; Younes <i>et al.</i> , 2013 ; Younes <i>et al.</i> , 2016 ; Bennet et Parkin, 2018 ; Di Battista <i>et al.</i> , 2019 ; Legg <i>et al.</i> , 2019)	29
Tableau 6 : Grille EQUUS-FAP (Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain) utilisée pour évaluer la douleur induite par les coliques chez les chevaux (van Loon et Van Dierendonck, 2015)	35
Tableau 7 : Caractéristiques de l'expression faciale pour l'évaluation des chevaux montés (Mullard <i>et al.</i> , 2017)	37
Tableau 8 : Critères utilisés pour la notation dans l'étude de Dyson <i>et al.</i> (2018b)	40
Tableau 9 : Détail des courses support de cette étude (Enduro-cheval, 2019 ; Grand Parquet Fontainebleau, 2019 ; Lawal endurance, 2019)	45
Tableau 10 : Répartition des vidéos exploitables sur les différentes courses d'endurance par moment de la course et par rapport au nombre total de chevaux potentiellement examinables à chaque étape	45
Tableau 11 : Tableau de résultats des analyses statistiques de la répétabilité critères par critère	58
Tableau 12 : Tableau de résultats des analyses statistiques de la reproductibilité critère par critère	59
Tableau 13 : Répartition des notes attribuées à chacun des huit critères d'expressions faciales sur l'ensemble des courses sur les différents contrôles vétérinaires	60
Tableau 14 : Conditions climatiques lors des courses de l'étude	64
Tableau 15 : Vitesses moyennes pour chaque catégorie de course pour chaque boucle.	79

Liste des annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des épreuves d'endurance à vitesse limitées (Fédération Française d'Equitation, 2019).	101
Annexe 2 : Carte vétérinaire utilisée sur les épreuves françaises	101
Annexe 3 : Description des expressions faciales utilisées pour décrire la douleur dans l'article de Gleerup <i>et al.</i> , 2015.	102
Annexe 4 : Extrait des résultats concernant l'étude des expressions faciales pour évaluer la douleur lors de coliques (van Loon et Van Dierendonck, 2015).....	103
Annexe 5 : nombre de partants, et répartition des classés/éliminés/abandons, pour chaque épreuve, sur la course de Fontainebleau du 31 mars 2018.	103
Annexe 6 : nombre de partants, et répartition des classés/éliminés/abandons, pour chaque épreuve, sur la course d'Avilly Saint-Léonard du 7 avril 2018.	104
Annexe 7 : nombre de partants, et répartition des classés/éliminés/abandon, pour chaque épreuve, sur la course de Rambouillet du 18 mai 2019.....	104
Annexe 8 : nombre de partant, et répartition des classés/éliminés/abandons, pour chaque épreuve, sur la course de Fontainebleau du 23 mai 2019.	105
Annexe 9 : Tableaux utilisés pour la notation des chevaux de l'étude et l'analyse des données (Le tableau des contrôles vétérinaires suivants a été simplifié dans le but d'obtenir une meilleure lisibilité)	106
Annexe 10 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne des différents contrôles sur l'ensemble des courses	135
Annexe 11 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne des différents contrôles course par course.	136
Annexe 12 : Tableau des effectifs et des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction du temps de récupération	137
Annexe 13 : Tableau des effectifs et des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque.....	137
Annexe 14 : Tableau des effectifs et des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction de l'indice de récupération cardiaque.....	137
Annexe 15 : Tableau des effectifs pour l'analyse de la NGEF8 en fonction du classement.	138
Annexe 16 : Tableau des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction du classement.	138
Annexe 17 : Tableau des effectifs des catégories de course dans chaque contrôle vétérinaire...	139

Annexe 18 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction de la catégorie de la course.	140
Annexe 19 : Tableau des effectifs des âges dans chaque contrôle vétérinaire	141
Annexe 20 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction de l'âge.....	141
Annexe 21 : Tableau des effectifs des races dans chaque contrôle vétérinaire	142
Annexe 22 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction de la race.....	142
Annexe 23 : Tableau des effectifs des classés, éliminés et leurs causes aux différents contrôles vétérinaires.....	143
Annexe 24 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction du statut classé/éliminé à chaque contrôle.....	143
Annexe 25 : Tableau des effectifs classés, éliminé et leurs causes au contrôle respectif ou au contrôle suivant.....	143
Annexe 26 : Tableau des p-values comparant la NGEF8 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N.....	143
Annexe 27 : Tableau des p-values comparant la NGEF8 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N+1	144
Annexe 28 : Présentation des résultats de l'analyse statistique sur la grille réalisée à partir des 4 critères sélectionnés comme évoluant le plus au long de la course.	144
Annexe 29 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne des différents contrôles sur l'ensemble des courses	144
Annexe 30 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne des différents contrôles course par course.	145
Annexe 31 : Tableau des effectifs, des R ² et des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction du temps de récupération.....	146
Annexe 32 : Tableau des effectifs, des R ² et des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction de la fréquence cardiaque.	146
Annexe 33 : Tableau des effectifs, des R ² et des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction de l'indice de récupération cardiaque	146
Annexe 34 : Tableau des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction du classement.	147
Annexe 35 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne en fonction de la catégorie de la course.	148
Annexe 36 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne en fonction de l'âge.....	149
Annexe 37 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne en fonction de la race.....	150

Annexe 38 : Tableau des p-value la NGEF4 en fonction du statut classé/éliminé à chaque contrôle.	151
Annexe 39 : Tableau des p-values comparant la NGEF4 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N	151
Annexe 40 : Tableau des p-values comparant la NGEF4 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N+1	151
Annexe 41 : Tableau comparatifs des ICC et CCC dans différentes études ayant utilisées la grille établie par Emanuella Dalla Costa., critère par critère.	152
Annexe 42 : Evolution de la note de chaque critère en fonction du temps de récupération au 3 ^{ème} contrôle vétérinaire	153
Annexe 43 : Evolution de la note de chaque critère en fonction de la fréquence cardiaque au 3 ^{ème} contrôle vétérinaire	154
Annexe 44 : Evolution de la note de chaque critère en fonction de l'indice de récupération cardiaque au 3 ^{ème} contrôle vétérinaire.....	155

Liste des abréviations

Ama1GP : Amateur 1 Grand Prix

AmaElite : Amateur Elite

AmaEliteGP : Amateur Elite Grand Prix

ATRM Systems : Automatic Timing and Race Management Systems

bpm : battements par minute

CCC : Coefficient de Corrélacion de la Concordance

CCC0 : Coefficient de Corrélacion de la Concordance de Lin minimal souhaité

CCC1 : Coefficient de Corrélacion de la Concordance de Lin attendu dans l'échantillon

CEI : Concours de raid d'Endurance Internationale

CEIO : Concours de raid d'Endurance Internationale Officiels

CEIYJ : Concours de raid d'Endurance International Young et Junior

CK : Créatine Kinase

CPS : Composite Pain Scale

CRI : Indice de Récupération Cardiaque

ELT : Elastase

EquiFACS : The Equine Facial Action Coding System

EQUUS-FAP : Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain

FC : Fréquence Cardiaque

FEI : Fédération Equestre Internationale

FFE : Fédération Française d'Equitation

HGS : Horse Grimace Scale

ICC : Intraclass Correlation Concordance

km : kilomètres

MDI : Metabolic Disorder Index

MPO : myéloperoxydase

SAA : Amyloïde Sérique A

SDF : Synchronous Diaphragmatic Flutter

TRC : Temps de Recoloration Capillaire

Introduction

L'endurance est l'une des huit disciplines équestres régies par la fédération équestre internationale avec le concours de saut d'obstacle, le dressage, le para-dressage, le concours complet d'équitation, l'attelage, le reining (équitation western) et la voltige (Fédération Equestre Internationale, 2020a).

A l'heure où le bien-être animal est au cœur des préoccupations du grand public, il est important qu'il soit respecté lors des compétitions équestres officielles. Les vétérinaires sont responsables du bon état de santé, de la sécurité des chevaux et du bien-être animal (Fédération Equestre Internationale, 2020b). Ils sont en effet positionnés comme les « garants du bien-être animal » (Baussier, 2015). Ils ont pour cela deux missions : une mission de prévention (rôle de conseil auprès du client et du professionnel) et une mission de diagnostic (détection des états de maltraitance animale) (Ordre des vétérinaires, 2020).

L'évaluation de la douleur chez les Hommes et les animaux a fait l'objet de nombreuses recherches (4 525 publications de 1975 à 2007 dans la revue « *The journal of Pain* », qui ne publie que des articles traitant de la douleur) et les méthodes de mesure de la douleur sont très nombreuses (critères comportementaux, questionnaires, activité neuronale, processus biologiques, ...) (Mogil *et al.*, 2009).

L'étude des expressions faciales est ancienne et de nombreux travaux ont été menés sur ce sujet, les sources citées dans cette introduction n'étant que des exemples parmi les très nombreuses publications disponibles. Ainsi, Charles Le Brun, en 1727, peintre du Roi Louis XIV, peignait dans son œuvre « *les différentes passions de l'âme* », les émotions sur les visages humains (admiration, étonnement, joie, ...) (Collée, 2020). En 1824, Sir Charles Bell étudiait également les expressions faciales, les nerfs et les muscles responsables de celles-ci chez l'Homme et chez l'animal (Bell, 1824). Il s'intéressa notamment aux expressions faciales traduisant la douleur. Darwi, en 1897 étudia également les expressions faciales chez l'Homme et chez l'animal (chiens, chats, chevaux, ruminants et singes) pour traduire les différentes émotions (joie, affection, douleur, colère, étonnement, terreur) (Darwin, 1897). Aujourd'hui, les recherches continuent d'étudier l'utilisation des expressions faciales comme critère d'évaluation de la douleur dans différentes espèces (rats, chevaux, ânes, ...) (Sotocinal *et al.*, 2011 ; van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; van Dierendonck *et al.*, 2020).

Cette thèse a pour but d'étudier les expressions faciales des chevaux en course d'endurance afin d'explorer un lien éventuel entre ces expressions et l'état de fatigue du cheval. L'objectif serait, si cela s'avère pertinent, d'intégrer une évaluation des expressions faciales au sein des contrôles vétérinaires comme nouvel indicateur du niveau de forme du cheval d'endurance.

La première partie de cette thèse est bibliographique ; elle présente brièvement les courses d'endurance et les contrôles vétérinaires ainsi que les causes d'éliminations associées, puis, les différents critères actuellement utilisés pour évaluer l'état de fatigue lors de ces courses, et enfin, l'étude des expressions faciales des chevaux dans la littérature. La deuxième partie de cette thèse présente l'étude expérimentale des expressions faciales en fonction d'un certain nombre de variables lors des courses d'endurance.

Première partie : Etude bibliographique

1. L'endurance équestre : règlement et contrôles vétérinaires

A. Règlement des courses d'endurance

Le détail du règlement de l'endurance équestre ne sera pas décrit ici, mais pour bien évaluer l'enjeu de cette thèse, il convient de comprendre le principe des courses d'endurance équestre et le rôle des vétérinaires lors des courses.

L'endurance équestre, pratiquée individuellement ou en équipe, est caractérisée par « des épreuves d'extérieur courues à vitesse imposée ou libre sur un itinéraire balisé avec des examens vétérinaires validant la capacité du poney / cheval à parcourir de longues distances » (Fédération Française d'Equitation, 2020a). C'est une course chronométrée allant de 10 km à 160 km (Fédération Française d'Equitation, 2020b). Chaque course est composée d'une ou plusieurs étapes, chaque étape devant être au minimum de 20 km et au maximum de 40 km pour les épreuves de niveau national ou international (Fédération Equestre Internationale, 2020c). Les étapes sont communément appelées « boucles » car elles s'effectuent le plus souvent autour d'un point central où reviennent les concurrents à la fin de chaque étape. Des contrôles vétérinaires sont organisés avant le départ, en cours d'épreuve et après l'arrivée de la course (Fédération Française d'Equitation, 2020b).

Les chevaux participant à haut niveau aux courses d'endurance sont en très grande majorité des chevaux pur-sang-arabes ou croisés arabes (Allagnon, 2011). En effet, ce sont les chevaux les plus adaptés aux longues distances (Robert, 2013).

a. Les épreuves à vitesse imposée

Les épreuves à vitesse imposée regroupent les épreuves « Club » et « Amateur » (excepté « Amateur 1 grand prix », « Amateur Elite » et « Amateur Elite grand prix ») dans lesquelles une vitesse minimale et une vitesse maximale sont imposées. Les vitesses imposées pour chaque course sont détaillées en Annexe 1. Les distances parcourues varient de 10 km pour l'épreuve « club A » à 90km pour l'épreuve « Amateur 1 » (Fédération Française d'Equitation, 2020b). L'inscription dans les différentes catégories relève de la taille du cheval, de son âge et de ses qualifications précédentes (Fédération Française d'Equitation, 2020b).

Les courses à vitesse imposées ne seront pas évoquées plus en détail : ce sont des épreuves qualificatives pour le cheval et le cavalier qui sollicitent peu les qualités d'endurance ; elles ne font pas l'objet de cette thèse.

b. Les épreuves à vitesse libre

Les épreuves à vitesse libre sont décrites ci-dessous dans le Tableau 1. Pour toutes ces courses, la vitesse est au minimum de 12 km/h (Fédération Française d'Equitation, 2020b).

Tableau 1 : Caractéristiques des différentes épreuves à vitesse libre (Fédération Equestre Internationale, 2020c ; Fédération Française d'Equitation, 2020b)

Course	Signification	Sous division	Age minimum du cheval	Distances autorisées (km)	Nombre d'étape minimum
Amateur 1 GP	Amateur 1 Grand Prix		5 ans (6 ans au 01/09/2020)	80 à 119	3
Amateur Elite			6 ans (7 ans au 01/09/2020)	120 à 139 Ou 2 x 65 à 89 sur 2 jours	4
Amateur Elite GP	Amateur Elite Grand Prix		7 ans (8 ans au 01/09/2020)	140 à 160 Ou 2 x 80 à 100 sur 2 jours Ou 3 x 65 à 80 sur 3 jours	5
CEI	Concours de Raid d'Endurance International → Classement uniquement individuel	1*	6 ans	100 à 119	3
		2*	7 ans Comprend la CEIYJ ** (participants de 16 à 21 ans)	120 à 139 Ou 2 x 70 à 89 sur 2 jours	4
		3*	8 ans	140 à 160 Ou 2 x 90 à 100 sur 2 jours Ou 3 x 70 à 80 sur 3 jours	5
CEIO	Concours de Raid d'Endurance International Officiel → Classement individuel et par équipe	1*	7 ans	100 à 119	3
		2*	8 ans	120 à 139 Ou 2 x 70 à 89 sur 2 jours	4
		3*	9 ans	140 à 160 Ou 2 x 90 à 100 sur 2 jours	5

				Ou 3 x 70 à 80 sur 3 jours	
Championnat (International)		1*	7 ans	100 à 119	3
		2*	8 ans	120 à 139 Ou 2 x 70 à 89 sur 2 jours	4
		2* Jeune Cheval	8 ans (mais uniquement 1 qualification sur CEI** nécessaire contre 2)	120 à 130	4
		2* Jeune Cavalier et Junior (participant de 16 à 21 ans)	8 ans	120 à 130	4
		2* Senior	8 ans	120 à 139	4
		3* Senior	9 ans	140 à 160 Ou 2 x 90 à 100 sur 2 jours Ou 3 x 70 à 80 sur 3 jours	6
		3*	9 ans	140 à 160 Ou 2 x 90 à 100 sur 2 jours Ou 3 x 70 à 80 sur 3 jours	6

B. Les contrôles vétérinaires lors des courses d'endurance à vitesse libre

Les informations qui constituent cette partie sont issues du règlement international (Fédération Equestre Internationale, 2020c).

Pour les courses nationales régies par le règlement de la FFE, certaines différences existent mais ne seront pas évoquées car non utilisées dans cette étude.

La commission vétérinaire est composée du président de la commission, d'un vétérinaire délégué étranger et d'un nombre de vétérinaires qui dépend du niveau de la course et du nombre de partants. Les vétérinaires effectuent les contrôles vétérinaires et un (ou plusieurs) vétérinaire(s) est le vétérinaire traitant et peut prodiguer les soins aux chevaux qui en ont besoin. En plus de la commission vétérinaire, un président du Jury est présent.

Sur les courses à vitesse libre, les contrôles vétérinaires ont lieu avant la course (la veille ou le matin tôt), entre chaque boucle, à la fin de la course et le lendemain. Les chevaux doivent être présents sur le site au minimum 8h avant le début et 8h après la fin de la course. C'est pour cela que les contrôles vétérinaires s'effectuent le plus souvent la veille, et qu'un contrôle est obligatoire le lendemain. Si un cheval n'a pas terminé sa course, le président du jury, le président de la commission vétérinaire et le vétérinaire délégué étranger, peuvent autoriser un départ anticipé de la compétition.

Les contrôles vétérinaires ont pour rôle de « mettre en évidence toute anomalie qui pourrait mettre en danger un poney/cheval, ou compromettre son avenir sportif » (Fédération Française d'Equitation, 2020b). Pour cela, le vétérinaire réalise un examen clinique. Les données de cet examen sont enregistrées soit sur une carte papier (visualisable en Annexe 2), soit sur un support informatique. Le vétérinaire réalisant l'examen est désigné aléatoirement lors de l'entrée du concurrent dans l'aire de contrôle.

a. Le contrôle vétérinaire initial

Le vétérinaire vérifie en premier lieu l'identité du cheval à l'aide de son passeport qui contient un schéma descriptif du cheval ainsi que le numéro de la puce électronique. Le vétérinaire vérifie ensuite que les vaccinations obligatoires sont à jour. Il réalise un examen clinique général : examen cardiaque (fréquence, rythme, ...), fréquence respiratoire, paramètres d'hydratation, examen des allures. Le vétérinaire doit également s'assurer que le cheval ne présente pas de blessures qui auraient pu survenir lors du transport.

b. Les contrôles vétérinaires intermédiaires

La première évaluation effectuée dans le cadre de l'inspection vétérinaire est la fréquence cardiaque. Les chevaux doivent être présentés avec une fréquence cardiaque inférieure ou égale à 64 bpm (battements par minute) dans les 15 minutes (= temps de récupération maximum) suivant la traversée de la ligne de fin de boucle intermédiaire. Le temps de récupération est le temps nécessaire au cheval pour redescendre à une fréquence cardiaque inférieure ou égale à 64 bpm, il correspond donc à la différence entre le temps d'entrée dans l'aire de contrôle vétérinaire et le temps d'arrivée de la boucle. Le chronomètre, qui décompte le temps de course, s'arrête à l'entrée dans l'aire de contrôle vétérinaire pour les boucles intermédiaires et à la ligne d'arrivée pour la dernière boucle. Aux contrôles intermédiaires, si le cheval présente une fréquence cardiaque trop élevée, il peut être présenté une seconde fois, à condition qu'il soit toujours dans les 15 minutes réglementaires. Le concurrent est disqualifié s'il ne se présente pas au contrôle vétérinaire dans les

temps réglementaires. Il doit, par ailleurs, impérativement être présenté au contrôle vétérinaire même au-delà du temps imparti. Une élimination peut alors s'ajouter à la disqualification en fonction des résultats du contrôle vétérinaire.

A la fin du temps de récupération, les chevaux ont un temps de repos obligatoire. Ce temps de repos est au minimum d'une minute par kilomètre parcouru. Dans les CEI 3* et les championnats, la durée minimale de repos est de 50 min. Elle est de 40 min dans les autres événements. Ces temps peuvent varier en fonction des circonstances (temps très chaud par exemple), être adaptés par concertation entre le président du jury, le président de la commission vétérinaire et le délégué vétérinaire étranger.

Une réinspection des chevaux a lieu systématiquement avant le départ sur la dernière boucle, et peut être également demandée à n'importe quel moment par la commission vétérinaire. Cette réinspection se fait dans les 15 dernières minutes du temps de repos.

Les chevaux doivent être présentés en bride ou en licol, mais ne peuvent pas porter d'autres équipements (selle, guêtres, cardiofréquencemètre ...).

Lors des contrôles intermédiaires, le vétérinaire évalue l'état général du cheval, son métabolisme et ses allures, tout en tenant compte du temps de récupération du cheval. Il effectue les évaluations suivantes.

- *Evaluation de la fonction cardiaque*

Le vétérinaire réalise une auscultation cardiaque. La fréquence cardiaque est mesurée à l'aide d'un stéthoscope ou d'un moniteur de fréquence cardiaque électronique approuvé par la FEI. Le stéthoscope ou le moniteur est appliqué sur le côté gauche de la paroi thoracique, au niveau du coude. Si la fréquence cardiaque est prise à l'aide d'un stéthoscope, elle est évaluée sur 15 secondes et multipliée par 4 pour être ramenée à 1 minute.

Lors de la prise de la fréquence cardiaque, il est interdit au cavalier d'interagir avec le cheval (se mettre à genoux, lui baisser la tête, le nourrir, le caresser ...).

- *Evaluation de l'indice de récupération cardiaque (IRC) (Ridgway 1991)*

La fréquence cardiaque est mesurée comme expliquée au paragraphe précédent puis le cheval effectue un aller-retour au trot sur une piste de 40 mètres. Le vétérinaire déclenche un chronomètre au départ du trotting et l'arrête après une minute. Après cette minute, le vétérinaire effectue une prise de fréquence cardiaque sur 60 secondes à l'aide d'un stéthoscope. La différence entre le premier et le deuxième rythme cardiaque est l'IRC. La deuxième prise de fréquence cardiaque (avec un stéthoscope), permet également de déterminer la présence de souffles cardiaques ou d'anomalies de rythme.

- *Evaluation du système respiratoire*

Le vétérinaire évalue le rythme et de la qualité de la respiration.

- *Evaluation du statut métabolique et de l'état général*

Le vétérinaire évalue les caractéristiques des muqueuses, le temps de remplissage capillaire, l'activité intestinale (bruits intestinaux), l'état d'hydratation estimé et le comportement général. Le vétérinaire évalue également toute douleur ou sensibilité à la palpation des muscles du dos. Il vérifie qu'il n'y ait pas de blessures mineures, y compris autour de la bouche et au niveau de la selle.

Si du sang est visible sur le cheval lors d'une inspection, celui-ci doit obligatoirement être examiné par un panel de trois vétérinaires qui détermine si cela met en danger le cheval ou son bien-être et si la poursuite de la course peut être maintenue. Le vétérinaire délégué doit alors le signaler dans le rapport vétérinaire de l'évènement.

- *Evaluation des allures*

Le cheval effectue un aller-retour au trot sur une ligne de 40 m, sans flexion préalable. Le sol doit être plan et ferme. Si un doute est présent, le vétérinaire de ligne demande à un panel de trois vétérinaires d'observer le cheval. A la suite d'un nouveau *trotting*, les trois vétérinaires effectuent un vote pour décider ou non de la qualification du cheval. Un vétérinaire peut demander à revoir trotter le cheval au maximum trois fois. S'il n'est pas possible de juger après trois allers-retours (présentation incorrecte, irrégularité), le cheval n'est pas qualifié.

Lors de l'examen des allures, le cavalier ne doit pas restreindre le mouvement de tête du cheval mais laisser la longe détendue.

c. Le contrôle vétérinaire final

Les chevaux doivent être présentés avec une fréquence cardiaque inférieure ou égale à 64 bpm dans les 20 minutes suivant la traversée de la ligne d'arrivée de la dernière boucle.

Le contrôle vétérinaire final s'effectue avec la même méthodologie que les contrôles intermédiaires. Cependant, le cheval ne peut être présenté 2 fois au contrôle vétérinaire dans les 20 minutes réglementaires. S'il se présente et que sa fréquence cardiaque est supérieure à 64 bpm, il est éliminé. De plus, un panel de trois vétérinaires ainsi que la présence du président du jury est systématique à chaque évaluation des allures. Un vétérinaire membre du panel peut demander à revoir le *trotting* une seule fois avant le vote.

C. Les éliminations en course d'endurance

a. Les motifs d'élimination

Les non-qualifications sont dues à plusieurs motifs décrits par des codes listés dans le Tableau 2 ; les dix causes d'élimination sont quant-à-elles regroupés dans le Tableau 3.

Tableau 2 : Code, intitulé et signification des différents motifs de non qualification sur les courses d'endurance (Fédération Equestre Internationale, 2020c)

Code	Intitulé	Signification
WD	Withdrawn	Le participant s'est retiré avant le premier contrôle vétérinaire (= forfait)
RET	Retired	Le participant s'est retiré après le premier contrôle vétérinaire (= abandon)
DSQ	Disqualified	Le participant est disqualifié. La liste des motifs de disqualification est présente dans le règlement FEI.
FNR	Finished Not Ranked	Le participant finit la course mais n'est pas classé.
FTQ	Failed To Qualify	Le participant est éliminé.

Tableau 3 : Code, intitulé et signification des différents motifs d'élimination sur les courses d'endurance (Fédération Equestre Internationale, 2020c)

Code	Intitulé	Signification
GA	Irregular Gait	Boiterie, allures irrégulières, problème articulaire, blessure aux membres
MI	Minor Injury	Douleur, blessure légère
CI	Catastrophic Injury	Blessure très grave
SI	Severe Injury	Blessure grave
ME	Metabolic	Trouble métabolique (FC trop élevée, déshydratation, ...)
ME TR	Metabolic invasive Treatment	Trouble métabolique qui nécessite un traitement invasif
GA + ME	Irregular Gait + Metabolic	Boiterie ou allures irrégulières et trouble métabolique
GA + ME TR	Irregular Gait + Metabolic with invasive treatment	Boiterie ou allures irrégulières et trouble métabolique qui nécessitent un traitement invasif
OT	Out of Time	Le participant n'est pas arrivé dans le temps imparti
FTC	Failed To Complete	Le participant a passé le contrôle vétérinaire mais n'a pas achevé la boucle

b. Prévalence des éliminations en course d'endurance à vitesse libre

Sur les courses à vitesse libre, plus de la moitié des partants peuvent être éliminés (Meyrier, 2003 ; Younes *et al.*, 2013). Selon une étude réalisée entre 1990 et 1998 sur 308 courses, 62,6 % des chevaux se sont qualifiés sur les courses de 80 à 110 km et seulement 46,2 % sur les courses de 160 km (Burger et Dollinger, 1998).

Les causes d'élimination les plus fréquentes sont les boiteries et les troubles métaboliques (Burger et Dollinger, 1998 ; Langlois et Robert, 2008 ; Nagy *et al.*, 2010 ; Fielding *et al.*, 2011 ; Adamu *et al.*, 2012a ; Younes *et al.*, 2013 ; Adamu *et al.*, 2013).

En effet, dans la première étude réalisée en 1998 (Burger et Dollinger, 1998), il est montré sur 7 117 chevaux que 50 % d'entre eux sont éliminés dont 62,7 % pour boiterie et 24 % pour des

troubles métaboliques. Dans l'étude de Nagy *et al.*(2010) 54% des 4326 chevaux engagés sur des courses FEI sont éliminés : 69,2 % pour cause de boiterie et 23,5 % pour des raisons métaboliques. L'étude de Younes réalisée sur 7033 partants en courses de 80 à 160 km, dont 39 % sont éliminés, montre que les causes d'élimination sont de 64,5 % pour les boiteries et de 14,3 % pour les troubles métaboliques. Cette même étude ajoute que 60 % des éliminations ont lieu aux 2^e et 3^e contrôles vétérinaires. Cela est confirmé plus tard par le même auteur (Younes *et al.*, 2016). L'étude de Fielding *et al.* (2011), menée sur toutes distances de courses (*i.e.* vitesses imposées et vitesses libres) présente des résultats similaires mais des proportions d'éliminations plus faibles. En effet, sur 3 493 chevaux, 18,9 % sont éliminés : 8,9 % pour boiterie et 4,2 % pour raisons métaboliques.

D'autres études viennent nuancer ces résultats en montrant une prévalence plus importante des troubles métaboliques comparée à celle des boiteries (Adamu *et al.*, 2013). Sur une course d'endurance de 120 km au cours de laquelle 14 chevaux sont éliminés, 71 % le sont pour cause métabolique et 29 % pour boiterie. Ce résultat est expliqué par une typographie de la course plus confortable pour les chevaux. Une autre étude du même auteur, sur une course d'endurance comprenant 67 partants et 48 éliminés, montre que 53,7 % sont éliminés pour des troubles métaboliques et 17,9 % pour boiterie (Adamu *et al.*, 2012a). Dans les deux cas, les courses se déroulaient en Malaisie, où le climat est chaud et humide.

2. Données de courses recueillies et leurs associations à un état de fatigue

A. Les données de course recueillies

De nombreuses courses utilisent l'ATRM System (Automatic Timing and Race Management Systems) (ATRM 5 [Logiciel], 2018). Il s'agit d'un système récupérant et gérant les données de chronométrage automatique ainsi que la fréquence cardiaque. Il a notamment été utilisé aux jeux équestres mondiaux de 2014 en Normandie. Les résultats se présentent sous la forme de la figure 1.

Figure 1 : Présentation des données recueillies via le site ARTM System pour un concurrent lors des courses d'endurance utilisant ce logiciel (ATRM 5 [Logiciel], 2018)

RANK	NUM.	AV. SPEED	NAT.	PHASE	RANK	ARRIVAL	IN TIME	RECOV. T.	PH. SPD	BPM	AV. SPD	TOTAL REC.	LAP/LEAD
1	090	19.647		1	1	07:54:18	07:55:41	00:01:23	19.709	53/50	19.709	00:01:23	00:00:00
				2	1	10:30:19	10:32:15	00:01:56	19.045	53/48	19.376	00:03:19	00:00:00
			9	3	1	12:27:15	12:29:19	00:02:04	19.464	40/44	19.398	00:05:23	00:00:00
				4	1	14:22:35	14:28:54		20.864	53/53	19.647		00:00:00
Total Riding Time: 06:12:35													

Le système rend disponible pour chaque boucle (PHASE) le classement (RANK), l'heure d'arrivée de la boucle (ARRIVAL), l'heure d'entrée au contrôle vétérinaire (IN TIME), le temps de récupération (RECOV. T.), la vitesse sur la boucle (PH.SP.D), la fréquence cardiaque au contrôle (BPM), la vitesse moyenne depuis le début de la course (AV. SPD), le temps total de récupération (TOTAL REC.), le temps le séparant du premier du classement (LAP/LEAD) et enfin le temps total de course (*Total Riding Time*).

B. Lien entre les données de course et l'état de fatigue des chevaux d'endurance.

Les données de courses se répartissent en deux catégories : des critères cliniques mesurés (FC, TRC, temps de récupération, ...) et des variables recueillies (vitesse, classement, distance

parcourue, ...). Parmi les variables recueillies, certaines seront, comme nous le verrons par la suite, des facteurs de risque conduisant à la fatigue chez les chevaux d'endurance.

a. Critères cliniques traduisant la fatigue chez les chevaux d'endurance

Nous avons pu voir que les chevaux font l'objet d'un contrôle rigoureux en course d'endurance via les contrôles vétérinaires. Ces contrôles aboutissent à des éliminations nombreuses. Ces éliminations peuvent être associées à un état de fatigue important et parfois un syndrome d'épuisement (Foreman, 1998).

L'épuisement est la résultante d'une production de chaleur importante par les muscles, d'une déshydratation, d'un désordre électrolytique dû à la perte de sueur et d'une production d'acide lactique (Nagy *et al.*, 2012). C'est que l'on appellera les « troubles métaboliques ». Les mécanismes physiologiques, ainsi que les paramètres hématologiques et biochimiques de ces troubles ne seront pas abordés dans cette thèse.

La fatigue se traduit par des signes cliniques identifiables à l'examen (Foreman, 1998) :

- une température élevée ;
- une fréquence cardiaque et respiratoire élevées ;
- une faiblesse générale ;
- une anorexie (y compris une adipsie) ;
- une déshydratation : évaluée par un manque de turgescence cutanée (augmentation du temps de pli de peau), un temps de recoloration capillaire trop élevé, des muqueuses sèches et pâles, des urines très concentrées et des excréments secs. Dans les cas très graves, il peut y avoir un enfoncement des yeux dans le globe oculaire ;
- un refus ou une réticence à continuer l'exercice ;
- des signes de colique et de la diarrhée peuvent apparaître plus rarement.

Un SDF (Synchronous Diaphragmatic Flutter) peut être présent lors de fatigue. Il correspond à une contraction du diaphragme synchrone des battements cardiaques (Foreman, 1998 ; Robert, 2013). Le SDF est provoqué par à un désordre électrolytique.

Notons que la relation entre boiterie et troubles métaboliques est complexe. Certaines boiteries sont en fait d'origine musculaire et traduisent un défaut de perfusion des muscles, avec inflammation locale, chaleur, douleur et parfois lyse (myoglobulinurie). D'autres boiteries sont d'origine ostéo-articulaire ou tendineuse ; leur origine peut être purement mécanique ou inflammatoire, mais elles peuvent être favorisées par la déshydratation qui diminue l'élasticité des tissus. Par ailleurs, la compensation d'une boiterie sur de longues distances peut favoriser l'apparition de troubles métaboliques.

L'ensemble de ces signes cliniques peuvent se détériorer jusqu'à un état de choc (Foreman, 1998) nécessitant une prise en charge médicale en urgence.

b. Lien entre les critères cliniques traduisant la fatigue et l'élimination chez les chevaux d'endurance

Le taux de lactate sanguin est un très bon indicateur de l'état de fatigue : un excès de lactates indique que le métabolisme aérobie, utilisé lors de l'effort d'endurance, est dépassé et que le métabolisme anaérobie avec production de lactate s'est mis en place (Robert, 2012). Une première étude confirme que le taux de lactate est un bon indicateur de fatigue. Ce taux de lactate est en effet significativement plus élevé chez les chevaux éliminés que chez les chevaux qualifiés (Adamu *et*

al., 2012b). Une seconde étude confirme ces résultats en démontrant une forte corrélation entre le taux de lactate sanguin et le temps de récupération (Robert, 2012). Ce dernier serait donc aussi un indicateur de l'état de fatigue des chevaux d'endurance (Younes et al. 2013).

De plus, une étude réalisée sur une course d'endurance de 120 km, a comptabilisé 14 chevaux classés et 31 chevaux éliminés (Adamu *et al.*, 2013). Par rapport aux chevaux classés, les éliminés, présentent augmentation de la fréquence cardiaque, persistance du pli de peau, pâleur des muqueuses, baisse de la motilité intestinale, augmentation du temps de recoloration capillaire (TRC).

Une autre étude (Younes *et al.*, 2013) obtient les mêmes conclusions. En effet, sur des courses de 80 à 160 km regroupant 7033 partants, les résultats montrent un temps de récupération plus long et une fréquence cardiaque de récupération plus élevée chez les chevaux éliminés. La fréquence cardiaque de récupération augmente avec la longueur de la course (entre de 80 à 160 km). Les chevaux éliminés pour raison métabolique ont un temps de récupération plus long, et une fréquence cardiaque plus élevée dès la première étape de la course (Younes *et al.*, 2013). Cela est confirmé par une seconde étude (Younes *et al.*, 2016) qui a mis en évidence un temps de récupération et une fréquence cardiaque plus élevée chez les chevaux éliminés pour troubles métaboliques lors des deux premières boucles.

Robert *et al.* (2002), mettent en évidence, que le taux d'élimination est significativement plus élevé chez les chevaux qui ont une fréquence cardiaque supérieure à 60 bpm à la réinspection. Par ailleurs, un Indice de Récupération cardiaque (CRI) supérieur à quatre est plus fréquemment observé chez les chevaux éliminés qui ont une fréquence cardiaque supérieure à 60 bpm.

L'étude de Schott *et al.* (2006) ne met pas en évidence de différence de fréquence cardiaque entre les chevaux classés et éliminés, mais l'effectif étudié est très faible (12 éliminés dont 10 pour boiterie).

L'étude de Fielding *et al.* (2011) montre que le risque d'élimination est augmenté en fonction de la longueur de la course et que cela se traduit par une augmentation de la fréquence cardiaque, ainsi que de le CRI, chez les chevaux éliminés. Ils ajoutent à cela une augmentation du temps de recoloration capillaire, et une diminution des bruits digestifs. La distance parcourue apparaît donc comme un facteur de risque. L'élimination est alors provoquée par une fatigue excessive qui s'objective par la fréquence cardiaque de récupération et le temps de récupération.

Dans une thèse vétérinaire s'intéressant au suivi clinique des chevaux d'endurance (Séna, 2007), des critères cliniques significativement associés à la nécessité de soin à l'issue de la course ont été mis en évidence :

- un temps de récupération plus élevé ;
- des allures irrégulières au premier contrôle ;
- une fréquence respiratoire élevée avant le départ de la course ;
- une coloration pâle des muqueuses et un TRC augmenté à partir du troisième contrôle ;
- une persistance du pli de peau à partir du deuxième contrôle.

Une étude s'est intéressée au temps de récupération cardiaque et à la fréquence cardiaque pour prédire une élimination au contrôle vétérinaire suivant (Younes *et al.*, 2015). Il en ressort qu'un cheval a 70% de chances d'être éliminé au contrôle suivant si son temps de récupération cardiaque

est supérieur à 11 minutes pour atteindre une FC inférieure à 65 bpm au contrôle vétérinaire 1 ou 2, ou à plus de 13 minutes au contrôle vétérinaire 3 ou 4. Le temps de récupération et la fréquence cardiaque pourraient donc être de bons indicateurs pour prédire la fatigue chez les chevaux d'endurance.

c. Variables recueillies lors des courses, associées à la fatigue et à l'élimination de la course chez les chevaux d'endurance

Il a précédemment été remarqué que la distance parcourue en course était un facteur de risque d'élimination (Fielding *et al.*, 2011). L'étude de Nagy *et al.* (2013) confirme l'impact de la distance sur les éliminations avec une proportion de chevaux éliminés d'autant plus élevée que les distances parcourues sont longues (120-160 km). Cette même étude indique, par ailleurs, que les éliminations pour troubles métaboliques ont lieu plutôt tard dans la course, alors que les éliminations pour boiterie sont uniformément réparties pendant la course.

L'impact de la distance est également confirmé par d'autres études (Younes *et al.*, 2016 ; Di Battista *et al.*, 2019 ; Legg *et al.*, 2019) qui ont mis en évidence une augmentation de la fréquence d'éliminations, aussi bien métaboliques que pour boiterie, avec l'augmentation de la distance. Legg *et al.* (2019) ont montré que les éliminations sont plus fréquentes lorsque les courses ont une distance supérieure à 100 km alors qu'elles sont moins fréquentes sur les courses dont la distance est inférieure. Ils ont par ailleurs montré une différence entre les courses nationales et internationales. Di Battista *et al.* (2019) ont, quant à eux, montré une augmentation des éliminations selon la catégorie de la course au niveau international (CEI*/CEI**/CEI***). Or, les niveaux de courses sont corrélés aux distances. Cependant, cette augmentation des éliminations peut également être due à des différences d'objectifs des cavaliers sur les courses (promenade/qualification/classement) (Legg *et al.*, 2019).

La fréquence d'éliminations est plus élevée chez les chevaux plus âgés (à partir de 10 ans) (Nagy *et al.*, 2012 ; Adamu *et al.*, 2013 ; Younes *et al.*, 2016 ; Di Battista *et al.*, 2019 ; Legg *et al.*, 2019). Selon les études, l'augmentation de l'âge est significativement corrélé à l'augmentation des éliminations, toutes causes confondues (Younes *et al.*, 2016), ou seulement pour les éliminations métaboliques (Legg *et al.*, 2019) ou les éliminations pour boiterie uniquement (Di Battista *et al.*, 2019). Les races autre que Pur-Sang Arabes ont un risque d'élimination également plus élevé (Fielding *et al.*, 2011).

La provenance des chevaux associée au type d'entraînement, à l'état de santé des chevaux, à la génétique, à la gestion nutritionnelle, à l'inaptitude des cavaliers à détecter les signes de fatigue, sont des facteurs qui influent sur le risque d'éliminations (Adamu *et al.*, 2013).

D'autres variables individuelles semblent favoriser les troubles métaboliques : les juments en chaleurs, les chevaux de grande taille ainsi que les chevaux plus gras (Langlois et Robert, 2008).

Une fréquence trop importante de courses dans un temps limité est également un facteur de risque d'élimination pour trouble métabolique (Nagy *et al.*, 2013). C'est pour cela que la FEI impose un temps de repos entre chaque course, qui est adapté en fonction de la distance de la course et des éventuels traitements reçus (Fédération Equestre Internationale, 2020c). Les chevaux aux carrières longues seraient également à risque de développer des troubles métaboliques (Langlois et Robert, 2008).

La qualité du sol également peut être un facteur qui influe sur la fatigue. Ainsi, un sol profond ou une course dans le sable contribue à l'épuisement des chevaux (Nagy *et al.*, 2013).

Un changement climatique ou d'altitude entre le lieu d'entraînement et le lieu de la course sont des éléments défavorables qui favorisent l'élimination des chevaux. En effet, l'état de fatigue est corrélé à la température ambiante et à l'humidité (Foreman, 1998 ; Robert, 2013 ; Di Battista *et al.*, 2019). Ces derniers facteurs, s'ils sont élevés, augmentent le risque de déclencher un syndrome d'épuisement (Foreman, 1998). Si une course a lieu sous une température supérieure à 25°C et une humidité de 70 %, les troubles métaboliques pourraient être responsables de la moitié des éliminations (Robert, 2013). Une acclimatation du cheval et un bon entraînement sont donc indispensables. Cependant, même chez un cheval bien acclimaté, une température et une humidité élevées peuvent entraîner un épuisement car ces conditions rendent difficile l'évacuation de la chaleur produite par les muscles (Hodgson *et al.*, 1994 ; Foreman, 1998).

Par ailleurs, il est noté dans une étude que la présence de pluie augmente de façon significative les éliminations pour boiterie (Di Battista *et al.*, 2019). A l'inverse, un temps chaud et sec provoque des sols plus durs et pourrait également augmenter le risque d'éliminations pour boiteries (Legg *et al.*, 2019).

En ce qui concerne la vitesse, l'analyse est complexe. Certains auteurs rapportent une vitesse plus faible chez les chevaux éliminés que chez les chevaux classés (Adamu *et al.*, 2012b ; Younes *et al.*, 2013 ; Adamu *et al.*, 2013). Cela pourrait être attribué au fait qu'un cheval en forme va plus vite qu'un cheval fatigué (Adamu *et al.*, 2013). D'autres auteurs rapportent une vitesse plus élevée chez les chevaux éliminés que chez les chevaux classés (Nagy *et al.*, 2010). La vitesse moyenne serait plus élevée chez les chevaux éliminés pour boiterie que ceux éliminés pour raison métabolique (Younes *et al.*, 2013). En fait, une analyse plus fine des vitesses tout au long de la course permet de comprendre la relation entre vitesse et élimination.

Une étude récente réalisée sur 35 061 chevaux entre 2012 et 2015 (Bennet et Parkin, 2018) a mis en évidence qu'une vitesse rapide sur les 1^{ère} et 2^{ème} boucles était associée à un risque d'élimination accru. En revanche, les auteurs ont observé qu'une diminution soudaine de la vitesse à la troisième boucle était également associée de façon accrue à l'élimination. Les chevaux éliminés présenteraient donc des vitesses plus élevées en début de course mais plus faibles sur la boucle où ils sont éliminés. Ceci est confirmé par une autre étude sur 7 032 chevaux (Younes *et al.*, 2016) où il est montré que les chevaux éliminés affichent une vitesse plus élevée lors de la première étape de la course.

Une autre étude réalisée sur 389 chevaux pendant 24 courses (Marlin et Williams, 2017), a mis en évidence des résultats similaires. De manière générale, les chevaux éliminés présentent une vitesse sur la 1^{ère} boucle plus élevée que les chevaux ayant terminé la course. En revanche, la vitesse est réduite aux boucles suivantes pour les chevaux éliminés. A l'inverse, les chevaux ayant été classés ont présenté une vitesse de 1^{ère} boucle plus lente, mais des vitesses plus rapides pour les boucles suivantes que ceux éliminés.

Nagy *et al.* (2012) émettent l'hypothèse que le risque d'élimination résulte de la combinaison de plusieurs facteurs (vitesse et facteurs environnementaux comme le terrain ou les conditions météorologiques) et non uniquement la vitesse.

Nagy *et al.* (2010, indiquent une augmentation des éliminations pour troubles métaboliques lorsque le nombre de participants à une course est élevé. En effet, les courses avec plus de 100

partants montraient une augmentation du nombre d'éliminations dues à des problèmes métaboliques en comparaison avec les courses comprenant moins de partants. Une autre étude montre que la fréquence d'élimination (métabolique comme pour boiterie) est plus élevée lorsque le nombre de partants est élevé (Di Battista *et al.*, 2019).

C. Conclusion sur les données de course recueillies et leurs associations à un état de fatigue

Ainsi les éliminations, aussi bien pour raison métabolique que pour boiteries, reposent sur des critères cliniques associés de façon scientifique à la fatigue. Ces critères sont récapitulés dans le Tableau 4.

Par ailleurs, des variables liées au cheval ou aux conditions de course, peuvent influencer la forme d'un cheval et donc sa prédisposition à surmonter ou non les efforts nécessaires pour terminer une course d'endurance. Ces variables sont des facteurs de risque qui sont regroupés dans le Tableau 5.

Enfin certains critères cliniques et certains facteurs de risques sont plus souvent associés aux éliminations pour troubles métaboliques (fréquence cardiaque, temps de récupération), tandis que d'autres sont associés aux éliminations pour boiterie (état des sols).

Les critères cliniques sont évalués lors des contrôles vétérinaires et permettent donc d'évaluer l'état de fatigue du cheval et de décider de l'élimination. Cependant, il arrive encore que la fatigue ne soit pas décelée assez tôt. En effet, sur 2 832 partants entre 2007 et 2008, 435 chevaux (15 %) ont nécessité des soins vétérinaires, dont 47 pour des signes de coliques (deux d'entre eux nécessitant une chirurgie) (Alexander et Haines, 2012).

Une autre étude sur 16 courses en 2003, a montré que 10,5% en moyenne des participants ont nécessité des traitements pour troubles métaboliques (Langlois et Robert, 2008). Ces troubles métaboliques étaient une déshydratation associée à une faible récupération, des coliques, un épuisement, des myopathies, un SDF, des fourbures et des coups de chaleur.

Afin de compléter les outils actuels dont disposent les vétérinaires pour évaluer l'état de forme des chevaux, la suite de ce travail vise ainsi à étudier la pertinence de l'observation des expressions faciales dans la détection précoce de la fatigue.

Tableau 4 : Ensemble des critères cliniques marqueurs de la fatigue (Foreman, 1998 ; Robert, 2013)

Critères cliniques traduisant la fatigue
fréquence cardiaque* et respiratoire élevée
temps de récupération élevé*
indice de récupération cardiaque élevé*
température corporelle élevée
dépression générale
anorexie (y compris une adipsie)
augmentation du temps persistance de pli de peau
augmentation du temps de recoloration capillaire
muqueuses sèches et congestionnées
urines très concentrées et excréments secs
boiterie ou irrégularité
crampe musculaire, durcissement, raideur, douleur à la palpation et sudation focale
baisse de la motilité intestinale
coliques/diarrhée

*Données accessibles via le système ATRM

Tableau 5 : Ensemble des facteurs de risque associés à la fatigue (Hodgson *et al.*, 1994 ; Foreman, 1998 ; Langlois et Robert, 2008 ; Nagy *et al.*, 2010 ; Fielding *et al.*, 2011 ; Nagy *et al.*, 2012 ; Adamu *et al.*, 2012b ; Adamu *et al.*, 2012b ; Nagy *et al.*, 2013 ; Younes *et al.*, 2013 ; Younes *et al.*, 2016 ; Bennet et Parkin, 2018 ; Di Battista *et al.*, 2019 ; Legg *et al.*, 2019)

Facteurs de risques liés à la course	Facteurs de risque liés au cheval
distance parcourue	âge
état des sols (sols profonds, sable, dur)	poids
température et humidité ambiantes	race
nombre de partants	taille
catégorie de la course (CEI*, CEI**, ...)	jument en chaleur
vitesse élevée en début de course	provenance (type d'entraînement, état de santé, génétique, gestion nutritionnelle, expérience des cavaliers)
	fréquence de courses trop rapprochée
	nombre de saisons d'endurance effectué

3. Les expressions faciales chez les chevaux dans l'évaluation de la douleur

Depuis quelques années, les expressions faciales sont utilisées dans différentes espèces pour évaluer la douleur. En 1978, un livre regroupant l'ensemble des expressions faciales chez l'Homme traduites en unités d'action a été édité (FACS : Facial Action Coding System). Les unités d'actions correspondent à un mouvement de la face précis, qui est provoqué par la contraction d'un muscle ou d'un groupe de muscles (Ekman et Friesen, 1978). Par la suite, ces unités d'action ont été utilisées chez d'autres espèces telles que les primates (chimpanzé, gibbon, orang outan, macaque) (Vick *et al.*, 2007 ; Waller *et al.*, 2012 ; Caeiro *et al.*, 2013 ; Julle-Danière *et al.*, 2015) ou les animaux domestiques (chiens, chats) (Waller *et al.*, 2013 ; Caeiro *et al.*, 2017). Le FACS est un outil très utile dans différents domaines : l'étude de la phylogénie, la domestication, l'étude des propriétés cognitives, l'étude des comportements sociaux et écologiques (Waller *et al.*, 2020).

La douleur chez un patient humain n'est pas toujours facile à analyser et évaluer lorsque le langage verbal n'est pas disponible. Le FACS a par exemple été utilisé pour l'évaluation de la douleur chez le nourrisson (Ahola Kohut *et al.*, 2012). Il est également utilisé chez des modèles animaux tels que les rats (Sotocinal *et al.*, 2011) ou très récemment sur les ânes (van Dierendonck *et al.*, 2020), ceux-ci exprimant particulièrement peu la douleur.

En ce qui concerne les chevaux, de la même façon que pour les autres espèces, Wathan *et al.*, (2015) reprennent la myologie de la tête pour classer ces expressions et mouvements faciaux en unités d'action d'un muscle ou d'un groupe de muscles dans leur article EquiFACS. Ce document répertorie tous les mouvements faciaux des chevaux, et s'accompagne d'une banque de vidéos les illustrant. La première grille d'échelle des expressions faciales pour traduire la douleur a été publiée en 2014 par Emanuela Dalla Costa (Dalla Costa *et al.*, 2014). D'autres études ont suivi celle-ci, visant à démontrer une corrélation entre les expressions faciales et un état de douleur ou de stress chez les chevaux (van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; Gleerup *et al.*, 2015 ; Cheveau, 2018).

A. Présentation de la grille d'expression faciale établie par Emanuela Dalla Costa

La grille HGS (Horse grimace scale – Figure 2) a été proposée et validée par Dalla Costa *et al.*, (2014) : le HGS permet d'évaluer de manière fiable la douleur chez les chevaux ayant subi une chirurgie de castration.

Dans cette étude, 40 chevaux entiers sont présentés pour castration sous anesthésie générale et divisés en deux groupes : A- Castration avec injection de flunixin (anti-inflammatoire) immédiatement avant l'opération ; B- Castration avec injection de flunixin immédiatement avant l'opération et par voie orale 6 heures après l'opération. Un troisième groupe (C), témoin a été mis en place. Il comprend 6 chevaux qui ont été anesthésiés sans subir de castration mais uniquement des examens de routine non invasifs et indolores. Des scores de douleurs CPS (Composite Pain Scale) et HGS ont été établis juste avant, et 8 heures après l'intervention.

Aucune différence significative n'a été montrée entre les groupes A et B. Pour ces deux groupes, les scores CPS et HSG sont plus élevés après la castration qu'avant, et plus élevés que ceux du groupe C après anesthésie.

Figure 2 : Echelle d'expressions faciales traduisant la douleur chez les chevaux (Dalla Costa *et al.*, 2014).



En 2016, Emanuela Dalla Costa effectue une étude pour déterminer si cette grille peut être utilisée pour l'évaluation d'une douleur liée à une fourbure aiguë chez les chevaux. Dans cette étude, elle compare également les résultats obtenus à partir de l'exploitation de vidéos à ceux obtenus à partir d'images fixes (Dalla Costa *et al.*, 2016). Cette étude comporte 10 chevaux atteints de fourbure

aiguë qui n'ont reçu aucun traitement préalable. Les chevaux sont notés à partir de la grille HGS, à l'aide de vidéos de 15 secondes ne montrant que la tête, à l'admission et 7 jours après la mise en place des traitements (phénylbutazone, héparine, glace sur les pieds, bandages rembourrés des sabots, mouvement restreint avec une litière profonde en copeaux de bois). Parallèlement, la gravité de la fourbure est évaluée à l'aide de l'échelle Obel (Owens *et al.*, 1995) qui classe en 4 grades la douleur en fonction de l'intensité de la boiterie et par des vétérinaires qui évaluent l'intensité de la douleur à partir de leur propre expérience clinique (0 = pas de douleur ; 1 = douleur légère ; 2 = douleur modérée ; 3 = douleur sévère). Il a été observé une corrélation significative entre le grade d'Obel, le HGS et l'intensité de la douleur évaluée par les vétérinaires. De plus, la fiabilité inter-opérateurs du HGS est similaire sur les vidéos que sur les images fixes, sans différences significatives entre ces deux méthodes. Cela suggère qu'il est possible d'appliquer le HGS dans la pratique clinique en observant le cheval pendant une courte période. Cependant, Dalla Costa *et al.* (2016) expliquent que des études de validation supplémentaires sont nécessaires avant d'appliquer le HGS en clinique.

En 2017, Dalla Costa publie une étude pilote pour déterminer si le score de HGS peut être pertinent face à des états émotionnels divers autres que la douleur (Dalla Costa *et al.*, 2017). Pour cela une note est attribuée sur 12 à partir de la grille précédemment établie sur 7 chevaux dans des conditions expérimentales (positives comme négatives) différentes :

- nouvel environnement : le cheval est placé dans un box d'observation (nouveau box) pendant 10 minutes ;
- toilettage au garrot : l'expérimentateur gratte vigoureusement avec sa main au niveau du muscle trapèze ;
- anticipation de la récompense alimentaire : l'expérimentateur donne une récompense (morceau de carotte) au cheval plusieurs fois au même endroit et précédé d'un son (clicker). Le cheval est considéré comme conditionné quand il bouge ses oreilles vers l'expérimentateur lorsqu'il entend le son ;
- peur : ouverture d'un parapluie devant le cheval.

Le contrôle est effectué en filmant 10 minutes ces mêmes chevaux dans un environnement non perturbé. Cette étude montre une bonne fiabilité inter-opérateur sur les notes moyennes (ICC = 0,74). Dans toutes les conditions, le score de HGS est faible (\leq à 2/12) et les différences entre les groupes ne sont pas significatives. Il semble cependant que les oreilles vers l'arrière et la tension des muscles masticateurs soient plus élevés chez les chevaux soumis à la situation de peur. La fiabilité de cette étude est cependant limitée, du fait du faible nombre de chevaux inclus.

Le HGS apparaît donc fiable pour évaluer la douleur chez les chevaux mais à ce stade, l'échelle n'a pas été validée au moyen d'une deuxième étude avec des données indépendantes ou dans une étude avec un nombre suffisant de séquences vidéo (seulement 10 chevaux pour l'étude sur la fourbure). Ceci limite l'applicabilité clinique à ce stade (van Loon et Van Dierendonck, 2018).

B. Présentation d'autres grilles d'expressions faciales utilisées pour traduire la douleur.

a. Utilisation des expressions faciales pour traduire la douleur chez les chevaux au box

L'étude de Gleerup *et al.*, (2015) s'est intéressée aux expressions faciales de six chevaux de différentes races avec ou sans stimulus douloureux (application d'un garrot au niveau des muscles

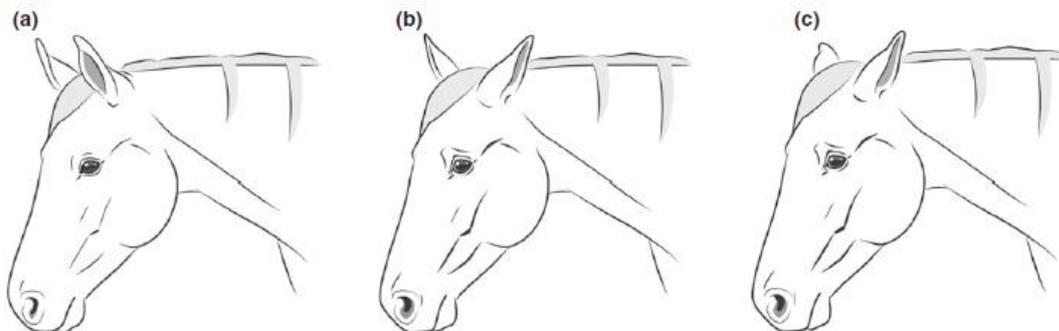
antébrachiaux pendant 20 minutes, application d'une crème irritante à base de capsaïcine sur la face externe du membre postérieur ou de l'épaule). Les expressions faciales, ci-dessous, sont observées via des enregistrements vidéo de 10 minutes :

- position des oreilles : orientation/rotation des oreilles, distance entre la base des oreilles ;
- contraction des muscles de la paupière supérieure : angulation de la paupière, apparition de la sclère de l'œil ;
- fixité de l'œil : regard fixe et intense ;
- tension/dilatation des narines : dilatation médio latérale des naseaux leur donnant une forme carrée ;
- tension des lèvres : augmentation du tonus des lèvres associé à la prononciation du menton et à une forme du museau en « V » ;
- tension des muscles zygomatiques et masticateurs : ces muscles sont visibles sur le côté de la tête, leur contraction peut être associée à des mâchoires serrées.

La description de ces expressions est visible en Annexe 3 et schématisée ci-dessous en Figure 3.

Figure 3 : Illustration des expressions faciales utilisées dans l'article de Gleerup *et al.*, 2015.

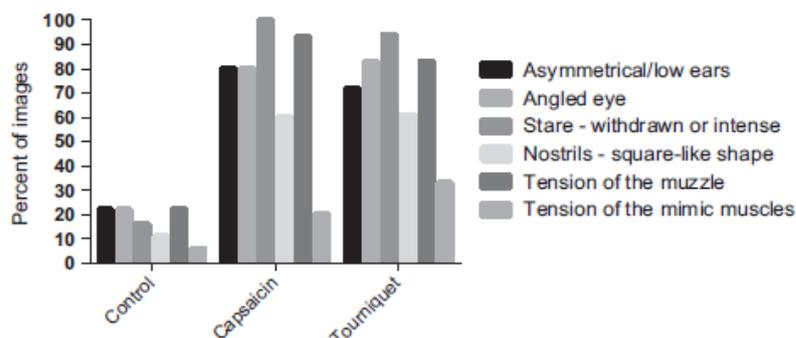
- a) *Expression faciale sans douleur, le cheval est détendu et attentif. (Illustration : Andrea Klintbjer)* b) *Expression faciale d'un cheval douloureux, comprenant toutes les caractéristiques de douleur, y compris la position asymétrique des oreilles. (Illustration : Andrea Klintbjer)* c) *Expression faciale d'un cheval douloureux, comprenant toutes les caractéristiques de douleur, y compris la position en arrière des oreilles. (Illustration : Andrea Klintbjer)*



Les résultats détaillés de cette étude sont présentés en Figure 4.

Figure 4 : Pourcentage des images montrant chaque expression faciale de douleur, dans les trois groupes contrôle, capsaïcine et garrot dans l'article de Glerup *et al.*, 2015.

Figure 9 The proportion of images showing each pain face feature. The proportions are grouped into the control, capsaicin and tourniquet trials.



Cette étude montre une modification significative des expressions faciales décrites chez les chevaux ayant reçu un stimulus douloureux.

D'autres échelles existent, telles que l'EQUUS-FAP (Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain), développée par l'Université Vétérinaire d'Utrecht (Tableau 6) qui est une grille utilisée pour étudier le lien entre les expressions faciales et la douleur chez des chevaux présentant des coliques (van Loon et Van Dierendonck, 2015).

Cette étude, réalisée sur 50 chevaux (25 chevaux présentant des coliques aiguës et 25 chevaux sains comme témoins) montre une bonne corrélation ($ICC = 0,93$, $P < 0,001$) entre deux opérateurs différents. Un extrait des résultats est disponible en Annexe 4.

. Elle montre que l'on peut appliquer cette grille pour évaluer les douleurs aiguës chez les chevaux souffrant de coliques. Les scores les plus élevés ont été relevés sur les coliques chirurgicales qui sont plus douloureuses. Les coliques traitées médicalement et donc moins douloureuses ont obtenu des scores plus faibles. Enfin, cette étude montre que l'évaluation des expressions faciales à l'aide de cette grille n'est pas influencée par l'âge, le sexe ou la race du cheval.

Une autre étude a abouti aux mêmes conclusions (Van Dierendonck et van Loon, 2016) à partir de 46 chevaux (23 présentant des coliques aiguës et 23 chevaux sains). Cette étude met de nouveau en évidence une différence significative des scores de notation des expressions faciales entre les deux lots. De plus les scores entre les chevaux traités chirurgicalement et médicalement sont eux aussi significativement différents.

Cette grille a également été validée sur des douleurs aiguës ou post opératoires localisées à la tête (douleurs dentaires, oculaires ou traumatismes crâniens) (van Loon et Van Dierendonck, 2017). L'étude réalisée sur 23 chevaux sains et 23 chevaux douloureux, met de nouveau en évidence une différence significative entre les scores des chevaux sains et ceux douloureux. De plus, les scores de douleur diminuent de façon significative dans les jours suivant une prise en charge chirurgicale.

Tableau 6 : Grille EQUUS-FAP (Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain) utilisée pour évaluer la douleur induite par les coliques chez les chevaux (van Loon et Van Dierendonck, 2015)

Tête	Mouvements normaux de la tête et intérêt pour l'environnement	0	
	Moins de mouvements	1	
	Pas de mouvement	2	
Paupières	Ouvertes, la sclère (blanc de l'œil) peut être visible quand il y a mouvement des yeux ou de la tête	0	
	Yeux plus ouverts ou au contraire resserrement des paupières. Bord du blanc de l'œil visible 50% du temps.	1	
	Yeux nettement plus ouverts ou au contraire resserrement net des paupières. Blanc de l'œil visible plus de 50% du temps.	2	
Attention	Attentif à l'environnement	0	
	Moins d'attention à l'environnement	1	
	Pas d'attention à l'environnement	2	
Naseaux	Relâchés	0	
	Un peu plus ouverts	1	
	Nettement plus ouverts, naseaux dilatés et éventuellement bruits de la respiration audibles	2	
Coins bouche et lèvres	Relâchés	0	
	Un peu relevés	1	
	Nettement relevés	2	
Tonus musculaire de la tête	Pas de fasciculations (contraction brève de fibres musculaires)**	0	
	Fasciculations de moyenne intensité	1	
	Fasciculations nettes	2	
Flehmen ou bâillement	Aucun	0	
	Observé	2	
Grincement de dent et/ou gémissement	Aucun	0	
	Entendu	2	
Oreilles	Position : orientation vers le son / réponse claire des 2 oreilles ou de l'oreille la plus proche du son	0	
	Réponse retardée ou réduite au son	1	
	Position: en arrière / pas de réponse au son	2	
Total sur 18	Score en général supérieur à 4 pour les chevaux en coliques, et parmi eux, score en général supérieur à 6 pour ceux qui ont eu une chirurgie ou ont été euthanasiés		

Enfin en 2019, cette même grille est utilisée pour l'évaluation des douleurs orthopédiques après un traumatisme ou après une chirurgie (van Loon et Van Dierendonck, 2019). Cette étude compte 77 chevaux (43 avec un traumatisme ou une blessure et 34 témoins). Tous les chevaux ont été évalués à l'arrivée et le premier et le deuxième jour après l'arrivée ou après la chirurgie. Les scores de douleur (CPS) et les notes d'expressions faciales à partir de l'EQUUS-FAP ont démontré une importante fiabilité inter-observateurs ainsi que des différences significatives entre les chevaux témoins et les chevaux présentant un traumatisme. Ces derniers ont des scores de douleur significativement supérieurs aux chevaux en post-opératoire et les scores de douleur pour ces deux catégories présentent une diminution significative après administration d'anti-inflammatoires. Les scores de CPS et EQUUS-FAP s'avèrent donc valides dans l'évaluation objective et reproductible de la douleur associée à l'inflammation chez les chevaux présentant des douleurs orthopédiques suite à un traumatisme ou une opération.

L'utilisation de la grille EQUUS-FAP s'est faite à partir de vidéos ou d'observations directes sur des périodes de 10 minutes pour les douleurs de colique et les douleurs orthopédiques et sur des périodes de 2 minutes pour les douleurs de la tête.

La grille EQUUS-FAP est reprise et adaptée chez les ânes en EQUUS-DONKEY-FAP (van Dierendonck *et al.*, 2020). Le but est d'établir une grille fiable pour l'évaluation de la douleur pour tout type de douleur. L'étude est effectuée à partir de vidéos sur 264 ânes, dont 12 présentant des coliques aiguës, 25 des douleurs orthopédiques aiguës, 18 des douleurs aiguës localisées à la tête (problème oculaire ou dentaire), 24 des douleurs post opératoires et 185 témoins. Cette étude montre de nouveau une bonne fiabilité entre les observateurs. L'utilisation des expressions faciales montre une bonne sensibilité pour les douleurs aiguës de colique et les douleurs aiguës de la tête mais modérée pour les douleurs orthopédiques et postopératoires.

Une thèse de doctorat vétérinaire (Cheveau, 2018), s'est quant à elle intéressée à l'effet de la musique classique diffusée via un bonnet audio sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques en évaluant les expressions faciales des chevaux. Dans cette étude, trois paramètres ont été jugés pertinents pour analyser le stress des chevaux sédatisés :

- la tension et l'angle du sourcil ;
- l'ouverture de l'œil ;
- le plissement et l'ouverture du naseau.

Bien que ces paramètres semblent cliniquement pertinents, un manque de puissance statistique ne permet pas de conclure quant à une différence significative des expressions faciales dans des situations de stress.

b. Les expressions faciales pour traduire la douleur chez les chevaux montés

Il existe des études des expressions faciales chez les chevaux montés, pour traduire la douleur sur le terrain (van Loon et Van Dierendonck, 2018).

Les expressions faciales des chevaux montés ont été décrites une première fois par Mullard *et al.* (2017). Ces auteurs ont mis en place un éthogramme regroupant des FEReq (Facial Expressions of Ridden horse). La description de ces FEReq est disponible dans le Tableau 7 et illustrée dans la Figure 5. Les notations sont mises en place à l'aide de photographies.

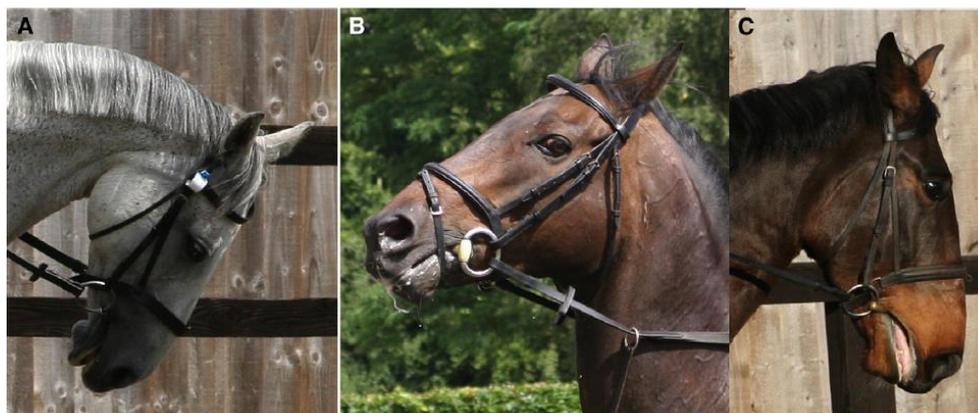
Tableau 7 : Caractéristiques de l'expression faciale pour l'évaluation des chevaux montés (Mullard *et al.*, 2017)

(grades : 0 = pas visualisable ; 1 = non présent ; 2 = présent)

Localisation	Description du comportement
Yeux	Yeux ronds vs yeux en amande avec tension du <i>muscle levator anguli oculi medialis</i> . Yeux ouverts ou semi-fermés. Expression des yeux (normal ou intense ou impossible à dire). Sclère visible.
Oreilles	Oreilles en avant : dressées et parallèles, tournées vers l'avant ; dressées, tournées vers l'extérieur ; une dressée vers l'avant et une dressée sur le côté ; une dressée sur le côté et une en arrière ; une dressée vers l'avant et une en arrière ; les deux oreilles en arrière.
Bouche	Bouche fermée : langue sortie mais lèvres fermées ; lèvres espacées mais ne montrant pas les dents ; lèvres ouvertes montrant les dents ; lèvres ouvertes montrant les dents apposées et les gencives ; bouche ouverte avec les dents légèrement séparées mais ne laissant pas voir la langue ; bouche ouverte avec les dents largement séparée mais ne laissant pas voir la langue ; bouche ouverte avec les dents exposées et largement séparées, avec la langue hors de la cavité buccale. Mâchoire croisée : dents supérieures et inférieures non alignées. Salivation : visualisable ou non. Lèvre supérieure : alignée avec la lèvre inférieure ; lèvre étendue. Lèvre inférieure : détendue ; tendue, se courbant avec proéminence du menton. Langue : dans la bouche ; bout de langue visible ; grande partie de la langue sortie sans visualisation des dents ; grande partie de la langue sortie et visualisation des dents.
Naseaux	Naseaux : en forme de larme ou ovales ou arrondis et anguleux ; présence de rides ; tirés d'un côté.
Tête	Position de la tête : tête dressée et droite ; tête inclinée d'un côté ; tête tournée. Chanfrein : angulation jusqu'à 10° derrière la verticale ; angulation > 10-30° derrière la verticale ; angulation > 30° derrière la verticale ; angulation jusqu'à 10° devant la verticale ; angulation > 10-30° devant la verticale ; angulation > 30° devant la verticale.

Figure 5 : Illustrations des expressions faciales sur les chevaux montés (Mullard *et al.*, 2017)

Traduction : Images latérales de tête de 3 chevaux d'essais. En (A), l'oreille droite est dressée avec le pavillon tourné vers l'extérieur. L'oreille gauche est en avant. L'œil droit est ouvert. La sclère est invisible. La bouche est légèrement ouverte mais la langue, les dents et les gencives ne sont pas visibles. La salivation est présente. La lèvre inférieure est tendue et inclinée et la lèvre supérieure est allongée et inclinée. Le chanfrein présente une angulation > 30 ° derrière la verticale. En (B), les deux oreilles sont en arrière. L'œil gauche est ouvert, en forme d'amande avec une tension du muscle *levator anguli oculi medialis*. La sclère est visible. Le naseau gauche est arrondi et anguleux avec un élargissement médio-latéral et présence d'une ride entre les narines. La bouche est fermée. La salivation est présente. La lèvre inférieure est alignée avec la lèvre supérieure. L'angulation du chanfrein est supérieure à 30° devant la verticale. En (C), l'oreille gauche est vers l'avant et l'oreille droite en arrière. L'œil droit est ouvert, en forme d'amande avec une tension du muscle *levator anguli oculi medialis* et un regard intense. La sclère n'est pas visible. La bouche est ouverte exposant la langue et les dents inférieures mais pas la gencive. Il n'y a pas de salivation. La lèvre inférieure est tendue et inclinée et n'est pas alignée avec la lèvre supérieure. Le chanfrein fait un angle de moins de 10° devant la verticale. Le naseau droit est anguleux et arrondi, avec un élargissement médio-latéral.



Une étude a évalué les FEReq sur 76 chevaux boiteux montés et 25 chevaux témoins à l'aide de photographies (Dyson *et al.*, 2017). Sept de ces chevaux ont été notés avant et après des anesthésies tronculaires du membre boiteux. Le FEReq s'est avéré efficace pour faire la distinction entre les chevaux boiteux et non boiteux. Les meilleurs indicateurs étaient la position de la tête (verticalité du chanfrein), la position des oreilles et les caractéristiques oculaires (y compris la tension au-dessus de l'œil et l'intensité du regard).

Cette étude est prometteuse mais présente des limites décrites dans l'article de Gleerup *et al.* (2018) :

- l'utilisation d'images fixes est moins précise que l'utilisation de vidéos ;
- les photos de chevaux sains ont été prises lors d'échauffement sur des sites de compétition et les photos de chevaux boiteux lors d'un examen vétérinaire. L'influence de l'interaction cavalier-cheval n'est donc pas répartie aléatoirement entre les chevaux boiteux et sains ;
- la population sur laquelle les anesthésies tronculaires ont été réalisées est de petite taille (sept chevaux).

En réponse à cet article mettant en exergue les limites de leur étude, Dyson *et al.* (2018) confirment ces limites et mettent en évidence les difficultés imposées par les conditions de terrain. Cette étude demande à être complétée avant une possible utilisation de ces expressions faciales en clinique.

Dans une nouvelle étude, Dyson *et al.* (2018b) décrivent l'utilisation de vidéos pour le développement du système de notation FEReq. Le but de cette étude est d'ajouter à la note

d'expression faciale une notation de l'ensemble du corps ainsi que des paramètres comportementaux. Dans cette étude, 24 chevaux boiteux ont été comparés avec 13 chevaux sains. Pour neuf de ces chevaux, les vidéos ont été notées deux fois par un même observateur, avec une bonne répétabilité. L'éthogramme a été développé avec 117 marqueurs. Seuls 24 ont été conservés (Tableau 8) et jugés comme pertinents pour simplifier la démarche. Le score moyen des chevaux boiteux était de neuf occurrences sur 24 et le score moyen des chevaux non boiteux était de deux occurrences sur 24. Certains comportements sont plus fréquents que d'autres : oreilles en arrière, ouverture de la bouche, langue sortie, changement d'expression du regard, mouvements de tête, changement de démarche, tortillement, accélération, galop de mauvaise qualité, résistance, trébuchement et frottement des sabots au sol.

Les résultats de cette recherche ne permettent pas encore son utilisation en clinique mais fournissent un bon point de départ pour une évaluation objective de la douleur chez les chevaux montés (van Loon et Van Dierendonck, 2018).

Tableau 8 : Critères utilisés pour la notation dans l'étude de Dyson *et al.* (2018b)

Localisation	Description du comportement
Tête	Changement répété de position de la tête (haut/ bas) Tête inclinée ou s'inclinant à plusieurs reprises Angle du chanfrein par rapport à la verticale >30° pendant plus de 10 secondes Tête derrière la verticale pendant plus de 10 secondes Changement régulier de position de la tête (tordue d'un côté ou de l'autre)
Oreilles	Tournées vers l'arrière ou à plat pendant plus de 5 secondes, tournant souvent vers l'arrière
Yeux	Fermeture complète ou semi-complète des yeux pendant 2 à 5 secondes Sclère visible Regard intense pendant 5 secondes
Bouche	Ouverture et fermeture répétées de la bouche pendant plus de 10 secondes Langue visible ou entrant et sortant de la bouche
Queue	Queue serrée fermement au milieu ou maintenue d'un côté Queue faisant de grands mouvements (de haut en bas ou d'un côté à l'autre) pendant les transitions
Allures	Allure précipitée, rythme irrégulier, changement de vitesse Allure trop lente, passage au trot Membres postérieurs déviés vers la gauche ou la droite Changement spontané de démarche Changements de pieds répétés au galop, départs répétés sur le mauvais pied, le cheval se désunit, se courbe Trébuchements
Obéissance aux allures	Changements soudains de direction, veut aller dans la direction opposée Réticent à avancer, s'arrête spontanément Cabré Ruade
Autre	Mors tiré d'un côté de la bouche

C. Conclusion sur l'utilisation des expressions faciales pour évaluer la douleur chez les chevaux

De nombreuses études se sont intéressées à l'utilisation des expressions faciales dans le but d'évaluer la douleur chez les chevaux. Ces études ont permis d'établir et de tester différentes grilles de notation. Les grilles proposées se sont avérées pertinentes pour l'évaluation de la douleur induite par différentes causes (castration, boiteries, coliques, etc ...).

La grille établie par Emanuela Dalla Costa (Dalla Costa *et al.*, 2014) semble pertinente et a notamment été testée dans différentes conditions expérimentales (situations positives ou négatives induites) sans mettre en évidence de différences significatives. Cette même grille a été utilisée pour évaluer le stress chez les chevaux en examen radiographique (Cheveau, 2018) de nouveau sans mettre en évidence de différences significatives.

L'utilisation de grille d'expressions faciales pour évaluer la douleur sur les chevaux montés semble prometteuse mais n'est pas applicable actuellement en clinique.

4. Conclusion de l'étude bibliographique

A travers cette première partie, nous avons pu voir que les courses d'endurance font l'objet d'un suivi rigoureux, grâce aux contrôles vétérinaires stricts qui s'appuient sur des critères précis pour évaluer l'état de fatigue et la capacité des chevaux à continuer la course. Ces contrôles peuvent conduire à des éliminations en course. Cependant, il arrive encore que les éliminations soient trop tardives et que des chevaux soient poussés au-delà de leurs limites nécessitant des soins d'urgence. Il en ressort l'intérêt d'introduire des critères complémentaires et plus précoces à l'examen clinique traditionnel pour affiner l'évaluation de l'état de fatigue du cheval d'endurance. Pour cela, nous proposons d'utiliser des grilles de notation des expressions faciales. Cependant, les grilles disponibles actuellement ont été validées uniquement pour traduire la douleur. L'objet de la suite de cette thèse sera donc de déterminer si ces grilles de notation peuvent aussi traduire la fatigue (s'accompagnant potentiellement de douleur en course d'endurance). Nous mettrons, pour cela, en parallèle les expressions faciales et les critères relevés sur les courses.

Deuxième partie : étude des expressions faciales chez le cheval en course d'endurance

1. Objectifs de l'étude

L'objectif général est d'étudier les expressions faciales des chevaux lors des courses d'endurance dans le but de :

- 1- déterminer si la grille établie par Emanuela Dalla Costa et al. (2014) est utilisable sur le terrain et si les résultats de notation sont répétables pour un même évaluateur et entre évaluateurs ;
- 2- établir les variations d'expressions faciales pendant la course, pouvant être liées à la fatigue ;
- 3- comparer les valeurs de score facial chez les chevaux classés et les chevaux éliminés ;
- 4- identifier un seuil de score facial associé à un état de fatigue très avancé ou un état pathologique.

Pour ce faire, nous avons filmé des chevaux pendant des courses d'endurance, à chaque contrôle vétérinaire.

2. Animaux, matériels et méthodes

A. Choix de l'échantillon

Nous avons choisi de suivre des chevaux sur des épreuves à vitesse libre qui sont les courses où l'effort est le plus long et généralement plus intense. C'est sur ces courses que le taux d'élimination est le plus élevé (Burger et Dollinger, 1998). Aucun autre critère de sélection des chevaux n'a été retenu, et tout cheval participant à l'une des courses de l'étude pouvait être inclus.

B. Protocole expérimental

Le matériel utilisé pour filmer les chevaux est un appareil photo, de la marque OLYMPUS, modèle Stylus SP-820UZ.

Les chevaux ont été filmés lors des contrôles vétérinaires, avant la course (contrôle initial), puis tous les 30 à 40 km (à chaque contrôle vétérinaire), puis au contrôle final. Chaque contrôle sera appelé Vet ou V dans la suite de cette thèse. L'idéal aurait été de suivre les mêmes chevaux tout au long de la course pour quantifier l'évolution de leurs expressions faciales, chaque cheval étant son propre témoin. Cependant, les chevaux se présentant dans un ordre variable et à plusieurs simultanément aux contrôles vétérinaires, il était très difficile de procéder ainsi. Nous avons donc choisi de filmer aléatoirement un maximum de chevaux afin de réaliser une étude globale.

Les chevaux ont été filmés pendant la prise de la fréquence cardiaque, avant le *trotting*. Ce choix a été fait pour s'intégrer sans perturbation à l'examen vétérinaire habituel. De plus, il s'agit du seul moment où le cheval reste immobile suffisamment longtemps pour obtenir une vidéo. Le cadrage permettait de voir toute la tête de profil. Le profil droit ou gauche a été filmé indifféremment en fonction de la position la moins gênante pour l'examen. Chaque séquence durait au minimum 7 secondes, ce qui permet une bonne visualisation des critères des expressions faciales (Figure 6). La personne effectuant les films était toujours la même (moi-même). La distance entre l'appareil photo et le cheval était d'environ 1 à 2 mètres, mais pour certaines prises ce critère n'a pas été possible du fait de l'environnement des aires de contrôles.

Figure 6 : Photographie extraite d'une vidéo, montrant la vue de profil utilisée pour la notation de ces vidéos.



Les conditions environnementales des contrôles varient en fonction des sites de course. Certains contrôles s'effectuent en extérieur sous des tonnelles ou sans tonnelles, d'autres s'effectuent dans un manège.

Lors de la prise de vue, il était systématiquement indiqué oralement le numéro du cheval et le numéro du contrôle en cours.

C. Courses

Les courses support de cette étude se déroulent en Ile de France. Elles regroupent des épreuves nationales et internationales. L'accord du président du jury et du président de commission vétérinaire a été obtenu au préalable. Les courses de cette étude sont présentées dans le Tableau 9 et le nombre de concurrents dans chaque catégorie de courses ainsi que les détails des éliminations sont présentés en annexes (Annexe 5, Annexe 6, Annexe 7 et Annexe 8). Pour toutes les courses, exceptées celles d'Avilly, le système de chronométrage ATRM a été utilisé pour récupérer les performances des concurrents.

La récolte des données a permis d'obtenir 516 vidéos exploitables se répartissant selon le Tableau 10.

Tableau 9 : Détail des courses support de cette étude (Enduro-cheval, 2019 ; Grand Parquet Fontainebleau, 2019 ; Lawal endurance, 2019)

Lieu	Date	Epreuves	Partants	Classés (%)
Fontainebleau	31/03/2018	CEI*, CEI**, CEIJJ**, AmElite, Am1GP	206	61,1 %
Avilly Saint-Léonard	7/04/2018	CEI*, CEI**, AmElite, Am1GP	49	65,3 %
Rambouillet	18/05/2019	CEI*, AmEliteGP, AmElite sur 1 jour, AmElite sur 2 jours, Am1GP	77	70,1 %
Fontainebleau	22 et 23/05/2019	CEI*, CEI**, CEIJJ**, AmElite, Am1GP	149	64,4 %

Tableau 10 : Répartition des vidéos exploitables sur les différentes courses d'endurance par moment de la course et par rapport au nombre total de chevaux potentiellement examinables à chaque étape

Légende : Vet 0 = contrôle initial, Vet n = contrôle vétérinaire n

Course	Nombre de vidéos/nombre de concurrents					Vidéos / concurrent	vidéos / vidéos totales
	Fontainebleau 2018	Avilly Saint Léonard	Rambouillet	Fontainebleau 2019	Total		
Vet 0	0/206	19/49	8/77	55/149	82/481	0,17	0,16
Vet 1	19/204	13/49	35/75	36/149	103/477	0,22	0,20
Vet 2	5/177	26/47	35/69	40/133	106/426	0,25	0,20
Vet 3	14/159	37/45	39/58	47/118	137/380	0,36	0,26
Vet 4	23/50	14/37	8/45	43/48	88/180	0,49	0,17
Nombre total de vidéos	61	110	125	221	516		

D. Traitement des données

Une fois les vidéos acquises, elles ont été transférées de l'appareil photo à l'ordinateur via une carte SD. Elles ont ensuite été renommées de façon aléatoire avec l'application *AntRenamer* pour être regardées en aveugle, sans connaître la distance parcourue. Elles ont aussi été regardées sans le son qui indique le numéro du contrôle vétérinaire.

Les vidéos ont été analysées pendant les 7 premières secondes où la tête du cheval est bien visible. Cette durée de 7 secondes correspond à un compromis entre le temps minimum pour considérer la vidéo représentative de l'état du cheval, et la durée pendant laquelle il est possible d'avoir une image de bonne qualité. Les vidéos ont été notées à partir de la grille réalisée par Emanuela Dalla Costa (Dalla Costa *et al.*, 2014) dont les critères sont décrits dans la partie suivante.

Lors du premier visionnage (par moi-même), les vidéos ont été triées pour éliminer celles ne pouvant pas être exploitées. Cela est souvent dû à un temps trop court (moins de 7 secondes) de visualisation du cheval ou à cause d'une mauvaise visibilité (main du cavalier devant la bouche, ...). Le nombre de vidéos non exploitables est de 169, soit 32 % du total.

Les vidéos ont ensuite été reprises une à une, avec le son pour leur attribuer le numéro du cheval ainsi que le numéro du contrôle vétérinaire.

Les vidéos ont été notées une seconde fois par un observateur connaissant les chevaux mais inexpérimenté en expressions faciales (membre de ma famille). La notation s'est effectuée comme précédemment, en utilisant la grille HGS (Dalla Costa *et al.*, 2014).

a. Etude préliminaire

Une première étude préliminaire a été réalisée avant l'analyse de toutes les vidéos avec un échantillon de 85 individus. Le choix de cet échantillon est décrit dans les parties suivantes expliquant l'analyse statistique utilisée. Le rôle de cette étude préliminaire était d'effectuer une première lecture des vidéos, pour préciser les critères de notations utilisés. Les 85 individus se sont vu attribuer deux fois une note d'expressions faciales allant de 0 à 12, à l'aveugle, par un même opérateur pour l'étude de la répétabilité.

Les chevaux se sont vus ensuite attribuer une note dans les mêmes conditions, par deux opérateurs différents pour l'étude de la reproductibilité.

Cette première étude a relevé une difficulté dans l'attribution d'une note à partir de l'analyse des expressions faciales. La note semblait influencée par l'attitude générale du cheval. Il a donc été choisi de conserver la grille de HGS, mais d'y intégrer deux critères supplémentaires pour affiner la notation globale : la fixité de l'œil et le mâchonnement. La grille utilisée pour cette étude a été extraite de la littérature (Dalla Costa *et al.*, 2014). Ces deux critères ont été choisis pour deux raisons : premièrement, ce sont des critères utilisés dans la littérature (Gleerup *et al.*, 2015 ; van Loon et Van Dierendonck, 2015). Ces critères sont également décrits lors de douleur lors de castrations (Dalla Costa *et al.*, 2014), la fixité de l'œil étant associée à la vigilance du cheval. Ils sont présents dans la grille « Ethogram of horse for manual behaviour analysis » utilisée pour la notation via le CPS. La deuxième raison est subjective, en effet, suite à l'analyse préliminaire, il nous a semblé que ces critères étaient intéressants et facilement visualisables.

b. Etude des expressions faciales lors des courses d'endurance

La note attribuée aux chevaux est donc une note globale qui correspond à la somme des notes pour chacun des huit critères : les six critères de la grille HGS ainsi que la fixité de l'œil et le mâchonnement. La note pour chaque critère varie de 0 à 2. La note finale peut donc s'étendre de 0 à 16. Cette note sera appelée NGEF8 (Note Globale d'Expressions Faciales sur 8 critères) dans la suite de cette thèse.

E. Critères utilisés pour la notation des vidéos

Les vidéos ont été notées en reprenant la grille de Dalla Costa et al. (2014), à laquelle il a été ajouté deux critères. Chacun des huit critères est ainsi noté entre 0 et 2 avec les adaptations à nos conditions expérimentales présentées ci-dessous et illustrées en Figure 7, Figure 8, Figure 9, Figure 10, Figure 11 et Figure 12.

Critère 1 : Position des oreilles

- (0) Les oreilles sont majoritairement droites, pointées vers l'avant pendant toute la vidéo
- (1) Les oreilles sont en mouvement
- (2) Les oreilles sont majoritairement plaquées vers l'arrière pendant toute la vidéo

Figure 7 : Photographies illustrant le critère « position des oreilles ».



Il est indiqué que les oreilles doivent être « majoritairement » vers l'avant ou vers l'arrière. Cette nuance a été apportée pour prendre en compte les perturbations de l'environnement. Par exemple, un cheval qui a les oreilles pointées vers l'avant pendant pratiquement toute la durée de la vidéo et qui les baisse lorsque quelqu'un passe devant est noté 0. À l'inverse, un cheval qui a les oreilles plaquées en arrière pendant toute la durée de la vidéo et qui les lève l'espace d'un instant à cause du passage d'un cheval est noté 2. La notation 1 correspond donc à un cheval qui a des mouvements d'oreilles fréquents.

Critère 2 : Ouverture de l'œil

- (0) Les yeux sont bien ouverts
- (1) L'ouverture des yeux est réduite entre 10% et 50%
- (2) L'ouverture de l'œil est réduite à plus de 50%

Figure 8 : Photographies illustrant le critère « ouverture de l'œil ».



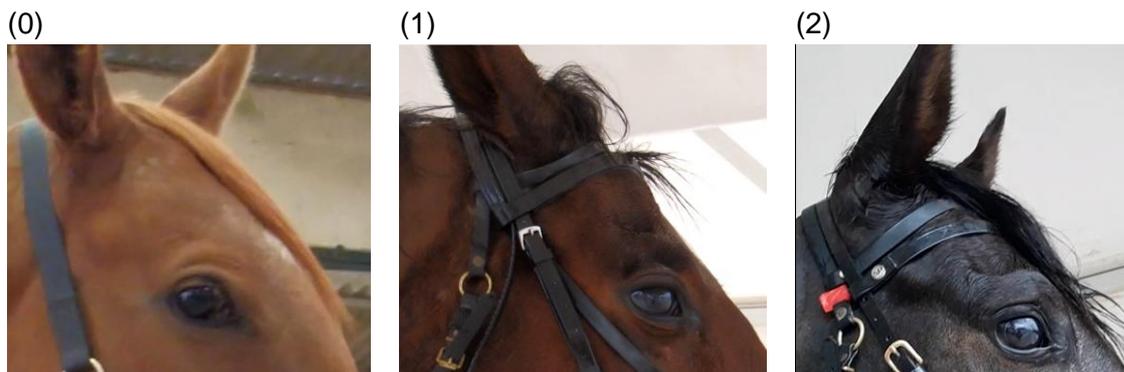
Les pourcentages indiqués sont considérés sur l'ensemble des sept secondes de vidéo étudié. Il a été constaté lors de l'étude des vidéos que l'ouverture de l'œil était stable sur toute la durée des

vidéos. La note de 1 est attribuée à partir de 10% de fermeture de l'œil car il est considéré qu'une fermeture entre 0% et 10% n'est pas visualisable.

Critère 3 : Tension de la région frontale

- (0) Les muscles ne sont pas contractés et la crête temporale est peu marquée
- (1) Les muscles sont modérément contractés et la crête temporale est marquée dorsalement uniquement
- (2) Les muscles sont contractés et la crête temporale est visible dorsalement et ventralement et la salière est creusée

Figure 9 : Photographies illustrant le critère « tension de la région frontale ».

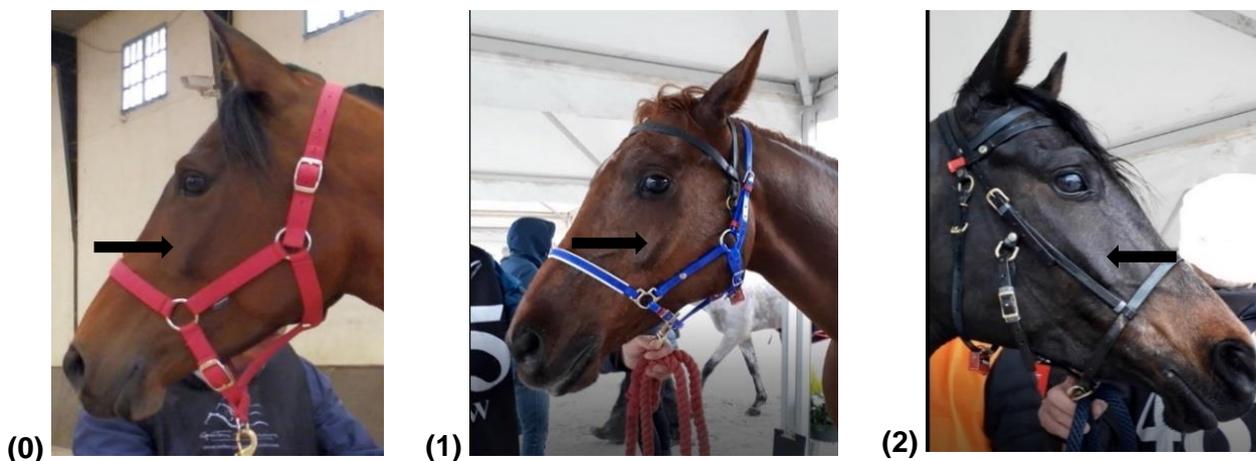


Lorsque la crête temporale est marquée dorsalement, on visualise un relief osseux reliant le bord caudal de l'œil à la base de l'oreille. Lorsque la crête temporale est marquée dorsalement et ventralement, ce même relief osseux est visible et s'accompagne ventralement d'un deuxième relief osseux formant un « Y », partant du bord caudal de l'œil.

Critère 4 : Tension des muscles masticateurs

- (0) Les muscles et la crête faciale (indiquée par une flèche noire) sont peu visibles sur la joue
- (1) Les muscles et la crête faciale (indiquée par une flèche noire) sont modérément visibles
- (2) Les muscles sont très visibles, la crête faciale (indiquée par une flèche noire) est saillante

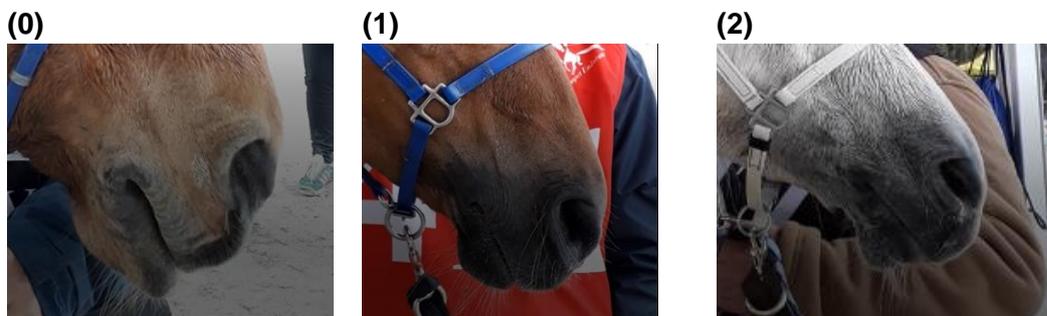
Figure 10 : Photographies illustrant le critère « tension des muscles masticateurs ».



Critère 5 : Proéminence du menton et tension de la lèvre inférieure

- (0) La lèvre inférieure est détendue, le menton n'est pas marqué
- (1) La lèvre inférieure est tendue avec un menton marqué
- (2) Le menton est très marqué, avec présence de rides

Figure 11 : Photographies illustrant le critère « proéminence du menton et tension de la lèvre inférieure ».



Critère 6 : Tension des naseaux et aplatissement de la face

- (0) Narines détendues, sans pli
- (1) Narines légèrement tendues, début de plis visibles
- (2) Narines très tirées vers l'arrière, avec présence de rides sur le bord caudal de l'aile de la narine.

Figure 12 : Photographies illustrant le critère « tension des naseaux »



L'aplatissement de la face étant difficile à visualiser, nous nous intéresserons à la tension des naseaux en priorité.

Critère 7 : Fixité de l'œil

- (0) Le cheval est vif, attentif à son environnement tout le temps ou en mouvement
- (1) Le cheval a un œil fixe, il ne regarde son environnement que lorsque qu'il y a des perturbations extérieures
- (2) L'œil du cheval est totalement fixe, il ne réagit plus aux perturbations extérieures

Les perturbations extérieures sont toujours présentes, par exemple passage du vétérinaire lorsque celui-ci change de côté, arrivée d'un cheval dans l'aire de contrôle ...

Critère 8 : Mâchonnements

- (0) Le cheval ne présente pas de mâchonnements tout au long de la vidéo
- (1) Le cheval présente quelques mâchonnements pendant la vidéo
- (2) Le cheval mâchonne tout au long de la vidéo

F. Choix des données de courses utilisées

Les données de course récoltées se répartissent en trois catégories :

- caractéristiques des chevaux : âge, race, sexe ;
- données de course lors de la vidéo : numéro du contrôle vétérinaire (= Vet X), distance parcourue, vitesse moyenne, rang de classement, fréquence cardiaque, temps de récupération, type de course ;
- performance finale en course : classé, éliminé, cause d'élimination, rang de classement.

Les données de courses ont été récoltées via le site ATRM (*ATRM 5 [Logiciel]*, 2018) et les informations sur les chevaux ont été récoltés via plusieurs moteurs de recherche (All breed pedigree, 2020 ; Institut Français du Cheval et de l'Équitation, 2020 ; Fédération Equestre Internationale, 2020d).

Comme nous l'avons vu précédemment, ces données sont soit des facteurs de risque (âge, race, distance), soit des critères cliniques révélateurs (fréquence cardiaque, temps de récupération et indice de récupération cardiaque) de la fatigue chez les chevaux.

La vitesse n'est pas la même selon les courses (différences de terrain, longueur de boucle). La vitesse étudiée n'est donc pas une vitesse absolue (X km/h) mais une vitesse relative. Elle est objectivée en fonction du classement du cheval à chaque boucle. Ceci permet d'obtenir une vitesse en fonction de celle des autres concurrents. Le classement sera étudié par quartile.

La distance est associée au numéro de contrôle vétérinaire. En effet, Vet 0 = 0 km, Vet 1 ≈ 30 km, Vet 2 ≈ 60 km, Le numéro de contrôle vétérinaire traduit donc la distance parcourue.

Les expressions faciales seront étudiées en fonction des catégories de course (amateur, international, ...).

La littérature rapportant peu d'influence du sexe (excepté pour les juments en chaleur) sur l'état de fatigue ou sur les expressions faciales, cette variable n'a pas été retenue.

L'âge est divisé en trois catégories (6 à 8 ans, 9 à 11 ans et ≥ 12 ans) comme décrit dans la littérature (Younes *et al.*, 2013 ; Younes *et al.*, 2016).

En ce qui concerne la race, elle est divisée en 4 catégories, les Pur-sang Arabes (AA), les Demi-sang Arabes (DSA), les Anglo-Arabs (AA) et les races autres.

Enfin, le statut classé/éliminé traduit directement la fatigue des chevaux puisque l'élimination s'effectue sur des critères cliniques stricts. Nous avons également cherché à savoir si la cause de l'élimination avait un lien avec l'état de fatigue du cheval. De même, nous avons analysé la note globale d'expressions faciales des chevaux qui ont été classés ou éliminés au contrôle suivant (N+1), dans le but de voir s'il est possible de prévoir l'état de fatigue au contrôle suivant.

Les données météorologiques utilisées pour la comparaison des résultats par course ont été récoltées via le site internet Historique-Météo (Samson, 2020).

G. Analyse statistique des résultats

Dans un premier temps il convient de déterminer la fiabilité intra et inter-opérateur, c'est-à-dire la répétabilité et la reproductibilité du protocole. Dans un second temps, il convient d'analyser la fiabilité des résultats obtenus pour déterminer s'il existe des différences significatives entre la note d'expressions faciales attribuée et les différentes données de course. Le but est de confirmer ou d'infirmer notre hypothèse : la note d'expressions faciales est plus élevée chez les chevaux ayant des paramètres témoignant d'une fatigue augmentée.

a. Analyse statistique pour la répétabilité et la reproductibilité du protocole

- *Quelques définitions*

On appellera dans cette étude :

Un individu = un cheval

Un opérateur = une personne attribuant la note

Une population cible = les chevaux d'endurance

La répétabilité et la reproductibilité sont évaluées sur la note globale (NGEF8), ainsi que sur chacune des notes sur les 8 critères quantitatifs d'évaluation des expressions faciales indépendamment les uns des autres.

- *Méthodes utilisées*

Pour évaluer la concordance entre deux séries de mesures quantitatives, nous avons utilisé la méthode numérique du coefficient de corrélation de la concordance (CCC) de Lin (Lin, 1989), ainsi que la méthode graphique de Bland et Altman (Bland et Altman, 1986) avec les différences absolues. La méthode graphique permet de nuancer, d'infirmer ou de confirmer les résultats obtenus via le coefficient de concordance de Lin d'un point de vue clinique (Desquilbet, 2019a).

Pour utiliser la quantification graphique à l'aide de la méthode de Bland et Altman, il convient de fixer deux critères, respectivement X et Y tels que : « je considère que la méthode de mesure est répétable si (1) en moyenne, la deuxième série de mesures ne surestime ou ne sous-estime pas les valeurs par rapport à la première série de mesures de plus de X, et si (2) la quasi-totalité des écarts (en valeur absolue) entre les deux séries de mesures est inférieure à Y » (Desquilbet, 2019a).

La quasi-totalité des écarts est en fait 95% des écarts. Dans ce cas-là, il nous intéresse peu de savoir quelle série sous-estime l'autre. Nous nous intéresserons particulièrement au critère Y.

Le 1^{er} critère qui est le biais maximal acceptable (X) a été choisi à 2 pour la note globale.

Le 2^{ème} critère qui est la zone d'agrément maximale acceptable (Y) a également été choisi à 2.

Pour valider la concordance précédemment calculée, il faut donc que les critères 1 et 2 soient validés. Cela confirme la répétabilité d'un point de vue opérationnel ou clinique en prenant en considération les critères étudiés.

Pour interpréter le CCC, deux tables sont disponibles en Figure 13 (Landis et Koch, 1977 ; Desquilbet, 2019a). Nous utiliserons pour cette thèse la table de Landis et Koch.

Figure 13 : Interprétation de la valeur du CCC selon deux sources différentes.

Interprétation de la valeur du CCC			
Partik, 2002		Landis and Koch, 1977	
< 0.50	Inacceptable	< 0	Très mauvais (Poor)
0.51-0.60	Mauvais (Poor)	0-0.20	Mauvais (Slight)
0.61-0.70	Passable (Mediocre)	0.21-0.40	Passable (Fair)
0.71-0.80	Moyennement satisfaisant	0.41-0.60	Moyenne (Moderate)
0.81-0.90	Plutôt bon (fairly good)	0.61-0.80	Bonne (Substantial)
0.91-0.95	Très bonne (very good)	0.81-1.00	Très bonne (Almost perfect)
> 0.95	Excellente		

- *Choix de l'échantillon*

Pour évaluer la répétabilité, la reproductibilité et la concordance, deux mesures (c'est-à-dire deux notations par un même observateur pour la répétabilité et une par deux observateurs différents pour la reproductibilité) sont nécessaires et suffisantes (Walter *et al.*, 1998 ; Desquilbet, 2019a).

Pour ce faire, il convient de définir trois paramètres :

- le CCC0 qui se définit comme le coefficient de concordance de Lin que l'on souhaite obtenir à minima ;
- le CCC1 qui se définit comme le coefficient de concordance de Lin attendu dans notre échantillon ;
- la puissance statistique.

Nous avons fixé CCC0 à 0,6 car il s'agit du seuil d'une bonne concordance (Landis et Koch, 1977). La puissance statistique est fixée à 80%. Enfin, nous avons fixé CCC1 à 0,75. Le CCC1 a été choisi aléatoirement entre 0,61 et 0,80 (Landis et Koch, 1977) qui correspond à une bonne concordance. Dans ces conditions, il faut un échantillon de 81 individus (Desquilbet, 2019a).

Cela signifie qu'avec un minimum de 81 individus, il y a 80% de chance de montrer que la concordance intra et inter-opérateur est significativement bonne (avec un risque d'erreur de 5%), c'est-à-dire supérieure ou égale à 0,6.

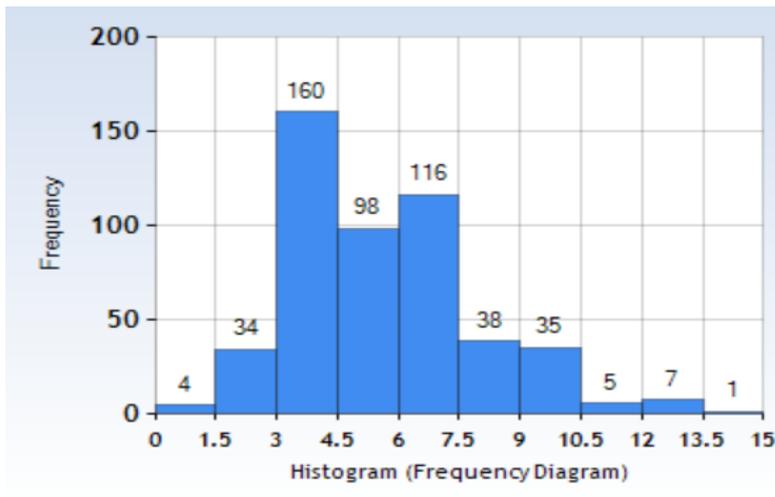
Pour la vérification de la répétabilité et de la reproductibilité de notre protocole, 85 vidéos ont été sélectionnées de manière totalement aléatoire au sein des différentes courses.

b. Analyse statistique des résultats obtenus : comparaison des expressions faciales en fonction des données de courses

Les résultats présentés correspondent à des moyennes effectuées sur la note globale d'expressions faciales attribuée à chaque cheval. Les barres d'erreurs mises en place sur les graphiques correspondent à l'erreur de répétabilité. C'est-à-dire que 95% des écarts dus à un manque de répétabilité sont compris entre ces barres d'erreur.

Pour tester la distribution des données, nous avons utilisé une méthode graphique par un site internet (Stangroom, 2018). La distribution des données est testée sur l'échantillon de 500 individus (nombre maximal de valeurs autorisées sur le site). La note d'expressions faciales est considérée comme suivant une loi normale (Figure 14).

Figure 14 : Distribution des données : note d'expressions faciales (Stangroom, 2018)



Ici, nous sommes face à une étude multiple. C'est-à-dire que toutes les situations (tous les paramètres) doivent être testées sans hypothèse *a priori* avec les expressions faciales (Desquilbet, 2019b).

L'hypothèse (H_0) que nous voulons tester est la suivante : « il n'existe pas de différences significatives entre les expressions faciales, en fonction des différents paramètres étudiés ». Il faut donc rejeter H_0 pour pouvoir obtenir une significativité des résultats.

Pour cela, il convient de calculer la p-value (p). Habituellement, on choisit $p \leq 0,05$ pour affirmer que les résultats sont significativement différents. Cependant, face à une étude multiple, le risque d'erreur en rejetant H_0 est inconnu. Il peut donc être potentiellement grand.

Pour réduire le risque d'erreur, il convient de réaliser une correction de Bonferroni. C'est-à-dire que chaque test statistique est dit « significatif » si le degré de signification p de chacun des tests statistiques est inférieur à α/k avec $\alpha = 0,05$. Le nombre k correspond au nombre de paramètres auxquels les expressions faciales sont comparées. Par exemple, pour comparer la NGEF8 à chaque étape de la course (Vet 0, Vet 1, Vet 2, Vet 3 et Vet 4), il y aura 5 paramètres. Pour la comparer en fonction de l'âge (jeune, intermédiaire, mature), il y aura 3 paramètres. A l'issue des tests, les résultats considérés comme significatifs, seront ceux pour lesquels la p-value sera $\leq \alpha/k$.

Les paramètres n'étant pas indépendants, cela peut conduire à une sous interprétation des résultats. Cependant, ne pas faire la correction entrainerait une surinterprétation (Desquilbet, 2019b). Les conclusions seront donc à prendre avec précautions et d'autres études devront confirmer ultérieurement les résultats.

Pour l'analyse statistique des résultats obtenus, les séries de données sont comparées deux par deux. Les variances ont été calculées au préalable pour chaque série de données. Nous avons utilisé un test de Student, pour séries non appariées (Desquilbet, 2019c), effectué grâce au site internet BiostaTGV (BiostatGV, 2020). Lorsque les différences de variance étaient trop élevées (non comprises entre 1/3 et 3), cela a été pris en compte lors du calcul sur le site.

Pour les régressions linéaires, nous avons utilisé un test de Spearman pour tester l'association entre la NGEF et les données utilisées. C'est par ailleurs la méthode qui a été employée dans les études utilisant la grille HGS (Dalla Costa *et al.*, 2014 ; Dalla Costa *et al.*, 2016).

Le coefficient de régression linéaire (R^2) indique la part de variabilité expliquée par le modèle. De son côté, la p-value permet de conclure sur la significativité de la relation linéaire entre la variable réponse et la variable prédictive (Vedova, 2018). Le R^2 n'aura alors que peu d'intérêt dans notre étude.

3. Résultats de l'analyse statistique du score NGEF8 : répétabilité et reproductibilité

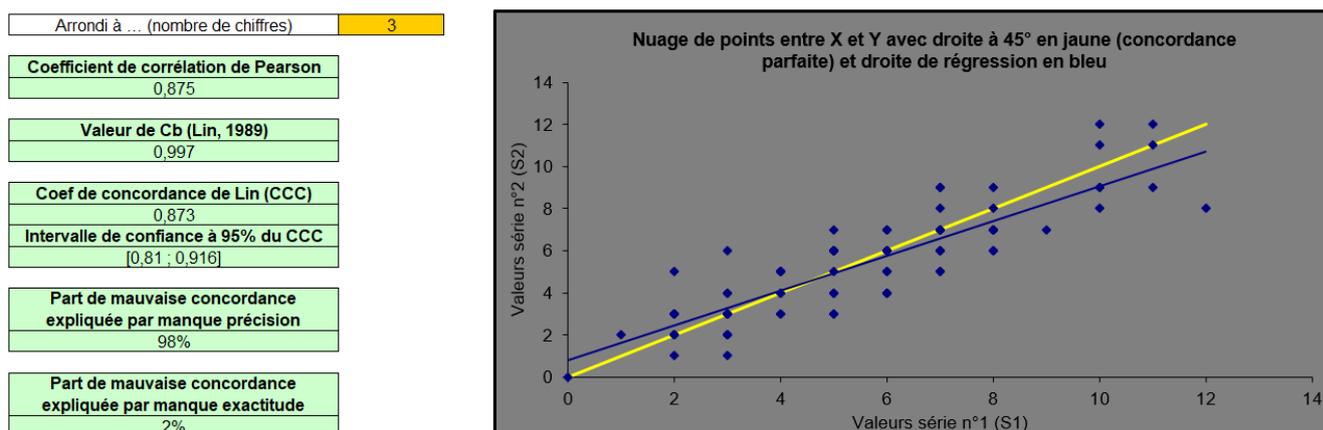
A. Etude de la répétabilité : concordance intra-opérateur

Les calculs présentés dans cette partie sont effectués à l'aide du fichier Excel réalisé par le Pr. Desquilbet.

a. Résultats du test de concordance à partir du coefficient de concordance de Lin

Les résultats sont présentés en Figure 15.

Figure 15 : Valeurs du coefficient de corrélation de Pearson, de C_b , et du coefficient de concordance de Lin (avec son intervalle de confiance à 95%) pour la NGEF8 évaluée deux fois par le même opérateur (adapté de Desquilbet, 2019a).



Le CCC obtenu dans cette étude intra opérateur est de 0,873, il est donc très bon. Si l'estimation du CCC n'est pas biaisée, il y a 95% de chances pour que la vraie valeur du CCC de Lin quantifiant la concordance dans la population cible soit comprise entre 0,81 et 0,916.

La courbe bleue représente la droite de régression linéaire entre la série 1 et la série 2. La courbe jaune représente la droite à 45°, c'est-à-dire la droite que l'on aurait obtenue en cas de concordance parfaite. Le C_b correspond à l'écart entre ces deux courbes, il quantifie cet écart de façon inverse. Cela signifie que si les courbes bleues et jaunes étaient superposées, le C_b serait donc égal à 1. Il est ici de 0,997, soit très proche de 1, ce qui signifie que le manque de concordance est en très grande majorité dû à un manque de « précision » de la concordance (98%). En effet, l'exactitude se traduit par l'écart des points à la courbe, tandis que la précision se traduit par l'écart entre la courbe bleue et la courbe jaune. C'est également ce que traduit le coefficient de Pearson. Lorsque que celui-ci est proche de 0, cela traduit un manque de précision.

b. Quantification graphique à l'aide de la méthode de Bland et Altman

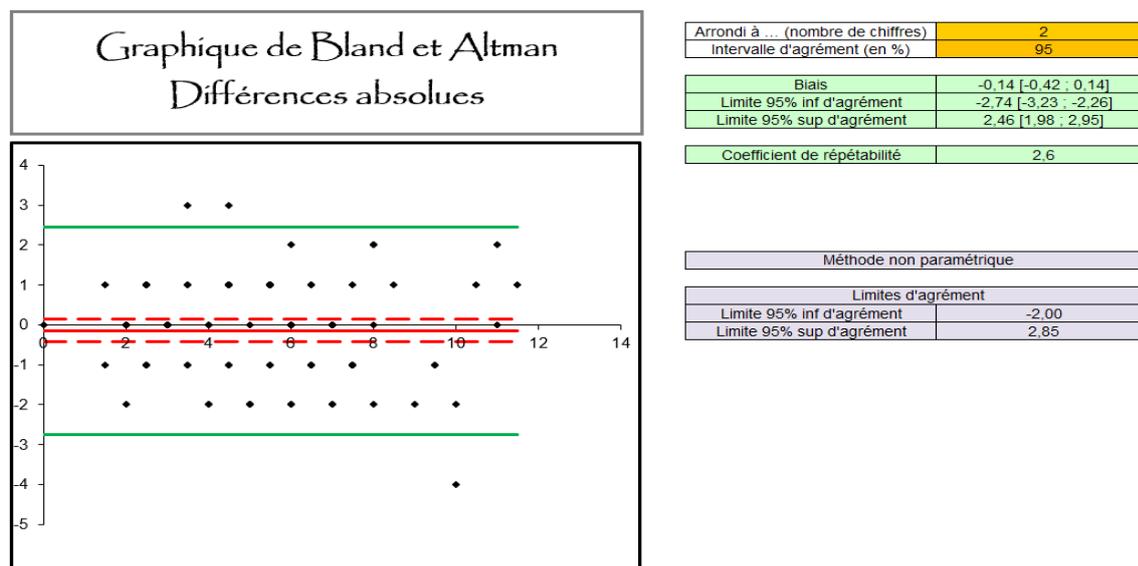
Les résultats de la quantification graphique sont visibles en Figure 16. Sur ce graphique, l'axe des abscisses correspond à la moyenne des mesures des deux séries, et l'axe des ordonnées est la différence entre les mesures des deux séries. Plus les points sont éloignés des abscisses, plus l'écart entre la série 1 et la série 2 pour l'individu est important.

Le biais est représenté par la droite pleine rouge. Elle correspond à la moyenne des différences entre la série 1 et la série 2. Elle correspond ici à -0,14. Son intervalle de confiance est de [-0,42 ; 0,14] et comprend donc 0, ce qui signifie qu'il n'y a pas de sous ou de surestimation significative. De plus, nous avons précédemment fixé une limite acceptable de $X = \pm 2$. Le critère 1 est donc rempli.

Par ailleurs, 95% des écarts se situent entre -2,74 et 2,46 (représentés par les droites vertes sur le graphique). Cela nous ne nous permet pas de remplir le critère 2, c'est-à-dire que 95% des écarts entre les notes soient compris entre -2 et 2.

Il y a donc une bonne concordance d'un point de vue numérique exclusivement, mais d'un point de vue opérationnel, la lecture intra-opérateur ne remplit pas un des deux critères de répétabilité et n'est donc pas acceptable. Cependant, les écarts ne sont pas très élevés par rapport au seuil fixé et la répétabilité reste donc globalement satisfaisante.

Figure 16 : Graphique de Bland et Altman en différence absolue accompagné des valeurs pour la répétabilité de la NGEF8 (adapté de Desquilbet, 2019a).



B. Etude de la reproductibilité : concordance inter-opérateur

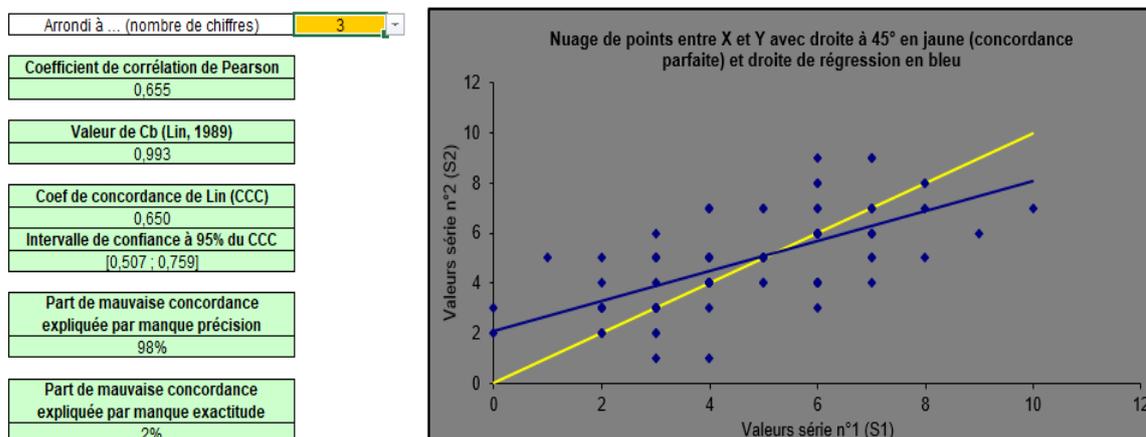
La méthode utilisée étant la même que pour la répétabilité et les explications des méthodes ayant été détaillées dans le précédent chapitre, nous ne présenterons ici que les résultats.

a. Résultats du test de concordance à partir du coefficient de concordance de Lin

Les résultats de la reproductibilité sont visualisables en Figure 17.

Le CCC obtenu dans cette étude inter opérateur est de 0,650, il est donc bon. Si l'estimation du CCC n'est pas biaisée, il y a 95% de chances pour que la vraie valeur du CCC de Lin quantifiant la concordance chez les chevaux d'endurance soit comprise entre 0,507 et 0,759. Ici, le manque de concordance entre les deux séries de mesure est principalement dû à un manque de précision de la concordance (98%).

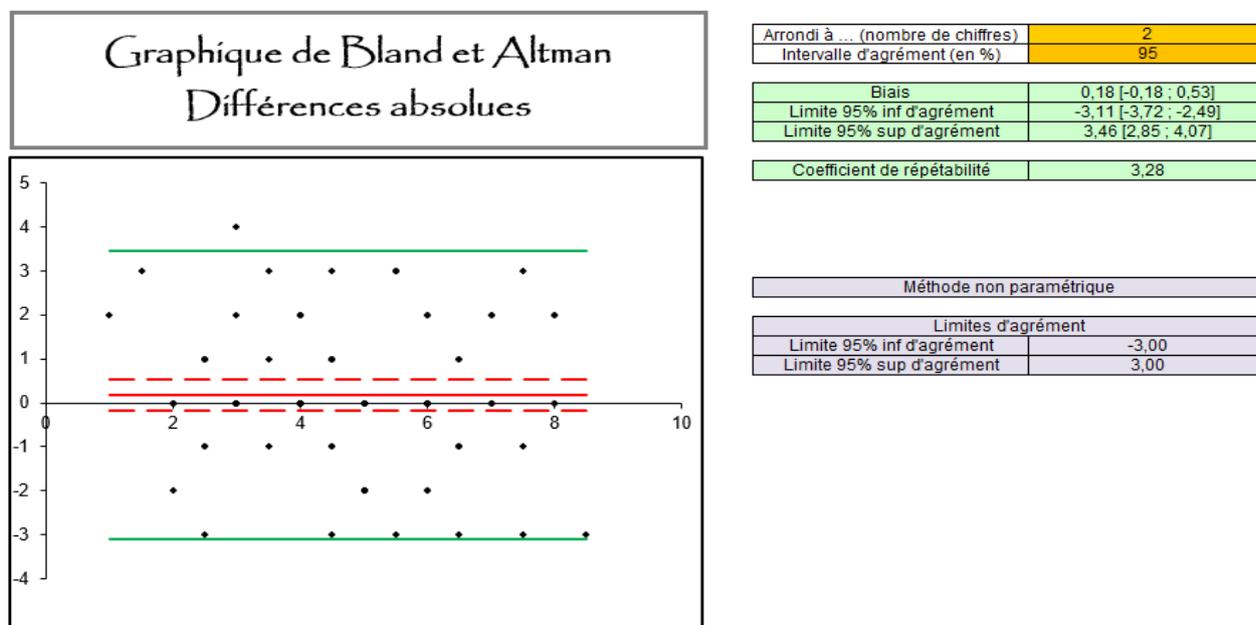
Figure 17 : Valeurs du coefficient de corrélation de Pearson, de C_b , et du coefficient de concordance de Lin (avec son intervalle de confiance à 95%) pour la NGEF8 évaluée par deux opérateurs différents (adapté de Desquilbet, 2019a).



b. Quantification graphique à l'aide de la méthode de Bland et Altman

Comme précédemment, le 1^{er} critère qui est le biais maximal acceptable (X) a été choisi à 2 et le 2^{ème} critère qui est la zone d'agrément maximale acceptable (Y) a également été fixé à 2. Les résultats sont visualisables en Figure 18.

Figure 18 : Graphique de Bland et Altman en différence absolue accompagné des valeurs pour la reproductibilité de la NGEF8 (adapté de Desquilbet, 2019a).



Le biais est ici de 0,18. Son intervalle de confiance est de [-0,18 ; 0,53] et comprends 0, ce qui signifie qu'il n'y a pas de surestimation significative des mesures d'un opérateur à l'autre. Nous avons par ailleurs précédemment fixé une limite acceptable de $X = +/- 2$. Le critère 1 est donc rempli.

En revanche, 95% des écarts se situent entre -3,11 et 3,46. Cela ne permet pas de remplir le critère 2, c'est-à-dire que 95% des écarts se situent entre -2 et 2.

Il y a donc une bonne concordance d'un point de vue numérique exclusivement, mais d'un point de vue opérationnel, la lecture inter-opérateur ne remplit pas un des deux critères de reproductibilité et est donc peu acceptable.

4. Résultats de l'étude statistique de la répétabilité et de la reproductibilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales

Pour le graphique de Bland et Altman nous utiliserons $X=0,5$ et $Y=0,5$ avec, rappelons-le, X et Y tels que : « je considère que la méthode de mesure est répétable si (1) en moyenne, la deuxième série de mesures ne surestime ou ne sous-estime pas les valeurs par rapport à la première série de mesures de plus de X , et si (2) la quasi-totalité des écarts (en valeur absolue) entre les deux séries de mesures est inférieure à Y ».

A. Répétabilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales

Les résultats de la répétabilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales sont disponibles dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Tableau de résultats des analyses statistiques de la répétabilité critères par critère

Critère	Coefficient de Lin	Biais	Ecart
Position des oreilles	0,825 [0,742 ; 0,883]	-0,11 [-0,21 ; -0,01]	[-1,03 ; 0,82]
Ouverture de l'œil	0,794 [0,704 ; 0,859]	-0,01 [-0,04 ; 0,01]	[- 0,23 ; 0,21]
Tension de la région frontale	0,738 [0,623 ; 0,823]	0,11 [0,01 ; 0,2]	[-0,77 ; 0,98]
Tension des muscles masticateurs	0,588 [0,427 ; 0,712]	0,05 [-0,07 ; 0,16]	[-1,02 ; 0,16]
Tension du menton et de la lèvre inférieure	0,540 [0,427 ; 0,712]	-0,06 [-0,2 ; 0,08]	[-1,34 ; 1,23]
Tension des naseaux	0,594 [0,437 ; 0,717]	-0,08 [-0,21 ; 0,04]	[-1,25 ; 1,08]
Fixité de l'œil	0,942 [0,912 ; 0,962]	0 [-0,05 ; 0,05]	[-0,44 ; 0,44]
Mâchonnement	0,922 [0,882 ; 0,949]	-0,02 [-0,07 ; 0,02]	[-0,46 ; -0,38]

Le coefficient de Lin s'interprète à l'aide de la figure 13 dans la partie précédente. Il est très bon pour la position des oreilles, la fixité de l'œil et le mâchonnement, bon pour l'ouverture de l'œil et la tension de la région frontale, moyen pour les autres critères.

Le biais nous permet d'évaluer la sur ou sous- estimation d'une série de mesures par rapport à une autre. Nous avons fixé 0,5 de biais maximum. Tous les critères répondent cette exigence.

La colonne écart signifie que 95% des écarts se situent entre ces deux nombres. Nous avons fixé une différence maximale de [-0,5 ; 0,5]. Les critères « ouverture de l'œil », « fixité de l'œil » et « mâchonnement » répondent à cette exigence et sont donc des critères répétables.

On peut ranger les critères par fiabilité sur la répétabilité du plus répétable au moins répétable : fixité de l'œil, mâchonnement, ouverture de l'œil, position des oreilles, tension de la

région frontale, tension des naseaux, tension des muscles masticateurs, tension de la lèvre inférieure et du menton.

Pour tous les critères, le manque de concordance est dû à un manque de précision. Cela signifie que globalement, il n'y a pas de sur ou sous-estimation d'une mesure par rapport à une autre mais qu'il y a des erreurs aléatoires qui provoquent des écarts entre les notes. Ces erreurs aléatoires sont dues à la subjectivité de la notation.

B. Reproductibilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales

Les résultats de la reproductibilité pour chacun des huit critères d'évaluation des expressions faciales sont disponibles dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Tableau de résultats des analyses statistiques de la reproductibilité critère par critère

Critères	Coefficient de Lin	Biais	Ecart
Position des oreilles	0,745 [0,631 ; 0,828]	0,21 [0,09 ; 0,34]	[-0,95 ; 1,37]
Ouverture de l'œil	-0,032 [-0,233 ; 0,171]	-0,02 [-0,08 ; 0,03]	[-0,56 ; 0,51]
Tension de la région frontale	0,559 [0,399 ; 0,687]	0,26 [0,14 ; 0,37]	[-0,82 ; 1,33]
Tension des muscles masticateurs	0,366 [0,173 ; 0,532]	-0,2 [-0,34 ; -0,06]	[-1,54 ; 1,14]
Tension du menton et de la lèvre inférieure	0,189 [-0,014 ; 0,377]	-0,24 [-0,41 ; -0,06]	[-1,86 ; 1,39]
Tension des naseaux	0,259 [0,061 ; 0,438]	0,24 [0,08 ; 0,39]	[-1,2 ; 1,67]
Fixité de l'œil	0,902 [0,852 ; 0,935]	-0,01 [-0,07 ; 0,05]	[-0,59 ; 0,57]
Mâchonnement	0,914 [0,871 ; 0,944]	-0,05 [-0,09 ; 0]	[-0,47 ; 0,38]

Le coefficient de concordance est très bon pour la fixité de l'œil et le mâchonnement, il est bon pour la position des oreilles, moyen pour la tension de la région frontale, passable pour la tension des naseaux et des muscles masticateurs, mauvais pour la tension du menton et inacceptable pour l'ouverture de l'œil.

Tous les critères présentent un biais de moins de 0,5, donc pas de sur ou sous-estimation entre les opérateurs. L'écart maximum, que nous avons fixé à 0,5, n'est acceptable que pour le mâchonnement.

Du point de vu de la reproductibilité, seul le critère mâchonnement répond à tous les critères. La fixité de l'œil et la position des oreilles peuvent encore être acceptables.

5. Evolution des expressions faciales pendant les courses

Les tableaux utilisés pour l'analyse des données sont présentés en Annexe 9.

A. Etude de chacun des critères d'expressions faciales pendant la course

La répartition des notes attribuées aux chevaux critère par critère est disponible dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Répartition des notes attribuées à chacun des huit critères d'expressions faciales sur l'ensemble des courses sur les différents contrôles vétérinaires.

% DE 0, 1, 2, correspond au nombre de score « 0, 1 ou 2 » attribué par rapport à l'ensemble des vidéos obtenues à chaque contrôle vétérinaire (effectifs disponibles en Tableau 10).

		Position des oreilles				
		VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0		52,32	44,66	33,01	28,46	29,54
% DE 1		41,86	33,98	46,22	36,49	35,22
% DE 2		5,81	21,35	20,75	35,03	35,22
		Ouverture de l'œil				
		VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0		100	99,02	97,16	90,51	92,04
% DE 1		0	0,97	2,83	5,83	5,68
% DE 2		0	0	0	3,64	2,27
		Tension frontale				
		VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0		3,48	0	4,71	1,45	2,27
% DE 1		66,27	35,92	37,735	27	31,81
% DE 2		30,23	64,07	57,54	71,53	65,9
		Tension des muscles masticateurs				
		VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0		27,9	10,67	10,37	6,56	6,81
% DE 1		66,27	79,61	85,84	74,45	71,59
% DE 2		5,81	9,7	3,77	18,97	21,59

Tension du menton et de la lèvre inférieure					
	VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0	48,83	45,63	38,67	28,46	25
% DE 1	46,51	49,51	58,49	60,58	62,5
% DE 2	4,65	4,85	2,83	10,94	12,5
Tension des naseaux et de la lèvre supérieure					
	VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0	51,16	41,74	44,33	33,57	26,13
% DE 1	44,18	55,33	53,77	51,09	53,4
% DE 2	4,65	2,91	1,88	15,32	20,45
Fixité de l'œil					
	VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0	90,7	96,12	85,85	64,23	51,14
% DE 1	8,14	3,88	10,38	24,82	32,95
% DE 2	1,16	0	3,77	10,95	15,91
Mâchonnement					
	VET 0	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
% DE 0	91,86	75,73	83,96	86,13	82,95
% DE 1	4,65	19,42	13,21	8,76	13,64
% DE 2	3,49	4,85	2,83	5,11	3,41

Au contrôle initial, la note de 0 est la plus fréquente pour les critères fixité de l'œil, mâchonnement, position des oreilles, ouverture de l'œil, lèvres et naseaux. Pour masticateurs et front, moins de 30% des chevaux ont reçu la note de 0 et 66 % ont reçu la note de 1 au contrôle initial.

D'un contrôle à l'autre, la note attribuée à chaque critère tend à augmenter. La proportion de chevaux avec une note de 0 diminue tandis que la proportion de 2 augmente. Les critères qui semblent le plus évoluer pendant la course sont la fixité de l'œil, la position des oreilles, la tension des muscles masticateurs et la tension des naseaux. Seule l'ouverture de l'œil et le mâchonnement n'évoluent pratiquement pas pendant la course.

Nous avons choisi pour la suite de la thèse de nous intéresser à la note globale (sur 16), mais également à la note attribuée sur les quatre critères évoluant le plus pendant la course : la fixité de l'œil, la position des oreilles, la tension des muscles masticateurs et la tension des naseaux.

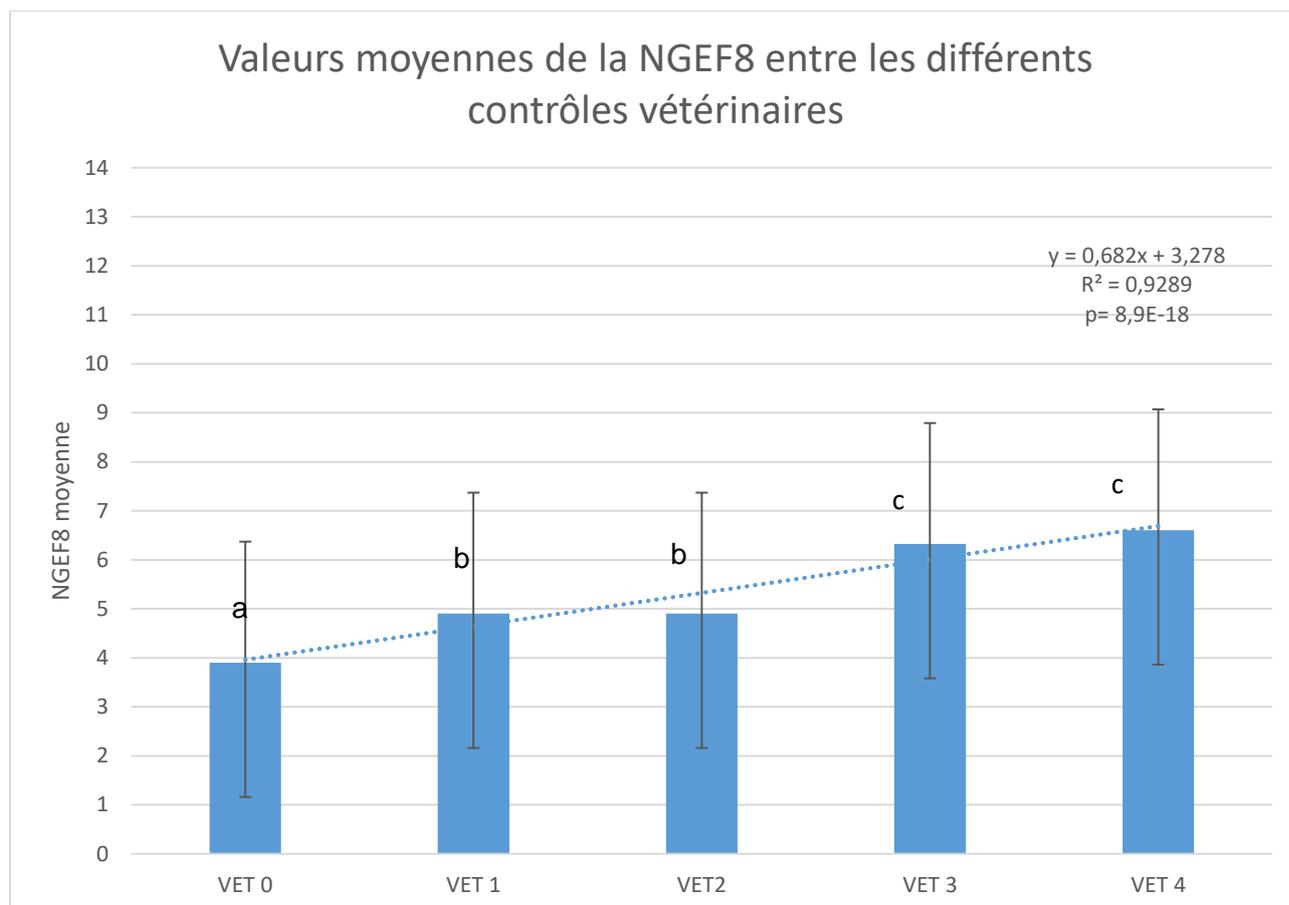
B. Etude des expressions faciales pendant la course

a. Evolution de la NGEF8 en fonction de la distance parcourue toutes courses confondues

L'évolution de la NGEF8 pendant la course est présentée en Figure 19. Les p-values sont disponibles en Annexe 10.

Figure 19 : Evolution de la NGEF8 pendant la course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n)

Effet significatif de la distance à $P < 0,05 / 5 = 0,01$ (correction Bonferroni) ; les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,01$ (Annexe 10)



Le coefficient de Spearman, calculé sur les distances réelles en kilomètres est de $8,9E-18$ soit $< 0,05$. Il permet de conclure à une augmentation significative de la NGEF8 en fonction de la distance.

Par ailleurs, la valeur moyenne NGEF8 est significativement plus faible au premier contrôle vétérinaire que pendant les contrôles 1 et 2 (soit jusqu'à 60 km de course environ), elle-même plus faible que la note pendant la deuxième partie de course (80 à 120 km environ).

b. Evolution de la NGEF8 en fonction de la distance parcourue sur les différentes courses

L'évolution de la NGEF8 en fonction de la distance parcourue est également analysée sur chaque course. En effet, les conditions de courses ne sont pas les mêmes sur chaque lieu. Par exemple, les conditions météorologiques ne sont pas les mêmes.

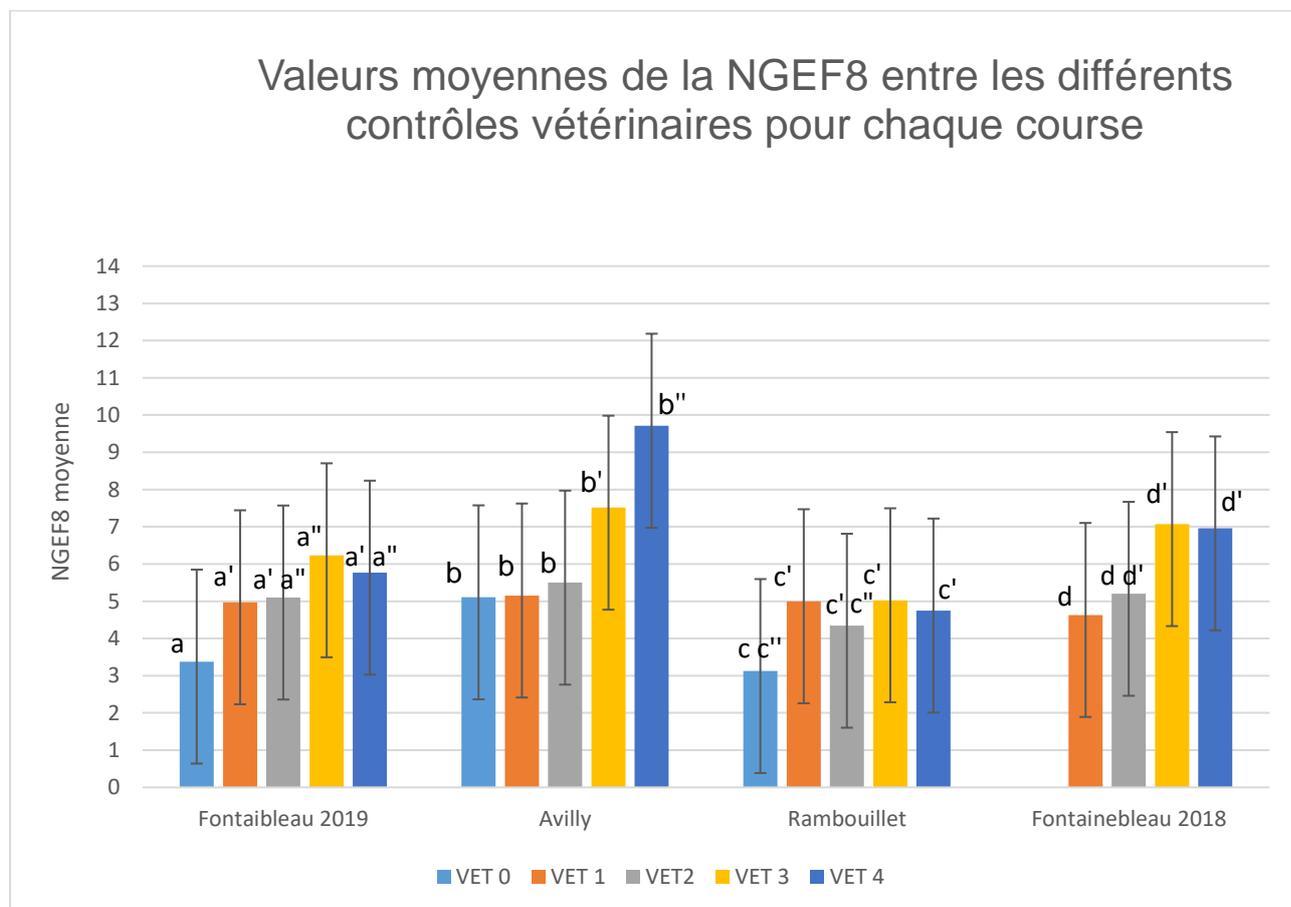
Le résultat est présenté en Figure 20. Les p-values sont disponibles en Annexe 11.

D'une manière générale, la note augmente d'un contrôle vétérinaire à l'autre pendant la course mais pas toujours de façon linéaire.

L'évolution de la NGEF8 est différente d'une course à l'autre. En effet, pour la course d'Avilly Saint Léonard, on constate une augmentation significative de la NGEF8 entre les contrôles 3 et 4. Pour les courses de Fontainebleau 2019 et Rambouillet, la NGEF8 augmente entre le contrôle initial et les contrôles suivants (excepté pour le contrôle n°2 de Rambouillet). Pour la course de Rambouillet, c'est même uniquement cette différence qui est significative, la NGEF8 n'évoluant plus significativement des contrôles 1 à 4. Pour la course de Fontainebleau 2018, les contrôles 3 et 4 sont significativement différents du contrôle 1.

Figure 20 : Evolution de la NGEF8 pendant chaque course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n)

Effet significatif de la distance à $P < 0,05 / 5 = 0,01$ (correction Bonferroni) ; les moyennes comparées sont celles des différents contrôles pour une seule et même course, ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a, a', a'') sont significativement différentes à $P < 0,01$ (Annexe 11)



Les conditions climatiques des courses sont présentées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Conditions climatiques lors des courses de l'étude

Certaines données n'étaient pas accessibles, il est noté entre parenthèse la ville la plus proche utilisée.

Course	Date	Température maximale	Humidité
Fontainebleau 2018	31/03/2018	11°	74 %
Avilly Saint Léonard 2018	7/04/2018	20°	70 %
Rambouillet 2019 (Dreux)	18/05/2019	16°	94 %
Fontainebleau 2019	22 et 23 mars 2019	18°	73 %

On observe que pour toutes ces courses, la température est inférieure à 25 C et que l'humidité est supérieure ou égale à 70%.

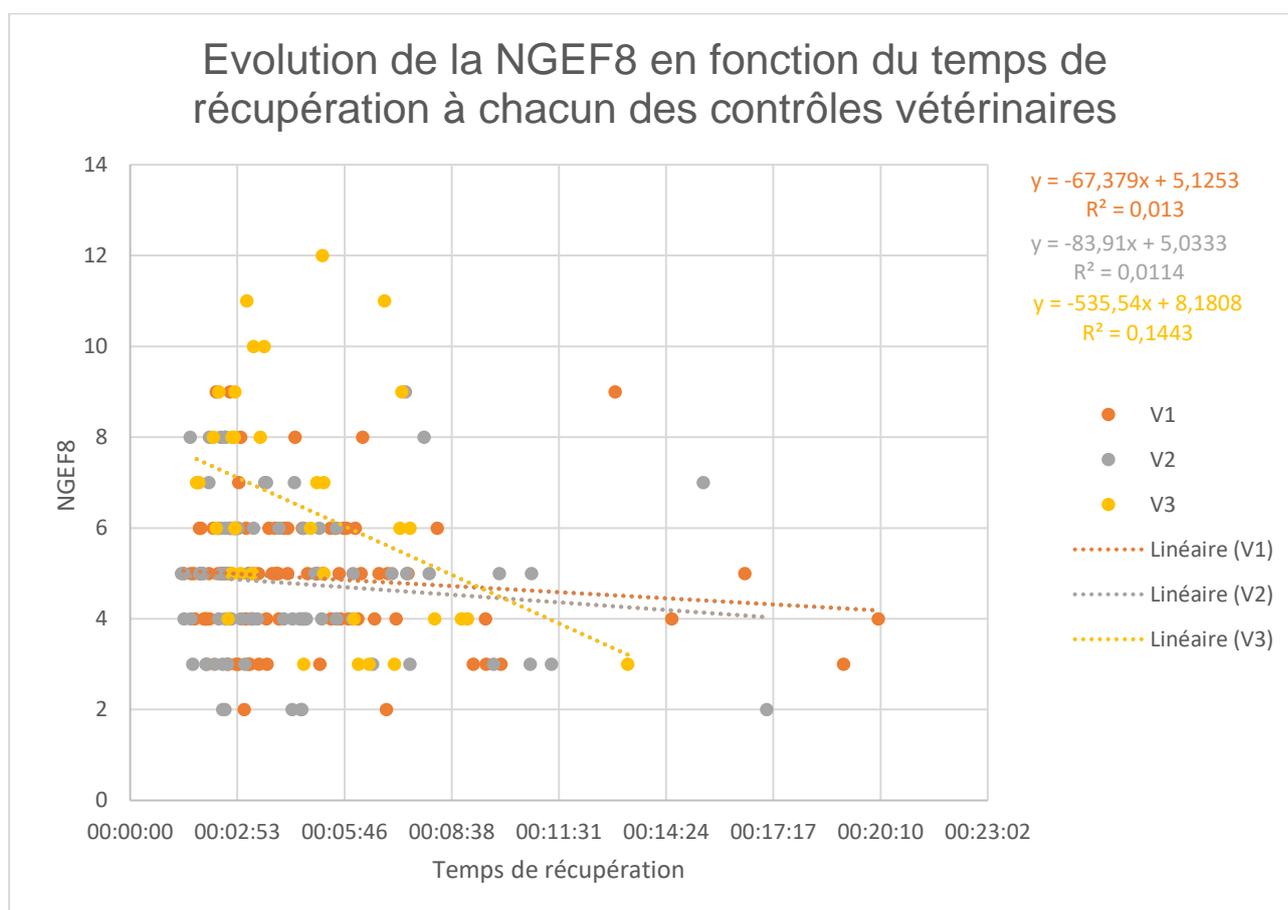
C. Etude des expressions faciales en fonction des critères cliniques traduisant la fatigue

L'étude des critères cliniques est réalisée pour chaque contrôle vétérinaire.

Les effectifs de vidéos obtenues exploitables à chaque contrôle vétérinaire ne sont pas les mêmes pour chaque critère clinique. En effet, lors du dernier contrôle vétérinaire, le chronomètre s'arrête sur la ligne d'arrivée et ne permet pas d'obtenir de temps de récupération. De même, l'indice de récupération n'est pas disponible sur toutes les courses et à chaque boucle. Les effectifs, ainsi que les p-values, sont disponibles en Annexe 12, Annexe 13 et Annexe 14.

a. Evolution de la NGEF8 en fonction du temps de récupération au contrôle vétérinaire correspondant

Figure 21 : Evolution de la NGEF8 en fonction du temps de récupération à chaque contrôle vétérinaire (Vn)

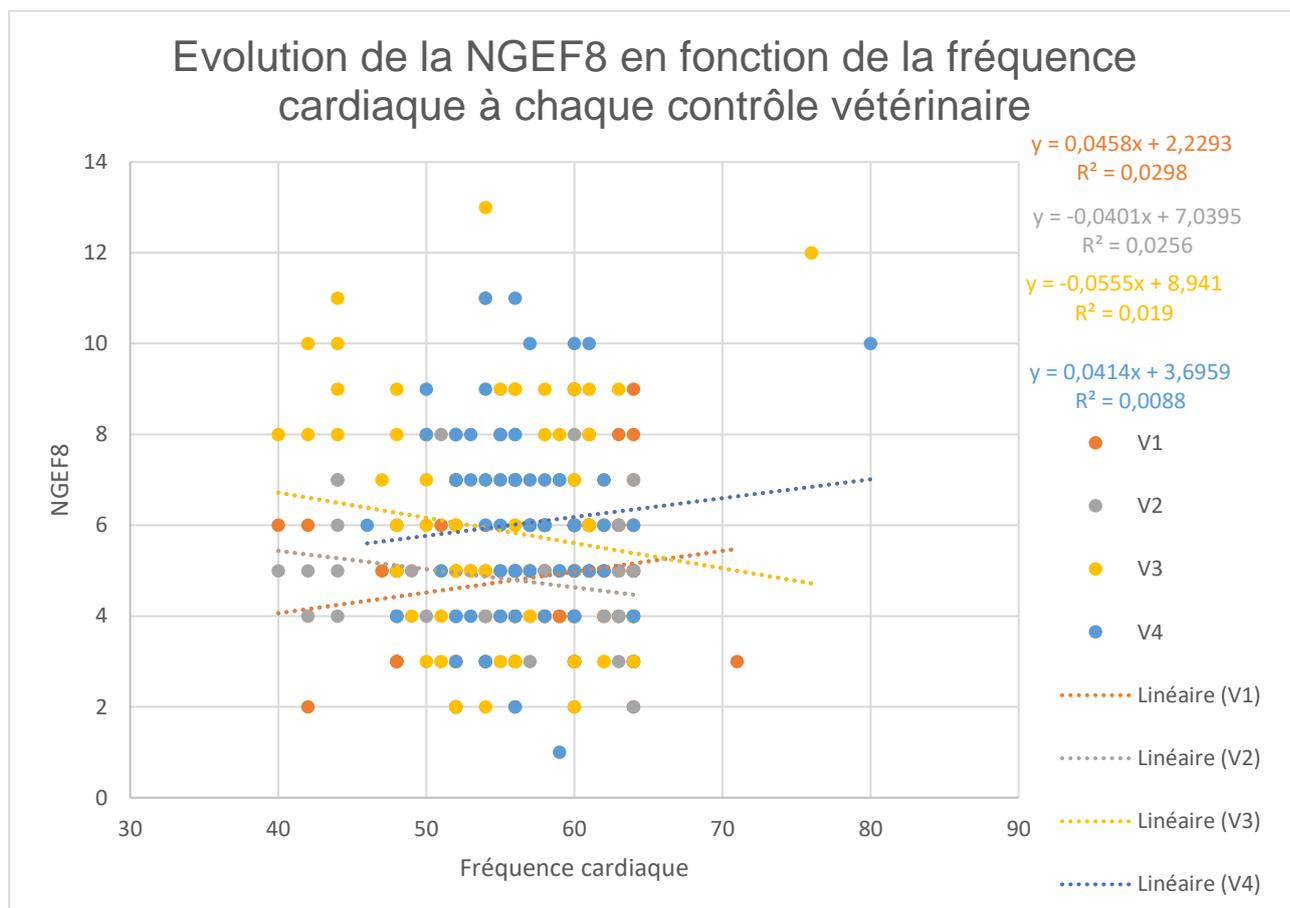


La courbe en Figure 21, représente la NGEF8 en fonction du temps de récupération (différence entre le temps d'arrivée de la boucle et le temps d'entrée dans l'aire de contrôle vétérinaire). Le contrôle vétérinaire n°3 est le seul où la différence de NGEF8 varie de manière significative en fonction du temps de récupération. Au 3^{ème} contrôle vétérinaire, nous pouvons conclure que la NGEF8 est significativement plus faible chez les chevaux ayant un temps de récupération plus élevé. Ceci n'allant pas dans le sens attendu, nous avons pensé que la courbe était attirée par un outlier. Après retrait de cette valeur la pente de la courbe ($y = -519,16x + 8,1351$) et la p-value restent cependant les mêmes. Cet outlier n'a donc pas d'influence sur la significativité des résultats.

On remarque une tendance similaire aux autres contrôles vétérinaires.

b. Evolution de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque

Figure 22 : Evolution de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque à chaque contrôle vétérinaire (Vn)

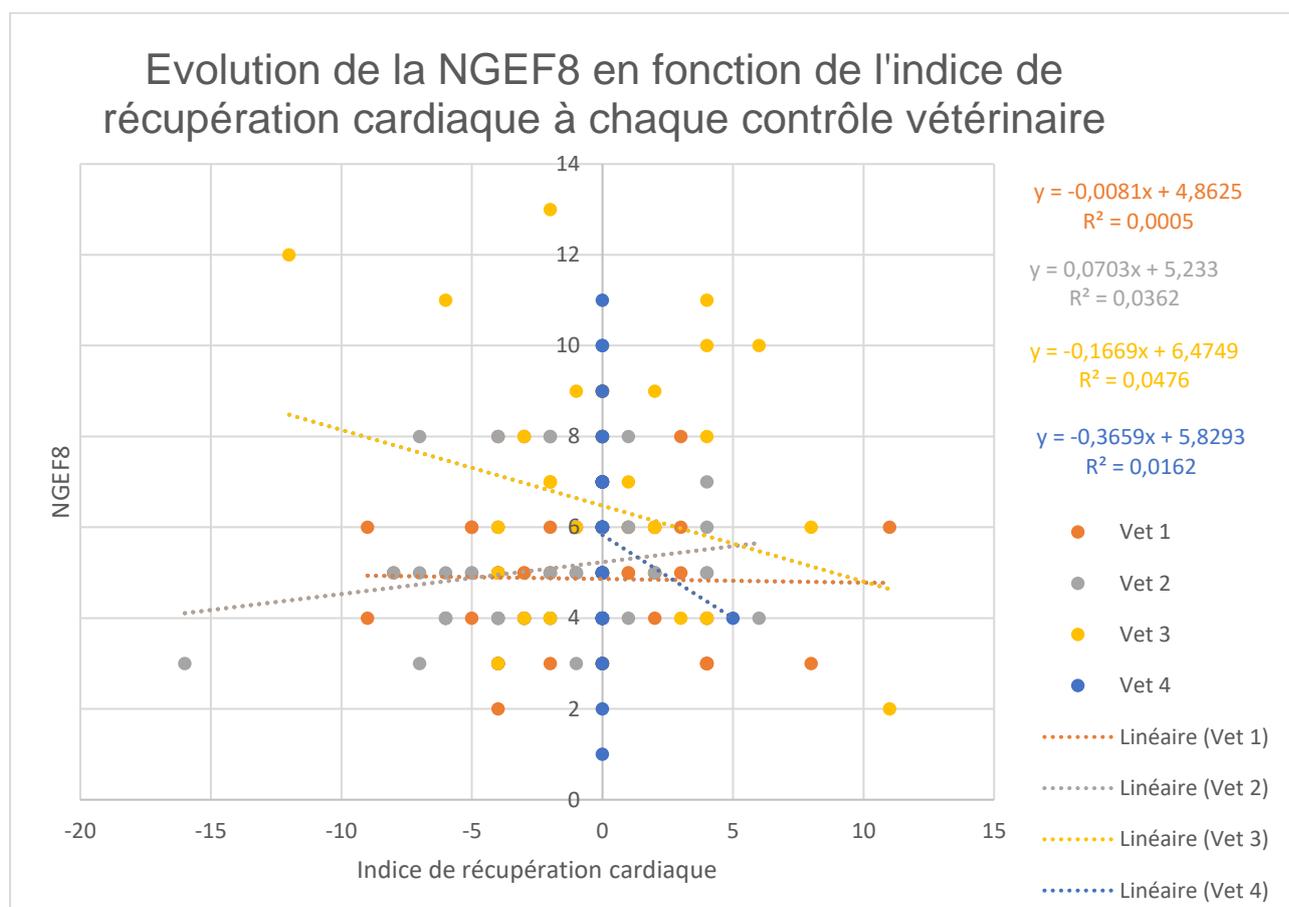


La Figure 22 représente l'évolution de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque de récupération à chaque contrôle vétérinaire. Si celle-ci est supérieure à 64 bpm, alors le cheval est éliminé (cas de trois individus).

Il n'y a pas de relation entre la NGEF8 et la valeur de fréquence cardiaque à chaque contrôle vétérinaire. On peut d'ailleurs constater que pour une fréquence cardiaque de 54 bpm, la NGEF8 varie de 2 à 13. De même, pour les trois chevaux éliminés présentant une fréquence cardiaque supérieure à 64 bpm, la note va de 3 à 12.

c. Evolution de la NGEF8 en fonction de l'indice de récupération cardiaque

Figure 23 : Evolution de la NGEF8 en fonction de l'indice de récupération cardiaque à chaque contrôle vétérinaire (Vet n)



On n'observe (Figure 23) pas de différence significative entre la NGEF8 et l'indice de récupération cardiaque pour aucun des contrôles vétérinaires.

D. Etudes des expressions faciales en fonction des données de course associées à la fatigue

Dans cette partie, les expressions faciales ont également été étudiées à chaque contrôle vétérinaire.

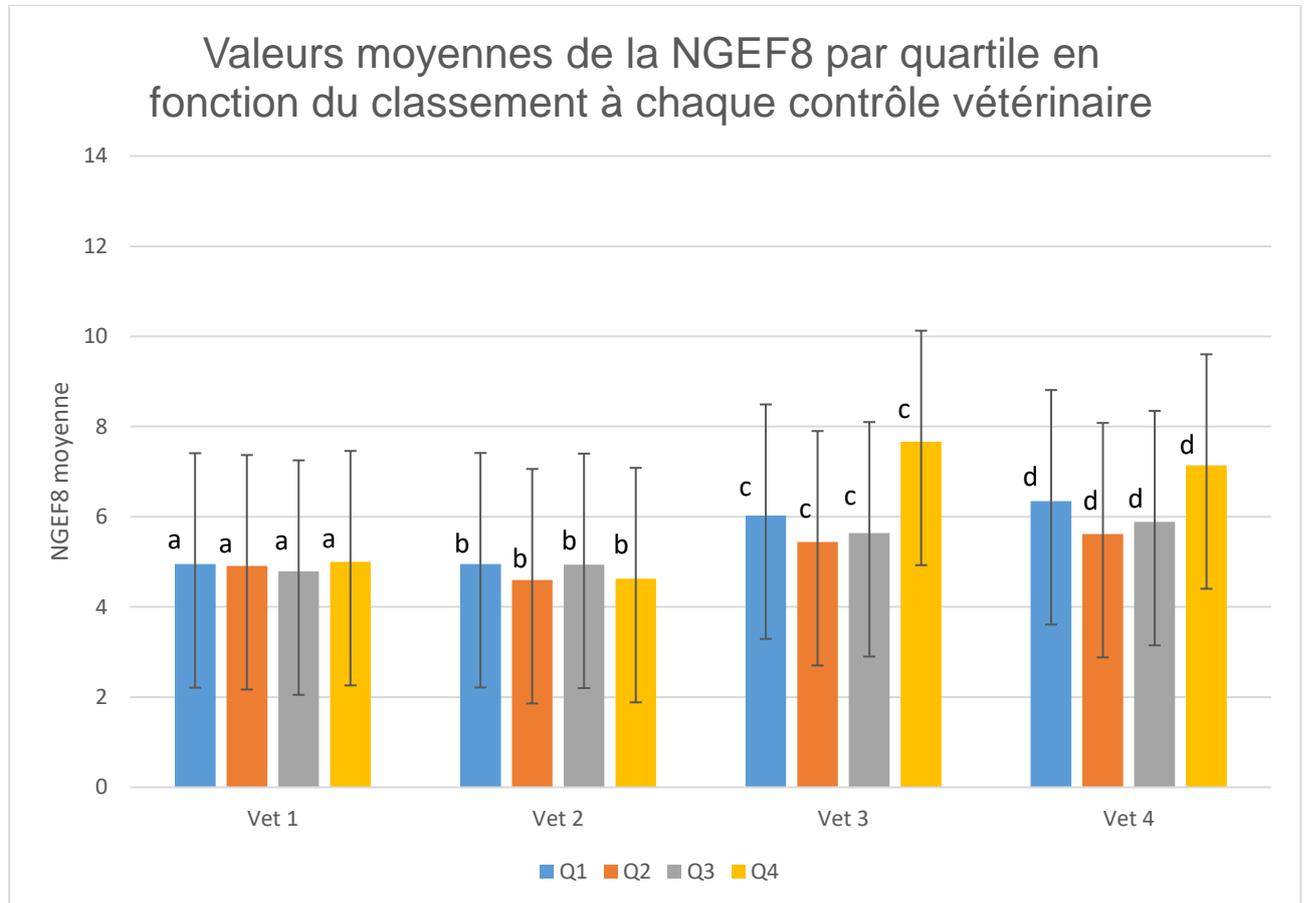
a. Etude de la NGEF8 en fonction du classement à chaque contrôle vétérinaire

Les effectifs obtenus sont disponibles en Annexe 15 et les p-values en Annexe 16.

La figure 24, représente la valeur moyenne de la NGEF8 en fonction du classement au dernier contrôle vétérinaire. Le classement traduit la vitesse moyenne par rapport à celle des autres participants.

Figure 24 : Etude de la NGEF8 en fonction du classement. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vet n)

Effet significatif de la distance à $P < 0,05 / 4 = 0,0125$ (correction Bonferroni); les moyennes comparées sont celles des différents quartile pour un seul et même contrôle vétérinaire, ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a,a',a ") sont significativement différentes à $P < 0,0125$ (Annexe 16)



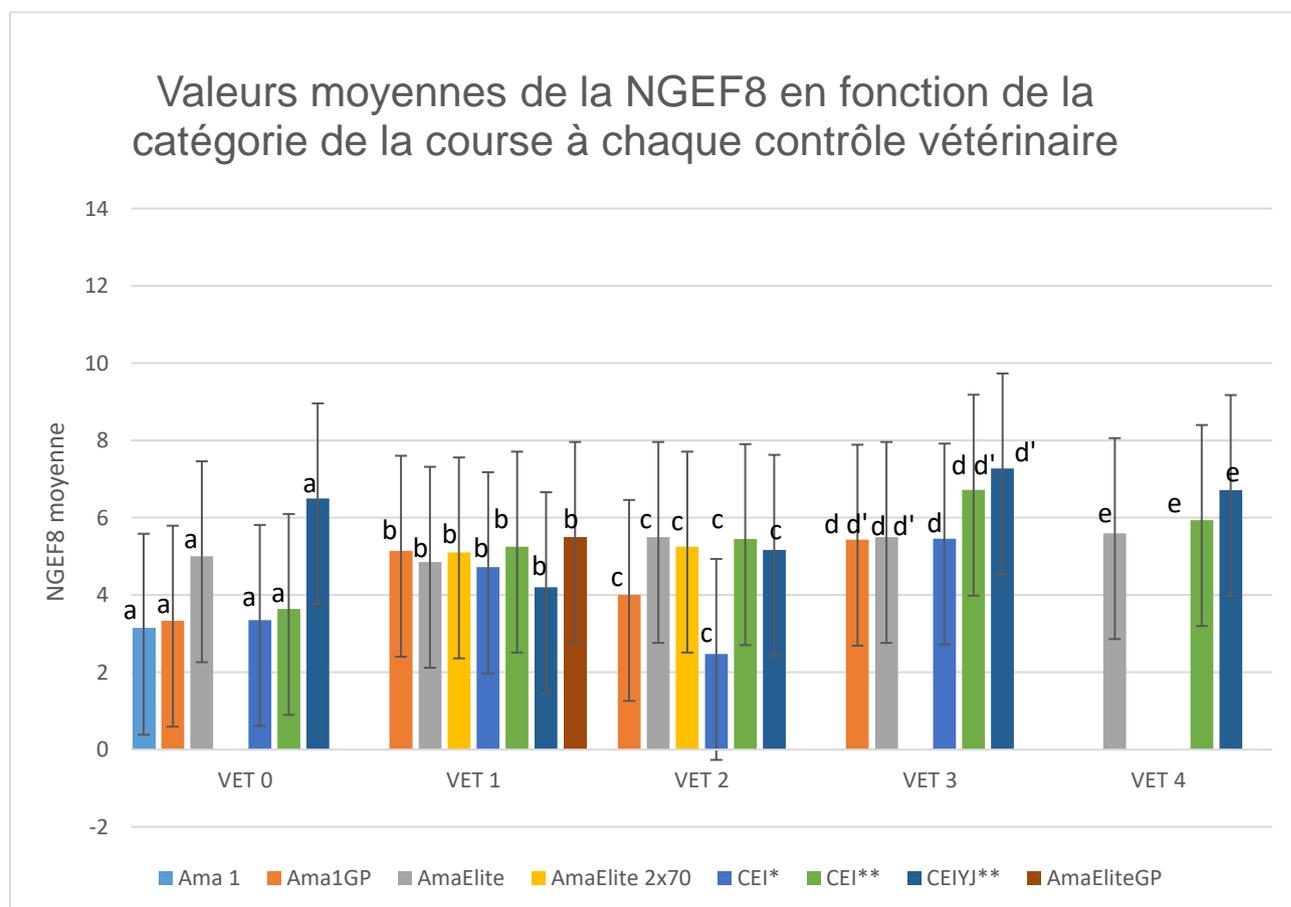
On n'observe pas de différence significative de la NGEF8 moyenne en fonction du classement.

b. Etude de la NGEF8 en fonction du type de course

Les effectifs sont disponibles en Annexe 17 et les p-values en Annexe 18.

Figure 25 : Etude de la NGEF8 en fonction de la catégorie de la course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vet n)

Effet significatif de la distance à $P < 0,05 / x$, avec x le nombre de catégorie par contrôle (correction Bonferroni) ; les moyennes comparées sont celles des différentes catégories de course pour un seul et même contrôle vétérinaire ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a, a', a'') sont significativement différentes à $p < 0,008$ pour V0 et V2 ; $p < 0,007$ pour V1 ; $p < 0,01$ pour V3 ; $P < 0,017$ pour V4 (Annexe 18)



On observe une différence significative de la NGEF8 au 3^{ème} contrôle vétérinaire entre les courses CEI* et CEIYJ**. La NGEF8 est plus élevée chez les concurrents participant à la course CEIYJ**. On n'observe pas de différence significative aux autres contrôles vétérinaires.

c. Etude de la NGEF8 en fonction de l'âge

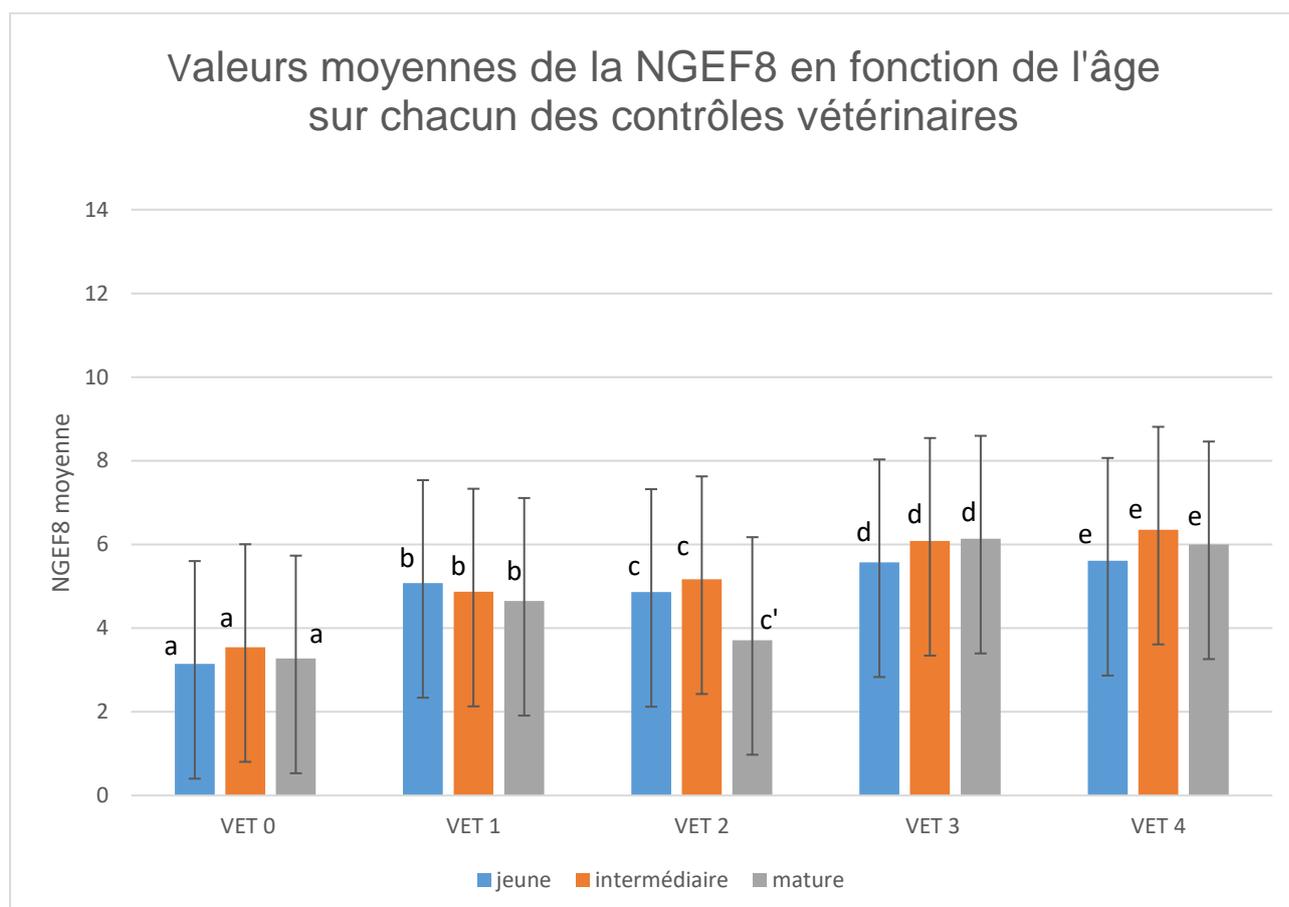
Les chevaux sont classés par tranches d'âge (jeune = de 6 à 8 ans, intermédiaire = 9 à 11 ans, mature = ≥ 12 ans).

Les effectifs obtenus sont disponibles en Annexe 19 et les p-values en Annexe 20.

L'évolution des expressions faciales en fonction de l'âge à chaque contrôle vétérinaire est disponible en Figure 26.

Figure 26 : Etude de la NGEF8 en fonction de l'âge. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n)

Effet significatif de l'âge à $P < 0,05 / 3 = 0,016$ (correction Bonferroni) ; les moyennes comparées sont celles des différentes classes d'âge pour un seul et même contrôle vétérinaire ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a, a', a ") sont significativement différentes à $P < 0,016$ (Annexe 20)



La NGEF8 est significativement plus faible chez les chevaux matures que chez les jeunes et les intermédiaires au 2^{ème} contrôle vétérinaire. On n'observe pas de différence significative pour les autres contrôles vétérinaires.

d. Etude NGEF8 en fonction de la race

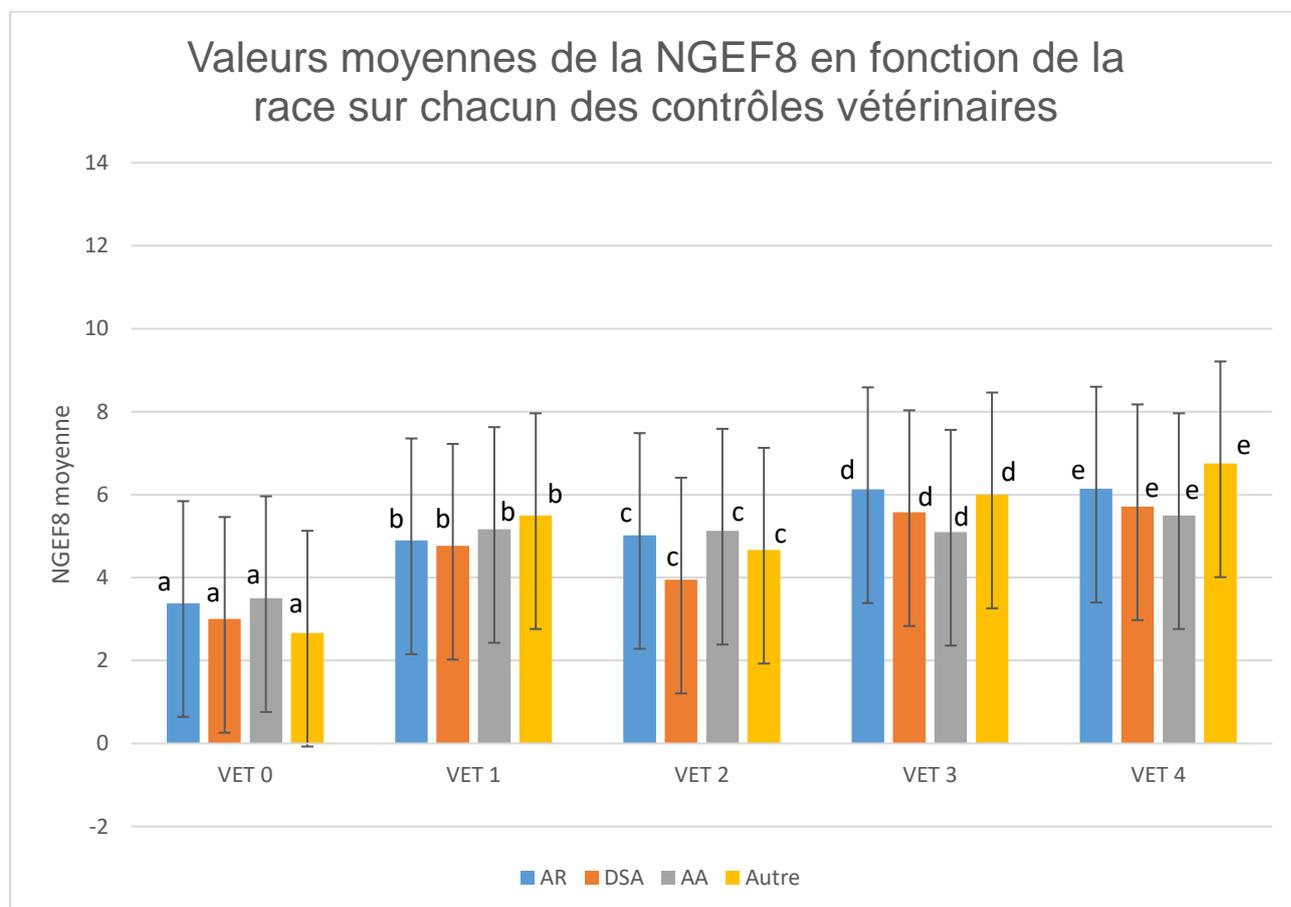
Les chevaux sont classés en fonction de leur race selon 4 groupes : Pur-Sang Arabes (AR), Demi-sang Arabes (DSA), Anglo-Arabes (AA), Autre.

Les effectifs sont disponibles en Annexe 21 et les p-values en Annexe 22.

Les résultats de l'analyse de la NGEF8 en fonction de la race sont présentés en Figure 27.

Figure 27 : Etude de la NGEF8 en fonction de la race. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n)

Effet significatif de la race à $P < 0,05 / 4 = 0,012$ (correction Bonferroni) ; les moyennes comparées sont celles des différentes races pour un seul et même contrôle vétérinaire ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a, a', a'') sont significativement différentes à $P < 0,012$ (Annexe 22)



On n’observe aucune différence significative des NGEF8 moyennes en fonction des races des chevaux, et ce pour chaque contrôle vétérinaire.

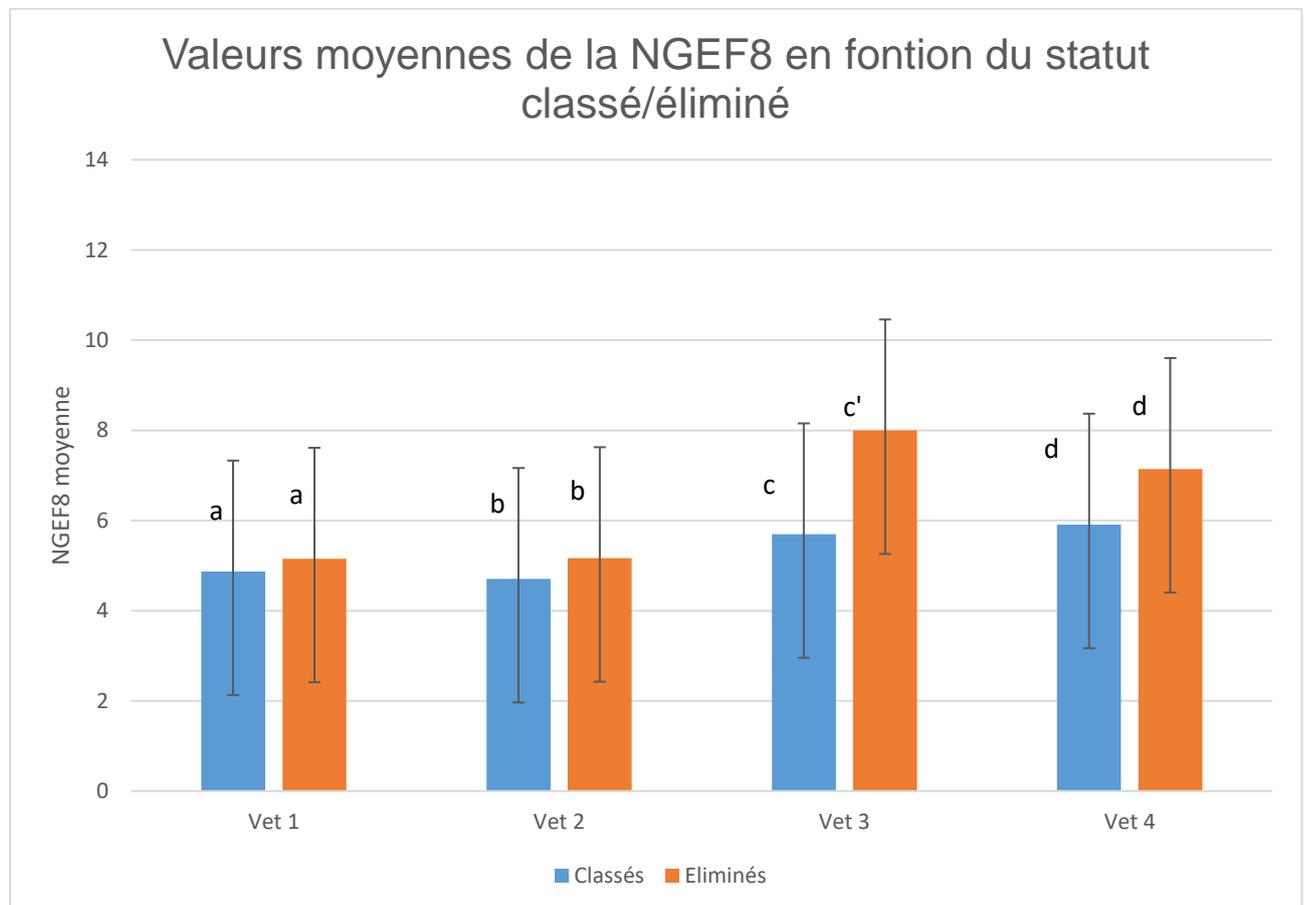
E. Etude des expressions faciales en fonction de l’élimination et de sa cause

Il convient dans un premier temps de regarder s’il y a une différence de note d’expressions faciales entre les chevaux éliminés et les chevaux classés (Figure 28).

Les effectifs sont disponibles en Annexe 23 et les p-values en Annexe 24.

Figure 28 : Etude de la NGEF8 moyenne en fonction de l'issue du contrôle vétérinaire : classé/éliminé. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vet n)

Effet significatif à $P < 0,05 / 2$ (correctlon de Bonferroni) ; les moyennes suivies par deux lettres différentes (par contrôle) sont significativement différentes à $P < 0,025$ (Annexe 24)



On observe que la NGEF8 moyenne des chevaux éliminés au troisième contrôle vétérinaire est significativement plus élevée chez les chevaux éliminés que chez les chevaux ayant continué la course.

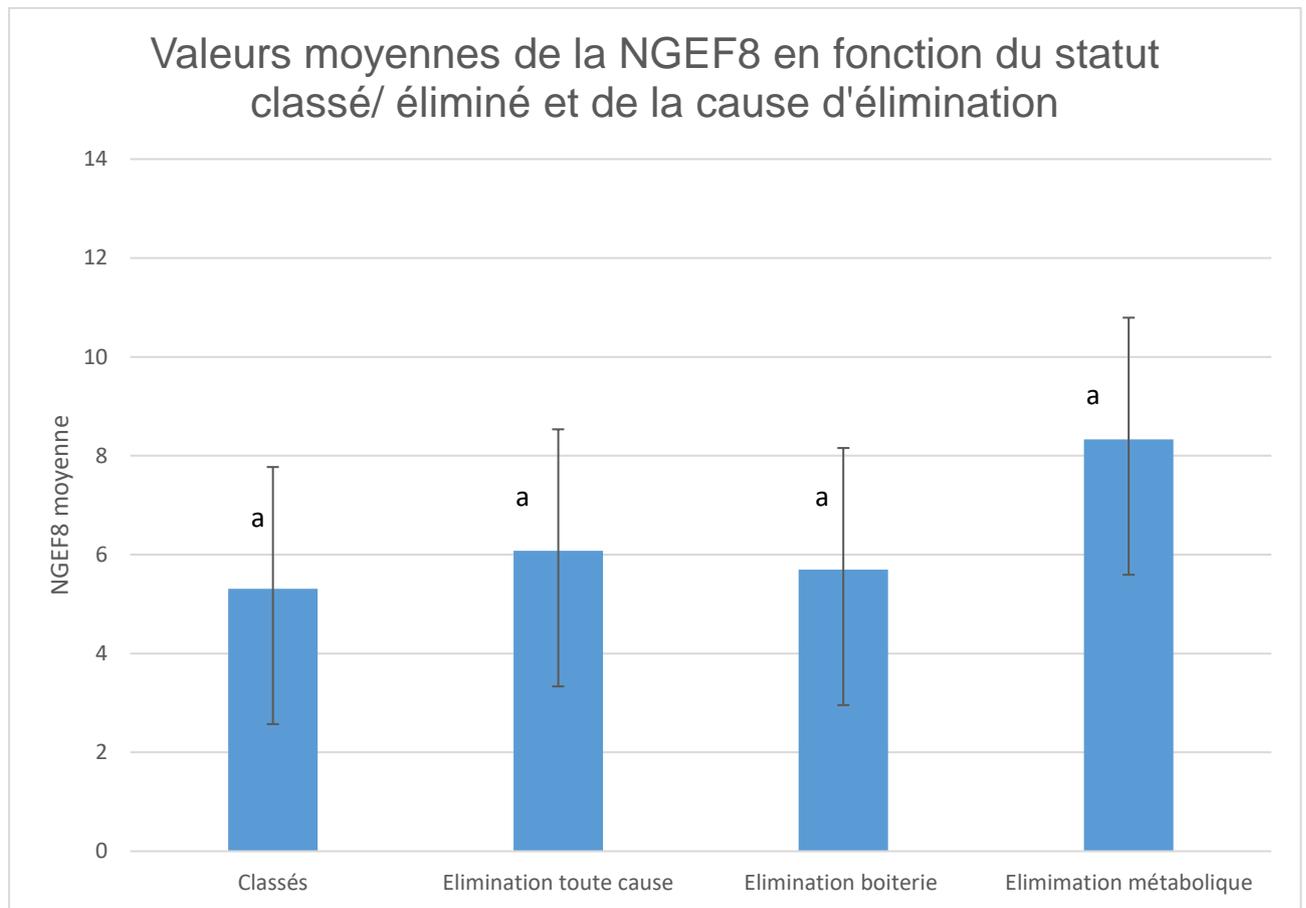
Dans un deuxième temps, nous avons analysé la NGEF8 sur l'ensemble des contrôles pour comparer la note en fonction de la cause de l'élimination. Les résultats sont présentés en Figure 29.

Ensuite, nous avons analysé la note d'expressions faciales des chevaux qui ont été classés ou éliminés au contrôle suivant (N+1), dans le but de voir s'il est possible de prévoir l'issue du contrôle vétérinaire suivant. Les résultats sont présentés en Figure 30.

Les effectifs sont disponibles en Annexe 25 et les p-values en Annexe 26 et Annexe 27.

Figure 29 : Etude de la NGEF8 en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination. Valeurs moyennes calculées sur l'ensemble de contrôles vétérinaires.

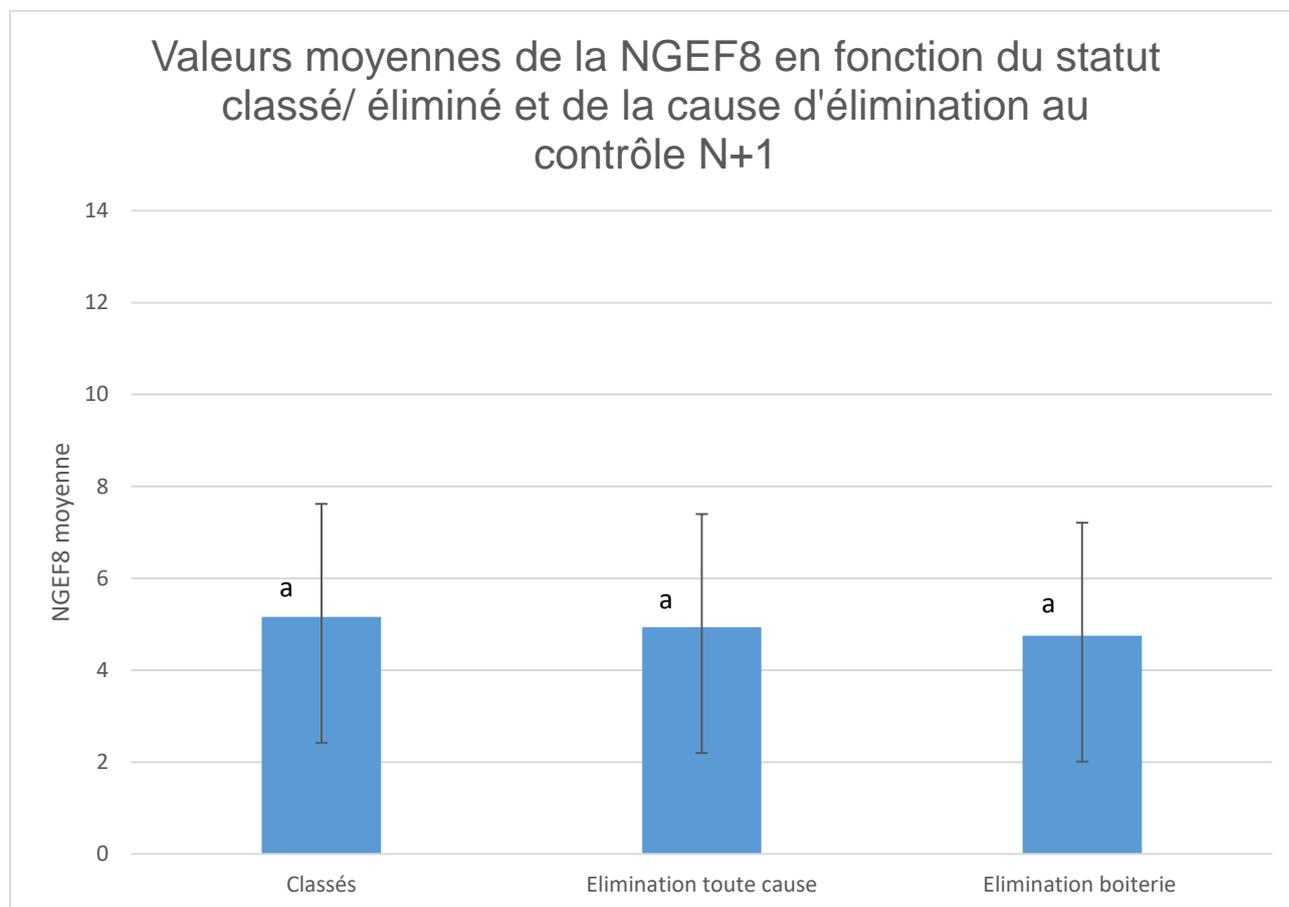
Effet significatif de l'élimination et de sa cause à $P < 0,05 / 4$ (correction de Bonferonni) ; les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,0125$ (Annexe 26)



On n'observe (Figure 30) aucune différence significative de NGEF8 moyenne, sur l'ensemble des contrôles vétérinaires, selon l'issue du contrôle vétérinaire (classé, éliminé métabolique ou éliminé boiterie).

Figure 30 : Etude de la NGEF8 au contrôle n selon l'issue du contrôle N+1. Valeurs moyennes calculées sur l'ensemble de contrôles vétérinaires.

Effet significatif de l'élimination et de sa cause à $P < 0,05 / 3$ (correction de Bonferonni) ; les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,017$ (Annexe 27)



Les chevaux éliminés au contrôle N+1 n'avaient pas de NGEF8 augmentée de façon significative par rapport à ceux classés, quelle que soit la cause de l'élimination.

F. Conclusion des résultats sur l'évaluation des expressions faciales sur huit critères

A travers cette partie, nous pouvons conclure à une augmentation significative de la NGEF8 en fonction de la distance parcourue ainsi que chez les chevaux éliminés au 3^{ème} contrôle vétérinaire. Cependant, aucune différence de NGEF8 n'est observée en fonction des paramètres cliniques traduisant la fatigue (temps de récupération, fréquence cardiaque et indice de récupération), excepté au contrôle vétérinaire n°3 où la NGEF8 diminue avec l'augmentation du temps de récupération. De même, il n'y a pas de différence significative de la NGEF8 en fonction des facteurs de risque associés à la fatigue (âge, race, vitesse). La NGEF8 est cependant plus élevée chez les chevaux inscrits sur la CEIY** que chez ceux inscrits sur la CEI* au troisième contrôle vétérinaire. Enfin, on

ne note pas de différences significatives des expressions faciales en fonction de la cause de l'élimination, ainsi que selon le statut classé/éliminé au contrôle vétérinaire N+1.

Par ailleurs, les critères qui semblent le plus évoluer pendant la course sont, la fixité de l'œil, la position des oreilles, la tension des muscles masticateurs et la tension des naseaux. Nous avons effectué la même étude en prenant en compte seulement ces 4 critères. Nous nous intéresserons donc à la note globale d'expression faciale sur 4 critères (NGEF4).

6. Résultats de l'étude des expressions faciales réalisées sur quatre critères lors des courses d'endurance

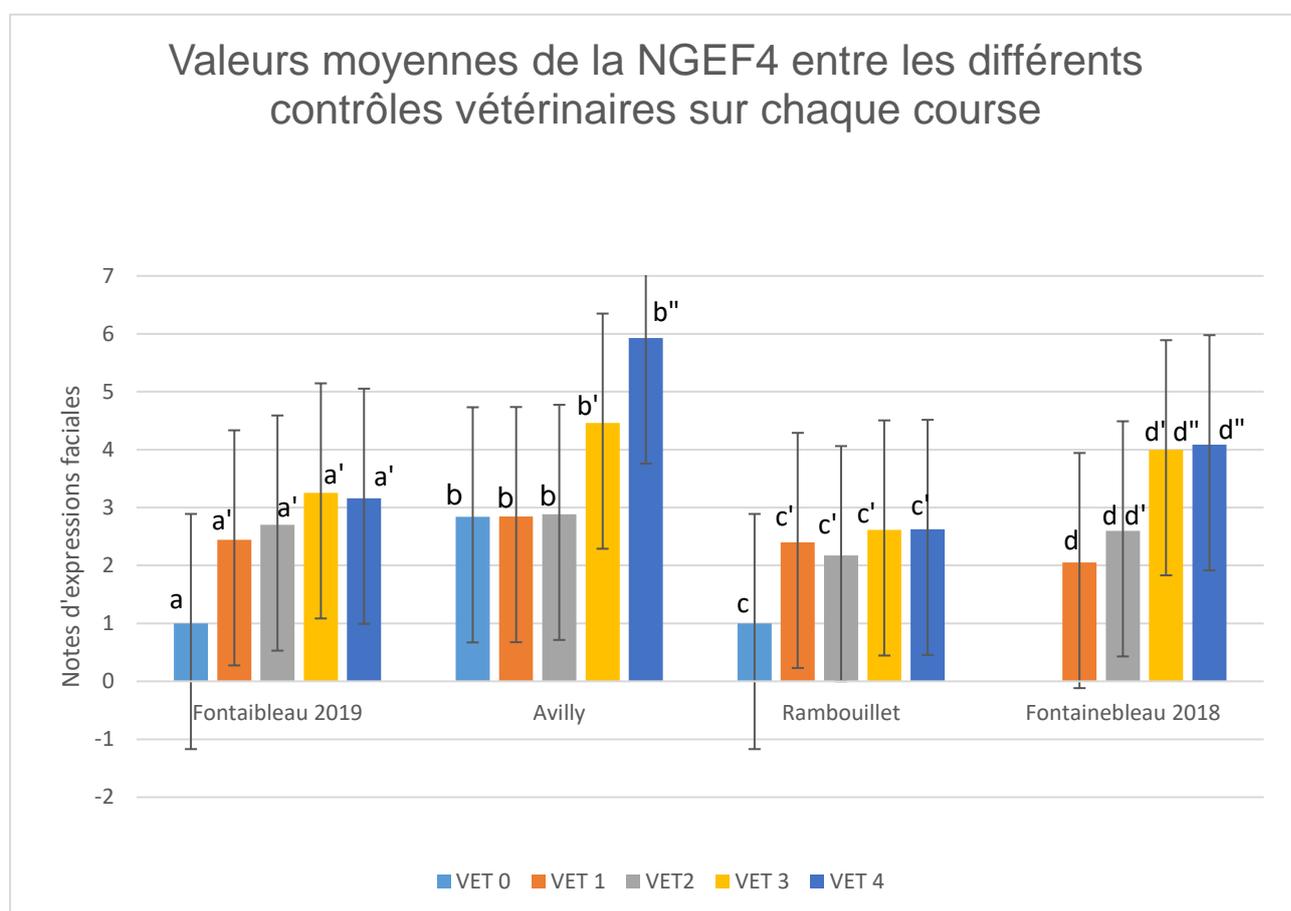
Les indices de concordance sont présentés en Annexe 28 et les p-values en Annexe 29 à Annexe 40. Les effectifs sont les mêmes que pour l'étude sur huit critères.

Les résultats présentés sont uniquement ceux qui diffèrent de l'étude avec les huit critères, les cases en orange dans les annexes correspondant à ces différences.

A. Evolution de la NGEF4 en fonction de la distance parcourue sur les différentes courses

Figure 31 : Evolution de la NGEF4 pour chaque course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (VET n)

Effet significatif de la distance à $P < 0,05 / 5 = 0,01$ (correction Bonferroni) ; les moyennes comparées sont celles des différents contrôles pour une seule et même course, ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a, a', a'') sont significativement différentes à $P < 0,01$ (Annexe 30)



On constate (Figure 31), que les résultats sont globalement similaires aux résultats obtenus sur huit critères : la NGEF4 augmente systématiquement entre le début et la fin de la course. Cette augmentation est plus ou moins marquée selon la course : pour la course de Fontainebleau 2019, il n'y a de différences significatives de la note d'expressions faciales qu'entre le contrôle initial et les

suivants. De plus, on observe une différence significative entre le contrôle initial et les contrôles suivants pour Rambouillet, et entre le 2^{ème} contrôle et le dernier contrôle pour Fontainebleau 2018.

B. Evolution de la NGEF4 en fonction du temps de récupération

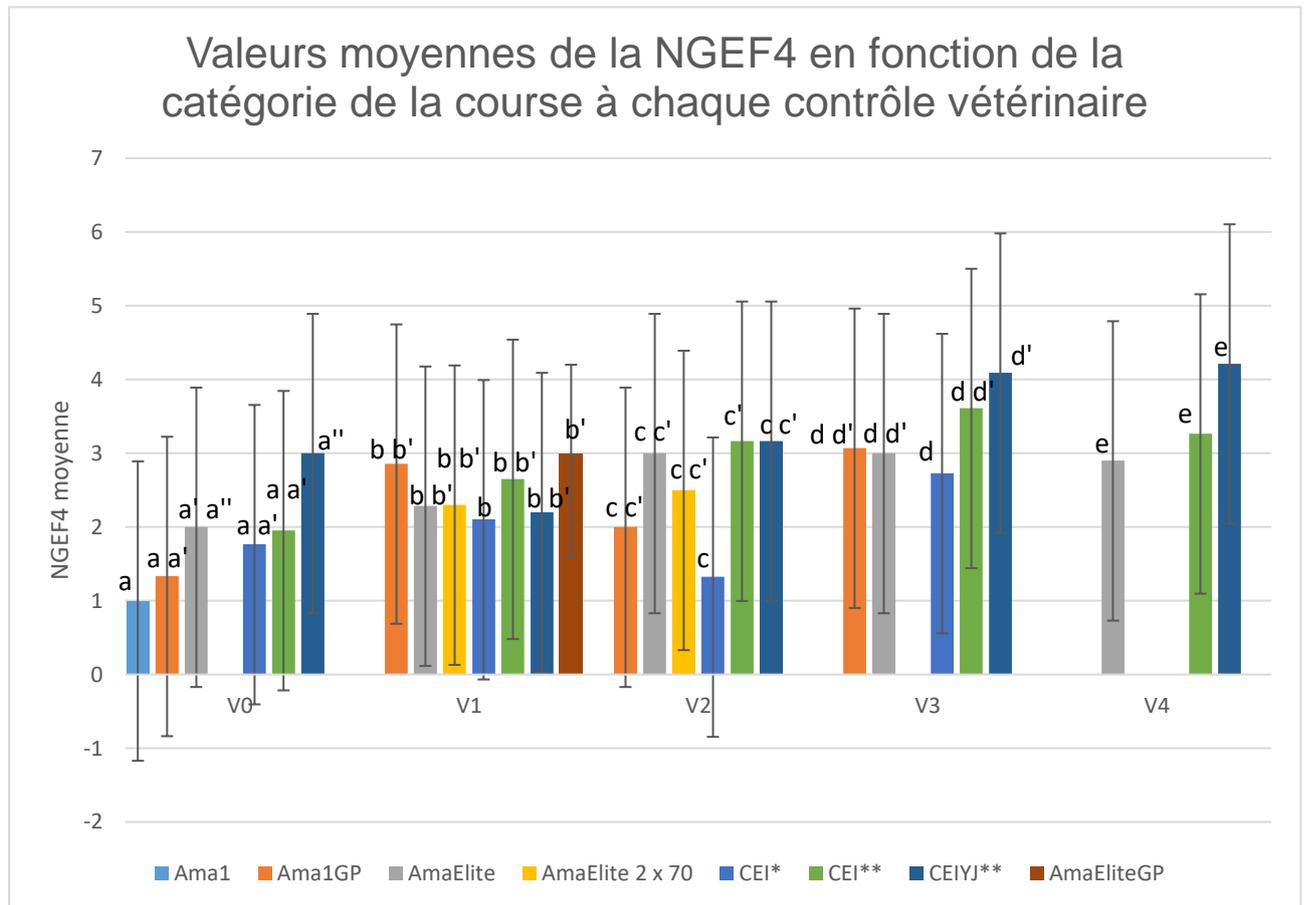
Alors que nous avons observé une diminution de la NGEF8 en fonction du temps de récupération au 3^{ème} contrôle, cela n'est plus le cas avec l'étude des expressions faciales sur 4 critères. Aucune différence significative de la NGEF4 en fonction du temps de récupération n'est observée.

C. Etude de la NGEF4 en fonction du type de course

Pour les contrôles 3 et 4, les résultats obtenus sont les mêmes qu'avec l'utilisation des 8 critères. Des différences sont présentes pour les contrôles initial, 1 et 2 dont le graphique est présenté en Figure 32.

Figure 32 : Etude de la NGEF4 en fonction de la catégorie de la course. Valeurs moyennes calculées à chaque contrôle vétérinaire (Vn)

Effet significatif de la distance à $P < 0,05 / x$, avec x le nombre de catégorie par contrôle (correction Bonferroni) ; les moyennes comparées sont celles des différentes catégories de course pour un seul et même contrôle vétérinaire ; les moyennes suivies par les mêmes lettres avec des apostrophes différentes (a, a', a'') sont significativement différentes à $p < 0,008$ pour V0 et V2 ; $p < 0,007$ pour V1 ; $p < 0,01$ pour V3 ; $P < 0,017$ pour V4 (Annexe 35)



Au contrôle vétérinaire initial, la NGEF4 est plus élevée chez les chevaux inscrits sur la CEIYJ** que sur les autres courses (excepté l'AmaElite) et la NGEF4 est plus élevée chez les chevaux inscrits sur la AmaElite que sur l'Ama1. Au 1^{er} contrôle vétérinaire, les chevaux inscrits sur l'AmaEliteGP ont une NGEF4 significativement plus haute que ceux inscrits sur le CEI*. Enfin, au 2^{ème} contrôle vétérinaire, les chevaux participant à la CEI** ont une NGEF4 plus haute que ceux participant à la CEI*.

Les résultats obtenus pourraient s'expliquer par différents facteurs : le niveau d'entraînement, l'enjeu de la course ou encore la vitesse... Nous nous sommes donc intéressés aux vitesses moyennes lors de ces différentes courses à chaque boucle. Les résultats sont présentés en Tableau 15 ci-dessous.

Tableau 15 : Vitesses moyennes pour chaque catégorie de course pour chaque boucle.

V_n : boucle *n* ; *V_m* : vitesse moyenne

V1		V2	
	V_m (km/h)		V_m (km/h)
Ama1GP	16,41	Ama1GP	15,80
AmaElite	15,33	AmateurElite	18,48
AmaElite 2 x 70	16,15	AmaElite 2x70	16,6
CEI*	17,10	CEI*	16,52
CEI**	17,46	CEI**	18,14
CEIJ**	18,78	CEIJ**	19,94
AmaEliteGP	14,91		
V3		V4	
	V_m (km/h)		V_m (km/h)
Ama1GP	17,05	AmaElite	14,84
AmateurElite	13,09	CEI**	18,14
CEI*	18,63	CEIJ**	19,58
CEI**	17,96		
CEIJ**	19,59		

7. Discussion

A. Apports de l'étude

Cette étude est la première effectuée sur l'utilisation des expressions faciales pour évaluer un état de fatigue chez les chevaux à l'effort. Elle nous apporte plusieurs éléments de réponse quant à la possibilité d'utiliser la grille HGS complétée de deux critères sur les courses d'endurance.

Premièrement, la note augmente davantage pendant la course pour certains critères de la HGS que pour d'autres. Cela laisse penser que certains critères sont moins adaptés pour traduire la fatigue chez les chevaux en course d'endurance. C'est pour cela que nous avons effectué l'étude sur l'ensemble des critères, ainsi que sur les quatre critères dont la note augmente le plus : fixité de l'œil, position des oreilles, tension des muscles masticateurs et tension des naseaux. Ces critères ne sont pas nécessairement ceux pour lesquels la reproductibilité et la répétabilité sont les meilleurs car ils correspondent à ceux où la variabilité de notation est la plus importante.

Dans l'étude de Dalla Costa *et al.*(2018), qui s'intéresse à la fiabilité de la grille HGS pour évaluer la douleur, il est montré que seuls quatre des six paramètres de cette grille sont nécessaires (l'utilisation des six critères fonctionnant moins bien). Cependant, ces quatre critères sont : la position des oreilles, l'ouverture de l'œil, la tension de la région frontale et la tension des muscles masticateurs. Notre étude est en accord avec l'utilisation des critères position des oreilles et tension des muscles masticateurs, ainsi que pour ne pas utiliser la tension de la lèvre inférieure. Elle est cependant en désaccord avec les autres critères.

Ensuite, nous avons constaté une augmentation significative de la note d'expressions faciales en fonction de la distance parcourue par les chevaux.

Lors des courses d'endurance, une inflammation, associée à une douleur se met en place. En effet, Cywinska *et al.*, (2013) ont montré que l'amyloïde sérique A (SAA), qui est la principale protéine de l'inflammation en phase aiguë, augmente chez des chevaux qui ne sont pas suffisamment préparés à l'effort d'endurance. Il est également montré que la SAA est significativement plus élevée chez les chevaux éliminés que chez les chevaux classés (Cywinska *et al.*, 2010).

La créatine kinase (CK) est une enzyme musculaire traduisant l'inflammation, que l'on retrouve en quantité élevée chez un cheval ayant eu une activité musculaire intense et lors de myopathie d'effort (Foreman, 1998). La concentration sérique en créatine kinase est significativement augmentée chez les chevaux éliminés pour troubles métaboliques (Trigo *et al.*, 2010 ; Izzati *et al.*, 2018). L'augmentation des CK, produite par les muscles au cours de l'effort, est par ailleurs directement liée à la distance parcourue (Trigo *et al.*, 2010).

Un exercice physique intense induit une dégranulation des neutrophiles se traduisant par une augmentation de la concentration plasmatique des enzymes marqueurs neutrophiles myéloperoxydase (MPO) et élastase (ELT) (Serteyn *et al.*, 2010). Ces enzymes ont des propriétés pro-inflammatoires et peuvent jouer un rôle dans les dommages musculaires induits par l'effort. Cette étude met en évidence une augmentation de ces molécules inflammatoires lors de la course d'endurance. Par ailleurs, les concentrations musculaires de MPO et d'ELT sont significativement corrélées à la concentration plasmatique de CK. Cependant, MPO et ELT présentent une grande

variabilité en fonction des chevaux (Lejeune *et al.*, 2010). Ceci traduit le fait que tous les chevaux ne présentent pas la même réponse inflammatoire.

Adamu *et al.*, (2017) ont mis en évidence des modifications hématologiques et biochimiques chez les chevaux éliminés pour troubles métaboliques. Ces modifications sont regroupées dans le MDI (metabolic disorder index). Il s'agit d'une augmentation de l'interleukin-6 en réponse à une inflammation, une augmentation des CK, ainsi qu'une augmentation de l'hématocrite, une diminution de la circulation de la glutathione reductase (dont le rôle est de lutter contre le stress oxydatif), et une perte d'ions chlorure. Le MDI pourrait s'avérer utile pour détecter les troubles métaboliques.

Une fatigue excessive est donc accompagnée d'une réponse inflammatoire chez les chevaux d'endurance. Or, chez le cheval, les expressions faciales ont été décrites pour traduire la douleur pouvant être liée également à l'inflammation notamment lors de castration (Dalla Costa *et al.*, 2014). Cette observation nous prête à réfléchir sur l'utilisation des expressions faciales pour traduire un état de fatigue important, associé à une inflammation, chez les chevaux d'endurance. En effet, l'état inflammatoire mis en place pourrait impacter la tension des muscles de la face et donc les expressions faciales chez ces chevaux.

Ainsi, notre étude montre une augmentation de note d'expressions faciales en fonction de la distance ; ceci pourrait traduire l'apparition de la fatigue pendant la course.

Il a par ailleurs été possible de montrer une différence significative de la note globale d'expressions faciales en fonction du statut classé/éliminé. Ceci est visible uniquement au contrôle vétérinaire n°3, où la note globale d'expressions faciales, aussi bien sur 8 critères que sur 4 critères est plus élevée chez les chevaux éliminés. Ceci est conforme avec les résultats attendus et peut s'expliquer car, d'un point de vue physiologique, il y a un changement métabolique aux environs de 90 km, donc au troisième contrôle vétérinaire. En effet, c'est à cette distance qu'il semble y avoir un passage de la consommation de glucides à la consommation de lipides afin de maintenir la glycémie (Le Moyec *et al.*, 2019).

En revanche, il n'a pas été montré de différence significative de la note d'expressions faciales en fonction de la cause d'élimination. Ceci n'est pas en accord avec les autres études portant sur les éliminations en course d'endurance qui montrent que les chevaux éliminés pour raison métabolique ont un temps de récupération plus long, et une fréquence cardiaque plus élevée que ceux éliminés pour boiterie (Younes *et al.* 2013, Younes *et al.*, 2016). Cependant, la relation entre troubles métaboliques et boiterie est complexe : une irrégularité d'allure sur le terrain peut induire fatigue et apparition de troubles métaboliques ; inversement, la déshydratation peut induire des boiteries d'origine musculaire. La cause d'élimination correspond à la manifestation clinique la plus évidente, mais pas nécessairement à la cause initiale.

Nous avons également étudié la note globale d'expressions faciales chez les chevaux classés ou éliminés au contrôle suivant, dans le but de voir s'il était possible de prédire l'élimination. Aucune différence significative n'a pu être montrée. Ces résultats sont peu surprenants. En effet, au contrôle N et sur l'ensemble des boucles, aucune différence significative n'avait pu être montrée (une différence significative n'était visible qu'à la troisième boucle). Du fait du faible effectif de vidéos obtenues sur des chevaux éliminés au contrôle N+1, il n'a pas été possible de comparer la note globale des chevaux classés à celle des chevaux éliminés au contrôle N+1 à chaque boucle.

La note d'expressions faciales n'évolue pas en fonction du temps de récupération (excepté pour le contrôle n°3 pour la note attribuée sur les 8 critères), de l'indice de récupération cardiaque et de la fréquence cardiaque. Au troisième contrôle vétérinaire, la note d'expressions faciales sur 8 critères est significativement plus faible lorsque le temps de récupération est augmenté. Or il est pourtant montré que le temps de récupération est un critère très important pour objectiver la fatigue et qu'il augmente avec l'état fatigue (Adamu *et al.*, 2012b ; Robert, 2012 ; Younes *et al.*, 2013). Nos résultats ne s'accordent donc pas à la littérature sur ce point. Ceci n'est pas présent pour l'étude des expressions faciales sur 4 critères. Pour expliquer ces résultats, nous nous sommes intéressés à chaque critère de notation Annexe 42 individuellement. On peut remarquer que l'évolution de la NGEF8 est principalement due à deux critères : la position des oreilles et le mâchonnement. Le mâchonnement n'étant pas un critère retenu pour la NGEF4, nous comprenons alors pourquoi la baisse de NGEF en fonction du temps de récupération n'est plus significative sur 4 critères.

Nous pourrions alors envisager que certains critères d'expressions faciales sont plutôt révélateurs d'un état mental du cheval (position des oreilles, mâchonnement) alors que d'autres seraient révélateurs d'une réelle fatigue (tension de la région frontale, ouverture de l'œil). Pour vérifier cela, nous avons effectuée l'analyse de chaque critère en fonction de la fréquence cardiaque et de l'indice de récupération cardiaque à ce même contrôle vétérinaire dont les résultats sont disponibles en Annexe 43 et Annexe 44. Il en résulte que les notes pour la tension frontale et le mâchonnement sont corrélées à l'augmentation de l'indice de récupération cardiaque. La note pour la tension des muscles masticateurs est, quant à elle, corrélée avec l'augmentation de la fréquence cardiaque. Ainsi, ces résultats sont contradictoires pour la tension des muscles masticateurs ainsi que pour le mâchonnement mais s'accordent pour la tension de la région frontale.

La littérature ne rapporte pas d'influence de l'âge et de la race sur les expressions faciales des chevaux (van Loon et Van Dierendonck, 2015). Nos résultats s'accordent à la littérature, excepté pour le contrôle vétérinaire n°2 où les chevaux matures ont une NGEF8 plus faible que les autres.

B. Limites statistiques

Dans notre étude, nous avons fait face à des problèmes de reproductibilité (=fiabilité inter-observateur) et de répétabilité (fiabilité intra-observateur) avec des coefficients de concordance respectivement de CCC = 0,650 et CCC = 0,873. Si, d'un point de vue numérique, la reproductibilité semble bonne et la répétabilité très bonne, elles ne le sont pas d'un point de vue clinique. En effet, même si le coefficient de concordance est élevé, nous avons vérifié avec la méthode de Bland et Altman (Bland et Altman, 1986) que l'écart de la NGEF8 attribuée à un même cheval deux fois par un même opérateur (ou une fois par deux opérateurs différents) était au maximum de +/- 2. Ce critère a été fixé comme la limite acceptable. Or ce critère n'est pas rempli. Ainsi, même avec un bon coefficient de concordance, il est possible d'attribuer à un même cheval deux notes différentes avec un écart supérieur à 2.

Dans les autres études qui utilisent la grille HGS pour traduire la douleur (Dalla Costa *et al.*, 2014 ; Dalla Costa *et al.*, 2016 ; Dalla Costa *et al.*, 2017), les coefficients de corrélation intraclasses sont respectivement de ICC = 0,92, ICC = 0,74, ICC = 0,85. Le point de vue clinique à l'aide de la méthode de Bland et Altman n'a cependant pas été évalué.

Ces études se sont également intéressées aux coefficients de concordances critère par critère, comme nous l'avons fait dans ce manuscrit. La comparaison des coefficients de concordance obtenus dans chaque étude ainsi que dans cette thèse est disponible en Annexe 41.

Notons que dans ces études, ce sont les ICC et non les CCC qui ont été utilisés. Les résultats sont cependant très proches et reflètent tous les deux la concordance inter-opérateur (Chen et Barnhart, 2008 ; Desquilbet, 2019a).

Ces trois études montrent que certains critères (ouverture orbitaire par exemple) ont une concordance qui varie d'une étude à l'autre. Cela traduit la subjectivité de la notation des critères.

Le manque de concordance dans notre étude peut être expliqué par les conditions d'évaluation des chevaux en condition de compétition, dans un environnement stimulant, ainsi que par l'inexpérience des observateurs attribuant les notes. En effet dans la première étude (Dalla Costa *et al.*, 2014) les observateurs ont été choisis pour leur expérience concernant les expressions faciales des chevaux. Il s'agit de vétérinaires, chercheurs en bien-être animal ou étudiants vétérinaires. Dans la seconde étude (Dalla Costa *et al.*, 2016), les observateurs sont des vétérinaires spécialisés dans l'observation faciale des chevaux. Dans la dernière étude (Dalla Costa *et al.*, 2017), les observateurs sont également expérimentés en comportement du cheval et en particulier à l'utilisation de la grille HGS. Dans une étude qui s'intéresse aux expressions faciales chez les ânes (van Dierendonck *et al.*, 2020), les observateurs ont reçu une formation à l'utilisation des grilles utilisées.

Une étude s'intéresse à la fiabilité inter-observateur suite à la formation de ces observateurs (Dai *et al.*, 2018). Des étudiants en médecine vétérinaire ont attribué des notes à dix photographies de chevaux à l'aide des six critères de la grille HGS. Puis, ces étudiants ont reçu une formation de 30 minutes avec une personne compétente. Cette formation consiste en la description détaillée de la grille et de chaque critère ainsi que la discussion sur cinq photographies. Après la formation, les étudiants ont noté dix nouvelles photographies. La fiabilité inter-observateur s'est avérée bonne avant la formation (ICC = 0,986). Elle est cependant meilleure (ICC= 0,992) après la formation. Cette étude suggère donc que la grille HGS est facilement utilisable mais qu'une formation s'avère utile pour améliorer la fiabilité inter-observateur des scores de HGS.

Une étude récente (Dai *et al.*, 2020) s'intéresse à la fiabilité entre des observateurs n'ayant pas d'expérience avec les chevaux et un expert (scientifique de renommée internationale pour l'expertise du bien-être animal et qui a déjà utilisé la grille sur 200 photographies de chevaux). Dans cette étude, ce n'est pas l'ICC qui a été calculé, mais le coefficient kappa, car il s'agit de comparer les scores de HGS entre des opérateurs non interchangeables (l'un étant expérimenté et l'autre non). La formation reçue est similaire à la précédente (face à face de 30 minutes avec un expert). Un groupe de 206 étudiants a noté 10 chevaux via des photographies avec la grille HGS avant et après la formation. Ces mêmes chevaux ont été notés par l'expert. La fiabilité inter-opérateur (entre les étudiants et l'expert) s'est avérée mauvaise avant la formation. Après celle-ci, la fiabilité inter-observateurs a réellement augmenté pour la position des oreilles et l'ouverture de l'œil. Pour le critère tension des muscles masticateurs, elle a légèrement augmenté. Il n'y a pas eu de différence pour les autres critères. Cette étude montre que la formation de 30 minutes des observateurs est un point de départ pour l'utilisation de la grille HGS, mais que ce cela n'est pas suffisant pour obtenir une bonne fiabilité entre les observateurs sans expérience avec les chevaux et l'expert.

Ainsi, on observe une bonne fiabilité entre les observateurs non expérimentés, mais une mauvaise fiabilité entre ceux-ci et un expert. On peut alors douter de la fiabilité des notations établies par un observateur non expérimenté pour évaluer la douleur des chevaux via les expressions faciales. Par ailleurs, une formation de 30 minutes augmente la fiabilité, mais n'est pas suffisante. Cette période n'est peut-être pas assez longue pour que des observateurs sans connaissance du cheval puissent utiliser cette grille. Il serait nécessaire de réaliser un face à face plus approfondi entre observateur et formateur avec de nombreuses expositions à des exemples pour apprendre à différencier les conditions extrêmes et intermédiaires (Dai *et al.*, 2020).

Dans notre étude, les observateurs connaissaient les chevaux mais n'étaient pas expérimentés concernant les expressions faciales. Ils ne sont donc pas comparables aux experts des études de Dalla Costa *et al.*

On retrouve une meilleure concordance pour le critère position des oreilles, mais aussi pour les critères fixité de l'œil et mâchonnements (critères ajoutés au HGS). La meilleure concordance observée pour ces deux derniers critères est expliquée par le fait qu'ils ont été choisis spécifiquement car facilement visualisables.

Des descriptions plus détaillées de chaque critère appartenant à la grille HGS sont certainement nécessaires pour les clarifier (Dai *et al.*, 2020).

C. Limites du protocole

Le nombre de vidéos obtenu et leurs proportions sont satisfaisantes (Tableau 10). En effet, pour que les résultats soient pertinents, il faut que le nombre de vidéos soit représenté dans les mêmes proportions pour chaque contrôle vétérinaire. Le contrôle vétérinaire le moins représenté est le contrôle initial avec 16,5 % des vidéos. Le contrôle vétérinaire le plus représenté est le 3^e contrôle vétérinaire avec 26,3 % des vidéos. La répartition des vidéos selon les différents contrôles vétérinaires est donc globalement satisfaisante, avec une légère surreprésentation du contrôle vétérinaire numéro 3, ce qui pourrait expliquer en partie que la plupart des différences significatives sont visibles au contrôle vétérinaire n°3, en plus du changement métabolique qui se met en place à cette distance.

La première limite correspond aux conditions de la prise des films. En effet, les chevaux sont filmés pendant l'auscultation cardiaque. Ainsi, le vétérinaire est en train d'interagir avec le cheval en posant son stéthoscope. Cela peut influencer certains critères, notamment la position des oreilles. Les perturbations extérieures sont également nombreuses : départ d'un cheval sur la piste d'à côté au trotting, passage d'une personne devant le cheval. La présence de la caméra influence également le comportement de certains chevaux. Pour éviter les perturbations dues à la présence des observateurs, l'étude de 2020 sur les expressions faciales chez les ânes (van Dierendonck *et al.*, 2020) a placé les observateurs à une distance de 3 à 5 mètres des ânes. De même, les ânes observés sont dans leur environnement habituel ou hébergés avec un proche compagnon. Cependant, les conditions des contrôles vétérinaires ne permettent pas une observation à une telle distance et ne permettent pas de réduire les perturbations extérieures.

La grille d'Emanuela Dalla Costa a été établie sur des chevaux au box, sans perturbation. Cette grille a également été testée avec différents stimuli pour envisager l'influence de perturbations (Dalla Costa *et al.*, 2017). Les résultats de cette étude ne montrent pas de différences des expressions faciales sur les chevaux lors de perturbations. C'est pourquoi son utilisation dans des conditions d'extérieures nous paraissait appropriée, mais elle nécessite probablement des

ajustements. Peut-être la note globale devrait-elle par exemple être pondérée par les conditions de l'examen, en rajoutant des points lorsque l'examen est perturbé et entretient artificiellement l'éveil et l'attention du cheval.

Ensuite, le temps de vidéo regardé pour l'analyse est de 7 secondes. Ce temps a été défini pour conserver le maximum de vidéos, car il est difficile de filmer le cheval plus longtemps dans de bonnes conditions. Cela pose problème pour l'évaluation des critères qui varient (position des oreilles, mâchonnement, fixité de l'œil). Dans l'étude réalisée sur les ânes (van Dierendonck *et al.*, 2020), le temps retenu était de 2 minutes d'observation. Certaines études utilisent des temps d'observation plus longs comme 10 minutes (Gleerup *et al.*, 2015), d'autre des temps également courts de 15 secondes (Dalla Costa *et al.*, 2016). Cependant, si les expressions faciales sont amenées à être davantage évaluées par les vétérinaires dans le cadre de leur examen clinique, ils n'auront pas plus de temps pour les évaluer. Cette durée limitée est donc une contrainte inhérente aux conditions de la pratique en course.

La qualité de l'image pourrait être également un problème à l'utilisation de la grille HGS. C'est en effet une explication qui est avancée dans l'article de (Dai *et al.*, 2020) qui s'intéresse à la fiabilité inter-observateur. Les auteurs mettent en avance que la lumière, les contrastes, les artefacts de couleurs ainsi que l'orientation de l'image pourraient influencer la notation. Dans cette étude, les notations sont, de plus, effectuées sur un écran de mauvaise qualité. Pour la notation dans la première étude d'Emanuela Dalla Costa (Dalla Costa *et al.*, 2014), les notations étaient effectuées sur des images de haute qualité avec une grande résolution. Dans notre étude, nous sommes confrontés à ce problème. En effet, l'orientation de la vidéo n'est pas toujours la même, ainsi que la luminosité et les contrastes.

Une autre limite de ce protocole est la notation des expressions faciales. Le problème principal est l'étalonnage de la notation allant de 0 à 2. Cette notation a été choisie en fonction de ce qui est décrit dans la littérature (Dalla Costa *et al.*, 2014 ; van Dierendonck *et al.*, 2020). Une notation sur 3 valeurs (0, 1, 2) incite à mettre aux expressions faciales extrêmes les notes de 0 et 2 et aux expressions faciales intermédiaires la note de 1. Cela a pour effet d'avoir un nombre de notations 1 sur représenté (Tableau 10). En effet, il s'agit d'une échelle avec un nombre de réponses impair, cela laisse donc le choix d'un avis neutre (note de 1) (Coste, 2018). L'avantage d'une échelle avec un nombre pair de réponses (4 par exemple), est que l'opérateur qui attribue les notes doit donner un avis tranché et prendre position. Dans le cadre de notre étude, une note sur 4 aurait donc forcé l'opérateur à pencher d'un côté ou de l'autre (plutôt peu fatigué à plutôt fatigué). C'est par ailleurs ce qui a été utilisé dans l'étude sur les ânes (van Dierendonck *et al.*, 2020) pour l'évaluation des comportements (notés de 0 à 3). Cette même étude a pourtant utilisé une notation de 0 à 2 pour les expressions faciales.

D'autres grades existent en clinique équine. Par exemple pour noter une boiterie, les grades vont de 0 à 5 ce qui permet une note plus fine avec plus de paramètres intermédiaires (American Association of Equine Practitioners, 2020). Pour les grades concernant l'hémiplégie laryngée, la note s'établit entre 0 et 4 selon le consensus d'Havemeyer (Dixon *et al.*, 2003).

Cependant, une notation sur trois valeurs est aussi utilisée pour l'examen clinique en course d'endurance (Fédération Equestre internationale, 2020) : temps de remplissage capillaire, transit, tonus musculaire et sensibilité dorsale sont notés de A (normal) à C (pathologique), les valeurs C étant péjoratives et conduisant souvent à l'élimination.

Par ailleurs on observe que certains critères (notamment les muscles masticateurs et la tension de la région frontale) sont déjà fréquemment notés à « un » dès le contrôle vétérinaire initial. Cela peut être dû à deux choses. Dans un premier temps, même si cela n'a pas été démontré dans l'article utilisant la grille HGS dans des situations de stress (Dalla Costa *et al.*, 2017), il est possible que ces deux critères soient influencés par le stress initial. Dans un deuxième temps, la grille HGS (Dalla Costa *et al.*, 2014) a été établie pour des animaux de toutes races (un seul Arabe étant présent dans cette étude). Ici, la population cible est les chevaux Pur-sang Arabes ou croisés Arabes. Le Pur-Sang Arabe est considéré comme étant particulièrement expressif (Hippologie, 2020), il présente par ailleurs une tête fine et concave avec une « ossature nettement marquée » (Holtmeyer, 2020). Son front est large, ses oreilles sont courtes et mobiles, ses yeux sont grands, ses naseaux sont très ouverts, ses ganaches sont écartées et sa lèvre inférieure est courte et petite (ACA France, 2020). Les variations légères d'expression faciales sont donc peut-être plus facilement visibles dans cette race, conduisant à attribuer moins de zéro et davantage de « un ».

Dans notre étude, il n'a pas été mis en évidence de différences d'expressions faciales selon la race des chevaux. Cependant, l'effectif des chevaux non Arabe en course d'endurance est faible. En effet, on compte 58% de vidéos de Pur-sang Arabes, 24% de Demi-sang Arabe, 11% d'Anglo-Arabe et seulement 7% de vidéos de chevaux d'autres races.

La robe des chevaux est également un facteur qui influence la notation (Dalla Costa *et al.*, 2014). En effet, les chevaux ayant une robe baie ou noire sont plus difficiles à noter que ceux ayant une robe alezane ou grise. C'est en particulier vrai pour l'ouverture de l'œil et la tension des muscles masticateurs. En endurance, une grande partie des chevaux sont de couleur grise car il s'agit de la robe la plus commune chez le Pur-sang Arabe (Lambert, 2020), cet argument n'est donc pas pertinent pour expliquer nos résultats.

D. Limite des résultats obtenus

Nous avons pu mettre en évidence dans cette étude une augmentation globale de la note d'expressions faciales en fonction des contrôles vétérinaires. Nous avons cependant remarqué que la note n'évoluait pas de la même façon selon les courses. Cela peut s'expliquer de différentes façons. Premièrement, nous avons vu qu'un temps chaud et humide favorise les éliminations par trouble métabolique donc les états de fatigue (Foreman, 1998 ; Robert, 2013). Or, la température la plus chaude a eu lieu lors de la course d'Avilly Saint Léonard du 7 avril 2018. Et c'est au cours de cette course que la différence de moyenne de note d'expressions faciales est la plus marquée entre le premier et le dernier contrôle vétérinaire. Cependant, sur l'ensemble des courses sur lesquelles nous nous sommes rendus, les conditions climatiques étaient favorables avec peu d'éliminations (39% pour la course de Fontainebleau du 31 mars 2018, 30% pour la course de Rambouillet, 36% pour la course de Fontainebleau du 23 mars 2019, 35% pour la course d'Avilly Saint Léonard). Il aurait été intéressant de confirmer ces résultats en se rendant sur des courses avec un plus fort taux d'élimination, par exemple en été dans le sud de la France.

Excepté pour la course d'Avilly Saint Léonard, les moyennes de note d'expressions faciales ne sont pas significativement différentes entre les deux derniers contrôles. Cela peut s'expliquer par le recrutement des chevaux. En effet, sur les longues courses, seuls les meilleurs chevaux arrivent au bout de la course. Il est alors possible que ces chevaux apparaissent en moyenne moins fatigués que les chevaux du contrôle précédent.

Ensuite, l'état d'entraînement du cheval n'a pas été pris en compte. En effet, nous nous sommes rendus sur les courses internationales où les chevaux sont, par définition, bien entraînés. Mais il existe des différences de niveau d'entraînement entre les différents niveaux de course (Internationales, Nationales, 80 km, 120 km). C'est pour cette raison que nous avons comparé les expressions faciales des chevaux entre ces différentes courses. Nous aurions pu nous attendre à ce que, sur les courses nationales, certains chevaux viennent concourir « pour le plaisir » et non pour des qualifications (Nagy *et al.*, 2012) et soient donc moins entraînés. De même, certaines courses sont qualificatives, c'est le cas des CEI*, où les candidats ne viennent pas pour gagner mais pour se qualifier et accéder au niveau international. Sur les courses CEIYJ en revanche, l'enjeu est une médaille ou une qualification en équipe de France pour les meilleurs classements. Ceci apparaît dans nos résultats. En effet, la NGEF8 au 3ème contrôle vétérinaire (environ 90 km) est plus élevée chez les chevaux en CEIYJ** que ceux en CEI*. Ceci pourrait également s'expliquer par l'inexpérience du cavalier à détecter les états de fatigue de son cheval. En effet, un article écrit « le bien être des chevaux dépend de la connaissance et des compétences du cavalier » (Robert, 2013).

Quant à la note globale d'expressions faciales évaluée sur 4 critères, les résultats au 3ème contrôle sont identiques.

Cependant, au contrôle vétérinaire initial, la note d'expressions faciales est plus élevée chez les chevaux inscrits sur la CEIYJ** que sur les autres courses (excepté l'AmaElite où le test de Student ne peut être effectué). L'inexpérience du cavalier, ainsi que son stress pourraient jouer sur les expressions faciales du cheval. Cependant, cela n'a pas été décrit dans la littérature. De plus, les enregistrements obtenus dans cette catégorie à ce contrôle vétérinaire n'ont eu lieu qu'à la course de Fontainebleau du 23 mars 2019. Cela traduit un biais d'échantillonnage car les candidats ne sont plus choisis aléatoirement sur toutes les courses et les conditions du contrôle vétérinaire peuvent influencer les notes des candidats. Par ailleurs, seuls 2 enregistrements ont été recueillis. Ce faible effectif est également à l'origine d'un biais d'échantillonnage qui constitue une des principales limites à l'interprétation de ces résultats. De plus, l'ordre de présentation au contrôle initial pourrait avoir un effet sur le stress des chevaux, les participants à la CEIYJ**. En effet, les candidats se sont présentés dans les premiers à ce contrôle vétérinaire (enregistrement 2 et 3 sur les 55 obtenus au contrôle initial de la course de Fontainebleau).

Au 1^{er} contrôle vétérinaire (Vet 1), les chevaux inscrits sur l'AmaEliteGP (160 km) avaient une note significativement plus élevée que ceux inscrits sur le CEI*. Ceci pourrait être contradictoire à nos attentes. En effet, participant à une très longue distance, ils devraient être mieux entraînés et donc moins fatigués. Cependant, les cavaliers participant aux courses amateurs ne sont pas toujours des cavaliers professionnels, ce qui est le cas sur les courses internationales. La gestion de la fatigue lors de la course ainsi que la présentation au contrôle vétérinaire (souvent assurée par les grooms sur les courses internationales) pourraient donc jouer sur l'état de fatigue des chevaux en course et le stress lors de la présentation au contrôle. Par ailleurs, l'objectif sur la CEI* n'est pas la même que sur l'AmaEliteGP (qualification vs performance). Cependant, la catégorie AmaEliteGP n'était présente que sur la course de Rambouillet du 18 mai 2019 et comprenait seulement 2 participants. Ce faible effectif induit donc également un biais d'échantillonnage.

Enfin, au 2^{ème} contrôle vétérinaire (Vet 2), les chevaux participant à la CEI** ont une note d'expressions faciales plus élevée que ceux participant à la CEI*. Ceci ne peut être expliqué par la différence d'entraînement et l'enjeu de la course. Nous nous sommes donc intéressés à la vitesse moyenne. La vitesse moyenne pour la CEI** est de 18,14 km/h et celle de la CEI* est de 16,52 km/h. Cette différence de vitesse pourrait expliquer une fatigue plus importante des chevaux sur la CEI**.

La principale limite de ces résultats reste certainement le faible effectif des vidéos analysées dans chaque catégorie, notamment sur les courses CEIYJ** et AmaEliteGP.

Le problème du faible effectif de vidéos se pose également pour l'étude des expressions en fonction de l'âge et de la race des chevaux. En effet, les chevaux « matures », et les chevaux Anglo-Arabes et autres que Pur-Sang Arabes ou Demi-sang Arabe sont sous représentés.

Il n'a pas été possible de mettre en lien une augmentation de la note globale d'expressions faciales avec des critères cliniques reflétant un état de fatigue tant pour la première étude sur les huit critères que sur la deuxième étude comprenant uniquement les quatre critères évoluant le plus durant la course. En effet, certains chevaux ont une note d'expressions faciales élevée et pourtant de bons classements, de bons temps de récupération, de bonnes fréquences cardiaques, et inversement. Nous nous attendions à une augmentation de la note d'expressions faciales avec des temps de récupérations élevés, des fréquences cardiaques élevées et des indices de récupération élevés car, dans la littérature, il est indiqué que ce sont des paramètres associés à la fatigue.

Lors de courses, il n'est pas toujours aisé d'utiliser certains critères pour objectiver la survenue de troubles métaboliques, responsables de fatigue excessive. En effet, (Fielding *et al.*, 2009), se sont intéressés à l'augmentation de certains paramètres hématologiques et biochimiques (électrolytes, lactates, protéines totales, hématicrite) lors des courses d'endurance. Cette étude montre que des changements hématologiques et biochimiques majeurs peuvent être observés aussi bien chez des sujets présentant des troubles métaboliques (coliques, myopathies, mauvaise fréquence de récupération, ...) que chez des chevaux classés et apparemment encore en forme. De même, comme nous l'avons vu précédemment, si un état inflammatoire se met en place pendant les courses, l'intensité de cette réponse inflammatoire n'est pas la même chez tous les chevaux (Lejeune *et al.*, 2010). Enfin, une autre étude (Schott *et al.*, 2006), indique que, lors de la course, l'hématocrite augmente, et des désordres électrolytiques se mettent en place mais qu'aucune différence n'est observée entre les chevaux classés et éliminés. Ici, les expressions faciales ne sont donc pas toujours en concordance avec l'état de fatigue des chevaux.

Un problème d'interprétation concernant le tempérament des chevaux peut également être présent. Assez peu d'études s'intéressent à l'influence du tempérament, du stress ou de l'adaptation à la douleur des chevaux (chevaux supportant et montrant moins leur douleur) (van Loon et Van Dierendonck, 2018). Dans l'étude de Dalla Costa *et al.*, (2017), il n'a pas été montré de différences d'expressions faciales avec l'utilisation de la HGS en fonction de différents états émotionnels (stress, peur, stimulation positive). Une autre étude s'est intéressée à l'expressions de la douleur chez les chevaux présentant des boiteries (Ijichi *et al.*, 2014). Pour se faire, les boiteries ont été évaluées de par les lésions tissulaires, puis le grade de boiterie a été évalué par un vétérinaire équin. Enfin, les propriétaires ont répondu à un questionnaire concernant le tempérament de leur cheval. Il résulte de cette étude que certains chevaux (les chevaux considérés comme extravertis), expriment mieux la douleur que d'autres. Une autre étude (Reid *et al.*, 2017) a montré que l'anxiété chez les chevaux peut entraîner des modifications de comportement qui se traduisent de la même façon que la douleur (augmentation de la fréquence cardiaque par exemple) et conduit donc à une surinterprétation de la douleur. Ainsi, certains chevaux présentant une douleur peuvent ne pas l'exprimer au travers de leurs expressions faciales et inversement.

E. Perspectives

Les résultats sont encourageants car nous avons pu mettre en évidence l'évolution des expressions faciales lors des courses d'endurance en fonction de la distance parcourue ainsi qu'entre les chevaux classés et éliminés au contrôle n°3. Ces résultats sont à nuancer du fait des problèmes statistiques et une étude complémentaire doit être effectuée pour confirmer ces résultats.

La principale limite de l'étude est la taille de l'effectif, avec un nombre limité de chevaux éliminés pour troubles métaboliques et soignés à l'issue de la course. Il est donc nécessaire de la refaire à plus grande échelle sur davantage de courses. Ceci permettrait également d'échantillonner dans d'autres lieux, avec des terrains et des conditions de courses différentes et donc plus représentatives de l'ensemble des courses d'endurance. La grille HGS ne permet pas à l'heure actuelle, même accompagnée de deux critères supplémentaires et même avec une sélection de 4 critères nous paraissant plus pertinents, de détecter par anticipation un état de fatigue excessif chez les chevaux. Cette étude reste préliminaire et ne nous permet pas pour le moment de mettre en place ce protocole dans un contexte de clinique sur le terrain. Il serait alors intéressant d'affiner les critères de la grille (en établissant des notations allant de 0 à 3 ou 4 par exemple) et de refaire cette étude.

Il semblerait également valable d'effectuer cette même étude avec des vétérinaires d'endurance ayant reçu une formation au préalable. Ceci consisterait en une explication approfondie de chacun des critères de la grille d'expressions faciales par un formateur expérimenté, accompagné d'une discussion sur de nombreuses vidéos.

Enfin, il pourrait aussi être intéressant, (dans une nouvelle thèse vétérinaire du fait du travail conséquent que cela implique), d'effectuer la même étude avec une nouvelle grille d'expressions faciales, par exemple la grille EQUUS-FACS (Van Dierendonck et van Loon, 2016). Cependant, certains critères de ces grilles sont les mêmes que ceux de la grille HGS.

Conclusion

Cette étude, réalisée à l'aide de 516 vidéos récoltées sur quatre courses d'endurance internationales avait pour but d'explorer l'évolution des expressions faciales pendant la compétition. Pour cela, nous avons utilisé la grille proposée par Emanuela Dalla Costa, associée à deux critères supplémentaires : la fixité de l'œil et les mâchonnements. Nous avons attribué une note allant de 0 à 16 aux chevaux se présentant aux différents contrôles vétérinaires. Nous voulions dans un premier temps, déterminer si la grille établie par Emanuela Dalla Costa est utilisable sur le terrain et si les résultats de notation sont répétables pour un même évaluateur et entre évaluateurs ; puis établir les variations éventuelles / physiologiques d'expressions faciales pendant la course, pouvant être reliées à la fatigue ; ensuite, comparer les valeurs de score facial chez les chevaux classés et les chevaux éliminés ; enfin, identifier un seuil de score facial associé à un état de fatigue très avancé ou un état pathologique

L'étude a été effectuée sur deux systèmes de notation. Le premier système de notation est la grille HGS contenant deux critères supplémentaires. Le deuxième système de notation a conservé les quatre critères ayant varié le plus pendant la course. Les conclusions sur ces deux systèmes sont similaires.

Cette étude, montre que la note d'expressions faciales augmente pendant la course, principalement du fait de l'évolution de quatre des huit critères évalués, les autres évoluant peu. La notation par critère est cependant peu répétable pour un même opérateur et entre deux opérateurs sauf pour trois critères : la position des oreilles, la fixité de l'œil et le mâchonnement. Une note d'expressions faciales élevée a pu être corrélée à l'élimination au 3^{ème} contrôle vétérinaire. Cependant, la note d'expressions faciales n'a pas pu être corrélée ni aux autres résultats de courses (classement, élimination sur l'ensemble des contrôles vétérinaire ou cause d'élimination), ni aux paramètres indicateurs de l'état de fatigue. Il n'a donc pas été possible d'identifier un seuil de score facial associé à un état de fatigue avancé, voir à un état pathologique.

Cette étude, nécessiterait donc une étude complémentaire sur davantage de chevaux, dans des conditions plus variées, avec des opérateurs mieux formés à la lecture des expressions faciales, pour tenter de proposer une grille applicable sur le terrain par des vétérinaires.

Liste des références bibliographiques

- ACA FRANCE (2020) Arabe. In *Equipédia*. [<https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/race-et-robe/races-dequides-et-stud-book/arabe.html>] (consulté le 10/05/2020).
- ADAMU L., MOHD ADZAHAN N., ABDULLAH R., AHMAD B. (2012a) Prevalance of lameness and metabolic disorders in endurance horses. *Malays. J. Vet. Res.* 3(1), 33-37
- ADAMU L., MOHD ADZAHAN N., ABDULLAH R., AHMAD BASHIR (2012b) Effects of Speed, Heart Rate, Lactate and Uric Acid on the Performance of Arabien Horses during a 120-km Endurance Race. *J. Agric. Vet. Sci.* 1(4), 1-4
- ADAMU L., ADZAHAN N.M., RASEDEE A., AHMAD B. (2013) Physical Parameters and Risk Factors Associated with the Elimination of Arabian and Crossed Arabian Endurance Horses during a 120-km Endurance Race. *J. Equine Vet. Sci.* 34(4), 494-499
- ADAMU L., RASEDEE A.F.N. b., MOHD ADZAHAN N., RASEDEE A., AHMAD B. (2017) The Use of a Metabolic Disorder Index as a Predictor for Metabolic Eliminations in Endurance Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 51, 113-121
- AHOLA KOHUT S., PILLAI RIDDELL R., FLORA D.B., OSTER H. (2012) A longitudinal analysis of the development of infant facial expressions in response to acute pain: Immediate and regulatory expressions. *Pain.* 153(12), 2458-2465
- ALEXANDER G.R., HAINES G.R. (2012) Surgical colic in racing endurance horses. *Equine Vet. Educ.* 24(4), 193-199
- ALL BREED PEDIGREE (2020) Pedigree Online. In *Allbreedpedigree*. [<https://www.allbreedpedigree.com/>] (consulté le 17/04/2020).
- ALLAGNON J. (2011) Évolution de l'élevage du pur sang arabe d'endurance ces dix dernières années. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort
- AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PACTITIONERS (2020) LAMENESS EXAMS: Evaluating the Lane Horse. In *AAEP*. [<https://aaep.org/horsehealth/lameness-exams-evaluating-lame-horse>] (consulté le 19/04/2020).
- ATRM 5. (2018) [Logiciel], Momères, Automatic Timing and Race Management Systems
- BAUSSIÉ M. (2015) Conclusion du colloque. In *Vétérinaire, professionnel garant du bien-être animal*, Paris, 24 Novembre, Ordre National des Vétérinaires, pp 5
- BELL S.C. (1824) *Essays on the anatomy of expression in painting*. 2^e ed. London, John Murray.
- BENNET E.D., PARKIN T.D.H. (2018) Fédération Equestre Internationale (FEI) endurance events: Riding speeds as a risk factor for failure to qualify outcomes (2012-2015). *Vet. J.* 236, 37-43

- BIOSTATGV (2020) Statistiques en ligne. *In BiostatGV*. [https://biostatgv.sentiweb.fr/?module=tests/student] (consulté le 08/01/2020).
- BLAND J.M., ALTMAN D.G. (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1(8476), 307-310
- BURGER D., DOLLINGER S. (1998) Raisons d'élimination, état de santé et carrière sportive des chevaux dans les raids d'endurance en Europe et dans les pays arabes : approche statistique. *Prat Vet Equine* 30(118), 19-25
- CAEIRO C.C., WALLER B.M., ZIMMERMANN E., BURROWS A.M., DAVILA-ROSS M. (2013) OrangFACS: A Muscle-Based Facial Movement Coding System for Orangutans (*Pongo* spp.). *Int. J. Primatol.* 34(1), 115-129
- CAEIRO C.C., BURROWS A.M., WALLER B.M. (2017) Development and application of CatFACS: Are human cat adopters influenced by cat facial expressions? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 189, 66-78
- CHEN C.-C., BARNHART H.X. (2008) Comparison of ICC and CCC for assessing agreement for data without and with replications. *Comput. Stat. Data Anal.* 53(2), 554-564
- CHEVEAU L. (2018) Étude préliminaire de l'effet de la musique classique diffusée via un bonnet audio sur le stress des chevaux lors d'exams radiographiques. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort
- COLLÉE M. (2020) Les expressions des passions de l'âme. Par Charles Le Brun. 1727. *In Histoire de la Folie*. [http://www.histoiredelafolie.fr/psychiatrie-neurologie/les-expressions-des-passions-de-lame-par-charles-le-brun-1727] (consulté le 27/03/2020).
- COSTE G. (2018) Comment choisir une échelle d'attitude pour son questionnaire de satisfaction ? *In appvizer Magazine*. [https://www.appvizer.fr/magazine/marketing/sondages-et-questionnaires/comment-choisir-echelle-d-attitude-questionnaire-de-satisfaction] (consulté le 20/04/2020).
- CYWINSKA A., GORECKA R., SZARSKA E., *et al.* (2010) Serum amyloid A level as a potential indicator of the status of endurance horses. *Equine Vet. J. Suppl.* 38, 23-27
- CYWINSKA A., WITKOWSKI L., SZARSKA E., SCHOLLENBERGER A., WINNICKA A. (2013) Serum amyloid A (SAA) concentration after training sessions in Arabian race and endurance horses. *BMC Vet. Res.* 9, 1-91
- DAI F., COSTA E.D., MINERO M. (2018) Efficacy of a standardized training on horse welfare indicators: a preliminary study. *Int. J. Health Anim. Sci. Food Saf.* 5(1), 1-2
- DAI F., LEACH M., MACRAE A.M., MINERO M., COSTA E.D. (2020) Does Thirty-Minute Standardised Training Improve the Inter-Observer Reliability of the Horse Grimace Scale (HGS)? A Case Study. *Animals (Basel)* 10(5), 1-7

- DALLA COSTA E., MINERO M., LEBELT D., *et al.* (2014) Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a Pain Assessment Tool in Horses Undergoing Routine Castration. *PLoS One* 9(3), 1-10
- DALLA COSTA E., STUCKE D., DAI F., *et al.* (2016) Using the Horse Grimace Scale (HGS) to Assess Pain Associated with Acute Laminitis in Horses (*Equus caballus*). *Animals (Basel)* 6(8), 1-47
- DALLA COSTA E., BRACCI D., DAI F., LEBELT D., MINERO M. (2017) Do Different Emotional States Affect the Horse Grimace Scale Score? A Pilot Study. *J. Equine Vet. Sci.* 54, 114-117
- DALLA COSTA E., PASCUZZO R., LEACH M.C., *et al.* (2018) Can grimace scales estimate the pain status in horses and mice? A statistical approach to identify a classifier. *PLoS One* 13(8), 1-17
- DARWIN C. (1897) Special Expressions of Animals. In *The expression of the emotions in man and animals*. New York, D. Appleton & Compagny, pp 115-145
- DESQUILBET L. (2019a) Guide pratique de validation statistique de méthodes de mesure : répétabilité, reproductibilité, et concordance. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques.
- DESQUILBET L. (2019b) Introduction aux tests statistiques multiples. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques.
- DESQUILBET L. (2019c) Utilisation d'Excel et du site Internet BiostatGV pour réaliser quelques statistiques de base. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques.
- DI BATTISTA C., CONTE M., PEPE M., PETRIZZI L., BECCATI F. (2019) Epidemiology and risk factors for eliminations from Fédération Equestre Internationale endurance rides between 2004-2015 in Italy. *Prev. Vet. Med.* 170, 1-7
- DIXON P., ROBINSON E., WADE J.F. (2003) Proceedings of a Workshop on Equine Recurrent Laryngeal Neuropathy, *Havemeyer Foundation*. Stratford-upon-Avon, R & W Publications.
- DYSON S., BERGER J., ELLIS A., MULLARD J. (2017) Can the presence of musculoskeletal pain be determined from the facial expressions of ridden horses (FEReq)? *J. Vet. Behav.* 19, 78-89
- DYSON S., ELLIS A., MULLARD J., BERGER J. (2018a) Response to Gleeurp: Understanding signals that indicate pain in ridden horses. *J. Vet. Behav.* 23, 87-90
- DYSON S., BERGER J., ELLIS A., MULLARD J. (2018b) Development of an ethogram for a pain scoring system in ridden horses and its application to determine the presence of musculoskeletal pain. *J. Vet. Behav.* 23, 47-57

- EKMAN P., FRIESEN W.V. (1978) Facial Action Coding System. *In Paul Ekman Group*. [https://www.paulekman.com/facial-action-coding-system/] (consulté le 16/05/2020).
- ENDURO-CHEVAL (2019) Rambouillet *In Endurocheval* [https://www.endurocheval.com/] (consulté le 22/01/2020).
- FEDERATION EQUESTRE INTERNATIONALE (2020a) Discipline. *In FEI* [https://www.fei.org/disciplines] (consulté le 23/03/2020).
- FEDERATION EQUESTRE INTERNATIONALE (2020b) Endurance Rules. *In FEI* [https://inside.fei.org/sites/default/files/FEI%20Endurance%20Rules%20-%201%20July%202020%20-%2016.12.2019%20-%20Clean.pdf] (consulté le 28/03/2020)
- FEDERATION EQUESTRE INTERNATIONALE (2020c) Horse Search. *In FEI* [https://data.fei.org/Horse/Search.aspx] (consulté le 17/04/2020).
- FEDERATION FRANCAISE D'EQUITATION (2020a) Règlement des compétitions, dispositions spécifiques endurance. *In FFE* [https://www.ffe.com/officiel/Reglements] (consulté le 28/03/2020)
- FEDERATION FRANCAISE D'EQUITATION (2020b) Présentation de l'endurance. *In FFE* [https://www.ffe.com/Disciplines/General/Endurance/Presentation-de-l-endurance] (consulté le 23/03/2020).
- FIELDING C.L., MAGDESIAN K.G., RHODES D.M., MEIER C.A., HIGGINS J.C. (2009) Clinical and biochemical abnormalities in endurance horses eliminated from competition for medical complications and requiring emergency medical treatment: 30 cases (2005-2006). *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 19(5), 473-478
- FIELDING C.L., MEIER C.A., BALCH O.K., KASS P.H. (2011) Risk factors for the elimination of endurance horses from competition. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 239(4), 493-498
- FOREMAN J.H. (1998) The Exhausted Horse Syndrome. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 14(1), 205-219
- GLEERUP K.B., FORKMAN B., LINDEGAARD C., ANDERSEN P.H. (2015) An equine pain face. *Vet. Anaesth. Analg.* 42(1), 103-114
- GLEERUP K.B., ANDERSEN P.H., WATHAN J. (2018) What information might be in the facial expressions of ridden horses? Adaptation of behavioral research methodologies in a new field. *J. Vet. Behav.* 23, 101-103
- GRAND PARQUET FONTAINEBLEAU (2019) Compétition d'Endurance International CEI. *In Grand Parquet*. [https://www.grandparquet.com/] (consulté le 22/01/2020).
- HIPPOLOGIE (2020) Le Pur sang arabe. *In Hippologie* [http://www.hippologie.fr/pur-sang-arabe] (consulté le 10/05/2020).

- HODGSON D.R., DAVIS R.E., MCCONAGHY F.F. (1994) Thermoregulation in the horse in response to exercise. *Br. Vet. J.* 150(3), 219-235
- HOLTMEYER M. (2020), Le Pur-Sang Arabe, le cheval à la beauté légendaire, né pour l'endurance. In *Ehorses* [<https://www.ehorses.fr/magazine/race-de-cheval/pur-sang-arabe/>] (consulté le 10/05/2020).
- INSTITUT FRANÇAIS DU CHEVAL ET DE L'EQUITATION (2020) Infochevaux. In *IFCE* [<https://infochevaux.ifce.fr/fr/info-chevaux>] (consulté le 16/04/2020).
- IJICHI C., COLLINS L.M., ELWOOD R.W. (2014) Pain expression is linked to personality in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 152, 38-43
- IZZATI M.R.N.Z., NORANIZA M.A., ADAMU L., RASEDEE A. (2018) Validity of an established metabolic disorder index as a predictor for metabolic eliminations in endurance horses. *Int. J. Vet. Sci. Med.* 6(2), 227-232
- JULLE-DANIÈRE É., MICHELETTA J., WHITEHOUSE J., *et al.* (2015) MaqFACS (Macaque Facial Action Coding System) can be used to document facial movements in Barbary macaques (*Macaca sylvanus*). *PeerJ* 3, 1-15
- LAMBERT J. (2020) Le pur sang arabe. In *Contre Galop* [<https://contre-galop.com/blog/races-de-chevaux-le-pur-sang-arabe/>] (consulté le 03/11/2020).
- LANDIS J.R., KOCH G.G. (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33(1), 1-159
- LANGLOIS C., ROBERT C. (2008) Épidémiologie des troubles métaboliques chez les chevaux d'endurance. *Prat. Vét. Équine* 40(157), 51-60
- LAWAL ENDURANCE (2019) Résultats. In *Lawal Endurance* [<https://lawal-endurance.com/>] (consulté le 06/01/2020).
- LE MOYEC L., ROBERT C., TRIBA M.N., *et al.* (2019) A First Step Toward Unraveling the Energy Metabolism in Endurance Horses: Comparison of Plasma Nuclear Magnetic Resonance Metabolomic Profiles Before and After Different Endurance Race Distances. *Front. Mol. Biosci.* 6, 1-11
- LEGG K.A., WESTON J. F., GEE E.K., *et al.* (2019) Characteristics of Endurance Competitions and Risk Factors for Elimination in New Zealand during Six Seasons of Competition (2010/11–2015/16). *Animals. (Basel)* 9(9), 1-11
- LEJEUNE J.P., SANDERSEN C., VOTION D., *et al.* (2010) Effect of intensive exercise on plasmatic neutrophil elastase level in eventing and endurance horses. *Equine Vet. J. Suppl.* 38, 12-16
- LIN L.I.-K. (1989) A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics* 45(1), 255-268

- MARLIN D., WILLIAMS J. (2017) Equine endurance race pacing strategy differs between finishers and non-finishers in 120 km single-day races. *Comp. Exerc. Physiol.* 14(1), 11-18
- MEYRIER S. (2003) Les causes d'élimination en épreuves d'endurance equestre : étude retrospective menée en France en 2001. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse
- MOGIL J.S., SIMMONDS K., SIMMONDS M.J. (2009) Pain research from 1975 to 2007: A categorical and bibliometric meta-trend analysis of every Research Paper published in the journal, *Pain*. *Pain* 142(1), 48-58
- MULLARD J., BERGER J.M., ELLIS A.D., DYSON S. (2017) Development of an ethogram to describe facial expressions in ridden horses (FEReq). *J. Vet. Behav.* 18, 7-12
- NAGY A., MURRAY J.K., DYSON S. (2010) Elimination from elite endurance rides in nine countries: A preliminary study. *Equine Vet. J. Suppl.* n°38, 637-643
- NAGY A., DYSON S.J., MURRAY J.K. (2012) A veterinary review of endurance riding as an international competitive sport. *Vet. J.* 194(3), 288-293
- NAGY A., MURRAY J.K., DYSON S.J. (2013) Horse-, rider-, venue- and environment-related risk factors for elimination from Fédération Equestre Internationale endurance rides due to lameness and metabolic reasons: Risk factors for elimination from endurance rides. *Equine Vet. J.* 46(3), 294-299
- ORDRE DES VÉTÉRINAIRES (2020) Commission Bien Traitance Animale. In *Veterinaire.fr* [<https://www.veterinaire.fr/contacter-lordre-en-region/auvergne-rhone-alpes/notre-equipe-crov-aura/commission-bien-traitance-animale.html>] (consulté le 25/03/2020).
- OWENS J.G., KAMERLING S.G., STANTON S.R., KEOWEN M.L. (1995) Effects of ketoprofen and phenylbutazone on chronic hoof pain and lameness in the horse. *Equine Vet. J.* 27(4), 296-300
- PARKIN T.D.H. (2008) Epidemiology of racetrack injuries in racehorses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 24(1), 1-19
- REID K., ROGERS C.W., GRONQVIST G., GEE E.K., BOLWELL C.F. (2017) Anxiety and pain in horses measured by heart rate variability and behavior. *J. Vet. Behav.* 22, 1-6
- ROBERT C., BENAMOU-SMITH A., LECLERC J.-L. (2002) Use of the recovery check in long-distance endurance rides. *Equine Vet. J. Suppl.* n°34, 106-111
- ROBERT C. (2012) Comment évaluer le niveau de forme chez le cheval d'endurance ? *Equi'dée* 79, 35-36
- ROBERT C. (2013) Veterinary aspects of training and racing endurance horses. In *Equine sport medicine and surgery*. Eds Kenneth W.H., Andris J., Raymond J. 2^e ed., Edinburgh, Saunders-Elsevier, pp 1083-1106

- SAMSON T. (2020) Historique Météo. In *Historique-Météo.net* [<https://www.historique-meteo.net/>] (consulté le 19/04/2020).
- SCHOTT H.C., MARLIN D.J., GEOR R.J., *et al.* (2006) Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. *Equine Vet. J.* (36), 37-42
- SÉNA A. (2007) Suivi clinique de chevaux d'endurance en course de niveau national (CEN, CEI), contribution à la détermination des paramètres les plus pertinents. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort
- SERTEYN D., SANDERSEN C., LEJEUNE J.-P., *et al.* (2010) Effect of a 120 km endurance race on plasma and muscular neutrophil elastase and myeloperoxidase concentrations in horses. *Equine Vet. J.* (Suppl. 38), 275-279
- SOTOCINAL S.G., SORGE R.E., ZALOUM A., *et al.* (2011) The Rat Grimace Scale: a partially automated method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions. *Mol. Pain* 7, 1-10
- STANGROOM J. (2018) Easy Histogram Maker. In *Social Science Statistics*. [<https://www.socscistatistics.com/descriptive/histograms/>] (consulté le 21/04/2020).
- TRIGO P., CASTEJON F., RIBER C., MUÑOZ A. (2010) Use of biochemical parameters to predict metabolic elimination in endurance rides. *Equine Vet. J.* Suppl. 38, 142-146
- VAN DIERENDONCK M.C., BURDEN F.A., RICKARDS K., VAN LOON J.P.A.M. (2020) Monitoring Acute Pain in Donkeys with the Equine Utrecht University Scale for Donkeys Composite Pain Assessment (EQUUS-DONKEY-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Donkey Facial Assessment of Pain (EQUUS-DONKEY-FAP). *Animals (Basel)* 10(2), 1-17
- VAN DIERENDONCK M.C., VAN LOON J.P.A.M. (2016) Monitoring acute equine visceral pain with the Equine Utrecht University Scale for Composite Pain Assessment (EQUUS-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP): A validation study. *Vet. J.* 216, 175-177
- VAN LOON J.P.A.M., VAN DIERENDONCK M.C. (2015) Monitoring acute equine visceral pain with the Equine Utrecht University Scale for Composite Pain Assessment (EQUUS-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP): A scale-construction study. *Vet. J.* 206(3), 356-364
- VAN LOON J.P.A.M., VAN DIERENDONCK M.C. (2017) Monitoring equine head-related pain with the Equine Utrecht University scale for facial assessment of pain (EQUUS-FAP). *Vet. J.* 220, 88-90
- VAN LOON J.P.A.M., VAN DIERENDONCK M.C. (2018) Objective pain assessment in horses (2014–2018). *Vet. J.* 242, 1-7

- VAN LOON J.P.A.M., VAN DIERENDONCK M.C. (2019) Pain assessment in horses after orthopaedic surgery and with orthopaedic trauma. *Vet. J.* 246, 85-91
- VEDOVA C.D. (2018) Régression linéaire simple : le R^2 , info ou intox ? *In Statistiques et logiciel R.* [<https://statistique-et-logiciel-r.com/regression-lineaire-simple-le-r2-info-ou-intox/>] (consulté le 21/04/2020).
- VICK S.-J., WALLER B.M., PARR L.A., SMITH PASQUALINI M.C., BARD K.A. (2007) A Cross-species Comparison of Facial Morphology and Movement in Humans and Chimpanzees Using the Facial Action Coding System (FACS). *J. Nonverbal Behav.* 31(1), 1-20
- WALLER B.M., LEMBECK M., KUCHENBUCH P., BURROWS A.M., LIEBAL K. (2012) GibbonFACS: A Muscle-Based Facial Movement Coding System for Hylobatids. *Int. J. Primatol.* 33(4), 809-821
- WALLER B.M., PEIRCE K., CAEIRO C.C., *et al.* (2013) Paedomorphic Facial Expressions Give Dogs a Selective Advantage. *PLoS One* 8(12), 1-6
- WALLER B.M., JULLE-DANIERE E., MICHELETTA J. (2020) Measuring the evolution of facial 'expression' using multi-species FACS. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 113, 1-11
- WALTER S.D., ELIASZIW M., DONNER A. (1998) Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat. Med.* 17(1), 101-110
- WATHAN J., BURROWS A.M., WALLER B.M., MCCOMB K. (2015) EquiFACS: The Equine Facial Action Coding System. *PLoS One* 10(8), 1-35
- YOUNES M., ROBERT C., COTTIN F. (2013) Y-a-t-il une relation entre la vitesse, la récupération cardiaque et le risque d'élimination en course d'endurance de longue distance (80 à 160 km)? *In 39ème Journée de la Recherche Equine*, Paris, pp 18-27
- YOUNES M., ROBERT C., COTTIN F., BARREY E. (2015) Speed and Cardiac Recovery Variables Predict the Probability of Elimination in Equine Endurance Events. *PLoS One* 10(8), 1-13
- YOUNES M., BARREY E., COTTIN F., ROBERT C. (2016) Elimination in long-distance endurance rides: insights from the analysis of 7,032 starts in 80 to 160 km competitions. *Comp. Exerc. Physiol.* 12(4), 157-167

Annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des épreuves d'endurance à vitesse limitées (Fédération Française d'Equitation, 2019).

DIVISIONS	ÉPREUVES	DISTANCE EN KMS	VITESSE EN KM/H
CLUB	Club A	10	6 à 8
	Club A Relais	2 x 10	6 à 8
	Club Poney 4	10	8 à 10
	Club Poney 4 Relais	2 x 10	8 à 10
	Club 4	10	10 à 12
	Club 4 Relais	2 x 10	10 à 12
	Club 3	20	10 à 12
	Club 2 Relais	2 x 20	10 à 12
	Club 2	20	12 à 15
	Club 2 Spéciale	30	12 à 15
	Club 1	40	10 à 12
	Club Elite	40	12 à 15
	Club Elite GP	60	12 à 15

AMATEUR Epreuves ouvertes aux LFC Amateur et Pro	Amateur 4	20	12 à 15
	Amateur 4 Spéciale	30	12 à 15
	Amateur 3	40	12 à 15
	Amateur 2	60	12 à 15
	Amateur 1	90	12 à 16
	Amateur 1 GP	90	Libre, 12 km/h minimum
	Amateur Elite	130	Libre, 12 km/h minimum
	Amateur Elite GP	160	Libre, 12 km/h minimum

Annexe 2 : Carte vétérinaire utilisée sur les épreuves françaises

NUMÉRO DU DOSSARD	CONTRÔLE INITIAL	DÉPART 1	DÉPART 2	DÉPART 3	DÉPART 4	DÉPART 5	DÉPART 6	BLOC NOTES
		ARRIVÉE 1	ARRIVÉE 2	ARRIVÉE 3	ARRIVÉE 4	ARRIVÉE 5	ARRIVÉE 6	
		ENTRÉE V-G						
		1	1	1	1	1	1	
		2	2	2	2	2	2	
Délai de présentation		1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	
F - C								
F - R								
M - O								
PLI DE PEAU								
CAPILLAIRE								
TRANSIT								
ALLURES								
OBSERVATIONS								
REEXAMEN		/	/	/	/	/	/	
VISA VÉTO								

Annexe 3 : Description des expressions faciales utilisées pour décrire la douleur dans l'article de Glerup *et al.*, 2015.

Expressions faciale	Description détaillée
Oreilles asymétriques/basses	Les deux oreilles se déplacent dans des directions différentes ou sont placées dans des positions asymétriques sans jamais avoir des oreilles totalement en avant ou en arrière. Il peut y avoir abaissement des deux oreilles (distance augmentée entre elles) avec des oreilles tournées vers les cotés ou légèrement vers l'arrière. Les oreilles peuvent être à la fois asymétriques et basses.
Angle de l'œil	Il y a une tension du muscle levator anguli oculi medialis.
Regard fuyant et crispé	Le regard change pour devenir fuyant et tendu.
Narine – forme carré	Les narines sont dilatées en direction médiolatérale ; en particulier l'aile médiale de la narine peut être tendue. Ceci est plus visible lors de l'inspiration.
Tension du museau	Il y a une augmentation du tonus des lèvres et du menton, résultant une forme angulaire au museau.
Tension des muscles responsables des mimiques	Il existe une tension des muscles visible sur la face latérale de la tête, en particulier du m.zygomaticus et m. caninus, les m. masseter peuvent également être tendus.

Annexe 4 : Extrait des résultats concernant l'étude des expressions faciales pour évaluer la douleur lors de coliques (van Loon et Van Dierendonck, 2015).

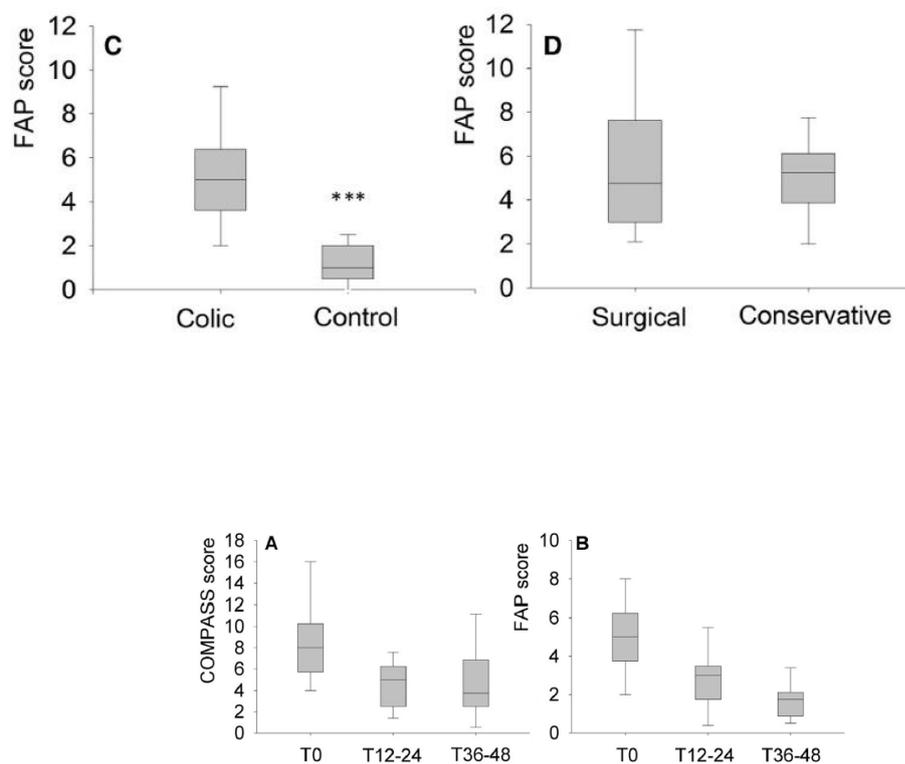


Fig. 4. Median EQUUS-COMPASS (A) and EQUUS-FAP (B) values at admission to clinic (T0), at the first morning after admission (T12-24) and at the second morning after admission (T36-48) (n = 13). Lines in boxes show median scores; boxes show 25-75th percentiles; error bars show 5-95th percentiles. Friedman tests show a significant decrease over time for both EQUUS-COMPASS ($P=0.021$) and for EQUUS-FAP scores ($P=0.012$).

Annexe 5 : nombre de partants, et répartition des classés/éliminés/abandons, pour chaque épreuve, sur la course de Fontainebleau du 31 mars 2018.

Course	Nombre de partants	Nombre de classés	Nombre éliminés boiterie	Nombre éliminés métabolique	Nombre éliminés autre	Nombre abandons
CEI** 120 km	64	39	10	5	3	7
CEIYJ** 120 km	18	7	4	3	2	2
CEI* 90 km	83	56	14	4	5	4
Amateur Elite 130 km	8	3	2	0	1	2
Amateur 1 grand prix 90 km	33	21	7	2	0	3

Annexe 6 : nombre de partants, et répartition des classés/éliminés/abandons, pour chaque épreuve, sur la course d'Avilly Saint-Léonard du 7 avril 2018.

Course	Nombre de partants	Nombre de classés	Nombre éliminés boiterie	Nombre éliminés métabolique	Nombre éliminés autre	Nombre abandons
CEI** 120 km	18	10	7	1	0	0
CEI* 80 km	22	15	4	2	0	1
Amateur Elite 130 km	3	2	0	0	0	1
Amateur 1 grand prix 80 km	6	5	0	0	0	1

Annexe 7 : nombre de partants, et répartition des classés/éliminés/abandon, pour chaque épreuve, sur la course de Rambouillet du 18 mai 2019.

Course	Nombre de partants	Nombre de classés	Nombre éliminés boiterie	Nombre éliminés métabolique	Nombre éliminés autre	Abandons
CEI* 90 km	42	30	10	0	2	0
Amateur élite grand prix 160 km	2	1	1	0	0	0
Amateur Elite 130 km	10	7	2	0	0	1
Amateur 1 grand prix 80 km	7	6	1	0	0	0
Amateur élite sur 2 jours 130 km	16	10	5	1	0	0

Annexe 8 : nombre de partant, et répartition des classés/éliminés/abandons, pour chaque épreuve, sur la course de Fontainebleau du 23 mai 2019.

Course	Nombre de partants	Nombre de classés	Nombre éliminés boiterie	Nombre éliminés métabolique	Nombre éliminés autre	Abandons
CEI** 120 km	50	34	15	0	1	0
CEIYJ** 120 km	23	14	7	1	1	0
CEI* 80 km	46	30	15	1	0	0
Amateur élite 130 km	10	1	5	1	1	2
Amateur 1 grand prix 80 km	20	17	2	1	0	0

Annexe 9 : Tableaux utilisés pour la notation des chevaux de l'étude et l'analyse des données (Le tableau des contrôles vétérinaires suivants a été simplifié dans le but d'obtenir une meilleure lisibilité)

Le n°VET correspond au contrôle vétérinaire auquel la vidéo a été prise. CAT âge et CAT race correspondent à la catégorie d'âge et de race, tel qu'expliqué précédemment.

L'ensembles des paramètres suivants sont donnée pour la boucle correspondant au contrôle vétérinaire.

Vm = vitesse moyenne ; Temps récup = temps de récupération ; FC1 = fréquence cardiaque avant le trotting ; FC2 = fréquence cardiaque après le trotting ; IRC = indice de récupération cardiaque (FC2-FC1) ; Rang V = Rang au contrôle ; Rang final = Rang au dernier contrôle vétérinaire ; Quart = classement par quartile au contrôle vétérinaire correspondant ; Classé/éliminé = classé se traduit par un « 1 » et éliminé par un « 0 » au contrôle final ; PO = Position des oreilles ; OO = Ouverture de l'œil ; TF = Tension de la région frontale ; TM = Tension des muscles masticateurs ; TMLI = Tension du menton et de la lèvre inférieure ; TNLS = Tension des naseaux et de la lèvre supérieure ; OF = Fixité de l'œil ; M = Mâchonnement.

Lorsque qu'une donnée n'est pas disponible, la case est laissée vide.

Contrôle vétérinaire initial

Course	N° dossier	Course	Nom du cheval	Âge	CAT Age	Race	CAT race	Sexe	PO	OO	TF	TM	TMLI	TNLS	Total	OF	M
Fontainebleau 22 mars	86	AmaElite	ABU VASSILI	8	jeune	Arabe	AR	Mâle	0	0	1	1	1	1	4	0	2
Fontainebleau 22 mars	88	AmaElite	SLEIMA EL TINEB	13	mature	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	2	1	0	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	174	Ama1GP	JYKII JACK DU VENT	11	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	1	0	1	0	1	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	175	Ama1GP	KHETI	14	mature	Arabe	AR	Hongre	0	0	2	0	1	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	176	Ama1GP	MAKEDA TROIS	11	intermédiaire	Anglo-Arabe	AA	Femelle	0	0	2	2	1	0	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	177	Ama1GP	BABYLONE GARGAN	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Fontainebleau 22 mars	178	Ama1GP	ARKVA BILISKA	7	jeune	Anglo-Arabe	AA	Hongre	1	0	1	0	1	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	179	Ama1GP	CHAIDA DE LA SAULIRE	7	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	1	0	1	0	2	0	0

Fontainebleau 22 mars	183	Ama1GP	VALAROUSSA ARMOR	10	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	1	0	1	1	0	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	184	Ama1GP	SHAHANE	13	mature	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	1	1	0	0	2	0	1
Fontainebleau 22 mars	186	Ama1GP	CHEYTAN BELFINA	7	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	0	0	1	1	0	0	2	2	0
Fontainebleau 22 mars	187	Ama1GP	TELKA	12	mature	Shagya	Autre	Femelle	0	0	1	1	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	286	CEIJ**	TCHEPA DU CORMIER	12	mature	Arabe	AR	Femelle	1	0	1	1	1	1	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	287	CEIJ**	BOZ TT	11	intermédiaire	Arabe	AR	Hongre	1	0	1	1	2	1	6	0	2
Fontainebleau 22 mars	306	CEI*	ZAHRA DU COURTISOT	10	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	1	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	381	CEI*	EAUNOIRE FALEEDYA	9	intermédiaire			Femelle	1	0	1	1	1	1	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	383	CEI*	ARTURO PAGADI	11	intermédiaire	Arabe	AR	Hongre	0	0	1	0	0	1	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	386	CEI*	QUERSANE DES PINS	15	mature	Anglo-Arabe	AA	Femelle	0	0	2	0	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	388	CEI*	CIRCE DU PLESSIS	7	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	2	1	1	0	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	389	CEI*	BABELIA CABIRAT	8	jeune	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	0	1	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	395	CEI*	SHAH VAGHAR	9	intermédiaire	Arabe	AR	Hongre	1	0	2	1	1	1	6	0	0
Fontainebleau 22 mars	396	CEI*	NASSEER EL PSY	7	jeune	Arabe	AR	Hongre	1	0	1	1	0	2	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	397	CEI*	IZMINA DE JOUVENCE	9	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	0	0	2	1	0	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	399	CEI*	TYCHAM DU ROSTAING	12	mature	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	1	0	1	1	1	1	5	1	0
Fontainebleau 22 mars	400	CEI*	BONITA DU BOIS GUY	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	1	1	0	0	2	1	0
Fontainebleau 22 mars	404	CEI*	BUBBLE D'ORGE	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	0	0	1	1	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	407	CEI*	BOLCHOI EL AKIM	8	jeune	Arabe	AR	Hongre	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Fontainebleau 22 mars	413	CEI*	AZIK DU BRUGUET	9	intermédiaire	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	1	0	1	0	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	417	CEI*	BASILEIA DE THALIE	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	1	1	0	1	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	418	CEI*	ALY	9	intermédiaire	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	1	0	2	0	0	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	421	CEI*	ISMANAFORLA	11	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	0	1	1	3	1	0

Fontainebleau 22 mars	503	CEI**	AMINA DE L'ENCLOS	8	jeune	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	0	0	1	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	505	CEI**	AMIN B	11	intermédiaire			Hongre	0	0	1	1	1	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	508	CEI**	GRAN-XEIRO	9	intermédiaire			Hongre	1	0	1	1	2	1	6	0	0
Fontainebleau 22 mars	511	CEI**	REV-JUPITER	8	jeune	Arabe	AR	Femelle	1	0	1	1	1	1	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	514	CEI**	VIC DE BANOCRES	10	intermédiaire	Arabe	AR	Hongre	1	0	1	0	1	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	517	CEI**	THARAA	12	mature	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	0	0	2	2	1	0	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	521	CEI**	EL MARES AL GALAHAD	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	0	0	1	1	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	523	CEI**	CHARIF LARZAC	7	jeune	Arabe	AR	Mâle	1	0	1	1	0	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	525	CEI**	BUM BAYA D'AQUI	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	0	0	2	1	1	0	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	526	CEI**	CHAKIR DE MONTEGUT	7	jeune	Arabe	AR	Hongre	0	0	1	1	1	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	527	CEI**	TARIBAC CABIRAT	12	mature	Arabe	AR	Femelle	1	0	1	0	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	529	CEI**	URPHA	11	intermédiaire	Demi-Sang Arabe	DSA	Femelle	1	0	1	1	0	1	4	1	0
Fontainebleau 22 mars	534	CEI**	ESTIMATE DE LAM	8	jeune	Arabe	AR	Hongre	1	0	2	1	0	1	5	0	0
Fontainebleau 22 mars	541	CEI**	ALLTECH JIEM	9	intermédiaire	Arabe	AR	Mâle	0	0	0	1	1	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	542	CEI**	BLACK SMITH BLUES	8	jeune	Demi-Sang Arabe	DSA	Hongre	1	0	1	1	0	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	543	CEI**	UBAYAN DE PREJEURIN	11	intermédiaire	Arabe	AR	Hongre	1	0	1	0	0	0	2	0	0
Fontainebleau 22 mars	544	CEI**	FORTUNA Z	9	intermédiaire	Zangersheide	Autre	Femelle	0	0	2	1	0	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	546	CEI**	EPONA DU VIALARET	8	jeune	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	1	1	0	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	548	CEI**	HERA DURANCES	7	jeune	Anglo-Arabe	AA	Femelle	0	0	2	1	0	1	4	0	0
Fontainebleau 22 mars	549	CEI**	MOREA DE FONPEYROL	14	mature	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	1	1	1	4	1	0
Fontainebleau 22 mars	550	CEI**	KARA CARUSO	11	intermédiaire	Arabe	AR	Hongre	0	0	1	1	0	1	3	0	0
Fontainebleau 22 mars	551	CEI**	VOLKOVA DE MAJORIE	10	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	2	0	1	0	0	0	3	1	0

Fontainebleau 22 mars									1	0	1	1	1	0	4	0	0
Fontainebleau 22 mars									0	0	1	0	1	1	3	0	0
Avilley	4								0	0	1	2	1	1	5	0	0
Avilley	12								1	0	2	1	1	1	6	0	0
Avilley	15								2	0	2	1	0	1	6	0	0
Avilley	17								1	0	1	1	1	1	5	0	1
Avilley	102								1	0	1	1	0	0	3	0	0
Avilley	104								1	0	1	1	0	1	4	0	0
Avilley	106								2	0	2	0	0	0	5	1	0
Avilley	107								2	0	2	1	2	2	9	0	0
Avilley	109								1	0	2	1	1	1	6	0	0
Avilley	111								2	0	1	2	1	1	9	0	2
Avilley	115								1	0	1	0	2	1	5	0	0
Avilley	116								1	0	2	2	0	2	7	0	0
Avilley	117								1	0	1	1	1	0	4	0	0
Avilley	118								0	0	2	1	1	1	5	0	0
Avilley	119								1	0	2	1	0	0	4	0	0
Avilley	120								0	0	1	1	0	0	2	0	0
Avilley	127								1	0	2	1	0	1	5	0	0
Avilley	154								0	0	1	1	1	0	3	0	0
Avilley	157								0	0	1	1	0	1	4	0	1
Rambouillet	200	Ama1	SAJA	7	jeune	Arabe	AR	Femelle	1	0	0	0	1	0	3	0	1
Rambouillet	202	Ama1	SAYRA DU FONPEYROL	7	jeune	Arabe	AR	Femelle	1	0	1	0	1	0	3	0	0

Rambouillet	204	Ama1	FEE DES HAUTDALBI	7	jeune	Arabe	AR	Femelle	1	0	2	1	1	0	5	0	0
Rambouillet	205	Ama1	ASTARTE AL SHATANE	9	intermédiaire	Arabe	AR	Femelle	0	0	1	1	0	0	2	0	0
Rambouillet	208	Ama1	DRIFA LA NIZIERE	8	jeune	Arabe	AR	Femelle	1	0	2	0	1	0	4	0	0
Rambouillet	211	Ama1	BEIT JANN AL AIN	6	jeune	Arabe	AR	Hongre	0	0	2	1	1	0	4	0	0
Rambouillet	223	Ama1	SOROOR	14	mature	Arabe	AR	Hongre	0	0	1	0	1	0	2	0	0
Rambouillet	300	Ama1	BEL'ECLAT de VERRE	8	jeune	OC	Autre	Hongre	0	0	1	1	0	0	2	0	0

Contrôle vétérinaires suivants :

N° VET	Date et lieu	N° dossard	Course	Nom du cheval	CAT âge	CAT Race	Distance parcours	Vm X	Temps récup.	FC1	FC2	IRC	P O	O O	T F	T M	T M L I	T N L S	T O T A L	O F	M	Rang VX	Rang Final	Quart	Classé / éliminé	Cause élimination	N° vet élimination	
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	103											0	0	2	1	1	1	5	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	104											2	0	2	1	0	1	6	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	105											2	0	2	1	0	1	7	0	1							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	112											0	0	1	1	0	0	2	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	119											1	0	1	1	0	0	3	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	152											1	0	2	1	1	1	6	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	209											2	0	2	1	0	1	6	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	212											1	1	1	1	0	0	4	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	213											1	0	2	2	1	2	10	0	2							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	214											1	0	2	1	1	1	6	0	0							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	218											1	0	1	0	0	1	4	0	1							
1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	219											1	0	1	1	1	1	5	0	0							

1	Avilly St Léonard 7 avril 2018	252											1	0	1	1	0	0	3	0	0						
1	Fontainebleau 23 mars	176	Ama1GP	MAKEDA TROIS	intermédiaire	AA	38	16,2	00:05:30	40	40	0	1	0	2	2	0	1	6	0	0	6	7	Q2	1		
1	Fontainebleau 23 mars	183	Ama1GP	VALAROUSSA ARMOR	intermédiaire	AR	38	17,5	00:03:28	48	52	4	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	Q4	0	GA	1
1	Fontainebleau 23 mars	173	Ama1GP	TIBIDABO GARGAN	mature	AR	38	21,1	00:05:44	63	54	-9	2	0	2	1	1	0	6	0	0	2	2	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	172	Ama1GP	BENJI DU VALLOIS	jeune	DSA	38	15,2	00:03:59	55	52	-3	1	0	1	1	1	1	5	0	0	12	6	Q3	1		
1	Fontainebleau 23 mars	186	Ama1GP	CHEYTAN BELFINA	jeune	DSA	38	15,4	00:01:54	58	56	-2	2	0	2	1	0	0	6	0	1	7	10	Q2	1		
1	Fontainebleau 23 mars	84	AmaElite	THEMIS TERNAIROL	mature	AR	38	14,6	00:14:33	58	60	2	0	0	1	1	1	1	4	0	0	9	0	Q4	0	ME	2
1	Fontainebleau 23 mars	386	CEI*	QUERSANE DES PINS	mature	AA	38	17,1	00:02:08	59	50	-9	1	0	1	1	0	1	4	0	0	21	18	Q2	1		
1	Fontainebleau 23 mars	427	CEI*	SHARIMO CH	mature	AA	38	14,9	00:20:06	62	60	-2	0	0	1	1	0	1	4	0	1	0	0	Q4	0	GA	1
1	Fontainebleau 23 mars	408	CEI*	AMADEO D' ECLIPSE	intermédiaire	AA	38	20,2	00:02:14	63	64	1	2	0	2	1	0	0	6	0	1	5	3	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	430	CEI*	OFFENSE GRAVE	intermédiaire	AA	38	15,7	00:19:10	71	75	4	0	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	Q4	0	ME	1
1	Fontainebleau 23 mars	397	CEI*	IZMINA DE JOUVENCE	intermédiaire	AR	38	21,6	00:03:13	56	60	4	0	0	2	0	0	1	3	0	0	1	1	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	390	CEI*	GIORGIO J	jeune	AR	38	16,4	00:03:40	59	54	-5	1	0	1	1	1	0	4	0	0	27	0	Q3	0	GA	2
1	Fontainebleau 23 mars	423	CEI*	YAWL HILL BIG YIN	jeune	AR	38	14,3	00:04:14	61	56	-5	2	0	1	0	1	0	6	0	2	38	30	Q4	1		
1	Fontainebleau 23 mars	410	CEI*	AINHOA KERBINA	intermédiaire	AR	38	20	00:02:58	61	64	3	1	0	2	1	1	1	8	0	2	0	0	Q4	0	GA	1
1	Fontainebleau 23 mars	407	CEI*	BOLCHOI EL AKIM	jeune	AR	38	16,2	00:05:12	62	64	2	0	0	2	1	1	1	5	0	0	33	24	Q3	1		
1	Fontainebleau 23 mars	395	CEI*	SHAH VAGHAR	intermédiaire	AR	38	16,6	00:04:26	63	60	-3	0	0	2	1	2	2	8	0	1	0	0	Q4	0	GA	1
1	Fontainebleau 23 mars	398	CEI*	ABEL	intermédiaire	AR	38	20,6	00:03:41	64	60	-4	0	0	1	1	1	0	3	0	0	3	2	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	404	CEI*	BUBBLE D'ORGE	jeune	DSA	38	21,4	00:02:53	61	60	-1	1	0	2	1	1	1	6	0	0	2	7	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	417	CEI*	BASILEIA DE THALIE	jeune	DSA	38	16,4	00:03:27	63	60	-3	0	0	2	1	1	1	5	0	0	26	0	Q3	0	GA	2

1	Fontainebleau 23 mars	399	CEI*	TYCHAM DU ROSTAING	mature	DSA	38	17,9	00:02: 04	64	60	-4	0	0	1	0	1	0	3	0	1	14	8	Q2	1		
1	Fontainebleau 23 mars	504	CEI**	ARIDELLECARE	intermé diaire	AA	38	14	00:05: 23	51	52	1	2	0	2	1	1	0	6	0	0	44	33	Q4	1		
1	Fontainebleau 23 mars	528	CEI**	VITTEL DE MAJORIE	intermé diaire	AA	38	20,7	00:02: 41	64	60	-4	2	0	2	1	0	0	6	1	0	6	6	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	522	CEI**	WASSIM	jeune	AR	38	15,8	00:01: 53	47	48	1	0	0	2	1	1	1	5	0	0	0	0	Q4	0	GA	1
1	Fontainebleau 23 mars	510	CEI**	TARDONA	intermé diaire	AR	38	17,9	00:03: 10	54	52	-2	1	0	2	0	0	0	3	0	0	18	0	Q2	0	GA	3
1	Fontainebleau 23 mars	532	CEI**	MALEB	intermé diaire	AR	38	16,7	00:04: 14	57	60	3	0	0	2	1	1	1	5	0	0	29	29	Q3	1		
1	Fontainebleau 23 mars	523	CEI**	CHARIF LARZAC	jeune	AR	38	16,6	00:02: 45	60	60	0	2	0	1	0	2	1	6	0	0	35	22	Q3	1		
1	Fontainebleau 23 mars	516	CEI**	BAOBAB AMISTAT	jeune	AR	38	16,9	00:02: 34	61	60	-1	1	0	2	1	1	0	5	0	0	27	0	Q3	0	GA	4
1	Fontainebleau 23 mars	533	CEI**	VA BENE SOVAKE	intermé diaire	AR	38	17,2	00:03: 44	61	56	-5	2	0	2	1	0	1	6	0	0	23	25	Q2	1		
1	Fontainebleau 23 mars	538	CEI**	SEFFA DU BREUIL	mature	AR	38	20,8	00:02: 22	60	60	0	1	0	2	0	1	1	6	0	1	4	0	Q1	0	GA	2
1	Fontainebleau 23 mars	521	CEI**	EL MARES AL GALAHAD	jeune	DSA	38	15,9	00:01: 38	58	56	-2	2	0	1	1	0	1	5	0	0	41	27	Q4	1		
1	Fontainebleau 23 mars	524	CEI**	BAZOOKA LA MAJORIE	jeune	DSA	38	20,9	00:01: 44	59	56	-3	1	0	1	1	0	1	4	0	0	1	1	Q1	1		
1	Fontainebleau 23 mars	542	CEI**	BLACK SMITH BLUES	jeune	DSA	38	16,7	00:02: 07	64	60	-4	0	0	2	1	1	1	5	0	0	30	0	Q3	0	GA	4
1	Fontainebleau 23 mars	509	CEI**	LORP PERSPY	intermé diaire		38	17,1	00:01: 26	60	60	0	2	0	1	0	1	0	5	1	0	24	0	Q2	0	GA	2
1	Fontainebleau 23 mars	282	CEIJ**	CASHMIR HIPOLYTE	jeune	AR	38	15	00:04: 38	58	60	2	1	0	1	1	1	1	6	0	1	0	0	Q4	0	RET	1
1	Fontainebleau 23 mars	274	CEIJ**	TARA DE MESSEY	mature	DSA	38	19,9	00:02: 51	48	44	-4	0	0	1	0	1	1	3	0	0	17	0	Q3	0	GA	3
1	Fontainebleau 23 mars	271	CEIJ**	VALIOSO PRADELS	intermé diaire	Autre	38	19,9	00:02: 27	58	60	2	2	0	1	1	0	1	5	0	0	12	0	Q3	0	ME	4
1	Fontainebleau 31 mars	212	Ama1GP	SARABANDE D'AX	mature	AA	38	15,0 3	00:03: 54	42	44	2	0	0	2	2	1	1	6	0	0	0	0	Q4	0	RET	1
1	Fontainebleau 31 mars	230	Ama1GP	BAROUDEUR DE TANUES	jeune	AR	38	14,5 1	00:02: 01	64	60	-4	1	0	2	1	0	0	4	0	0	22	18	Q3	1		
1	Fontainebleau 31 mars	348	CEI*	DJANGO DU VIALARET	jeune	AR	38	19,3 1	00:01: 59	58			0	0	2	1	1	0	4	0	0	6	0	Q1	0	FTC	2
1	Fontainebleau 31 mars	334	CEI*	BABEI IKEDZAN	jeune	AR	38	14,1 4	00:06: 03	57	68	11	1	0	1	1	0	1	6	1	1	66	52	Q4	1		
1	Fontainebleau 31 mars	387	CEI*	ORION	intermé diaire	AR	38	16,5 6	00:02: 38	60	60	0	0	0	2	1	0	0	3	0	0	35	30	Q2	1		

1	Fontainebleau 31 mars	336	CEI*	BALDEV LA METAIRIE	jeune	AR	38	14,9 4	00:03: 49	64	60	-4	0	0	2	1	1	0	5	0	1	0	0	Q4	0	RET	1
1	Fontainebleau 31 mars	354	CEI*	KIAN CELTIC WARRIOR	jeune	AR	38	17,4 8	00:06: 53	64	60	-4	0	0	1	0	1	0	2	0	0	26	21	Q2	1		
1	Fontainebleau 31 mars	384	CEI*	BESSAMAI DU CAUSSANEL	jeune	DSA	38	16,5 3	00:02: 54	52	60	8	0	0	2	1	0	0	3	0	0	38	33	Q2	1		
1	Fontainebleau 31 mars	362	CEI*	VON FAAL DE LETIEZ	intermé diaire	DSA	38	15,3 7	00:01: 52	60	60	0	1	0	2	1	0	1	6	0	1	55	43	Q3	1		
1	Fontainebleau 31 mars	358	CEI*	BABIOCA DE THALIE	intermé diaire	DSA	38	18,9 8	00:05: 52	63	60	-3	1	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	Q4	0	LA	1
1	Fontainebleau 31 mars	506	CEI**	BEAU MAGICIEN	mature	AA	38	14,3 6	00:04: 46	54	52	-2	1	0	2	2	0	0	5	0	0	58	39	Q4	1		
1	Fontainebleau 31 mars	515	CEI**	MEMORIA	intermé diaire	AA	38	20,3 2	00:01: 43	62	54	-8	1	0	2	1	1	0	5	0	0	6	0	Q1	0	RET	3
1	Fontainebleau 31 mars	461	CEI**	ABOUFATMAL APAL	intermé diaire	AR	38	16,3 6	00:03: 07	58	61	3	0	0	2	1	1	1	6	0	1	47	32	Q3	1		
1	Fontainebleau 31 mars	488	CEI**	AVEL ARVOR	jeune	AR	38	16,6 6	00:03: 56	61	62	1	2	0	1	1	0	0	5	0	1	39	27	Q3	1		
1	Fontainebleau 31 mars	524	CEI**	BINT SHAQAB	jeune	DSA	38	18,1 0	00:02: 22	64	60	-4	1	0	2	1	1	0	5	0	0	24	0	Q2	0	MI	3
1	Fontainebleau 31 mars	511	CEI**	AROME DES TILLEULS	jeune	DSA	38	17,7 3	00:06: 15	64	60	-4	2	0	1	1	1	1	8	0	2	30	28	Q2	1		
1	Fontainebleau 31 mars	528	CEI**	FFARAMIR	mature		38	18,5 5	00:02: 04	54	48	-6	0	0	2	1	0	1	4	0	0	16	0	Q1	0	RET	3
1	Fontainebleau 31 mars	187	CEIJ**	TARGUIA LARZAC	intermé diaire	AR	38	18,9 2	00:09: 58	48	52	4	0	0	2	1	0	0	3	0	0	13	0	Q3	0	ME	3
1	Fontainebleau 31 mars	181	CEIJ**	CHAIMA DE BOZOULS	jeune	AR	38	20,2 2	00:02: 01	58	62	4	0	0	2	1	0	1	4	0	0	6	0	Q2	0	ME	3
1	Rambouillet 18 mai 2019	60	AmaElite	BALOULET EL SIHAB	jeune	AR	38	14,3	00:05: 01	48			0	0	2	1	1	1	5	0	0	9	6	Q4	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	57	AmaElite	SILSILA SHALIFA	mature	AR	38	16	00:05: 39	58			0	0	2	1	0	1	4	0	0	4	3	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	56	AmaElite	UZELIA ARMOR	intermé diaire	AR	38	15,7	00:08: 15	60			1	0	2	1	1	1	6	0	0	6	5	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	63	AmaElite	VA BENE SOVAKE	intermé diaire	AR	38	15,1	00:06: 12	64			0	0	2	1	0	1	5	1	0	7	0	Q3	0	RET	2
1	Rambouillet 18 mai 2019	59	AmaElite	BAYLA DE LOCME	jeune	DSA	38	15,8	00:05: 10	64			1	0	2	1	0	0	5	0	1	0	0	Q4	0	GA	1
1	Rambouillet 18 mai 2019	61	AmaElite	VEGAS DE LIFFRE	intermé diaire	DSA	38	15,9	00:03: 56	64			1	0	1	0	2	1	5	0	0	5	2	Q2	1		

1	Rambouillet 18 mai 2019	81	AmaElite 2 x 70	QASAM DE LOZELLE	mature	AA	38	15,4	00:06:55	56			0	0	2	1	1	1	5	0	0	9	7	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	94	AmaElite 2 x 70	MAKEDA TROIS	intermé diaire	AA	38	16,7	00:05:49	60			1	0	2	1	1	1	6	0	0	5	6	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	86	AmaElite 2 x 70	KARA AL MOUNIRA	jeune	AR	38	15,6	00:04:07	52			0	0	2	2	1	1	6	0	0	8	4	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	89	AmaElite 2 x 70	MIRAGE DE L'ILE	intermé diaire	AR	38	19,2	00:04:00	56			0	0	2	1	1	0	4	0	0	1	1	Q1	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	87	AmaElite 2 x 70	NAWAABI	mature	AR	38	16,6	00:06:41	56			0	0	2	1	0	1	5	0	1	6	3	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	85	AmaElite 2 x 70	AINHOA ZELLADONA	jeune	AR	38	17,2	00:03:06	58			0	0	1	1	1	1	4	0	0	4	5	Q1	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	90	AmaElite 2 x 70	TAMANN SILVER FAME	mature	Autre	38	17,8	00:13:02	64			2	0	1	1	2	2	9	0	1	3	0	Q1	0	ME	4
1	Rambouillet 18 mai 2019	80	AmaElite 2 x 70	SEDER DU MAUCOMBLE	mature	Autre	38	14,7	00:09:13	56			0	0	1	1	1	0	3	0	0	13	8	Q4	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	91	AmaElite 2 x 70	BELLE ETOILE DEMINUIT	jeune	DSA	38	13,3	21:25:16	60			1	0	1	1	1	1	6	0	1	15	10	Q4	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	92	AmaElite 2 x 70	UP'DILA DU CLERET	intermé diaire	Autre	38	15,1	00:05:06	60			0	0	2	1	0	0	3	0	0	12	9	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	50	AmaElite GP	SLIEMA EL TINEB	mature	DSA	38	14,4	00:03:19	56			0	0	2	2	0	1	5	0	0	0	0	Q4	0	GA	1
1	Rambouillet 18 mai 2019	51	AmaElite GP	ATIM LA CHARBONNIERE	intermé diaire	Autre	38	15,4	00:02:49	60			2	0	2	1	1	0	6	0	0	1	1	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	6	CEI*	VENISE EL WIDDE	intermé diaire	AR	38	16,6	00:07:28	52			2	0	2	1	0	0	5	0	0	23	15	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	42	CEI*	RUSTIK D'ALSACE	mature	AR	38	16,9	00:04:39	54			0	0	2	1	1	0	4	0	0	17	13	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	31	CEI*	GINETE FNMS	jeune	AR	38	16,8	00:06:07	56			0	0	1	2	1	0	4	0	0	30	22	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	20	CEI*	CAMILA DE CHERY	jeune	AR	38	17,6	00:02:41	60			2	0	2	2	1	1	9	0	1	6	6	Q1	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	25	CEI*	CHAMPION DE JASS	jeune	AR	38	17	00:02:19	60			2	0	2	2	0	1	9	0	2	13	5	Q2	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	44	CEI*	CHAIMYR DES SERRES	jeune	AR	38	17,7	00:07:09	60			0	0	2	2	0	0	4	0	0	5	2	Q1	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	39	CEI*	BAIKAL AN TRISKELL	jeune	AR	38	16,4	00:05:24	60			1	0	1	1	0	0	4	0	1	25	12	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	40	CEI*	VEGA DU CLOS	intermé diaire	AR	38	18	00:02:41	60			0	0	2	1	0	1	4	0	0	2	1	Q1	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	11	CEI*	FAGIR IBN RANIN	mature	AR	38	17,2	00:05:37	60			0	0	2	1	1	1	5	0	0	11	14	Q2	1		

1	Rambouillet 18 mai 2019	10	CEI*	CHENZA WARINCTHUN	jeune	AR	38	15,9	00:16:31	64				1	0	2	1	0	1	5	0	0	0	0	Q4	0	GA	1
1	Rambouillet 18 mai 2019	8	CEI*	MUSTANG	intermédiaire	AR	38	17,8	00:06:34	64				0	0	2	1	0	1	4	0	0	4	0	Q1	0	GA	2
1	Rambouillet 18 mai 2019	43	CEI*	BAYLAA DU ROC'H	jeune	DSA	38	13,3	00:03:04	42				0	0	1	1	0	0	2	0	0	38	30	Q4	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	29	CEI*	BEL AZIZ D'ERRUART	jeune	DSA	38	16,3	00:09:33	62				1	0	2	1	0	0	4	0	0	26	22	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	5	CEI*	BELICIA AZUREENNE	jeune	DSA	38	18,4	00:02:31	64				0	0	1	1	2	1	5	0	0	1	0	Q1	0	GA	3
1	Rambouillet 18 mai 2019	4	CEI*	CATEO DE LAP	jeune	Autre	38	15,8	00:02:55	64				2	0	2	1	1	1	7	0	0	31	20	Q3	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	3	CEI*	A.M. SACCO	mature		38	15,2	00:03:10	56				0	0	2	1	1	1	5	0	0	36	25	Q4	1		
1	Rambouillet 18 mai 2019	38	CEI*	MORO TORCAZ	mature		38	17,4	00:09:34	60				0	0	1	1	1	0	3	0	0	10	0	Q1	0	GA	2
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	103												2	1	1	1	1	1	7	0	0						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	106												1	0	2	1	0	0	4	0	0						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	108												0	0	2	2	1	1	8	2	0						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	109												0	0	1	1	0	1	3	0	0						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	110												1	0	0	0	0	0	1	0	0						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	111												1	0	2	1	1	1	6	0	0						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	113												1	0	2	1	2	1	8	0	1						
2	Avilly St Léonard 7 avril 2018	114												1	0	0	1	1	1	5	0	1						

2	Fontainebleau 23 mars	387	CEI*	UHLAN DE SAPH	intermé diaire	AR	63	20,6	00:01: 38	63	60	-3	1	0	1	1	1	0	4	0	0	0	0	Q4	0	GA	2
2	Fontainebleau 23 mars	388	CEI*	CIRCE DU PLESSIS	jeune	DSA	63	16,7	00:01: 52	42	44	2	1	0	2	1	0	1	5	0	0	16	19	Q2	1		
2	Fontainebleau 23 mars	413	CEI*	AZIK DU BRUGUET	intermé diaire	DSA	63	16,1	00:04: 33	42	42	0	1	0	2	0	1	0	4	0	0	24	23	Q3	1		
2	Fontainebleau 23 mars	382	CEI*	EAUNOIRE COOKIES	mature		63	16	00:05: 59	60	60	0	0	0	2	1	1	1	5	0	0	29	20	Q3	1		
2	Fontainebleau 23 mars	505	CEI**	ARIDELLECARE	intermé diaire	AA	76	17,2	00:08: 02	63	56	-7	2	0	2	1	0	0	5	0	0	20	18	Q2	1		
2	Fontainebleau 23 mars	519	CEI**	RAKHAM	intermé diaire	AR	76	18,2	00:01: 58	48	48	0	1	0	1	1	1	1	5	0	0	0	0	Q4	0	GA	2
2	Fontainebleau 23 mars	551	CEI**	VOLKOVA DE MAJORIE	intermé diaire	AR	76	20,2	00:02: 26	50	48	-2	2	1	1	1	1	0	8	2	0	0	0	Q4	0	GA	2
2	Fontainebleau 23 mars	515	CEI**	AGDARA LA LIZONNE	jeune	AR	76	19,2	00:02: 08	51	52	1	2	0	2	1	1	1	8	1	0	10	8	Q1	1		
2	Fontainebleau 23 mars	509	CEI**	AMIN B	intermé diaire	AR	76	18,9	00:01: 37	52	50	-2	2	0	1	1	1	1	8	2	0	0	0	Q4	0	GA	2
2	Fontainebleau 23 mars	502	CEI**	ESSAOUIRA DE MADIGOU	intermé diaire	AR	76	17,1	00:07: 54	55	48	-7	2	0	2	1	1	0	8	1	1	19	19	Q2	1		
2	Fontainebleau 23 mars	520	CEI**	WINARUZ EL DJIN	jeune	AR	76	18,4	00:01: 27	58	56	-2	1	0	1	1	0	1	5	0	1	13	12	Q2	1		
2	Fontainebleau 23 mars	530	CEI**	MANDERLEY BOREAL	jeune	AR	76	18	00:01: 56	58	60	2	0	0	1	1	1	1	5	0	1	14	13	Q2	1		
2	Fontainebleau 23 mars	503	CEI**	AMINA DE L'ENCLOS	jeune	AR	76	15,7	00:01: 54	59	54	-5	1	0	1	0	0	2	5	1	0	38	0	Q4	0	?	?
2	Fontainebleau 23 mars	526	CEI**	CHAKIR DE MONTEGUT	jeune	AR	76	16,8	00:04: 44	60	54	-6	1	0	1	1	1	0	4	0	0	33	23	Q3	1		
2	Fontainebleau 23 mars	540	CEI**	AKENE SOVAKE	intermé diaire	AR	76	17	00:02: 34	61	60	-1	1	0	2	1	1	1	6	0	0	29	20	Q3	1		
2	Fontainebleau 23 mars	527	CEI**	TARIBAC CABIRAT	mature	AR	76	20,6	00:03: 17	62	60	-2	1	0	1	0	1	0	4	1	0	7	5	Q1	1		
2	Fontainebleau 23 mars	534	CEI**	ESTIMATE DE LAM	jeune	AR	76	16,4	00:04: 58	64	56	-8	1	0	2	1	1	0	5	0	0	37	28	Q3	1		
2	Fontainebleau 23 mars	537	CEI**	ANISSA DU FLORIVAL	jeune	AR	76	19,1	00:02: 39	64	60	-4	1	0	1	1	1	1	5	0	0	11	10	Q1	1		
2	Fontainebleau 23 mars	546	CEI**	EPONA DU VIALARET	jeune	AR	76	20,5	00:03: 17	64	60	-4	0	0	2	1	1	0	4	0	0	8	2	Q1	1		
2	Fontainebleau 23 mars	517	CEI**	THARAA	mature	DSA	76	19,4	00:05: 09	48	54	6	1	0	2	1	0	0	4	0	0	12	9	Q1	1		
2	Fontainebleau 23 mars	535	CEI**	BETTY BOOP D'ARMANI	jeune	DSA	76	17,7	00:02: 37	60	60	0	2	0	1	0	0	0	5	2	0	16	14	Q2	1		
2	Fontainebleau 23 mars	273	CEIY**	SHAKAPOUR 50	intermé diaire	AA	76	20,1	00:02: 39	57	56	-1	1	0	2	1	1	0	5	0	0	8	5	Q2	1		

2	Fontainebleau 23 mars	287	CEIJJ**	GOLDEN FALCON TT	intermé diaire	AR	76	20	00:02: 33	60	56	-4	2	0	2	1	1	1	8	1	0	17	4	Q3	1		
2	Fontainebleau 23 mars	291	CEIJJ**	STELLA DU CLAUX	mature	AR	76	20	00:02: 02	63	56	-7	0	0	1	1	1	0	3	0	0	4	1	Q1	1		
2	Fontainebleau 23 mars	274	CEIJJ**	TARA DE MESSEY	mature	DSA	76	20	00:02: 37	57	56	-1	0	0	1	1	0	1	3	0	0	10	0	Q2	0	GA	3
2	Fontainebleau 23 mars	272	CEIJJ**	HH AMEERAH	intermé diaire		76	19,9	00:02: 49	63	64	1	1	0	2	1	1	1	6	0	0	12	12	Q3	1		
2	Fontainebleau 31 mars	326	CEI*	ASTRO BOY DE MONTEGUT	jeune	AA	64	16,7 2	00:04: 25	52	56	4	1	0	2	1	1	1	7	0	1	54	36	Q3	1		
2	Fontainebleau 31 mars	518	CEI**	JOLY TOP	intermé diaire	AA	76	17,1 0	00:05: 33	60	54	-6	2	0	1	1	0	0	4	0	0	22	17	Q2	1		
2	Fontainebleau 31 mars	504	CEI**	SABA DU FONPEYROL	intermé diaire	AR	76	17,4 0	00:07: 26	58	52	-6	1	0	2	1	1	0	5	0	0	19	34	Q2	1		
2	Fontainebleau 31 mars	381	CEI*	O'BAJAN REANA P	mature	Autre	64	16,5 5	00:03: 25	50	54	4	0	0	2	1	0	1	4	0	0	47	47	Q3	1		
2	Fontainebleau 31 mars	186	CEIJJ**	ZOUKIRA DU VIVARAIS	intermé diaire	AR	76	19,6 6	00:05: 33	44	48	4	1	0	2	1	1	1	6	0	0	0	0	Q4	0	LA	2
2	Rambouillet 18 mai 2019	70	Ama1GP	FADEL AL MOUNIRA	jeune	AR	64	14,3	00:17: 06	52			0	0	1	0	0	1	2	0	0	5	0	Q3	0	GA	3
2	Rambouillet 18 mai 2019	76	Ama1GP	BAHIR DU BAS FOUR	jeune	AR	64	15,9	00:02: 34	52			2	0	2	1	1	1	8	0	1	4	4	Q3	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	72	Ama1GP	EDEN D'ECOUVES	mature	AR	64	16,6	00:04: 08				0	0	1	1	0	1	4	0	1	2	2	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	71	Ama1GP	BAHIDJA HISSANE	jeune	DSA	64	13,9	00:04: 35	56			0	0	1	1	0	0	2	0	0	6	5	Q4	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	78	Ama1GP	Ahlem du Roc'h	intermé diaire	DSA	64	12,8	00:02: 59	56			0	0	2	1	0	1	4	0	0	7	6	Q4	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	77	Ama1GP	ASTANA DU LAUNAY	intermé diaire	Autre	64	18,3	00:03: 15	56			0	0	2	1	0	1	4	0	0	1	1	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	94	AmaElite 2 x 70	MAKEDA TROIS	intermé diaire	AA	64	13,5 08	00:09: 55	56			0	0	2	2	0	1	5	0	0	8	6	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	95	AmaElite 2 x 70	MAG D'ECOUVES	intermé diaire	AR	64	15,3	00:07: 02	56			0	0	2	1	1	1	5	0	0	5	2	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	89	AmaElite 2 x 70	MIRAGE DE L'ILE	intermé diaire	AR	64	17,5	00:02: 40	60			0	0	2	1	1	1	5	0	0	1	1	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	84	AmaElite 2 x 70	BUBBLE D'ORGE	jeune	DSA	64	17	00:04: 00	60			1	0	2	1	1	1	6	0	0	3	0	Q1	0	GA	2
2	Rambouillet 18 mai 2019	32	CEI*	AROMATE DU PARADIS	intermé diaire	AA	64	15,2	00:15: 24	44			2	0	2	1	1	1	7	0	0	14	10	Q2	1		

2	Rambouillet 18 mai 2019	16	CEI*	ARKVA BILISKA	jeune	AA	64	16,2	00:06:31	64			1	0	0	1	1	0	3	0	0	11	8	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	21	CEI*	BAILA D'ISA	jeune	AR	64	13,9	00:04:37	52			1	0	0	0	1	0	2	0	0	31	29	Q3	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	31	CEI*	GINETE FNMS	jeune	AR	64	14,5	00:04:21	52			0	0	1	1	0	0	2	0	0	21	22	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	20	CEI*	CAMILA DE CHERY	jeune	AR	64	16,7	00:05:05	60			1	0	2	1	1	1	6	0	0	4	6	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	22	CEI*	KHADIDJA LA NIZIERE	jeune	AR	64	16,6	00:02:23	60			2	0	2	0	0	0	4	0	0	14	9	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	36	CEI*	SALLAZ CHOCO CRUNCH	jeune	AR	64	16,6	00:03:40	60			2	0	2	1	1	1	7	0	0	5	3	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	40	CEI*	VEGA DU CLOS	intermé diaire	AR	64	19	00:01:27	60			1	0	2	1	0	0	4	0	0	1	1	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	11	CEI*	FAGIR IBN RANIN	mature	AR	64	15,5	00:07:31	60			0	0	1	1	1	0	3	0	0	12	14	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	44	CEI*	Chaimyr des Serres	jeune	AR	64	18,7	00:04:40	62			2	0	2	1	0	1	6	0	0	3	2	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	35	CEI*	CASTILLE EL TINEB	jeune	AR	64	16,6	00:03:37	64			1	0	2	1	1	1	7	1	0	0	0	Q4	0	GA	2
2	Rambouillet 18 mai 2019	39	CEI*	BAIKAL AN TRISKELL	jeune	AR	64	15,2	00:03:19	64			0	0	1	1	1	1	6	0	2	16	12	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	6	CEI*	VENISE EL WIDDE	intermé diaire	AR	64	15,1	00:02:33	64			0	0	1	1	0	0	2	0	0	15	15	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	30	CEI*	VILORA TEOULERE	intermé diaire	AR	64	17,1	00:04:35	64			1	0	2	0	0	1	4	0	0	6	4	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	38	CEI*	MORO TORCAZ	mature	AR	64	15,3	00:11:19	64			0	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	Q4	0	GA	2
2	Rambouillet 18 mai 2019	28	CEI*	UCELLIA AZUREENNE	intermé diaire	DSA	64	13,5	00:10:47	48			1	0	2	1	1	0	5	0	0	27	27	Q3	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	27	CEI*	CHAIDA DE LA SAULIRE	jeune	DSA	64	15	00:10:45	52			0	0	1	1	1	0	3	0	0	28	28	Q3	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	34	CEI*	COLORADO ARMOR	jeune	DSA	64	15,1	00:02:29	56			0	0	1	1	1	0	3	0	0	25	20	Q3	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	23	CEI*	SURYAH D'AURABELLE	mature	DSA	64	15,8	00:02:29	60			1	0	0	1	0	0	2	0	0	18	11	Q2	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	5	CEI*	BELICIA AZUREENNE	jeune	DSA	64	18,2	00:02:54	64			1	0	1	1	2	1	6	0	0	2	0	Q1	0	GA	3
2	Rambouillet 18 mai 2019	43	CEI*	BAYLAA DU ROC'H	jeune	DSA	64	12,8	00:03:05	64			0	0	1	1	1	0	3	0	0	32	30	Q4	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	17	CEI*	EL FAROUK	mature	DSA	64	16,7	00:09:46	64			0	0	2	1	0	0	3	0	0	7	7	Q1	1		
2	Rambouillet 18 mai 2019	4	CEI*	cateo de lap	jeune	Autre	64	15,1	00:02:26	54			2	0	1	1	1	1	6	0	0	24	20	Q3	1		

3	Fontainebleau 23 mars	185	Ama1GP	KRACK LC	jeune	Autre	86	15,6		53	53	0	1	0	2	1	1	0	5	0	0	17	17	Q4	1			
3	Fontainebleau 23 mars	86	AmaElite	ABU VASSILI	jeune	AR	101	8,1		54	52	-2	2	2	1	2	2	1	3	2	0	0	0	0	Q4	0	FTC	3
3	Fontainebleau 23 mars	386	CEI*	QUERSANE DES PINS	mature	AA	86	19		51	51	0	1	0	2	1	1	0	5	0	0	18	18	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	422	CEI*	ALTUSSE D'ALTUS	jeune	AA	86	19,3		57	57	0	0	0	1	1	1	1	4	0	0	15	15	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	408	CEI*	AMADEO D' ECLIPSE	intermé diaire	AA	86	25,2		61	58	-3	2	1	1	1	0	1	8	1	1	3	3	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	394	CEI*	CARAMELO COURCELLE	jeune	AR	86	18,9		49	49	0	0	0	2	1	1	0	4	0	0	13	13	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	389	CEI*	BABELIA CABIRAT	jeune	AR	86	19,2		51	51	0	1	0	2	0	1	1	5	0	0	21	21	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	423	CEI*	YAWL HILL BIG YIN	jeune	AR	86	14,2		52	52	0	0	0	1	1	1	0	3	0	0	30	30	Q3	1			
3	Fontainebleau 23 mars	420	CEI*	BABYLONE DES SOURCES	jeune	AR	86	19,3		56	56	0	2	0	2	2	1	0	9	2	0	14	14	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	401	CEI*	FRENCH KISS DUFORST	intermé diaire	AR	86	21,9		57	57	0	1	0	2	1	1	1	6	0	0	6	6	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	392	CEI*	KHADIDIA LA NIZIERE	jeune	AR	86	27,3		58	60	2	2	0	2	1	2	2	9	0	0	0	0	Q4	0	GA	3	
3	Fontainebleau 23 mars	398	CEI*	ABEL	intermé diaire	AR	86	26,3		61	61	0	2	0	2	1	1	1	9	1	1	2	2	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	397	CEI*	IZMINA DE JOUVENCE	intermé diaire	AR	86	21,6		62	60	-2	1	0	2	2	1	1	7	0	0	1	1	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	393	CEI*	JM EKRAINE	jeune	Autre	86	14,4		54	54	0	0	0	1	1	1	0	3	0	0	28	28	Q3	1			
3	Fontainebleau 23 mars	399	CEI*	TYCHAM DU ROSTAING	mature	DSA	86	21,1		51	48	-3	0	0	2	0	1	1	4	0	0	8	8	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	413	CEI*	AZIK DU BRUGUET	intermé diaire	DSA	86	16,5		64	64	0	1	0	1	0	1	0	3	0	0	23	23	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	419	CEI*	GAZAL POMPEIUS	mature	Autre	86	19,3		50	50	0	0	0	2	1	1	1	7	2	0	16	16	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	429	CEI*	MYLENE DU CAVALLON	intermé diaire	Autre	86	20,9		55	55	0	1	0	2	2	2	2	9	0	0	11	11	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	428	CEI*	HOERBY	mature		86	13,9		60	60	0	0	0	2	1	1	2	7	1	0	12	12	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	382	CEI*	EAUNOIRE COOKIES	mature		86	18,5		64	64	0	2	0	2	1	1	0	6	0	0	20	20	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	507	CEI**	CAMEO TOP HAT	intermé diaire	AA	101	17,3	00:06: 01	52	56	4	0	0	1	2	1	0	4	0	0	16	15	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	545	CEI**	ADAGIO DE SULEIMAN	intermé diaire	AR	101	20,7	00:02: 14	40	40	0	1	0	2	1	1	1	8	0	2	1	0	Q1	0	GA	4	

3	Fontainebleau 23 mars	540	CEI**	AKENE SOVAKE	intermé diaire	AR	101	16,7	00:03: 19	42	48	6	2	0	2	1	2	1	1	0	2	0	28	20	Q3	1		
3	Fontainebleau 23 mars	515	CEI**	AGDARA LA LIZONNE	jeune	AR	101	19,4	00:02: 23	44	44	0	2	2	1	1	1	1	9	1	0	10	8	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	537	CEI**	ANISSA DU FLORIVAL	jeune	AR	101	19,5	00:02: 44	48	48	0	0	0	1	1	1	1	5	1	0	11	10	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	502	CEI**	ESSAOUIRA DE MADIGOU	intermé diaire	AR	101	17,2	00:06: 25	52	48	-4	0	0	1	1	1	0	3	0	0	18	19	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	533	CEI**	VA BENE SOVAKE	intermé diaire	AR	101	17,2	00:07: 31	52	60	8	0	0	2	2	1	1	6	0	0	17	25	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	543	CEI**	UBAYAN DE PREJOURIN	intermé diaire	AR	101	20,3	00:02: 49	56	56	0	2	0	1	1	0	1	6	1	0	3	3	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	546	CEI**	EPONA DU VIALARET	jeune	AR	101	20	00:05: 12	60	60	0	1	0	1	0	1	1	5	1	0	8	2	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	532	CEI**	MALEB	intermé diaire	AR	101	16,4	00:04: 40	60	60	0	0	0	1	1	1	0	3	0	0	33	29	Q3	1			
3	Fontainebleau 23 mars	524	CEI**	BAZOOKA LA MAJORIE	jeune	DSA	101	20,1	00:03: 30	44	44	0	1	0	1	1	2	2	8	1	0	5	1	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	525	CEI**	BUM BAYA D'AQUI	jeune	DSA	101	20,4	00:02: 44	48	52	4	2	0	2	1	1	0	8	0	2	2	4	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	513	CEI**	SPIRIT	intermé diaire		101	19	00:09: 04	48	52	4	0	0	2	0	2	0	4	0	0	9	7	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	293	CEIYJ**	AINHOA SOL MAHAL	intermé diaire	AA	101	20	00:02: 19	50	52	2	1	0	2	1	1	1	6	0	0	1	6	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	273	CEIYJ**	SHAKAPOUR 50	intermé diaire	AA	101	19,9	00:02: 49	52	52	0	2	0	2	1	0	1	6	0	0	6	5	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	279	CEIYJ**	A CAPELLA SULEIMAN	intermé diaire	AR	101	19,7	00:02: 48	42	42	0	2	0	2	1	1	1	8	0	1	0	0	Q4	0	GA	3	
3	Fontainebleau 23 mars	284	CEIYJ**	TALAWAT AL GALAHAD	jeune	AR	101	19,5	00:03: 36	44	48	4	2	0	2	1	1	2	1	0	2	10	13	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	288	CEIYJ**	WALLI DU COLOMBIER	intermé diaire	AR	101	19,8	00:03: 08	44	48	4	2	0	2	1	1	2	1	1	2	9	11	Q2	1			
3	Fontainebleau 23 mars	276	CEIYJ**	AGADIR DE MESSEY	intermé diaire	AR	101	19,4	00:04: 51	48	44	-4	1	0	2	1	1	1	6	0	0	12	10	Q3	1			
3	Fontainebleau 23 mars	277	CEIYJ**	MAISON BLANCHE ADMAX	intermé diaire	AR	101	20	00:05: 12	52	52	0	2	0	2	1	1	1	7	0	0	13	8	Q3	1			
3	Fontainebleau 23 mars	283	CEIYJ**	PRINCESSE LAURAGAIS	intermé diaire	AR	101	20	00:02: 44	52	48	-4	1	0	2	1	1	0	5	0	0	4	3	Q1	1			
3	Fontainebleau 23 mars	280	CEIYJ**	BJEZ LA MAJORIE	jeune	AR	101	18,4	00:01: 47	54	54	0	2	0	2	1	0	1	7	0	1	14	9	Q3	1			

3	Fontainebleau 23 mars	274	CEIJJ**	TARA DE MESSEY	mature	DSA	101	19,4	00:05: 01	55	56	1	1	0	2	1	1	2	7	0	0	0	0	Q4	0	GA	3	
3	Fontainebleau 31 mars	231	Ama1GP	ATHENA DE COURCELLES	jeune	AR	86	16,5 8		50			0	0	2	1	0	0	3	0	0	16	16	Q2	1			
3	Fontainebleau 31 mars	215	Ama1GP	BIRMANE KERGOUR	jeune	DSA	86	15,4 9		50			2	1	2	1	0	0	8	2	0	20	20	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	221	Ama1GP	SHAHANE	mature	DSA	86	16,1 8		56			2	0	2	1	1	2	9	1	0	11	11	Q2	1			
3	Fontainebleau 31 mars	205	Ama1GP	BELINO DE LA TOUR	jeune	Autre	86	14,2 8		47			2	0	2	1	1	1	7	0	0	19	19	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	386	CEI*	FRAISE DU PECOS	jeune	AA	86	15,4 7		51			0	0	2	1	0	0	3	0	0	55	55	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	337	CEI*	BAILA DELAUSSER IE	jeune	DSA	86	16,8 6		53			0	0	2	1	1	1	5	0	0	50	50	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	381	CEI*	O'BAJAN REANA P	mature	Autre	86	17,8 8		56			1	0	2	1	1	1	7	0	1	47	47	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	328	CEI*	VULCANE DE CROUZ	intermé diaire	Autre	86	23,1 5		59			2	0	2	1	1	1	8	1	0	4	4	Q1	1			
3	Fontainebleau 31 mars	486	CEI**	AMRI DU COURTISOT	jeune	AR	124	14,3 2	00:06: 50	54	48	-6	1	0	2	2	2	2	1 1	2	0	33	37	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	525	CEI**	BAHAR AL SHAQAB	jeune	AR	124	18,3 0	00:02: 38	58	56	-2	1	0	2	1	0	0	4	0	0	17	18	Q2	1			
3	Fontainebleau 31 mars	504	CEI**	SABA DU FONPEYROL	intermé diaire	AR	124	15,8 6	00:07: 15	61	60	-1	0	2	0	2	1	1	6	0	0	20	34	Q2	1			
3	Fontainebleau 31 mars	491	CEI**	AINHOA ELSINEA	intermé diaire	AR	124	15,2 2	00:02: 49	63	62	-1	2	0	1	1	1	1	9	1	2	37	35	Q3	1			
3	Fontainebleau 31 mars	509	CEI**	ISSAR DE L'ENCLOS	mature	AR	101	15,4 0	00:05: 10	76	64	-12	2	0	2	2	2	2	1 2	2	0	0	0	0	Q4	0	ME	3
3	Fontainebleau 31 mars	177	CEIJJ**	QUOKIN DE PSA	mature	DSA	124	19,4 1	00:01	54	52	-2	2	0	2	1	1	1	7	0	0	3	3	Q1	1			
3	Rambouillet 18 mai 2019	76	Ama1GP	BAHIR DU BAS FOUR	jeune	AR	84	17,8		52			2	0	2	1	1	1	7	0	0	4	4	Q3	1			
3	Rambouillet 18 mai 2019	72	Ama1GP	EDEN D'ECOUVES	mature	AR	84	19					0	0	1	1	1	1	5	1	0	2	2	Q2	1			
3	Rambouillet 18 mai 2019	73	Ama1GP	TYRANE DU CROIZE	mature	DSA	84	19,7		52			2	0	1	1	1	0	5	0	0	3	3	Q2	1			
3	Rambouillet 18 mai 2019	71	Ama1GP	BAHIDJA HISSANE	jeune	DSA	84	14,5		56			2	0	2	2	0	1	7	0	0	5	5	Q3	1			
3	Rambouillet 18 mai 2019	77	Ama1GP	ASTANA DU LAUNAY	intermé diaire	Autre	84	20		56			0	0	2	2	0	1	5	0	0	1	1	Q1	1			
3	Rambouillet 18 mai 2019	53	AmaElite	KER ALIMA EL GLISAN	intermé diaire	AR	100	12,8	00:02: 58	54			1	0	1	1	1	1	5	0	0	0	0	Q4	0	GA	3	

3	Rambouillet 18 mai 2019	55	AmaElite	BADJA EL TAJ MAHAL	jeune	AR	100	12,8	00:07:06	55				1	0	1	1	0	0	3	0	0	7	6	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	57	AmaElite	SILSILA SHALIFA	mature	AR	100	16	00:08:54	60				1	0	2	1	0	0	4	0	0	3	3	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	54	AmaElite	AINHOA SOL DE JOS	mature	AR	100	14,3	00:07:18	60				0	0	2	2	2	2	9	1	0	4	4	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	60	AmaElite	BALOULET EL SIHAB	jeune	AR	100	12,7	00:06:08	62				1	0	2	0	0	0	3	0	0	6	6	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	56	AmaElite	UZELIA ARMOR	intermédiaire	AR	100	12,1	00:13:22	62				0	0	2	0	0	1	3	0	0	5	5	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	61	AmaElite	VEGAS DE LIFFRE	intermédiaire	DSA	100	15,9	00:08:11	64				1	0	2	1	0	0	4	0	0	2	2	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	51	AmaElite GP	ATIM LA CHARBONNIERE	intermédiaire	Autre	100	15,8	00:03:17	60				1	0	1	1	1	1	5	0	0	1	1	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	16	CEI*	ARKVA BILISKA	jeune	AA	84	18,2		52				1	0	1	1	1	0	4	0	0	8	8	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	32	CEI*	AROMATE DU PARADIS	intermédiaire	AA	84	19,2		56				1	0	2	1	1	0	5	0	0	10	10	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	25	CEI*	CHAMPION DE JASS	jeune	AR	84	20,4		48				1	0	2	1	1	1	9	1	2	5	5	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	21	CEI*	BAILA D'ISA	jeune	AR	84	14,5		52				0	0	1	1	0	0	2	0	0	29	29	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	2	CEI*	THAROUA	mature	AR	84	17,3		52				0	0	2	1	2	2	7	0	0	26	26	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	39	CEI*	BAIKAL AN TRISKELL	jeune	AR	84	19,4		54				0	0	1	1	0	0	2	0	0	12	12	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	20	CEI*	CAMILA DE CHERY	jeune	AR	84	18,8		56				1	0	2	1	0	1	5	0	0	6	6	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	30	CEI*	VILORA TEOULERE	intermédiaire	AR	84	20,4		56				1	0	2	1	0	1	6	1	0	4	4	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	40	CEI*	VEGA DU CLOS	intermédiaire	AR	84	19,4		56				0	0	2	2	0	1	5	0	0	1	1	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	42	CEI*	RUSTIK D'ALSACE	mature	AR	84	16,2		56				1	0	2	1	2	1	7	0	0	13	13	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	36	CEI*	SALLAZ CHOCO CRUNCH	jeune	AR	84	20,1		58				2	0	2	1	1	1	8	1	0	3	3	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	22	CEI*	KHADIDJA LA NIZIERE	jeune	AR	84	16,2		60				0	0	2	1	1	0	4	0	0	9	9	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	6	CEI*	VENISE EL WIDDE	intermédiaire	AR	84	17,5		60				0	0	2	1	1	0	5	1	0	15	15	Q2	1		

3	Rambouillet 18 mai 2019	11	CEI*	FAGIR IBN RANIN	mature	AR	84	16,8		60			1	0	2	1	1	1	6	0	0	14	14	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	19	CEI*	AL YASAT	mature	AR	84	17,6		62			0	0	2	2	1	1	6	0	0	0	0	Q4	0	GA	3
3	Rambouillet 18 mai 2019	44	CEI*	Chaimyr des Serres	jeune	AR	84	20,5		64			1	0	2	1	0	0	4	0	0	2	2	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	34	CEI*	COLORADO ARMOR	jeune	DSA	84	17,7		52			0	0	2	1	0	1	5	1	0	20	20	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	43	CEI*	BAYLAA DU ROC'H	jeune	DSA	84	12,6		52			0	0	2	1	1	0	4	0	0	30	30	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	28	CEI*	UCELLIA AZUREENNE	intermédiaire	DSA	84	15,5		52			1	0	2	1	1	1	7	1	0	27	27	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	13	CEI*	ANKARA DE FLY	intermédiaire	DSA	84	17,9		56			0	0	1	2	2	2	7	0	0	17	17	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	23	CEI*	SURYAH D'AURABELLE	mature	DSA	84	19,7		56			0	0	1	1	0	1	3	0	0	11	11	Q2	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	27	CEI*	CHAIDA DE LA SAULIRE	jeune	DSA	84	15,5		60			0	0	1	0	1	0	2	0	0	28	28	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	29	CEI*	BEL AZIZ D'ERRUART	jeune	DSA	84	16,9		60			0	0	2	1	0	0	4	1	0	22	22	Q3	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	17	CEI*	EL FAROUK	mature	DSA	84	18,6		60			1	0	2	1	1	1	6	0	0	7	7	Q1	1		
3	Rambouillet 18 mai 2019	5	CEI*	BELLICIA AZUREENNE	jeune	DSA	84	19,8		64			0	0	1	1	1	1	4	0	0	0	0	Q4	0	GA	3
3	Rambouillet 18 mai 2019	7	CEI*	VITARKA	intermédiaire	Autre	84	17,7		60			0	0	1	1	1	1	4	0	0	16	16	Q2	1		
4	Avilly St Léonard 7 avril 2018	204											2	0	2	1	0	1	7	1	0						
4	Avilly St Léonard 7 avril 2018	206											2	0	2	1	0	2	1	0	2						
4	Avilly St Léonard 7 avril 2018	207											2	0	2	1	0	1	1	0	2						
4	Avilly St Léonard 7 avril 2018	208											2	0	2	2	2	1	1	0	1						
4	Avilly St Léonard 7 avril 2018	209											2	0	1	2	2	2	1	1	1						
4	Avilly St Léonard 7 avril 2018	210											2	0	2	2	2	2	1	2	0						

4	Fontainebleau 23 mars	515	CEI**	AGDARA LA LIZONNE	jeune	AR	124	21,3		50	50	0	2	0	2	1	1	1	8	1	0	8	8	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	540	CEI**	AKENE SOVAKE	intermé diaire	AR	124	18,4		50	50	0	2	0	2	1	1	1	9	2	0	20	20	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	526	CEI**	CHAKIR DE MONTEGUT	jeune	AR	124	18,9		52	52	0	0	0	1	1	1	0	3	0	0	23	23	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	550	CEI**	KARA CARUSO	intermé diaire	AR	124	15,2		52	52	0	0	0	2	1	1	0	4	0	0	32	32	Q3	1			
4	Fontainebleau 23 mars	523	CEI**	CHARIF LARZAC	jeune	AR	124	18,4		56	56	0	1	0	1	1	1	0	4	0	0	22	22	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	502	CEI**	ESSAOUIRA DE MADIGOU	intermé diaire	AR	124	15,9		56	56	0	1	0	2	1	1	1	8	1	1	19	19	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	541	CEI**	ALLTECH JIEM	intermé diaire	AR	124	18,5		56	56	0	1	0	1	1	1	2	7	1	0	21	21	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	545	CEI**	ADAGIO DE SULEIMAN	intermé diaire	AR	124	23,6		56	56	0	2	0	2	2	1	2	1 1	2	0	0	0	0	Q4	0	GA	4
4	Fontainebleau 23 mars	530	CEI**	MANDERLEY BOREAL	jeune	AR	124	18,9		57	57	0	0	0	1	2	2	1	6	0	0	13	13	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	546	CEI**	EPONA DU VIALARET	jeune	AR	124	25,7		58	58	0	0	0	1	1	1	1	4	0	0	2	2	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	533	CEI**	VA BENE SOVAKE	intermé diaire	AR	124	15,3		58	58	0	0	0	2	1	2	1	6	0	0	25	25	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	532	CEI**	MALEB	intermé diaire	AR	124	16,5		59	59	0	1	0	2	1	1	0	5	0	0	29	29	Q3	1			
4	Fontainebleau 23 mars	534	CEI**	ESTIMATE DE LAM	jeune	AR	124	20,7		61	61	0	1	0	2	1	1	0	5	0	0	28	28	Q3	1			
4	Fontainebleau 23 mars	543	CEI**	UBAYAN DE PREJEURIN	intermé diaire	AR	124	23		62			1	0	2	1	0	1	5	0	0	3	3	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	521	CEI**	EL MARES AL GALAHAD	jeune	DSA	124	19,5		53	53	0	1	0	2	1	1	0	7	1	1	27	27	Q3	1			
4	Fontainebleau 23 mars	535	CEI**	BETTY BOOP D'ARMANI	jeune	DSA	124	19,8		54	54	0	0	0	1	1	1	0	3	0	0	14	14	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	524	CEI**	BAZOOKA LA MAJORIE	jeune	DSA	124	26,1		55	55	0	0	0	1	1	1	1	5	1	0	1	1	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	518	CEI**	BYSANCE TOULARC'HOA T	jeune	DSA	124	14,2		58	58	0	0	0	2	1	2	1	6	0	0	11	11	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	529	CEI**	URPHA	intermé diaire	DSA	124	11,6		59	59	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	31	31	Q3	1			
4	Fontainebleau 23 mars	525	CEI**	BUM BAYA D'AQUI	jeune	DSA	124	22,9		64	64	0	1	0	2	1	1	0	6	1	0	4	4	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	505	CEI**	AMIN B	intermé diaire		124	19,7		55	55	0	0	0	2	1	1	0	4	0	0	18	18	Q2	1			

4	Fontainebleau 23 mars	513	CEI**	SPIRIT	intermé diaire		124	21,5		60	60	0	2	0	1	0	2	1	6	0	0	7	7	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	508	CEI**	GRAN-XEIRO	intermé diaire		124	17,9		64	64	0	0	0	2	0	1	1	4	0	0	24	24	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	273	CEIJ**	SHAKAPOUR 50	intermé diaire	AA	124	25,2		54	54	0	1	0	2	1	1	1	6	0	0	5	5	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	280	CEIJ**	BJEZ LA MAJORIE	jeune	AR	124	20,5		54	54	0	0	0	1	1	1	0	3	0	0	9	9	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	287	CEIJ**	BOZ TT	intermé diaire	AR	124	25,9		54	54	0	1	0	2	1	1	2	9	1	1	4	4	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	291	CEIJ**	STELLA DU CLAUX	mature	AR	124	25,3		54	54	0	1	0	2	1	1	2	7	0	0	1	1	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	284	CEIJ**	TALAWAT AL GALAHAD	jeune	AR	124	15,8		56	56	0	1	0	1	1	0	1	5	1	0	13	13	Q3	1			
4	Fontainebleau 23 mars	295	CEIJ**	BAKIYAN DE LUX	jeune	AR	124	20,7		56	56	0	1	0	1	1	1	0	5	1	0	7	7	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	292	CEIJ**	KANDJAR IBN ALMARKAB	intermé diaire	AR	124	25,2 23		56	56	0	2	0	1	1	1	1	7	1	0	2	2	Q1	1			
4	Fontainebleau 23 mars	288	CEIJ**	WALLI DU COLOMBIER	intermé diaire	AR	124	18,3		60	60	0	2	0	1	1	1	2	1 0	2	1	11	11	Q2	1			
4	Fontainebleau 23 mars	286	CEIJ**	TCHEPA DU CORMIER	mature	AR	124	18,5		60	60	0	0	0	1	1	1	1	4	0	0	0	0	Q4	0	GA	4	
4	Fontainebleau 23 mars	294	CEIJ**	ASSARYA DES EYMES	intermé diaire	DSA	124	17		60	60	0	1	0	1	1	1	1	6	1	0	0	0	Q4	0	GA	4	
4	Fontainebleau 23 mars	271	CEIJ**	VALIOSO PRADELS	intermé diaire	Autre	124	14,3		80	80	0	2	2	1	0	1	2	1 0	2	0	0	0	Q4	0	ME	4	
4	Fontainebleau 23 mars	272	CEIJ**	HH AMEERAH	intermé diaire		124	16,9		58	58	0	1	0	1	1	1	2	7	1	0	12	12	Q3	1			
4	Fontainebleau 31 mars	31	AmaElite	UMM AL QUAIN	intermé diaire	AR	124	17,9 7		52			1	0	2	1	1	1	8	0	2	2	2	Q1	1			
4	Fontainebleau 31 mars	518	CEI**	JOLY TOP	intermé diaire	AA	124	17,8 3		56			1	0	2	1	0	1	5	0	0	17	17	Q2	1			
4	Fontainebleau 31 mars	506	CEI**	BEAU MAGICIEN	mature	AA	124	17,3 3		57			1	0	2	1	1	1	6	0	0	39	39	Q3	1			
4	Fontainebleau 31 mars	508	CEI**	USAKHA DES EYMES	intermé diaire	AR	124	17,6 3		46			2	0	1	1	1	1	6	0	0	19	19	Q2	1			
4	Fontainebleau 31 mars	461	CEI**	ABOUFATMAL APAL	intermé diaire	AR	124	15,2 1		51			1	0	1	1	1	1	5	0	0	32	32	Q2	1			
4	Fontainebleau 31 mars	516	CEI**	BOLT DE VENELLES	jeune	AR	124	23,7 3		52			1	0	2	1	1	0	7	1	1	1	1	Q1	1			

4	Fontainebleau 31 mars	525	CEI**	BAHAR AL SHAQAB	jeune	AR	124	16,2 4		55			0	0	2	2	1	1	6	0	0	18	18	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	521	CEI**	FARAO DO ALCAIDE	jeune	AR	124	14,2 7		55			2	0	2	1	0	1	8	2	0	36	36	Q3	1		
4	Fontainebleau 31 mars	487	CEI**	BAB EL SAMA	jeune	AR	124	17,0 0		57			0	0	2	1	1	2	6	0	0	21	21	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	504	CEI**	SABA DU FONPEYROL	intermé diaire	AR	124	10,9 2		57			0	0	2	1	0	1	5	0	1	34	34	Q3	1		
4	Fontainebleau 31 mars	514	CEI**	TARICK DAKHIS	intermé diaire	AR	124	18,2 5		57			0	0	2	2	2	1	7	0	0	11	11	Q1	1		
4	Fontainebleau 31 mars	522	CEI**	VAYA CON DIOS AUBANEL	jeune	AR	124	19,8 8		59			0	0	1	2	1	2	7	1	0	13	13	Q1	1		
4	Fontainebleau 31 mars	491	CEI**	AINHOA ELSINEA	intermé diaire	AR	124	14,9 3		59			1	0	2	1	1	1	7	1	0	35	35	Q3	1		
4	Fontainebleau 31 mars	519	CEI**	SHEITAN DU CULTY	intermé diaire	AR	124	17,6 7		61			2	1	2	2	1	1	1 0	1	0	38	38	Q3	1		
4	Fontainebleau 31 mars	505	CEI**	AZUR DU COLOMBIER	jeune	AR	124	23,7 5		62			0	0	2	2	1	1	7	1	0	2	2	Q1	1		
4	Fontainebleau 31 mars	501	CEI**	VIRAGO DE MANGORVENE C	intermé diaire	Autre	124	19,4 2		56			2	0	2	1	0	1	8	2	0	29	29	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	511	CEI**	AROME DES TILLEULS	jeune	DSA	124	16,4 9		53			1	0	1	1	0	1	4	0	0	28	28	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	471	CEI**	KEBIR DES COSTIERES	jeune	DSA	124	15,6 0		54			2	0	2	1	1	2	1 1	2	1	20	20	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	464	CEI**	APACHE DE FAVASSE	jeune	DSA	124	17,8 2		58			0	0	2	1	2	1	6	0	0	25	25	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	485	CEI**	ALTAIR DU LIAUMIES	jeune	DSA	124	19,9 6		58			1	0	2	1	0	2	6	0	0	24	24	Q2	1		
4	Fontainebleau 31 mars	520	CEI**	ALTEZA	mature		124	16,3 7		57			2	0	2	2	1	1	1 0	2	0	33	33	Q3	1		
4	Fontainebleau 31 mars	185	CEIJ**	GINDASTIK	intermé diaire	AA	124	22,2 3		53			2	0	2	2	0	1	8	1	0	1	1	Q1	1		
4	Fontainebleau 31 mars	172	CEIJ**	RUM WADI DE SOMMANT	mature	DSA	124	14,0 1		52			1	0	2	1	1	2	7	0	0	7	7	Q2	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	56	AmaElite	UZELIA ARMOR	intermé diaire	AR	120	11		60			1	0	2	1	0	1	6	1	0	5	5	Q2	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	57	AmaElite	SILSILA SHALIFA	mature	AR	120	16,8		60			0	0	2	1	0	1	4	0	0	3	3	Q2	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	54	AmaElite	AINHOA SOL DE JOS	mature	AR	120	13,8		60			0	0	1	1	1	1	4	0	0	4	4	Q2	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	55	AmaElite	BADJA EL TAJ MAHAL	jeune	AR	120	11,6					1	0	2	1	1	1	6	0	0	6	6	Q3	1		

4	Rambouillet 18 mai 2019	60	AmaElite	BALOULET EL SIHAB	jeune	AR	120	11,5					1	0	2	1	1	0	5	0	0	6	6	Q3	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	61	AmaElite	VEGAS DE LIFFRE	intermédiaire	DSA	120	16,6		64			1	0	1	1	1	0	4	0	0	2	2	Q1	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	58	AmaElite	VAZIE DU FAUSSET	intermédiaire	Autre	120	16,1		52			1	0	1	1	0	1	4	0	0	1	1	Q1	1		
4	Rambouillet 18 mai 2019	51	AmaElite GP	ATIM LA CHARBONNIERE	intermédiaire	Autre	140	14,3		60			2	0	1	0	1	0	5	1	0	1	1	Q2	1		

Annexe 10 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne des différents contrôles sur l'ensemble des courses

Les valeurs significatives à $p < 0,01$ sont grisées

Pour un souci de simplification, Vet X = VX

Contrôles vétérinaires	p-value	Contrôles vétérinaires	p-value
V0-V1	1,80E-05	V1-V3	9,30E-07
V0-V2	5,00E-05	V1-V4	5,10E-08
V0-V3	1,00E-13	V2-V3	1,97E-06
V0-V4	3,20E-14	V2-V4	1,70E-07
V1-V2	0,96	V3-V4	0,38

Annexe 11 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne des différents contrôles course par course.

Les valeurs significatives à $p < 0,01$ sont grisées

Pour un souci de simplification, $Vet X = VX$

Avilly Saint Léonard	p-value	Fontainebleau 2018	p-value
V0-V1	0,99	V1-V2	0,43
V0-V2	0,56	V1-V3	6,80E-03
V0-V3	2,80E-04	V1-V4	2,96E-05
V0-V4	4,80E-07	V2-V3	6,30E-02
V1-V2	0,62	V2-V4	4,20E-02
V1-V3	2,00E-03	V3-V4	0,88
V1-V4	1,40E-05	Fontainebleau 2019	p-value
V2-V3	6,40E-04	V0-V1	3,42E-06
V2-V4	5,90E-07	V0-V2	1,10E-06
V3-V4	3,60E-03	V0-V3	3,70E-09
Rambouillet	p-value	V0-V4	1,47E-08
V0-V1	3,40E-03	V1-V2	0,7
V0-V2	6,60E-02	V1-V3	3,60E-03
V0-V3	6,00E-03	V1-V4	0,06
V0-V4	6,00E-03	V2-V3	0,01
V1-V2	0,1	V2-V4	0,11
V1-V3	0,94	V3-V4	0,34
V1-V4	0,55		
V2-V3	9,90E-02		
V2-V4	3,50E-01		
V3-V4	5,20E-01		

Annexe 12 : Tableau des effectifs et des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction du temps de récupération

Les valeurs significatives à $p < 0,05$ sont grisées

Contrôle Vétérinaire	Nombre de vidéos	p-value
Vet 1	89	0,36
Vet 2	80	0,38
Vet 3	37	0,03

Annexe 13 : Tableau des effectifs et des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction de la fréquence cardiaque.

Les valeurs significatives à $p < 0,05$ sont grisées

Contrôle Vétérinaire	Nombre de vidéos	p-value
Vet 1	90	0,11
Vet 2	79	0,15
Vet 3	99	0,16
Vet 4	72	0,81

Annexe 14 : Tableau des effectifs et des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction de l'indice de récupération cardiaque

Les valeurs significatives à $p < 0,05$ sont grisées

Contrôle Vétérinaire	Nombre de vidéos	p-value
Vet 1	54	0,99
Vet 2	45	0,17
Vet 3	53	0,69
Vet 4	42	0,34

Annexe 15 : Tableau des effectifs pour l'analyse de la NGEF8 en fonction du classement.

Vet 1		Vet 2	
	Effectif		Effectif
Q1	20	Q1	22
Q2	22	Q2	25
Q3	24	Q3	17
Q4	24	Q4	16
Vet 3		Vet 4	
	Effectif		Effectif
Q1	32	Q1	20
Q2	34	Q2	29
Q3	25	Q3	18
Q4	9	Q4	7

Annexe 16 : Tableau des p-values pour l'analyse de la NGEF8 en fonction du classement.

Les valeurs significatives à $p < 0,0125$ sont grisées

Vet 1		Vet 2	
	p-value		p-value
Q1-Q2	0,94	Q1-Q2	0,44
Q1-Q3	0,43	Q1-Q3	0,98
Q1-Q4	0,78	Q1-Q4	0,52
Q2-Q3	0,77	Q2-Q3	0,55
Q2-Q4	0,84	Q2-Q4	0,96
Q3-Q4	0,57	Q3-Q4	0,62
Vet 3		Vet 4	
	p-value		p-value
Q1-Q2	0,25	Q1-Q2	0,19
Q1-Q3	0,51	Q1-Q3	0,44
Q1-Q4	0,06	Q1-Q4	0,48
Q2-Q3	0,75	Q2-Q3	0,68
Q2-Q4	0,019	Q2-Q4	0,12
Q3-Q4	0,06	Q3-Q4	0,24

Annexe 17 : Tableau des effectifs des catégories de course dans chaque contrôle vétérinaire

Vet 0		Vet 1	
	Effectif		Effectif
Ama1	8	Ama1GP	7
Ama1GP	10	AmaElite	7
CEI*	17	AmaElite 2 x 70	10
CEI**	22	CEI*	39
CEIJJ**	2	CEI**	20
AmaElite	2	CEIJJ**	5
		AmaEliteGP	2
Vet 2		Vet 3	
	Effectif		Effectif
Ama1GP	10	Ama1GP	14
AmateurElite	4	AmateurElite	8
AmaElite 2x70	4	CEI*	48
CEI*	37	CEI**	18
CEI**	19	CEIJJ**	11
CEIJJ**	6		
Vet 4			
	Effectif		
AmaElite	10		
CEI**	49		
CEIJJ**	14		

Annexe 18 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction de la catégorie de la course.

Les valeurs significatives sont grisées pour :

$p < 0,008$ pour V0 et V2 ; $p < 0,007$ pour V1 ; $p < 0,01$ pour V3 ; $P < 0,017$ pour V4

Vet 0		Vet 1	
	pvalue		p-value
Ama1-Ama1GP	0,82	Ama1GP-AmaElite	0,60
Ama1-CEI*	0,71	Ama1GP-AmaElite 2 x 70	0,95
Ama1-CEI**	0,31	Ama1GP-CEI*	0,54
Ama1-CEIYJ**	0,25	Ama1GP-CEI**	0,82
Ama1GP-CEI*	0,54	Ama1GP-CEIYJ**	0,23
Ama1GP-CEI**	0,17	AmaElite-AmaElite 2x70	0,74
AMA1GP-CEIYJ**	0,24	AmaElite-CEI*	0,72
CEI*-CEI**	0,52	AmaElite-CEI**	0,27
CEI*-CEIYJ**	0,02	AmaElite-CEIYJ**	0,35
CEI**CEIYJ**	0,57	AmaElite 2x70 -CEI*	0,54
AmaElite-Ama1	0,08	AmaElite 2x70 -CEI**	0,77
AmaElite-Ama1GP	0,05	AmaElite 2x70 -CEIYJ**	0,34
AmaElite-CEI*	0,17	CEI*-CEI**	0,21
AmaElite-CEI**	0,15	CEI*-CEIYJ**	0,52
AmaElite-CEIYJ**	0,49	CEI**CEIYJ**	0,06
Vet 2		AmaEliteGP-Ama1GP	0,71
	p-value	AmaEliteGP-AmaElite	0,28
Ama1GP-AmaElite	0,20	AmaEliteGP-AmaElite 2x 70	0,62
Ama1GP-AmaElite 2x70	0,06	AmaEliteGP - CEI*	0,32
Ama1GP-CEI*	0,42	AmaEliteGP-CEI**	0,74
Ama1GP-CEI**	0,03	AmaEliteGP-CEIYJ**	0,17
Ama1GP-CEIYJ**	0,23	Vet 3	
AmaElite-AmaElite 2x70	0,85		p-value
AmaElite-CEI*	0,24	Ama1GP-AmaElite	0,96
AmaElite-CEI**	0,93	Ama1GP-CEI*	0,96
AmaElite-CEIYJ**	0,81	Ama1GP-CEI**	0,15
AmaElite 2x 70 - CEI*	0,05	Ama1GP-CEIYJ**	0,03
AmaElite 2x 70 - CEI**	0,66	AmaElite-CEI*	0,97
AmaElite 2x 70 - CEIYJ**	0,92	AmaElite-CEI**	0,35
CEI*-CEI**	0,03	AmaElite-CEIYJ**	0,23
CEI*-CEIYJ**	0,33	CEI*-CEI**	0,04
CEI**CEIYJ**	0,73	CEI*-CEIYJ**	0,008
Vet 4		CEI**CEIYJ**	0,56
	p-value		
AmaElite-CEI**	0,63		
AmaElite-CEIYJ**	0,17		
CEI**CEIYJ**	0,23		

Annexe 19 : Tableau des effectifs des âges dans chaque contrôle vétérinaire

Vet 0		Vet 1	
	Effectif		Effectif
jeune	28	jeune	39
intermédiaire	22	intermédiaire	31
mature	11	mature	20
Vet 2		Vet 3	
	Effectif		Effectif
jeune	36	jeune	42
intermédiaire	30	intermédiaire	36
mature	14	mature	22
Vet 4			
	Effectif		
jeune	28		
intermédiaire	37		
mature	9		

Annexe 20 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction de l'âge.

« Im » signifie qu'il était impossible de calculer la p-value, du fait d'un échantillon trop petit
Les valeurs significatives à $p < 0,017$ sont grisées

Vet 0		Vet 1	
	p-value		p-value
jeune-intermédiaire	0,28	jeune-intermédiaire	0,56
jeune-mature	0,77	jeune-mature	0,30
intermédiaire-mature	0,59	intermédiaire-mature	0,60
Vet 2		Vet 3	
	p-value		p-value
jeune-intermédiaire	0,46	jeune-intermédiaire	0,35
jeune-mature	0,007	jeune-mature	0,4
intermédiaire-mature	0,001	intermédiaire-mature	0,92
Vet 4			
	p-value		
jeune-intermédiaire	0,15		
jeune-mature	0,59		
intermédiaire-mature	0,67		

Annexe 21 : Tableau des effectifs des races dans chaque contrôle vétérinaire

AR : Pur-Sang Arabe ; DSA : Demi-sang Arabe ; AA : Anglo-arabe

Vet 0		Vet 1		Vet 4	
	Effectif		Effectif		Effectif
AR	34	AR	47	AR	43
DSA	17	DSA	21	DSA	14
AA	4	AA	12	AA	8
Autre	3	Autre	6	Autre	4
Vet 2		Vet 3			
	Effectif		Effectif		
AR	46	AR	56		
DSA	19	DSA	21		
AA	8	AA	10		
Autre	3	Autre	10		

Annexe 22 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction de la race.

AR : Pur-Sang Arabe ; DSA : Demi-sang Arabe ; AA : Anglo-arabe

Les valeurs significatives à $p < 0,012$ sont grisées

Vet 0		Vet 1	
	p-value		p-value
AR-DSA	0,31	AR-DSA	0,73
AR-AA	0,86	AR-AA	0,56
AR-Autre	0,36	AR-Autre	0,39
DSA-AA	0,47	DSA-AA	0,37
DSA-Autre	0,67	DSA-Autre	0,49
AA-Autre	0,42	AA-Autre	0,75
Vet 2		Vet 3	
	p-value		p-value
AR-DSA	0,02	AR-DSA	0,39
AR-AA	0,93	AR-AA	0,09
AR-Autre	0,2	AR-Autre	0,89
DSA-AA	0,03	DSA-AA	0,51
DSA-Autre	0,34	DSA-Autre	0,57
AA-Autre	0,62	AA-Autre	0,25
Vet 4			
	p-value		
AR-DSA	0,5		
AR-AA	0,39		
AR-Autre	0,56		
DSA-AA	0,83		
DSA-Autre	0,47		
AA-Autre	0,37		

Annexe 23 : Tableau des effectifs des classés, éliminés et leurs causes aux différents contrôles vétérinaires.

	VET 1	VET 2	VET 3	VET 4
Classé	77	68	92	67
Éliminé	13	12	8	7
Éliminé boiterie	9	12	6	6
Éliminé métabolique	1	0	1	1

Annexe 24 : Tableau des p-value comparant la NGEF8 moyenne en fonction du statut classé/éliminé à chaque contrôle.

NC : non classé = éliminé

C : classé

Les valeurs significatives à $p < 0,025$ sont grisées

	p-value (NC-C)
Vet 1	0,52
Vet 2	0,37
Vet 3	0,007
Vet 4	0,13

Annexe 25 : Tableau des effectifs classés, éliminé et leurs causes au contrôle respectif ou au contrôle suivant

	Contrôle N	Contrôle N+1
Classés	304	220
Éliminés toute cause	40	16
Éliminés métaboliques	3	12
Éliminés boiterie	33	1

Annexe 26 : Tableau des p-values comparant la NGEF8 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N

Les valeurs significatives à $p < 0,0125$ sont grisées

	p-value
Classé au contrôle N – Éliminé au contrôle N	0,023
Classé au contrôle N – Éliminé boiterie au contrôle N	0,27
Classé au contrôle N – Éliminé métabolique au contrôle N	0,38
Éliminé au contrôle N – Éliminé boiterie au contrôle N	0,48
Éliminé au contrôle N – Éliminé métabolique au contrôle N	0,49
Éliminé boiterie au contrôle N – Éliminé métabolique au contrôle N	0,43

Annexe 27 : Tableau des p-values comparant la NGEF8 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N+1

Les valeurs significatives à $p < 0,0125$ sont grisées

	p-value
Classé au contrôle N+1 – Eliminé au contrôle N+1	0,65
Classé au contrôle N+1 – Eliminé boiterie au contrôle N+1	0,46
Eliminé au contrôle N+1 – Eliminé boiterie au contrôle N+1	0,79

Annexe 28 : Présentation des résultats de l'analyse statistique sur la grille réalisée à partir des 4 critères sélectionnés comme évoluant le plus au long de la course.

	ICC	Biais	Limite d'agrément
Répétabilité	0,750 [0,638 ; 0,831]	-0,14 [-0,36 ; 0,08]	[-2,17 ; 1,89]
Reproductibilité	0,637 [0,491 ; 0,748]	0,18 [-0,06 ; 0,42]	[-2,05 ; 2,41]

Annexe 29 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne des différents contrôles sur l'ensemble des courses

Coefficient de Spearman sur la distance : $p = 9,5E-15$

Les valeurs significatives à $p < 0,01$ sont grisées

Pour un souci de simplification, Vet X = VX

Contrôles vétérinaires	p-value	Contrôles vétérinaires	p-value
V0-V1	8,00E-04	V1-V3	2,90E-07
V0-V2	4,60E-05	V1-V4	1,40E-09
V0-V3	7,80E-12	V2-V3	1,30E-05
V0-V4	1,26E-13	V2-V4	9,80E-08
V1-V2	0,31	V3-V4	0,2

Annexe 30 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne des différents contrôles course par course.

Les valeurs significatives à $p < 0,01$ sont grisées

Pour un souci de simplification, $Vet X = VX$

Avilly Saint Léonard	p-value	Fontainebleau 2018	p-value
V0-V1	0,99	V1-V2	0,14
V0-V2	0,9	V1-V3	6,03E-03
V0-V3	7,80E-04	V1-V4	1,82E-05
V0-V4	5,90E-08	V2-V3	3,90E-02
V1-V2	0,92	V2-V4	1,54E-03
V1-V3	3,70E-03	V3-V4	0,89
V1-V4	6,30E-07		
V2-V3	1,70E-04	Fontainebleau 2019	p-value
V2-V4	1,60E-09	V0-V1	2,00E-04
V3-V4	6,70E-03	V0-V2	1,30E-05
		V0-V3	7,80E-07
Rambouillet	p-value	V0-V4	5,10E-06
V0-V1	2,37E-05	V1-V2	0,34
V0-V2	1,89E-04	V1-V3	1,20E-02
V0-V3	3,38E-06	V1-V4	0,03
V0-V4	2,52E-04	V2-V3	0,11
V1-V2	3,80E-01	V2-V4	0,19
V1-V3	4,20E-01	V3-V4	0,81
V1-V4	5,80E-01		
V2-V3	1,00E-01		
V2-V4	2,60E-01		
V3-V4	9,80E-01		

Annexe 31 : Tableau des effectifs, des R² et des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction du temps de récupération.

Les valeurs significatives à $p < 0,05$ sont grisées

Contrôle Vétérinaire	Nombre de vidéos	R ²	p-value
Vet 1	89	0,0008	0,39
Vet 2	80	0,0005	0,24
Vet 3	37	0,1247	0,055

Annexe 32 : Tableau des effectifs, des R² et des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction de la fréquence cardiaque.

Les valeurs significatives à $p < 0,05$ sont grisées

Contrôle Vétérinaire	Nombre de vidéos	R ²	p-value
Vet 1	90	0,026	0,7
Vet 2	79	0,0135	0,34
Vet 3	99	0,0023	0,86
Vet 4	72	0,0054	0,58

Annexe 33 : Tableau des effectifs, des R² et des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction de l'indice de récupération cardiaque

Les valeurs significatives à $p < 0,05$ sont grisées

Contrôle Vétérinaire	Nombre de vidéos	R ²	p-value
Vet 1	54	0,0005	0,95
Vet 2	45	0,0362	0,25
Vet 3	53	0,0476	0,51
Vet 4	42	0,0162	0,51

Annexe 34 : Tableau des p-values pour l'analyse de la NGEF4 en fonction du classement.

Les valeurs significatives à $p < 0,0125$ sont grisées

Vet 1	p-value	Vet 2	p-value
Q1-Q2	0,94	Q1-Q2	0,85
Q1-Q3	0,97	Q1-Q3	0,68
Q1-Q4	0,94	Q1-Q4	0,88
Q2-Q3	0,96	Q2-Q3	0,82
Q2-Q4	0,86	Q2-Q4	0,77
Q3-Q4	0,86	Q3-Q4	0,66

Vet 3	p-value	Vet 4	p-value
Q1-Q2	0,58	Q1-Q2	0,29
Q1-Q3	0,64	Q1-Q3	0,51
Q1-Q4	0,07	Q1-Q4	0,46
Q2-Q3	0,98	Q2-Q3	0,75
Q2-Q4	0,04	Q2-Q4	0,15
Q3-Q4	0,07	Q3-Q4	0,25

Annexe 35 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne en fonction de la catégorie de la course.

Les valeurs significatives sont grisées pour :

$p < 0,008$ pour V0 et V2 ; $p < 0,007$ pour V1 ; $p < 0,01$ pour V3 ; $P < 0,017$ pour V4

Vet 0		Vet 1	
	pvalue		p-value
Ama1-AmaGP	0,6	Ama1GP-AmaElite	0,1
Ama1-CEI*	0,16	Ama1GP-AmaElite 2 x 70	0,26
Ama1-CEI**	0,04	Ama1GP-CEI*	0,03
Ama1-CEIYJ**	1,50E-05	Ama1GP-CEI**	0,58
Ama1GP-CEI*	0,23	Ama1GP-CEIYJ**	0,28
Ama1GP-CEI**	0,05	AmaElite-AmaElite 2x70	0,97
Ama1GP-CEIYJ**	3,70E-04	AmaElite-CEI*	0,49
CEI*-CEI**	0,58	AmaElite-CEI**	0,19
CEI*-CEIYJ**	6,20E-04	AmaElite-CEIYJ**	0,89
CEI**CEIYJ**	4,10E-05	AmaElite 2x70 -CEI*	0,64
AmaElite-Ama1	1,10E-03	AmaElite 2x70 -CEI**	0,38
AmaElite-Ama1GP	0,04	AmaElite 2x70 -CEIYJ**	0,89
AmaElite-CEI*	0,43	CEI*-CEI**	0,07
AmaElite-CEI**	0,82	CEI*-CEIYJ**	0,9
AmaElite-CEIYJ**	lm	CEI**CEIYJ**	0,28
Vet 2		Vet 3	
	p-value		p-value
Ama1GP-AmaElite	0,28	AmaEliteGP-Ama1GP	0,6
Ama1GP-AmaElite 2x70	0,21	AmaEliteGP-AmaElite	0,0082
Ama1GP-CEI*	0,65	AmaEliteGP-AmaElite 2x 70	0,11
Ama1GP-CEI**	0,02	AmaEliteGP - CEI*	2,40E-05
Ama1GP-CEIYJ**	0,4	AmaEliteGP-CEI**	0,09
AmaElite-AmaElite 2x70	0,66	AmaEliteGP-CEIYJ**	0,14
AmaElite-CEI*	0,47		
AmaElite-CEI**	0,92		
AmaElite-CEIYJ**	0,65		
AmaElite 2x 70 - CEI*	0,36		
AmaElite 2x 70 - CEI**	0,17		
AmaElite 2x 70 - CEIYJ**	1		
CEI*-CEI**	0,005		
CEI*-CEIYJ**	0,49		
CEI**CEIYJ**	0,33		
Vet 4			
	p-value		
AmaElite-CEI**	0,38		
AmaElite-CEIYJ**	0,03		
CEI**CEIYJ**	0,08		

Annexe 36 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne en fonction de l'âge.
 Les valeurs significatives à $p < 0,017$ sont grisées

Vet 0		Vet 1	
	p-value		p-value
jeune-intermédiaire	0,12	jeune-intermédiaire	0,67
jeune-mature	0,45	jeune-mature	0,22
intermédiaire-mature	0,74	intermédiaire-mature	0,17
Vet 2		Vet 3	
	p-value		p-value
jeune-intermédiaire	0,58	jeune-intermédiaire	0,50
jeune-mature	0,008	jeune-mature	0,57
intermédiaire-mature	0,001	intermédiaire-mature	0,99
Vet 4			
	p-value		
jeune-intermédiaire	0,12		
jeune-mature	0,45		
intermédiaire-mature	0,74		

Annexe 37 : Tableau des p-value comparant la NGEF4 moyenne en fonction de la race.

AR : Pur-Sang Arabe ; DSA : Demi-sang Arabe ; AA : Anglo-arabe

Les valeurs significatives à $p < 0,012$ sont grisées

Vet 0	p-value	Vet 1	p-value
AR-DSA	0,47	AR-DSA	0,78
AR-AA	0,48	AR-AA	0,10
AR-Autre	0,63	AR-Autre	0,10
DSA-AA	0,75	DSA-AA	0,19
DSA-Autre	0,88	DSA-Autre	0,20
AA-Autre	0,90	AA-Autre	0,74
Vet 2	p-value	Vet 3	p-value
AR-DSA	0,09	AR-DSA	0,48
AR-AA	0,35	AR-AA	0,27
AR-Autre	0,92	AR-Autre	0,89
DSA-AA	0,015	DSA-AA	0,54
DSA-Autre	0,25	DSA-Autre	0,80
AA-Autre	0,79	AA-Autre	0,29
Vet 4	p-value		
AR-DSA	0,61		
AR-AA	0,82		
AR-Autre	0,20		
DSA-AA	0,89		
DSA-Autre	0,16		
AA-Autre	0,28		

Annexe 38 : Tableau des p-value la NGEF4 en fonction du statut classé/éliminé à chaque contrôle.

NC : non classé = éliminé

C : classé

Les valeurs significatives à $p < 0,025$ sont grisées

	p-value (NC-C)
Vet 1	0,89
Vet 2	0,25
Vet 3	0,008
Vet 4	0,15

Annexe 39 : Tableau des p-values comparant la NGEF4 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N

Les valeurs significatives à $p < 0,0125$ sont grisées

	p-value
Classé au contrôle N – Eliminé au contrôle N	0,04
Classé au contrôle N – Eliminé boiterie au contrôle N	0,26
Classé au contrôle N – Eliminé métabolique au contrôle N	0,39
Eliminé au contrôle N – Eliminé boiterie au contrôle N	0,59
Eliminé au contrôle N – Eliminé métabolique au contrôle N	0,49
Eliminé boiterie au contrôle N – Eliminé métabolique au contrôle N	0,45

Annexe 40 : Tableau des p-values comparant la NGEF4 moyenne en fonction du statut classé/éliminé et de la cause de l'élimination au contrôle vétérinaire N+1

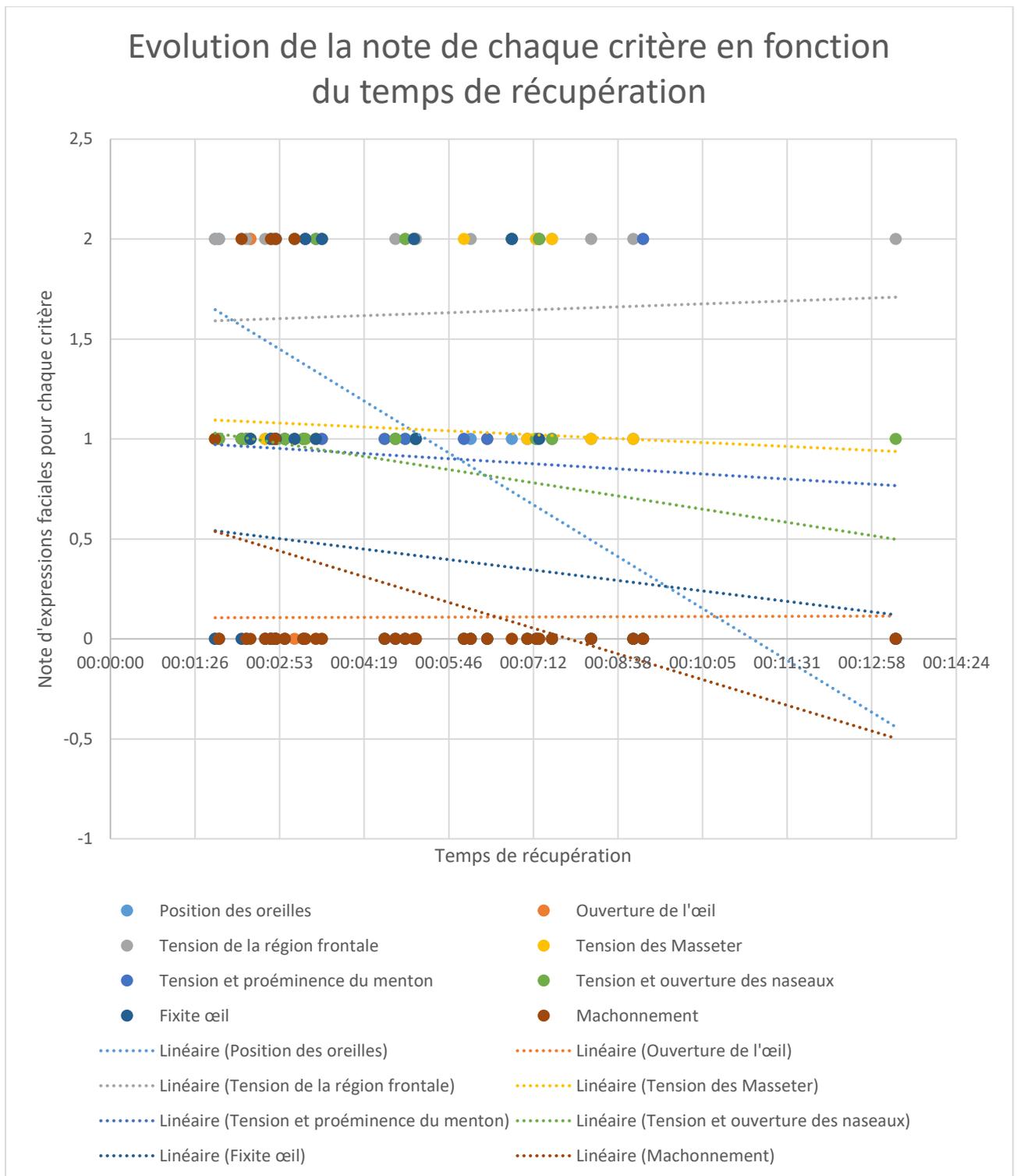
Les valeurs significatives à $p < 0,0125$ sont grisées

	p-value
Classé au contrôle N – Eliminé au contrôle N	0,49
Classé au contrôle N – Eliminé boiterie au contrôle N	0,06
Eliminé au contrôle N – Eliminé boiterie au contrôle N	0,57

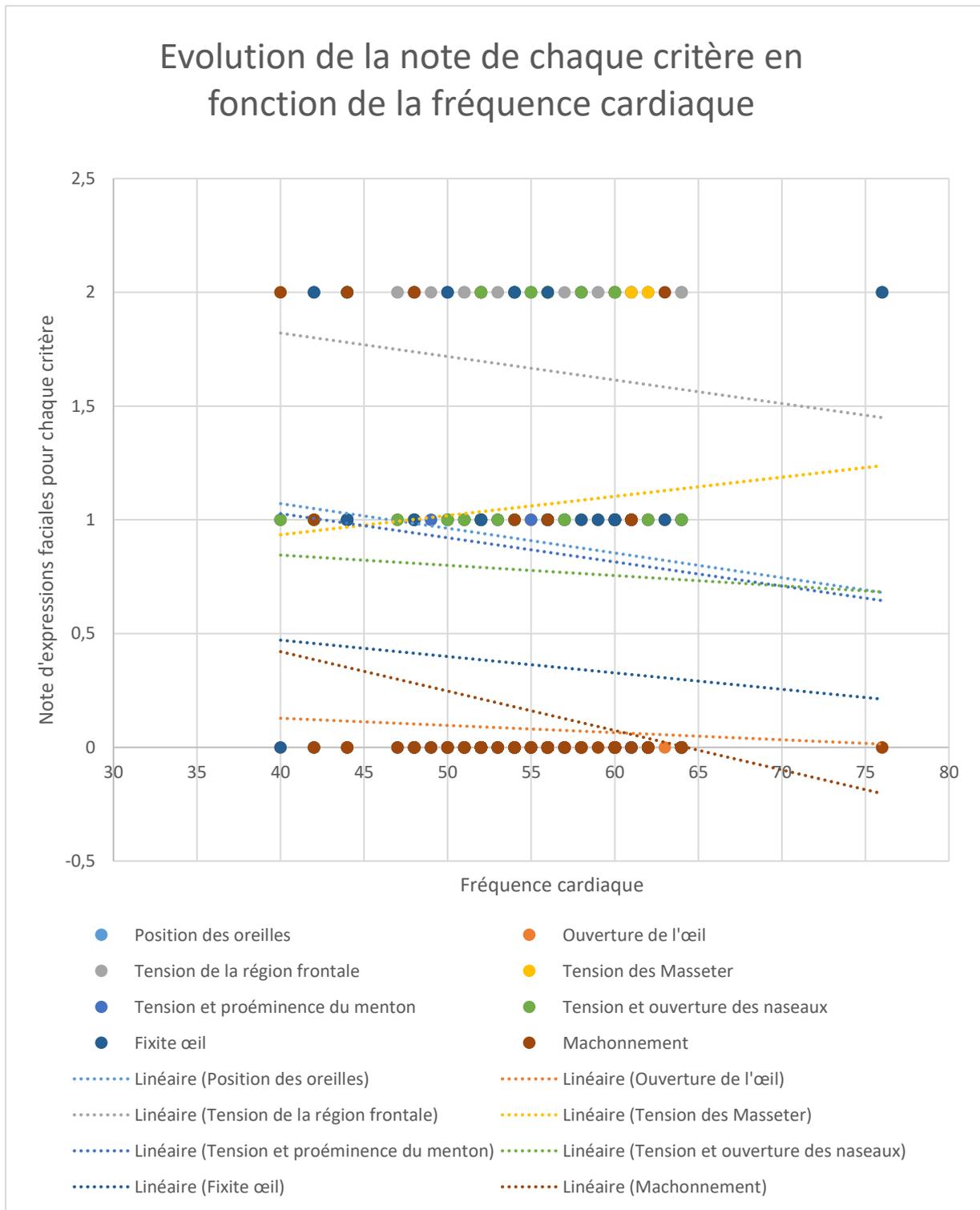
Annexe 41 : Tableau comparatifs des ICC et CCC dans différentes études ayant utilisées la grille établie par Emanuella Dalla Costa., critère par critère.

Critère	ICC (Dalla Costa <i>et al.</i> , 2014)	ICC (Dalla Costa <i>et al.</i> , 2016)	ICC (Dalla Costa <i>et al.</i> , 2017)	CCC (notre étude)
Position des oreilles	0,97	0,95	0,94	0,74
Ouverture de l'œil	0,83	0,93	0,30	-0,03
Tension de la région frontale	0,86	0,68	0,59	0,56
Tension des muscles masticateurs	0,88	0,44	0,51	0,37
Tension du menton	0,72	0,93	0,50	0,19
Tension des naseaux	0,58	0,76	0,67	0,26

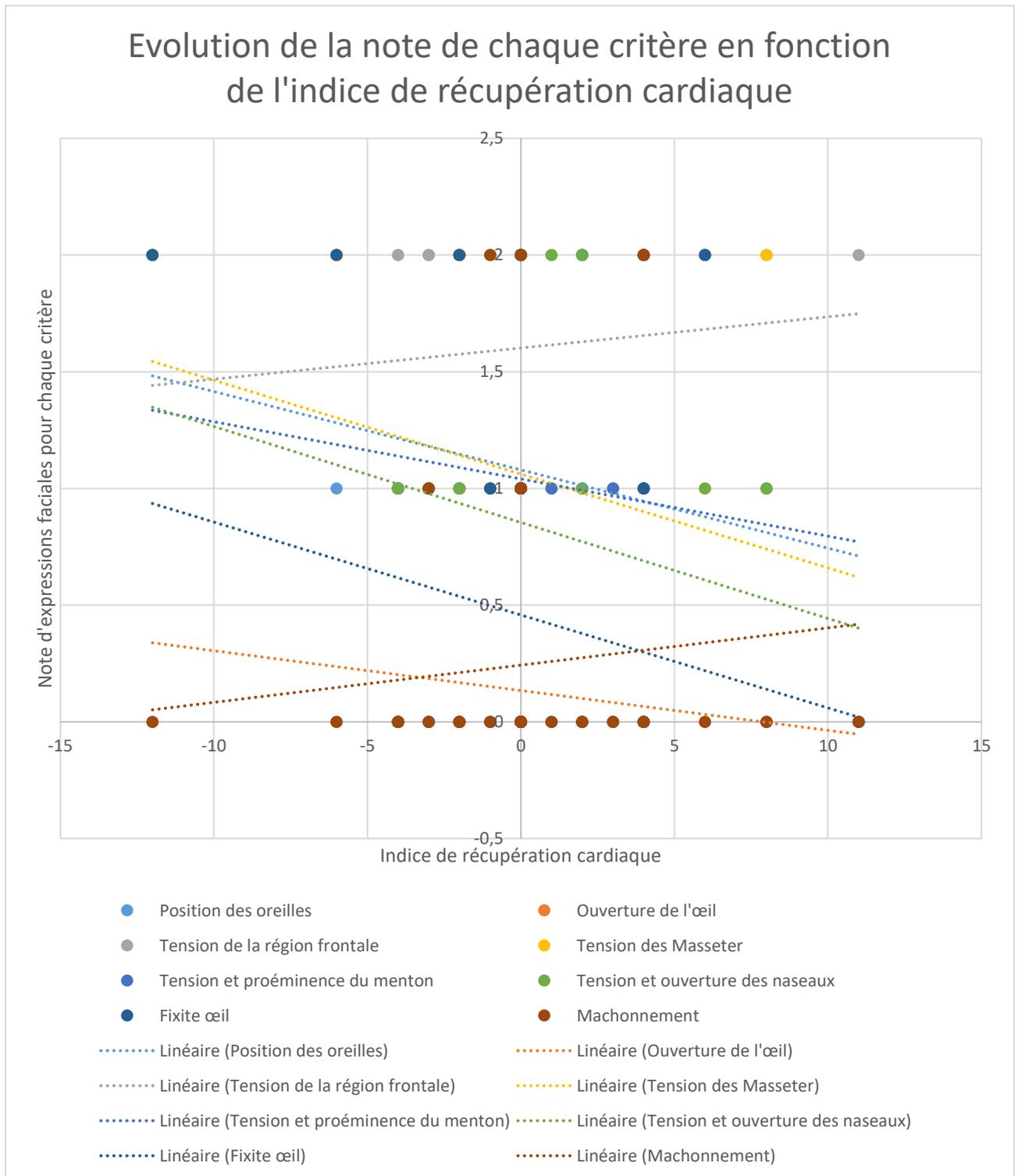
Annexe 42 : Evolution de la note de chaque critère en fonction du temps de récupération au 3^{ème} contrôle vétérinaire



Annexe 43 : Evolution de la note de chaque critère en fonction de la fréquence cardiaque au 3^{ème} contrôle vétérinaire



Annexe 44 : Evolution de la note de chaque critère en fonction de l'indice de récupération cardiaque au 3^{ème} contrôle vétérinaire



INTÉRÊT DES EXPRESSIONS FACIALES DANS L'ÉVALUATION DU NIVEAU DE FORME CHEZ LE CHEVAL DE COURSE D'ENDURANCE

AUTEUR : Chloé HERFROY

RÉSUMÉ :

Les courses d'endurance sollicitent très fortement l'organisme des chevaux. Les vétérinaires présents sur les compétitions ont besoin d'un maximum de critères cliniques pour juger de l'état de forme des chevaux et arrêter les sujets trop fatigués avant qu'ils ne développent des troubles majeurs. L'étude de la littérature montre que les expressions faciales sont utiles pour évaluer le niveau de douleur post-chirurgicale ou lors de trouble orthopédique.

L'hypothèse explorée dans ce travail est que les expressions faciales sont modifiées chez les chevaux fatigués au cours de la course d'endurance. Pour cela, nous avons étudié les expressions faciales de 516 enregistrements lors de quatre courses d'endurance différentes. Les notes d'expression faciale ont été analysées en fonction des données individuelles et cliniques relevées sur les courses.

Les résultats montrent une augmentation de la note globale d'expressions faciales (NGEF) tout au long de la course. Au 3^{ème} contrôle vétérinaire (vers 90 à 100 km de course), la NGEF est plus élevée chez les chevaux éliminés que chez les classés. La NGEF ne semble pas influencée par l'âge, la race ou la vitesse du cheval sur la piste. Les analyses statistiques n'ont pas permis de mettre en évidence de relation significative entre la NGEF et des critères cliniques traduisant la fatigue (fréquence cardiaque, temps de récupération, indice de récupération cardiaque).

Malgré une répétabilité bonne et une reproductibilité acceptable, le manque de précision de la NGEF, les effectifs limités et des conditions de course assez homogènes et peu difficiles peuvent expliquer ces résultats. Des études ultérieures avec des critères de notation des expressions faciales plus précis, une meilleure formation des évaluateurs et des effectifs plus conséquents seront nécessaires pour valider notre hypothèse.

MOTS CLÉS :

ENDURANCE, FATIGUE, EVALUATION, EXPRESSION FACIALE, EQUIDE, CHEVAL DE COURSE, CHEVAL D'ENDURANCE

JURY :

Président : Pr Damien BRESSON

1^{er} Assesseur : Pr Céline ROBERT

2nd Assesseur : Pr Caroline GILBERT

INTEREST OF FACIAL EXPRESSION IN EVALUATION OF TIREDNESS IN THE HORSE DURING EQUESTRIAN ENDURANCE RACE

AUTHOR: Chloé HERFROY

SUMMARY:

Endurance horse riding strongly solicits horse bodies. During the race, veterinarians perform horse inspections based on physical criteria, the aim of those inspections is to detect and stop fatigued horses before any serious health problems occur. The literature review shows that facial expressions are useful in assessing the level of pain after surgery or during orthopedic disorders.

The hypothesis explored in this work is that facial expressions are altered in horses fatigued or even exhausted by endurance racing. To do this, we studied the facial expressions of 516 video recordings in four different endurance races. Facial expression scores were analyzed based on individual and clinical data from the races.

The results show an increase in the Horse Grimace Scale score (HGS score) throughout the race. At the 3rd veterinary inspection (around 90 to 100 km of race), the HGS score is higher in the eliminated horses than in the classified ones. The HGS score does not appear to be influenced by the horse's age, breed or speed on the track. Statistical analyzes did not reveal a significant relationship between HGS score and clinical criteria reflecting fatigue (heart rate, recovery time, cardiac recovery index).

Despite a good repeatability score and acceptable reproducibility score, the lack of precision of the HGS score, the limited numbers of horses and fairly homogeneous and not very difficult racing conditions can explain these results. Further studies with more precise scoring criteria for facial expressions, better training of assessors and more horses will be necessary to validate our hypothesis.

KEYWORDS:

ENDURANCE, TIREDNESS, ASSESSEMENT, FACIAL EXPRESSION, EQUINE, RACING HORSE, ENDURANCE HORSE

JURY:

Chairperson: Pr Damien BRESSON

1st Assessor: Pr Céline ROBERT

2nd Assessor: Pr Caroline GILBERT