

Performance et niveau de stress chez les mulets durant un trek de cinq jours sur le Gothard

Marie Pfammatter¹, Sina Huwiler¹, Franziska Kägi¹, Christoph Kopp¹, Konstanze Krüger² et Conny Herholz¹

¹Haute école bernoise, Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

²Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Pferdewirtschaft, 72622 Nürtingen, Allemagne

Renseignement: Conny Herholz, e-mail: conny.herholz@bfh.ch



Deuxième journée de route sur le Gothard, traversée du pont du Diable peu avant Andermatt. (Photo: F. X. Brun)

Introduction

Durant l'été 2016, des volontaires ont participé à l'émission de la SRF «Schweiz aktuell am Gotthard», dont le projet était de retracer l'histoire des différents modes de transports au St-Gothard. Ils ont ainsi franchi le massif à plusieurs reprises, avec différents moyens de locomotion, dont des mulets. Durant cinq jours, du 18 au 22 juillet 2016, un groupe accompagné de trois mulets est parti d'Aldorf (UR) pour rejoindre Giornico (TI), parcourant une distance de 94,46 km avec 3364 m de dénivelé.

Les dernières études sur les performances muletières remontent aux années 1940. Elles étaient à l'époque basées sur la prise du pouls au départ et à l'arrivée. Ces cinq jours au St-Gothard ont donc été mis à profit pour recueillir des données actuelles sur la performance des mulets. Plusieurs paramètres ont été relevés pour évaluer le niveau de stress des animaux; la pulsation cardiaque, la fréquence respiratoire, la température corporelle ainsi que la concentration de cortisol dans les crottins.

Matériel et méthodes

Mulets

Trois mulets étaient à disposition pour le trek du St-Gothard:

- Brenda (mule, 24 ans)
- Pasqua (mule, 12 ans)
- Pesche (mulet, 19 ans)

Leur exploitation d'origine est située à 650 mètres d'altitude. Les animaux y sont détenus en groupe avec un accès journalier aux aires de sortie et au parc. Leur alimentation habituelle se compose de foin et de compléments minéraux. Pendant le trek, ils avaient accès à l'herbe toutes les nuits et recevaient en journée des cubes de foin minéralisés.

Les mulets étaient habitués à participer à des treks, et ils n'ont pas eu d'entraînement spécifique pour celui du St-Gothard. D'ailleurs, ce trek était pour eux le premier de la saison 2016.

Durant le trek, chaque mulet portait une charge de 80 kg. Lors des deux dernières étapes, Pesche a été monté par une cavalière de 53 kg, et tout autre paquetage lui a été retiré.

Étapes du trek au St-Gothard

Le trajet total de la randonnée de cinq jours au St-Gothard était de 94,46 km, avec un dénivelé global de 3364 m, dont 1665 m de dénivelé positif et 1709 m de dé-

Tableau 1 | Description des cinq étapes du trek au St-Gothard.

Etape	Date	Départ–arrivée	km	Durée	Dénivelé cumulé
1	18.07.16	Flüelen–Gurtellen	22,47	6 h 04	242 m positif
2	19.07.16	Gurtellen–Andermatt	21,52	6 h 39	756 m positif
3	20.07.16	Andermatt–Hospiz	11,48	3 h 37	657 m positif
4	21.07.16	Hospiz–Rodi	20,99	6 h 06	1147 m négatif
5	22.07.16	Rodi–Giornico	18	5 h 00	562 m négatif
Total		Flüelen–Giornico	94,46	27 h 26	Global = 3364 m

nivelé négatif. Le tableau 1 et les figures 1 à 5 indiquent les détails de chaque étape. Les graphiques ci-après représentent les détails des différentes étapes.

Données relatives à la performance

La fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire ainsi que la température corporelle ont été mesurées chaque jour avant le départ, toutes les deux heures durant le trekking et directement à l'arrivée. La fréquence respiratoire a été relevée par comptage des mouvements de la paroi latérale de l'abdomen, la personne étant placée debout derrière le mulet et légèrement sur le côté. La température corporelle a été mesurée à l'aide d'un thermomètre rectal. La fréquence cardiaque a été mesurée avec un stéthoscope, à la hauteur du cœur depuis le côté gauche du mulet (fig. 6 et 7). La fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire ont été comptées pendant une minute. Durant le trekking, la mesure de la fréquence cardiaque était effectuée durant les pauses, 5 à 10 minutes après l'arrêt de la marche. En raison de la présence de l'équipe de tournage, il n'a pas été possible de standardiser le moment du relevé des données en suivant un protocole précis. Cependant, il ne s'est jamais écoulé plus de 10 minutes entre l'arrêt des mulets et la collecte des données. Les mesures de la fréquence cardiaque sont ainsi interprétées comme des valeurs de récupération. A cause du bât, il n'a pas été possible de relever les pulsations cardiaques en continu. En effet, ce relevé nécessite de placer deux petites plaques métalliques (électrodes) sur le côté gauche du mulet, que l'on installe normalement sous une selle d'équitation ou une sangle (System POLAR V800).

Pesche a été monté durant les deux dernières étapes du trekking, ce qui a permis de mesurer son pouls en continu. Durant toutes les étapes, le système GPS des montres connectées POLAR (qui fonctionne sans électrodes) a servi à mesurer l'altitude et la température extérieure (°C). L'humidité de l'air (%) a été consultée chaque jour sur météo suisse et météo centrale.

Résumé

Durant une traversée du Gothard de cinq jours pendant l'été 2016, trois mulets ont été employés comme animaux de bât pour porter une charge de 80 kg sur 94,46 km, avec un dénivelé de 3364 m. Les exigences de performance ont été évaluées à partir des valeurs de récupération des paramètres vitaux (fréquence cardiaque, fréquence respiratoire et température corporelle) et de la fréquence cardiaque durant l'effort. La concentration en métabolites glucocorticoïdes dans le crottin a permis d'estimer le niveau de stress des trois animaux. Durant toute la durée du trek, les valeurs de récupération de la fréquence cardiaque des trois mulets étaient comprises dans un intervalle n'indiquant aucun effort excessif. La mesure constante des pulsations cardiaques a montré que l'intensité des performances physiques de ces animaux ne sortait pas de leur zone d'endurance. Comme on pouvait s'y attendre, le niveau de stress mesuré par le biais des métabolites glucocorticoïdes a augmenté chez tous les mulets à la fin du trek, réaction physiologique normale du corps après un effort de cinq jours. La présente étude a montré que durant un trek sur le Gothard, les mulets ont fait preuve d'endurance et de résistance, sans altération due à l'effort que l'on exige traditionnellement de leur part.

Mesure du niveau de stress

Pour estimer le niveau de stress des mulets, l'étude s'est basée sur la concentration des métabolites glucocorticoïdes (MGC) dans le crottin. Les valeurs mesurées reflètent le niveau de stress des 24 heures précédant la prise d'échantillon.

Les prélèvements avaient lieu le matin entre 7 h et 10 h. Cinq petits échantillons du crottin d'un équidé étaient prélevés et mélangés dans un sac en plastique. Une partie de ce mélange (de la taille d'un ongle) était déposée dans un sachet de thé non blanchi. L'ensemble était conservé dans un tube à vis de 50 ml rempli de 20 ml de gel de silice (fig. 8), grâce auquel les prélèvements ont été séchés et préservés jusqu'à l'analyse en laboratoire (Krüger comm. pers.). Pour chaque animal, un échantillon a été prélevé selon cette démarche le 23.6.2016 à l'écurie d'origine, puis chaque matin durant les cinq jours du trek, du 18.7 au 22.7.2016.

Mesure du poids des mulets

Le poids des mulets a été estimé à l'aide d'une bande de type «Weight Tape®». Les mesures ont été faites à l'écurie (23.6.2016), avant le départ (18.6.2016) et à la fin (22.7.2016) du trek.

Statistique

Les données relevées manuellement ont été analysées avec le programme de statistique NCS 9. Des corrélations de Pearson ont été déterminées entre les paramètres physiologiques ainsi que la température et l'humidité de l'air. Les données de la fréquence cardiaque et de l'altitude mesurées en continu à l'aide des montres Polar ont été analysées avec le programme R (version 3.3)

Résultats et discussion

Recherche sur les exigences de performance

Pour l'évaluation des valeurs au repos, les trois mulets ont été examinés dans leur environnement habituel (tabl. 3). La température extérieure était, ce jour-là, de 35°C et l'humidité de l'air de 46 %, ce qui explique les valeurs au repos légèrement plus élevées que la normale.

La capacité de performance et du bien-être d'un animal peut être évaluée grâce à la mesure des paramètres vitaux (fréquence cardiaque, fréquence respiratoire et température corporelle) (Snow et Vogel 1987). La mesure de la fréquence cardiaque permet de déterminer l'intensité de l'effort corporel. Chez le cheval, il est connu que lors

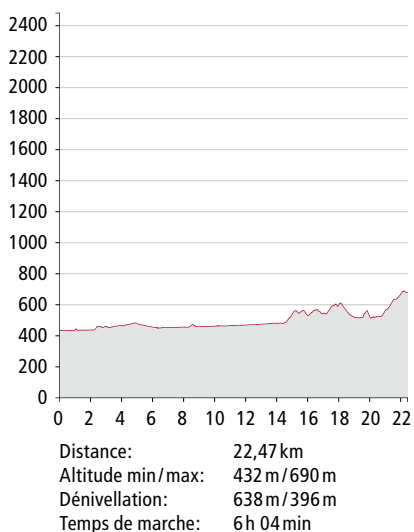


Figure 1 | Etape 1, Flüelen–Gurtellen.

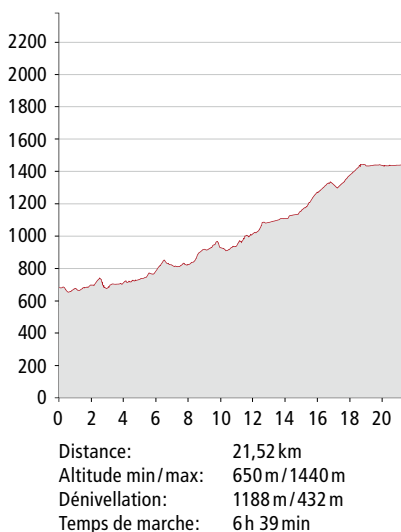


Figure 2 | Etape 2, Gurtellen–Andermatt.

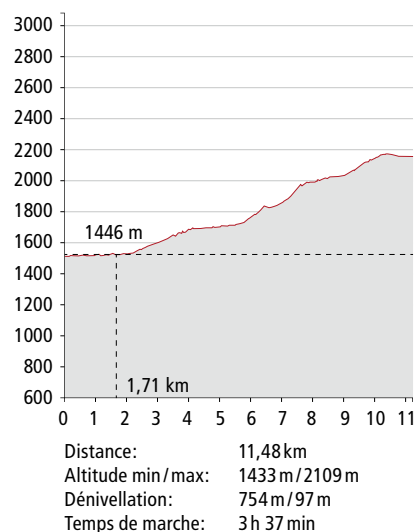


Figure 3 | Etape 3, Andermatt–Hospice du St. Gothard.

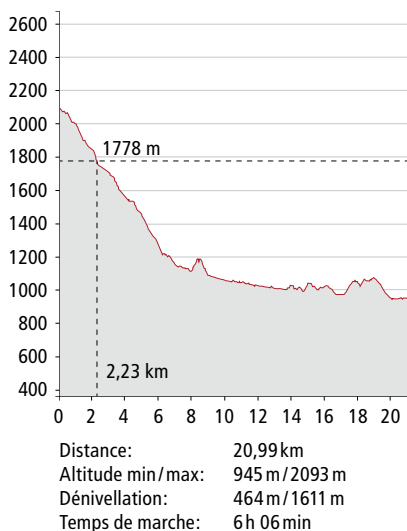


Figure 4 | Etape 4, Hospice–Rodi.

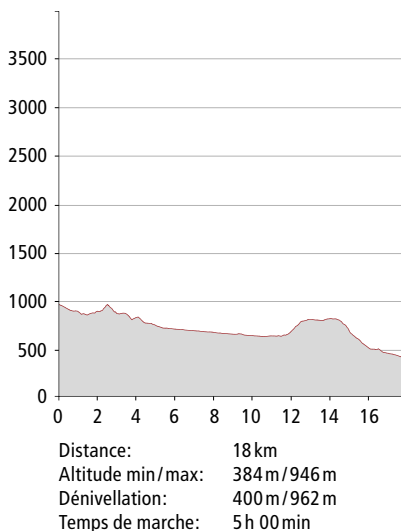


Figure 5 | Etape 5, Rodi–Gironico.



Figure 6 | Mesure de la fréquence cardiaque sur le côté gauche du thorax.



Figure 7 | Mesure de la température rectale.



Figure 8 | Echantillon de crottin placé dans un sachet de thé et conservé dans un tube à vis de 50 ml rempli de 20 ml de gel de silice.

d'une performance d'endurance, la fréquence cardiaque s'élève à environ 150/min. C'est le cas, la plupart du temps, pour les chevaux d'endurance qui courent jusqu'à 160 km. Les chevaux de course travaillent à une intensité beaucoup plus élevée, et leur fréquence cardiaque peut monter jusqu'à 240/min. Bien évidemment, de telles performances ne sont possibles que sur une courte durée (Hodgson *et al.* 2013). Des recherches ont été faites sur les mulets (Zumtaugwald 1944), au cours desquelles la fréquence cardiaque était mesurée avant et après le travail. Il s'agissait d'un itinéraire similaire à celui effectué sur le Gothard, mais avec des dénivelés et un poids de bât plus importants (155 kg contre 80 kg). La moyenne de la fréquence cardiaque était de 42/min avant le départ et de 92/min à l'arrivée.

Durant le trek de cinq jours, les valeurs de récupération de la fréquence cardiaque des trois mulets étaient comprises

entre 40 et 72/min (fig. 9). Dans le sport d'endurance, où les chevaux parcourent des distances de 80 à 160 km, ces derniers sont soumis à des contrôles intermédiaires appelés vet-check, et ne peuvent continuer la course que lorsque leur fréquence cardiaque est redescendue en dessous de 65/min (Younes *et al.* 2015).

Les jours 1, 4 et 5, la fréquence cardiaque des mulets est descendue en dessous de 65/min en moins de 10 min. Durant les étapes 2 et 3, la fréquence cardiaque de récupération de Pesche a dépassé quatre fois les 64/min, et celle de Pasqua deux fois. La valeur maximale atteinte était de 72/min. Les étapes 2 et 3 comprenaient le dénivelé le plus important, avec des températures dépassant 20 °C. Pour l'interprétation des résultats, il faut tenir compte du fait que le moment de la prise de pous (5 ou 10 minutes après l'arrêt) a une influence sur les valeurs mesurées. Or, pour ces données, le moment du relevé n'a pas pu respec-

Tableau 2 | Survol du déroulement de la prise de données.

Collecte des données	Manuelle			Montres Polar			Météo Suisse
	FC	FR	T _c °C	FC	T °C	Position GPS	Humidité de l'air %
Quoti- diennement	Avant le départ Toutes les 2 heures Avant la pause de midi Toutes les deux heures À l'arrivée			FC du mulet Pesche: étapes 4 et 5 T et GPS: en continu			Valeurs moyennes quotidiennes

FC/min Fréquence cardiaque par minute.
FR/min Fréquence respiratoire par minute.
T_c °C Température corporelle en degrés Celsius.
T °C Température extérieure en degrés Celsius.

Tableau 3 | Paramètres vitaux des mulets à l'écurie.

Nom	FC/min	FR/min	T _c °C
	Norme: 28–40/min	Norme: 8–16/min	Norme: 37,2–38 °C
Brenda	43	24	38,3
Pasqua	42	20	38,3
Pesche	46	20	37,8
Moyenne	43,7	21,3	38,1

FC/min Fréquence cardiaque par minute.
FR/min Fréquence respiratoire par minute.
T_c °C Température corporelle en degré Celsius.

ter de protocole précis. D'une façon générale, les valeurs de récupération n'ont jamais été inquiétantes. Cinq à dix minutes après l'arrêt, les fréquences respiratoires étaient comprises entre 12 et 52/min (fig. 10). La fréquence respiratoire la plus élevée a été mesurée le

2^e jour chez Pesche, alors que la température extérieure était de 27 °C et que les muets parcouraient le plus grand dénivelé. En moyenne, la fréquence respiratoire des trois muets était au maximum de 37/min le 1^{er} jour, 46/min le 2^e jour, 34/min le 3^e jour et 22/min le 5^e jour. A titre de

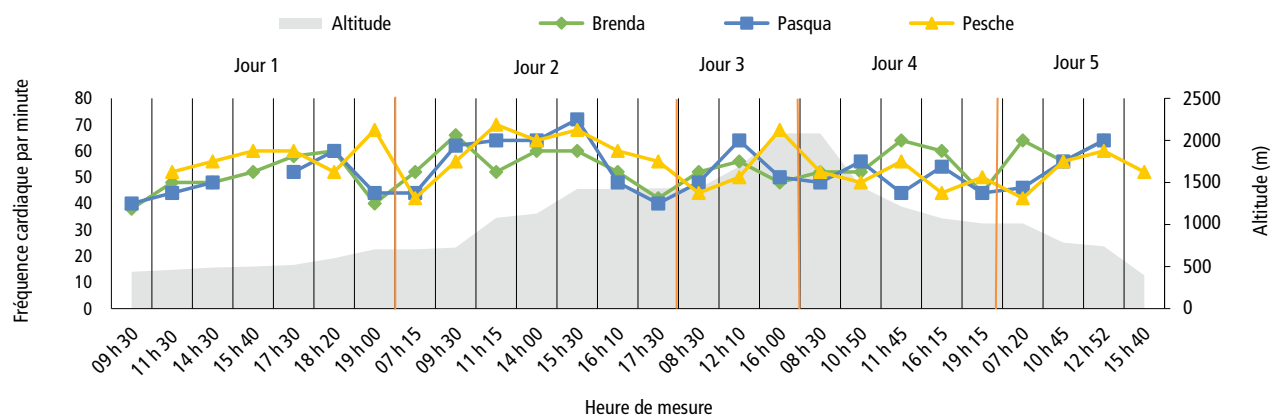


Figure 9 | Evolution des fréquences cardiaques de récupération pendant les cinq étapes du trek.

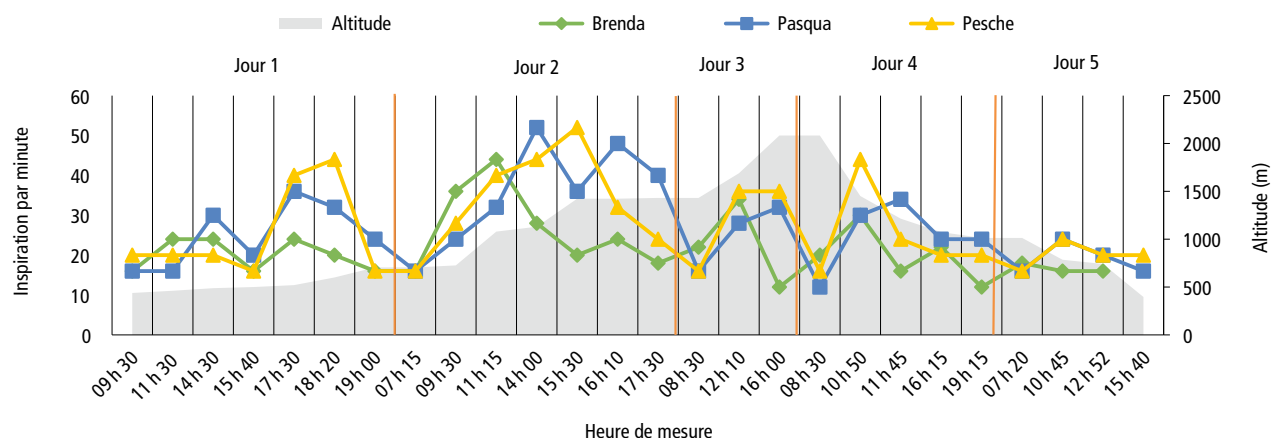


Figure 10 | Evolution des fréquences respiratoires de récupération pendant les cinq étapes du trek.

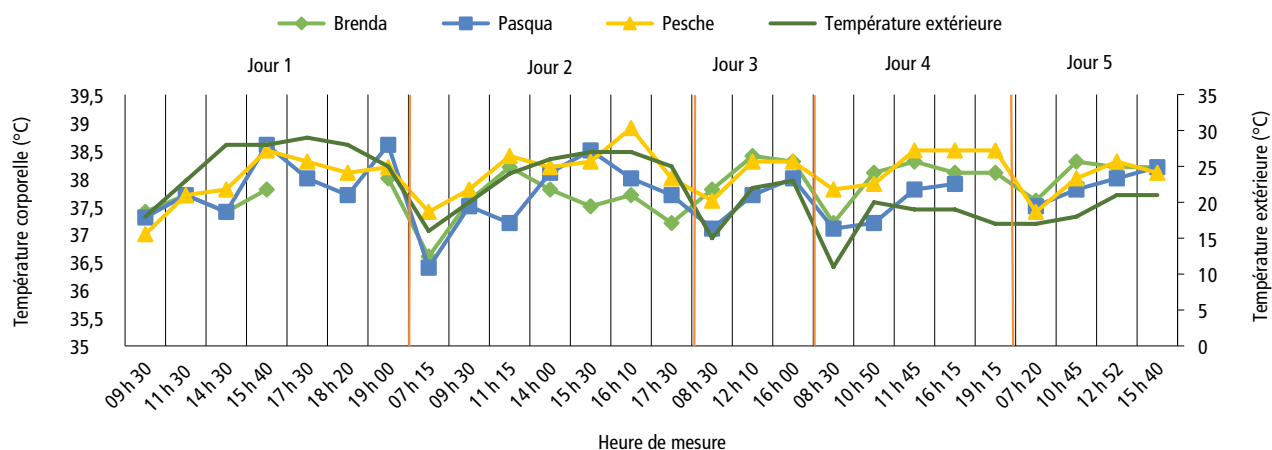


Figure 11 | Température corporelle (°C) mesurée cinq à dix minutes après la fin de l'effort, et température extérieure.

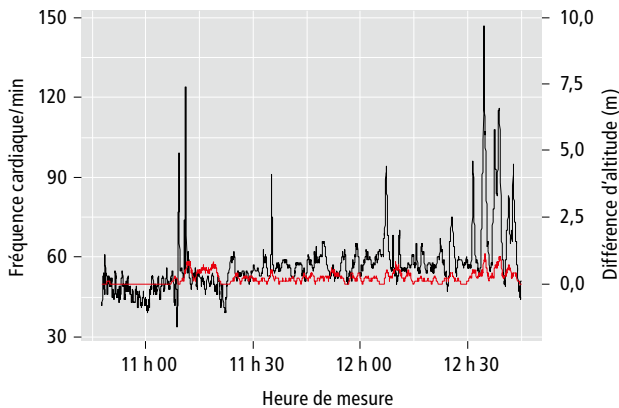


Figure 12 | Evolution de la fréquence cardiaque (courbe noire) et de l'altitude (courbe rouge) enregistrées chez le mulet Pesche.

comparaison, chez les chevaux, la fréquence respiratoire peut atteindre 100/min pendant une épreuve. La température corporelle maximale mesurée cinq à dix minutes après la fin de l'effort était de 38,9°C et a été relevée chez Pesche (jour 2, fig. 11). Les trois muets n'étaient donc à aucun moment en hyperthermie. Une relation significative entre la température corporelle et la température extérieure a été décelée ($r = 0,50$, $p < 0,01$). Lors d'une sollicitation, la température corporelle augmente toutes les 3 min de 1°C, ce qui conduirait au bout de 10 min à une température critique, c'est-à-dire supérieure à 41°C. L'animal doit alors rapidement être rafraîchi avec de l'eau ou un ventilateur. Pour que le corps ne soit pas subitement surchauffé, les mécanismes de thermorégulation se mettent en marche. Chez le cheval et le mulet, il s'agit surtout de la transpiration, qui induit une évaporation de la chaleur. Cependant, lorsque la température extérieure et le taux d'humidité de l'air sont élevés, le corps se réchauffe plus rapidement que lorsque ces paramètres extérieurs sont bas. Le mulet Pesche a été monté durant les étapes 4 et 5. La figure 12 illustre la fréquence cardiaque/min enregistrée en continu et le dénivelé parcouru pendant l'étape 5 entre 11 h et 13 h. La fréquence cardiaque n'a à aucun moment dépassé 150/min. On peut en déduire que le mulet Pesche a exclusivement travaillé à une intensité d'endurance. Aucune conclusion ne peut être tirée à propos de l'effort fourni sur les autres tronçons ou de la performance des autres muets.

Etude du niveau de stress

Le stress est défini comme la réaction non-spécifique à des *stimuli* externes (facteurs de stress). Ces *stimuli* peuvent être très divers et perçus comme positifs ou négatifs. Un effort physique provoque une réaction physiologique de

«réponse au stress», mais des facteurs psychologiques peuvent induire la même réaction (Alexander et al. 1991). Le stress est une réaction vitale pour la capacité d'adaptation d'un individu. Ce n'est que s'il perdure sur une longue durée qu'il peut provoquer des dégâts physiques et mentaux. Dans l'histoire de l'évolution du cheval, on sait que la réaction au stress est une question de survie en cas de fuite (Briefer 2010). Lors d'un entraînement physique, le corps est dans une situation de tension et de concentration très élevées, atteintes grâce à une augmentation des hormones adrénaline et noradrénaline. L'adrénaline est connue comme l'«hormone du stress». Une fois libérée dans le sang, elle a pour effet d'augmenter le rythme cardiaque, la pression artérielle ainsi que la bronchodilatation, et de permettre un meilleur approvisionnement en énergie par la dégradation des graisses. Elle active donc toutes les réactions corporelles nécessaires pour fournir une performance. C'est seulement après l'effort que le taux de cortisol augmente. En analysant les métabolites glucocorticoïdes (MGC) présents dans le crottin, il est possible de tirer des conclusions sur le «niveau de stress» des dernières 24 heures, car ces métabolites sont excrétés par le cheval ou le mulet dans un délai d'un jour (Flaugher et al. 2010).

La figure 13 montre l'évolution de MGC à l'écurie, avant et pendant le trek. Le prélèvement du 18.7 correspond aux événements du jour précédent, c'est-à-dire au transport des muets. Une forte réaction au stress est bien visible, en particulier chez Brenda, la mule la plus âgée,

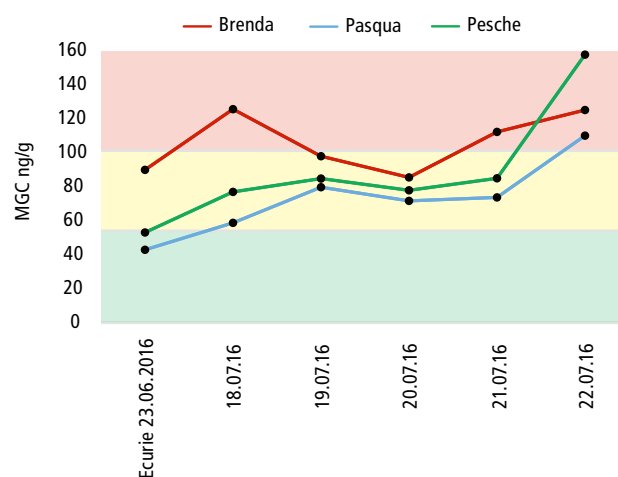


Figure 13 | Evolution des métabolites glucocorticoïdes des muets au repos et pendant le trek.

MGC = métabolites glucocorticoïdes ng/g; les valeurs correspondent au niveau de MGC de la veille.

Zone verte: valeur MGC jusqu'à 60 ng/g = valeur au repos.

Zone jaune: valeur MGC 60 ng/g – 100 ng/g = zone d'attention accrue, léger stress.

Zone rouge: valeur MGC > 100 ng/g = stress.

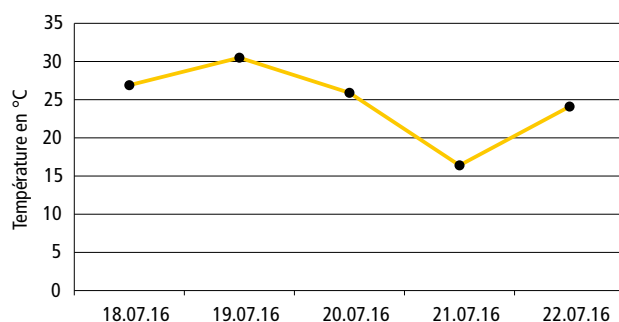
Tableau 4 | Poids corporel des mulets à l'écurie, au départ et à la fin du trek.

Date	Mulet 1 (Brenda)	Mulet 2 (Pasqua)	Mulet 3 (Pesche)
23.6.2016 (écurie)	555 kg	478 kg	432 kg
18.7.2016 (départ)	510 kg	500 kg	450 kg
23.7.2016 (arrivée)	510 kg	490 kg	440 kg

qui avait déjà une haute valeur basale à l'écurie. D'autres groupes de recherche ont constaté que les juments et les individus plus âgés ont tendanciellement une valeur basale en MGC plus haute que les individus mâles et plus jeunes (Krüger comm. pers.). Il est possible que cette valeur élevée à l'écurie soit due à la température extérieure (35°C) du jour ainsi qu'à la baisse d'efficacité de la thermorégulation chez les animaux âgés. Les valeurs observées pendant le trek sont restées dans un intervalle normal pour tout effort physique. Ce n'est qu'au dernier jour qu'on a constaté une augmentation chez les trois animaux, qui peut s'expliquer par l'effort cumulé sur cinq jours et 95 km. De plus, ces valeurs se rapportent aux événements de la veille, c'est-à-dire à la journée au dénivelé le plus important (1148 m), et principalement en descente (tabl. 1). La descente sollicite d'autres groupes musculaires que la montée et peut donc aussi être source de stress. De plus, la température moyenne (fig. 14) du jour précédent était inférieure de 15°C par rapport à celle du jour le plus chaud. Chez Pesche, la nette augmentation des MGC correspond au jour où il a été monté. Bien que la cavalière fût plus légère que son paquetage initial, sa présence a pu constituer un facteur de stress.

Poids corporel des mulets

Le tableau 4 ci-dessous présente les poids (kg) des trois mulets, mesurés à l'aide de la bande *weight-tape*. Brenda a perdu 45 kg (8,1 %) entre la mesure à l'écurie et celle du départ. La perte de poids peut être expliquée par le

**Figure 14 | Température extérieure moyenne durant le trek au St-Gothard.**

stress du transport. C'est la mule la plus âgée, qui présente également la plus forte augmentation de métabolites glucocorticoïdes (fig. 13).

Pendant les efforts du trek à proprement parler, le poids des mulets a très peu évolué. Pasqua et Pesche sont restés stables, et à la fin du trek, ils ont même pris du poids par rapport à la valeur de repos mesurée à l'écurie.

Conclusions

Depuis toujours, les mulets sont considérés comme des animaux de bât peu exigeants, sûrs et endurants sur des terrains difficilement praticables. Cette étude a permis de récolter des informations précieuses sur les paramètres vitaux et les efforts fournis par les mulets durant un trek de cinq jours au St-Gothard. Les trois mulets sont arrivés au bout du trek sans encombre et cela, sans entraînement particulier.

Comme on peut le prévoir après plusieurs jours d'effort physique, le niveau de stress, mesuré grâce aux métabolites glucocorticoïdes dans les crottins, a augmenté chez tous les animaux vers la fin du trek. Si le trek avait duré plus longtemps, un jour de repos avec une activité réduite aurait éventuellement été nécessaire. Les expériences faites dans le cadre ce travail de recherche représentent une précieuse base pour la réalisation d'études plus approfondies avec un plus grand nombre d'animaux et d'autres paramètres. Relever des paramètres actuels de performances pourrait se révéler fort utile pour l'élevage et la collecte de données génétiques sur les mulets, animaux étonnamment peu exigeants. ■

Riassunto**Muli: prestazione e livello di stress durante una traversata del Gottardo di 5 giorni**

Nell'estate del 2016 tre muli impiegati come animali da soma hanno attraversato il Gottardo portando un carico di 80 kg ciascuno e percorrendo in cinque giorni un percorso di circa 94,46 chilometri con un dislivello di 3364 metri. La prestazione è stata valutata sulla base dei valori di recupero dei parametri vitali (frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, temperatura corporea) e misurando costantemente la frequenza cardiaca sotto sforzo. Il livello di stress dei tre muli è stato valutato in funzione della concentrazione di metaboliti glicocorticoidi riscontrata nelle feci. In tutte le tappe del trekking i valori di recupero della frequenza cardiaca registrati nei muli rientravano in un intervallo che non lasciava supporre un sovraccarico. Sulla base della registrazione costante della frequenza cardiaca di uno dei tre muli è stato possibile dimostrare che l'intensità dello sforzo fisico non superava il loro intervallo di resistenza. Come previsto, verso la fine del trekking la concentrazione di metaboliti glicocorticoidi nelle feci di tutti e tre i muli indicava un aumento del livello di stress; si tratta di una reazione fisiologica normale dopo uno sforzo fisico di cinque giorni. Questo studio ha dimostrato che lo sforzo sopportato dai muli per portare un carico attraverso il Gottardo, un compito da secoli richiesto a questi animali, rientrava nel loro intervallo di resistenza e non ha avuto ripercussioni negative sul loro fisico.

Summary**Performance and stress level in mules during a five days Gotthard trek**

In the summer of 2016, three pack mules, each carrying a load weighing 80kg, accompanied a 94.46km trek across the Gotthard Pass with a total altitude difference of 3,364m. The mules' performances were evaluated by measuring vital recovery parameters such as heart- and respiratory rates and body temperature, and by continuous heartrate monitoring during the trek. The stress levels of the animals were estimated by determining glucocorticoid metabolite levels in their faeces. Throughout the trekking days, recovery heartrates lay within a range which indicated that the animals were not being overworked. The continuous heartrate monitoring of one of the mules showed that its physical performance lay within the endurance zone. As expected, glucocorticoid metabolite levels were elevated in the faeces of all the mules – a normal physiological response after five consecutive days of exercise. The study shows the mules as being capable of performing at an endurance level during the Gotthard trek with no adverse affects on their health – a performance which was historically expected of the animals.

Key words: mules, Gotthard trek, glucocorticoid metabolites in faeces, vital parameters.

Bibliographie

- Alexander S.L., Irvine C.H., Ellis M.J. & Donald R.A., 1991. The effect of acute exercise on the secretion of corticotropin-releasing factor, arginine vasopressin, and adrenocorticotropin as measured in pituitary venous blood from the horse. *Endocrinology* **128** (1), 65–72.
- Briefer S., 2010. Le stress chez le cheval. *Le Franches-Montagne* 100, 22–23
- Flauger B., Krueger K., Gerhards H. & Mostl E., 2010. Simplified method to measure glucocorticoid metabolites in faeces of horses. *Veterinary research communications* **34** (2), 185–195.
- Hodgson D.R., McGowan C.M. & McKeever K., 2013. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*. Elsevier Health Sciences.
- Snow D.H. & Vogel C.J., 1987. *Equine Fitness. The care and training of the Athletic Horse*. David & Charles Newton Abbot Publishers.
- Younes M., Robert C., Cottin F. & Barrey E., 2015. Speed and cardiac recovery variables predict the probability of elimination in Equine Endurance Events. *PLoSone*. Accès: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0137013>
- Zumtaugwald K., 1944. *Der heutige technische und wirtschaftliche Stand der Walliser-Maultierzucht und ihre zukünftige Förderung im Dienste der Walliser-Landwirtschaft und der schweizerischen Armee*. Diplomarbeit Abteilung für Landwirtschaft, ETH, Zurich.