

DETERMINATION DES SEUILS ANAEROBIES CHEZ LE CHEVAL D'ENDURANCE

J.M. MICHAUX, L. GUEMON, N. MICHAUX

Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

RESUME : Les seuils anaérobies déterminés par dosage de la lactatémie lors d'épreuve d'effort triangulaire sont considérés actuellement comme l'un des critères essentiels des capacités physiques à l'effort d'endurance. Ils permettent d'évaluer globalement les capacités énergétiques de l'individu au cours de l'effort prolongé en tenant compte à la fois du coût énergétique, de la VO₂ max et des capacités d'endurance. L'objet de ce travail fut la mise au point d'une épreuve de terrain permettant la détermination du seuil anaérobie chez le cheval d'endurance. Le contrôle de la vitesse lors d'épreuve d'effort triangulaire a permis d'obtenir une bonne reproductibilité des résultats. Cependant la valeur du cavalier est susceptible de les modifier. L'intérêt des seuils anaérobies comme critères de capacités physiques a pu être vérifié puisque tous les chevaux réalisant des compétitions de niveau national ont des seuils élevés. Il ne s'agit pas d'un critère de discrimination, mais plutôt d'exclusion : les chevaux ayant une valeur faible de seuil anaérobie ne possèdent pas les capacités requises.

L'objet de ce travail est la mise au point d'un test de terrain permettant la détermination du seuil anaérobie chez le cheval d'endurance. Des tests similaires sont réalisés chez l'homme depuis quelques années. Il s'agit d'une exploration fonctionnelle permettant d'évaluer les capacités physiques d'un cheval à l'effort d'endurance, et plus particulièrement l'adaptation du métabolisme énergétique à l'exercice. Les courses d'endurance représentent un effort particulièrement intense pour le cheval, puisque celui-ci doit parcourir jusqu'à 160 km en une journée. Chez le cheval comme chez l'homme, le dépassement des capacités physiques lors d'effort prolongé peut conduire à des troubles pathologiques, voire à la mort de l'individu. Chacun connaît l'histoire de ce jeune messager grec, Philpides, parcourant à la course les 40 km entre le petit village grec de Marathon et Athènes pour annoncer la victoire sur les Perses en 490 avant J.-C. Il mourut quel-

ques heures après l'annonce du succès. L'existence de ces affections particulièrement dramatiques et le développement des courses d'endurance équestre nous ont conduit à envisager la mise au point d'une épreuve fonctionnelle adaptée à cette discipline.

1 - Principe.

Le principe (Figure 1) repose sur la réalisation d'un effort triangulaire, c'est à dire de plusieurs paliers d'effort d'intensité croissante avec détermination de la lactatémie à la fin de chaque palier. L'augmentation de la lactatémie lors des premiers paliers est faible voire nulle, puis à partir d'une certaine intensité d'effort, l'augmentation devient brutale. L'intensité de l'exercice pour laquelle apparaît le changement brutal de pente est appelé "seuil anaérobie". Pour une intensité supérieure au seuil anaérobie, le métabolisme aérobie ne suffit

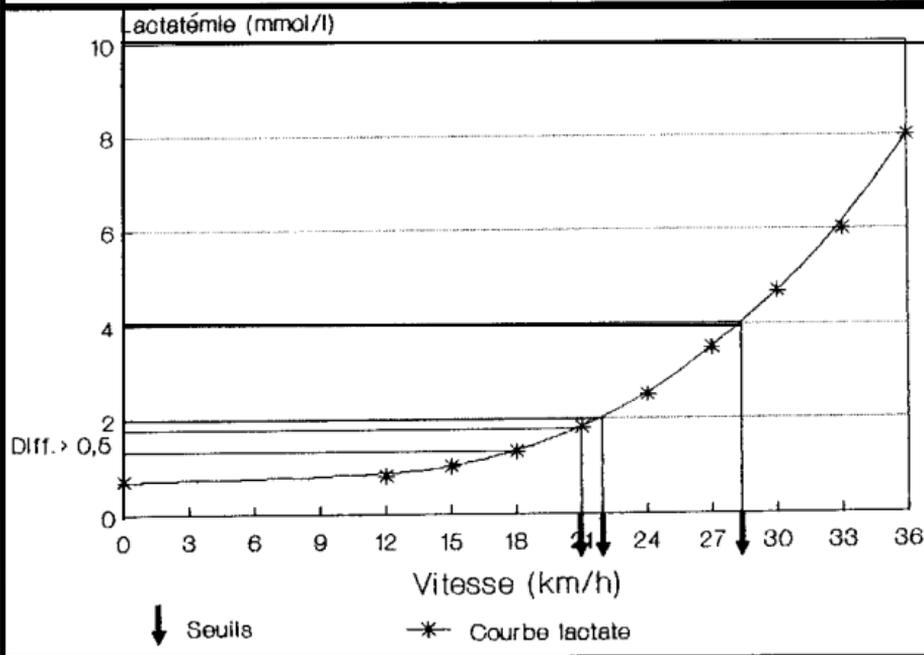


Figure 1 : Méthode de détermination des seuils anaérobies (2mmol/l, 4 mmol/l, diff. > 0,5 mmol/l).

plus à assurer les besoins énergétiques du muscle. Le seuil anaérobie dépend à la fois du coût énergétique, de la VO_{2max} (consommation maximale d'oxygène) et de la capacité d'endurance. A une vitesse supérieure à celle du seuil anaérobie, l'accélération du métabolisme anaérobie entraîne une consommation excédentaire de glucides et donc une déplétion rapide en glycogène musculaire.

En conséquence, l'objectif de cette expérimentation est la mise au point d'un protocole rigoureux de détermination du seuil anaérobie chez le cheval d'endurance grâce à une épreuve effectuée sur le terrain. Ceci nous conduit :

- à définir un protocole expérimental ;
- à réaliser sa validation méthodologique ;
- à le confronter aux données physiologiques.

2 - Protocole.

Chevaux.

Notre essai a porté sur 24 chevaux d'endurance :

- 14 chevaux réalisent deux fois une épreuve d'effort triangulaire dite "complète" ;
- 6 chevaux réalisent une épreuve d'effort triangulaire complète et une épreuve d'effort triangulaire simplifiée ;
- enfin 4 chevaux réalisent une seule épreuve complète.

Piste.

Une piste d'entraînement de trot d'une distance de 375 m a été utilisée. Le balisage de cette piste tous les 25 mètres et la vérification des temps de passage tous les 100 mètres ont permis aux cavaliers de maîtriser la vitesse de leurs chevaux.

Description de l'Épreuve.

- Épreuve complète

Le protocole de l'épreuve d'effort triangulaire complète comprend 8 paliers d'effort successifs d'une durée de 5 minutes chacun. L'intensité de l'effort est croissante d'un palier au suivant. La différence de vitesse entre deux paliers consécutifs est de 3 km/h. Le premier palier est réalisé à la vitesse de 12 km/h et donc le dernier à la vitesse de 33 km/h. La durée de repos entre 2 paliers est de 8 minutes. Un prélèvement de sang à la veine jugulaire est effectué au début de l'épreuve, avant l'échauffement et 4 minutes après chaque effort, afin de mesurer la lactatémie. Enfin l'épreuve d'effort est précédée d'au moins une heure de repos pour permettre la récupération du voyage, et d'une période d'échauffement de 20 minutes. La durée complète de l'épreuve (hors repos) est de 2 heures et le cheval parcourt 15 km ce qui représente un travail important équivalent à une séance d'entraînement.

- Épreuve simplifiée

Le protocole de l'épreuve simplifiée a pour but de diminuer la charge de travail et sa durée tout en conservant la précision du protocole précédent. Il se différencie du précédent uniquement par le nombre de paliers d'effort (5 au lieu de 8), le premier étant réalisé à 21 km/h. L'épreuve simplifiée dure 1 h 25 soit 35 minutes de moins que l'épreuve complète. La distance parcourue est de 11,25 km soit 3,75 km de moins que l'épreuve précédente.

Traitement des résultats.

Les résultats ainsi obtenus ont permis de tracer les graphes d'évolution de la lactatémie pendant l'épreuve-test et de déterminer le seuil anaérobie. Comme le point d'inflexion de cette courbe est parfois difficile à fixer, il existe plusieurs méthodes de détermination. Parmi celles-ci, nous en avons retenu trois (Figure 1) :

- 1) l'intensité de l'effort correspondant à une lactatémie de 2 mmol/l ;
- 2) l'intensité de l'effort correspondant à une

lactatémie de 4 mmol/l ;

3) et enfin la première intensité d'effort correspondant à une variation de la lactatémie supérieure ou égale à 0,5 mmol/l entre deux paliers.

3 - Résultats.

Evolution de la lactatémie.

Quelques courbes représentant l'évolution de la lactatémie sont données à titre d'exemples (Figures 2 et 3). Pour la majorité des chevaux, l'élévation de la lactatémie est très modérée pour les faibles vitesses puis elle augmente beaucoup plus rapidement pour les fortes vitesses (Figure 2). Cependant pour certains chevaux, la lactatémie reste pratiquement constante durant toute l'épreuve-test (Figure 3).

Les concentrations, au départ et pour les vitesses inférieures ou égales à 18 km/h, sont inférieures à 1 mmol/l. Les lactatémies à l'arrivée sont variables en fonction des chevaux, entre 1 et 7,5 mmoles/l. Quant aux seuils, ils varient entre 21 et 33 km/h en fonction des courbes.

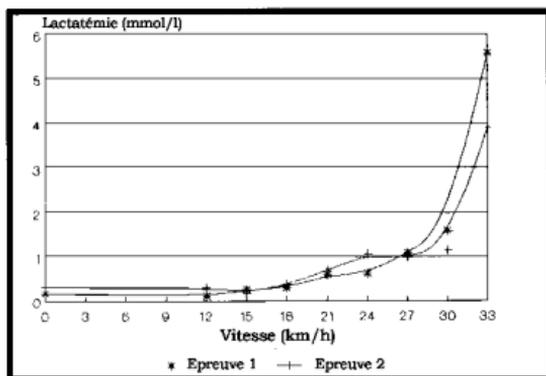


Figure 2 : Exemple de courbe de lactatémie. Le seuil est facilement détecté, le point d'inflexion de la courbe est net (palier de 30 km/h).

Reproductibilité.

Sur les 14 chevaux ayant effectué l'épreuve-test complète en double, la repro-

ductibilité est bonne pour 9 d'entre eux, elle est moyenne pour 3 et mauvaise pour 2 chevaux. Sur les 6 chevaux ayant effectué une épreuve-test allégée, la reproductibilité est bonne pour 2 chevaux, moyenne pour 1 et mauvaise pour 3.

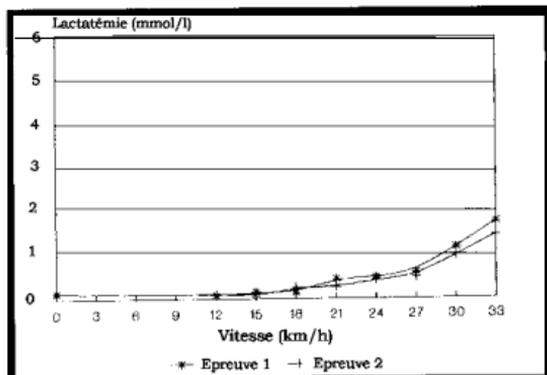


Figure 3 : Exemple de courbe de lactatémie. La lactatémie augmente peu, même au dernier palier : le seuil 2 mmol/l n'est pas franchi.

Variations individuelles.

On constate une différence d'évolution de la lactatémie au cours de l'effort selon les chevaux. Si les concentrations initiales ne présentent pas de variations significatives, il en est différemment après le dernier effort. Sur les 24 chevaux ayant participé à l'épreuve, 16 ont une lactatémie à l'arrivée supérieure à 2 mmol/l. De même, 12 ont une lactatémie à l'arrivée supérieure à 4 mmol/l. Les chevaux réalisant des compétitions de niveau national (supérieures à 130 km/h) ont tous des seuils supérieurs à 31,5 km/h alors que les chevaux de niveau inférieur ont des seuils "moyens" compris entre 24 et 33 km/h.

4 - Interprétation.

Allure générale des courbes.

La courbe d'évolution de la lactatémie est comparable à celle obtenue par les autres auteurs (THORNTON et al. 1983, WIL-

SON et al. 1983, SLOET et al. 1986, VALETTE et al. 1987, BLANC 1987) avec une lactatémie presque constante aux faibles vitesses et une élévation de celle-ci avec l'accroissement de la vitesse. Cependant les courbes obtenues ne suivent pas toutes le modèle idéal. Le fait que des décrochements dans la courbe s'observent de façon répétitive lors des 2 épreuve-tests sur 3 chevaux laisse supposer qu'il ne s'agit pas d'un artefact. Ces "anomalies" de tracé sont cependant difficiles à interpréter.

Les valeurs de lactatémie observées aux vitesses élevées sont plus faibles que dans les autres expérimentations. Ainsi les lactatémies à 33 km/h ne dépassent pas en moyenne la valeur de 4 mmol/l alors que SLOET et al. (1986) obtiennent sur 6 chevaux d'endurance des concentrations moyennes pour la vitesse la plus élevée de 12 mmol/l. Ces différences s'expliquent certainement par celles existant entre les protocoles. Un temps d'effort long limitant l'hyperlactatémie précoce et un temps de repos prolongé concourent à une courbe de lactatémie plus aplatie. De plus, le fait que le prélèvement soit réalisé après 4 minutes devrait selon la littérature favoriser une élévation de la lactatémie. En effet, les auteurs considèrent que celle-ci augmente encore après l'arrêt de l'effort. Cependant les résultats obtenus depuis avec AUVINET (1988) sur des chevaux de concours complet ont permis d'observer au bout de 3 minutes, une diminution significative de la lactatémie par rapport au moment d'arrivée. Ceci amplifie certainement l'aplatissement des courbes.

Méthodes de détermination du seuil.

Aucune des 3 méthodes de détermination des seuils n'est entièrement satisfaisante. En effet, les méthodes utilisant une concentration fixe de lactate (2 mmol/l et 4 mmol/l) présentent l'inconvénient que la concentration résulte d'un équilibre entre les débits de production et de consommation et ne dépend pas seulement de la production. La méthode par étude de la variation de la lactatémie devient insuffisante lorsque la concentration en lactate augmente de façon irrégulière. En

raison de l'existence de valeurs plus dispersées et de bonnes corrélations entre les résultats, les méthodes de détermination des seuils par la concentration à 2 mmol/l et par une variation supérieure à 0,5 mmol/l semblent être des méthodes plus intéressantes que celle à 4 mmol/l.

Valeur des seuils.

Les seuils obtenus lors de cette expérimentation sont compris entre les valeurs décrites par les différents auteurs. Ainsi, THORNTON et al. (1983) observent chez des trotteurs sur tapis roulant des seuils à 2 mmol/l pour des vitesses de 20 et de 23 km/h respectivement avant et après 5 semaines d'entraînement, et des seuils à 4 mmol/l pour des vitesses respectives de 25 et de 29 km/h. SLOET et al. décrivent des seuils à 2 mmol/l pour des vitesses de 21 km/h sur des chevaux d'instruction et de 24 km/h sur des chevaux d'endurance, et des seuils à 4 mmol/l pour des vitesses respectives de 24 et de 28,5 km/h. Enfin WILSON et al. (1983) chez des trotteurs entraînés, observent des seuils à 2 mmol/l et à 4 mmol/l pour des vitesses respectives de 38 et de 41 km/h. Les expérimentations ayant été réalisées dans des conditions différentes, il est difficile de comparer les résultats entre eux. La différence entre les seuils à 2 et à 4 mmol/l dans cette expérimentation est du même ordre de grandeur que celles observées par les différents auteurs.

Reproductibilité du test.

La reproductibilité de l'épreuve-test est globalement bonne puisque pour plus de la moitié des chevaux ayant effectué deux fois l'épreuve complète, on obtient des résultats comparables entre les deux épreuves-tests aussi bien pour la forme globale de la courbe et les différentes déterminations des seuils. Les différences observées pour une même méthode de détermination des seuils entre les deux épreuves-tests restent de toute façon modestes puisque, sauf dans un seul cas, elles sont inférieures ou égales à 3 km/h. Il est intéressant de constater que les chevaux ayant effectué une épreuve-test complète et une épreuve-test allégée ont une

reproductibilité légèrement moins bonne mais la précision sur les résultats reste du même ordre de grandeur. Ceci permettra dans l'avenir de pouvoir simplifier cette épreuve-test.

Cette bonne reproductibilité peut être attribuée au choix de certains paramètres (temps de repos et moment du prélèvement) et à la maîtrise des différents facteurs comme le repos après le transport, la vitesse des chevaux et le moment de prélèvement, l'utilisation de la même piste. L'un des intérêts du protocole est la bonne maîtrise de la vitesse. D'autres facteurs (conditions climatiques, changement de cavalier, temps de repos entre effort) n'ont pu être maîtrisés qu'imparfaitement. Ceci explique certainement les variations observées chez certains chevaux. Ainsi les divergences de résultats sont observées particulièrement chez les chevaux pour lesquels le protocole n'a pu être correctement suivi.

Ainsi figurent parmi ceux-ci, les cinq chevaux qui ont changé de cavalier entre les deux épreuves-tests. Il est intéressant de remarquer qu'un cheval dont les différences de courbes sont particulièrement nettes a eu lors de la première épreuve-test un cavalier lourd (supérieur à 100 kg) et dont le niveau d'équitation est moyen puis un cavalier léger (75 kg) et d'excellent niveau lors de la deuxième épreuve-test. Ceci suffit certainement pour expliquer la différence entre les résultats pour un petit cheval (1,48 m au garrot). Cette méthode permet donc une exploration du couple cavalier-cheval et non une exploration du seul cheval.

Seuil et aptitude à l'endurance.

Les résultats de l'expérimentation montrent que les chevaux ayant les meilleures capacités d'endurance, ont un niveau de seuil supérieur à une valeur limite qui dans ce cas précis est de 31,5 km/h pour les chevaux de niveau national. Les chevaux les plus entraînés à l'effort aérobie ont les valeurs de seuils les plus élevées. Ainsi un seuil anaérobie élevé témoignant d'une bonne adéquation entre le métabolisme aérobie et le coût énergétique semble nécessaire pour qu'un cheval puisse réaliser une

bonne performance. Il n'est cependant pas suffisant en soi puisque des chevaux d'endurance de capacité inférieure possèdent des valeurs de seuils élevées. Ceci est compréhensible : la performance a une origine multifactorielle dans laquelle le métabolisme énergétique ne représente que l'un des facteurs.

On ne retrouve pas, comme chez l'homme, les relations entre seuil anaérobie et vitesse de course lors de compétition de marathon. En effet, lors de course d'endurance, les vitesses réalisées par les meilleurs sont toujours très nettement inférieures à 33 km/h. Elles sont rarement supérieures à 20 km/h. Ceci est en accord avec VALETTE et al. (1988) qui montrent sur des poneys entraînés à l'endurance qu'il n'est pas possible de maintenir longtemps sur tapis roulant une vitesse correspondant à une lactatémie de 4 mmol/l car la fatigue survient rapidement.

De plus, au vu de ces seuls résultats, il n'est possible de conclure que sur les capacités énergétiques du cheval au moment de l'épreuve-test ; l'existence, chez un cheval, d'un seuil anaérobie faible conduit inévitablement à s'interroger sur les raisons de ce fait. Les hypothèses possibles sont nombreuses. Il s'agit plus particulièrement de facteurs génétiques, de l'entraînement, de la valeur du cavalier... La détermination de ces raisons nécessite des examens complémentaires de nature diverse: examen clinique, suivi de l'évolution des seuils, estimation de la valeur de l'entraînement et du cavalier.

REMERCIEMENTS: Nous remercions très sincèrement le C.N.R.E.E., et son Président Jean-Marie LAUDAT, pour l'aide apportée à l'organisation de ces travaux, l'ensemble des cavaliers d'endurance qui ont participé aux tests, Mademoiselle Paula MIGUEL † et Monsieur Daniel PAPET pour leur aide technique.

MOTS-CLES : SEUIL LACTIQUE - TEST D'EFFORT - CHEVAL D'ENDURANCE - APTITUDES PHYSIQUES.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

BLANC P. (1987), Aptitude physique du cheval : dosage du lactate au cours d'épreuves d'effort triangulaire, Congrès de Chirurgie Equine et Médecine des Sports Equestres, 25-28 Mars 1987, Genève.

SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN M.M., WENSING T. et BREUKINK H.J. (1986), Standardized exercise test on a track to evaluate fitness and training of saddle horses, In *Equine Exercise Physiology*, 2, 68-76.

THORNTON J., ESSEN-GUSTAVSSON B., LINDHOLM A., MCMICKEN D. et PERSSON S. (1983), Effects of training and detraining on oxygen uptake, cardiac output, blood gas tensions, pH and lactate concentrations during and after exercise in the horse, in *Equine Exercise Physiology*, 1, 470-486.

VALETTE J.P., WOLTER R. (1987), Lactate et rythme cardiaque : critères d'aptitude sportive chez le poney, Congrès de Chirurgie Equine et Médecine des Sports Equestres, 25-28 Mars 1987, Genève.

WILSON R.G., ISLER R.B. et THORNTON J.R. (1983), Heart rate, lactic acid production and speed during a standardized exercise test in standardbred horses, *Equine exercise physiology*, 1, 487-509.