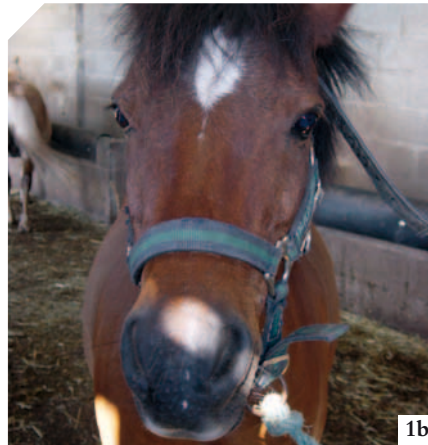




1a



1b

Photos 1a et 1b.

La race, la discipline et l'âge influent sur les valeurs usuelles des paramètres hématologiques et biochimiques chez le cheval. Ainsi, un cheval de sport de concours complet d'équitation (1a) n'aura pas les mêmes valeurs de référence qu'un poney âgé de plus de 20 ans par exemple (1b). Clichés : A. Marchand (1a) et A. Couroucé-Malblanc (1b).



Photo 2.

Matériel pour la réalisation d'une prise de sang chez le cheval.

Cliché : A. Couroucé-Malblanc.

Facteurs de variation liés aux conditions de transport des prélèvements au laboratoire

Selon les paramètres à évaluer, différents tubes sont utilisés (tableau 1, photo 2). Les tubes EDTA pour réalisation d'une numération et d'une formule sanguines doivent parvenir au plus tôt au laboratoire : dans la journée si cela est possible et dans les 24 à 48 heures après la réalisation de la prise de sang au plus tard. Il convient donc d'acheminer ces tubes par expédition express. De même, pour les analyses biochimiques, il est important que les tubes parviennent sans délai au laboratoire. Si la température extérieure reste modérée, il est préférable de laisser les tubes à température ambiante et de les envoyer sans conditionnement particulier. Si les conditions climatiques sont particulièrement chaudes, il est recommandé de veiller à ce que les tubes ne soient pas restés en pleine chaleur dans la voiture pendant plusieurs heures et d'envoyer les prélèvements sanguins sous couvert du froid, avec de simples pains de glace. Toutefois, en raison du risque d'hémolyse, il est important de ne pas mettre les tubes directement en contact avec la source de froid ni immédiatement au réfrigérateur après la prise de sang. Enfin, il est impératif de bien identifier les tubes et d'inclure une feuille de commémoratifs pour le laboratoire pré-

Tableau 1 : Tubes utilisables lors d'analyse sanguine chez le cheval

	Couleur du bouchon	Analyses concernées
EDTA	Violet	Hématologie
Tube sec	Rouge	Biochimie, électrophorèse des protéines, sérologies, endocrinologie
Tube citrate	Bleu	Fibrinogène
Tube hépariné	Vert	Biochimie
Tube fluorure-oxalate	Gris	Acide lactique, glucose

cisant la race, l'âge, le sexe, la discipline, les conditions de prélèvement (repos, posteffort), les hypothèses diagnostiques, etc.

Facteurs de variation liés au laboratoire et aux analyseurs utilisés

Pour l'hématologie, la plupart des laboratoires utilisent des compteurs cellulaires automatiques (automates) qui déterminent les comptages cellulaires, calculent la concentration d'hémoglobine et différents indices érythrocytaires [5]. Il est fondamental d'avoir recours à un analyseur qui dispose d'un "réglage cheval". En effet, les hématies du cheval sont très petites et peuvent être confondues par l'analyseur avec d'autres cellules si ce réglage n'est pas effectué. Les résultats sont susceptibles, par exemple, d'indiquer faussement une anémie. Si les analyses sont effectuées par un laboratoire de biolo-

gie médicale humaine, il convient de vérifier, au préalable, le type d'analyseur avec lequel il travaille et la possibilité de réglage de la machine. Le nombre de plaquettes peut également être sous-estimé par ces analyseurs et il convient alors de refaire l'analyse sur tube citraté (bouchon bleu) et surtout de vérifier le comptage des thrombocytes sur le frottis.

Pour la biochimie, la température à laquelle sont effectués les dosages (souvent 30 ou 37 °C) doit être connue afin de définir les normes adaptées à la technique et de pouvoir interpréter au mieux les résultats.

Concernant le fibrinogène, il est important de connaître la méthode utilisée par le laboratoire. Celle dite de "Millar" est la plus fiable et la plus sensible chez les chevaux dans les hautes valeurs notamment. Elle fournit des valeurs normales jusqu'à 4 g/l. D'autres techniques de dosage donnent des normes situées entre 2 et 2,5 g/l.

La numération et la formule sanguines chez le cheval athlète

La numération et la formule sanguines lors d'un bilan au repos

La numération et la formule sanguines comprennent la formule de la lignée rouge et de la lignée blanche et doivent toujours faire partie d'un bilan de forme "standard". Les variations pour un même individu sont en général assez faibles, mais celles d'une race et d'une discipline à l'autre peuvent être relativement importantes (tableau 2).

La numération et la formule sanguines constituent un élément simple mais essentiel dans l'approche paraclinique du cheval. Elles présentent presque toujours des déviations dans les syndromes pathologiques (anémiques, inflammatoires ou infectieux). Toutefois, lors d'affections subcliniques, les déviations de l'hémoگرامme sont rares. Une inversion de formule (les lymphocytes plus nombreux que les neutrophiles) peut évoquer une maladie virale, une grippe ou une rhinopneumonie par

exemple. Toutefois, cela ne permet pas de confirmer le diagnostic, d'autres affections pouvant être à l'origine d'un profil semblable (intoxication par des mycotoxines par exemple). À l'inverse, les maladies virales ne s'accompagnent pas toujours d'anomalies de la formule sanguine, notamment en raison de la cinétique de mobilisation des cellules qui est également variable selon la gravité de la virose. Il est parfois tentant pour le clinicien d'attribuer une baisse de performance à un taux d'érythrocytes, d'hémoglobine ou d'hématocrite limite bas alors que cela peut constituer une spécificité de l'individu ou de la race concernés [5, 37]. Ainsi, des études menées chez les galopeurs n'ont pas pu mettre en évidence de relation entre l'hématocrite avant la course et la performance en course [47]. Il est néanmoins admis qu'une réelle anémie entraîne une mauvaise oxygénation et peut donc limiter les performances.

La formule leucocytaire comprend la numération des neutrophiles, éosinophiles, basophiles, monocytes et lymphocytes. Les variations de la formule blanche sont en général marquées lorsque le cheval présente des signes cliniques. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'un bilan de forme effectué chez des animaux apparemment sains, les modifica-

tions de la formule sont plus subtiles et nécessitent, pour une bonne interprétation, de disposer des valeurs de référence pour un individu donné ainsi que de bonnes conditions de prélèvement [5]. Celui-ci doit être effectué le matin, au calme et avant le travail afin d'éviter tout facteur de variation [54].

Lors de légères déviations de formule, il peut être intéressant de compléter la prise de sang avec des paramètres tels que le fibrinogène et la sérum amyloïde-A (SAA), comme il sera vu plus loin.

Modifications induites par l'exercice

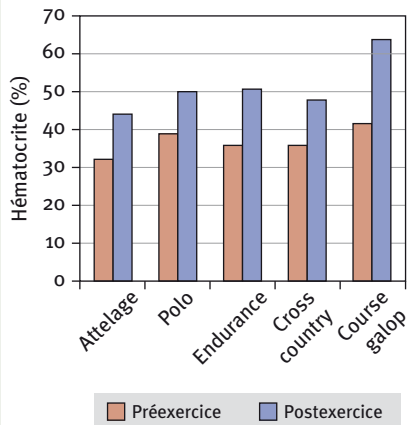
Lignée rouge

Les modifications induites par l'exercice sont très importantes pour la lignée rouge du fait de la contraction splénique. Elles sont directement corrélées à l'intensité de l'exercice. Il est considéré que la moitié des érythrocytes disponibles peuvent ainsi être libérées chez le cheval, probablement sous l'influence de catécholamines [32, 58]. Cette "autotransfusion" procure au cheval à l'exercice une formidable capacité de transport de l'oxygène qui est linéairement liée à la vitesse du travail. Ainsi, il a été montré que les chevaux

Tableau 2 : Normes hématologiques chez le cheval en fonction de la race et de l'âge

Paramètres	Adulte toutes races	Pur-sang, 2 ans, à l'entraînement	Pur-sang, 3 ans, à l'entraînement	Trotteur à l'entraînement	Endurance
	Laboratoire Frank-Duncombe	Beaufort Cottage Laboratories	Beaufort Cottage Laboratories	Rose et coll. 1983	Rose et coll. 1982
Hématie	8,2 à 12,4 M/mm ³	8,7 à 11,7 M/mm ³	8,6 à 10,5 M/mm ³	7,8 ± 1,3 M/mm ³	7,9 ± 0,2 M/mm ³
Leucocytes	6 200 à 10 500/mm ³	7 300 à 12 700/mm ³	6 900 à 9 800/mm ³	7 000 ± 700/mm ³	8 700 ± 610/mm ³
Hémoglobine	12,5 à 17,3 g/dl	12,8 à 16,6 g/dl	13,0 à 16,1 g/dl	12,9 ± 8,9 g/dl	13,2 ± 4,1 g/dl
Hématocrite	35 à 45 %	37,0 à 42,1 %	35 à 43 %	33 ± 2 %	37 ± 10 %
Taux globulaire moyen	15,2 à 21 pg	13,7 à 15,7 pg	14,9 à 16,2 pg	-	16,1 ± 0,26 pg
Neutrophiles	3 500 à 6 500/mm ³ (53 à 65 %)	4 000 à 6 000/mm ³ (42 à 63 %)	3 900 à 5 200/mm ³ (48 à 64 %)	-	5 420 ± 780/mm ³
Éosinophiles	0 à 350/mm ³ 0 à 4 %	0 à 300/mm ³ (1 à 3 %)	0 à 200/mm ³ (1 à 2 %)	-	460 ± 140/mm ³
Monocytes	100 à 550/mm ³ 1 à 6 %	260 à 560/mm ³ (2 à 6 %)	200 à 560/mm ³ (2 à 6 %)	-	300 ± 60/mm ³
Lymphocytes	2 000 à 3 200/mm ³ (30 à 40 %)	2 700 à 4 400/mm ³ (28 à 46 %)	2 300 à 3 400/mm ³ (28 à 42 %)	-	2 820 ± 200/mm ³
Plaquettes	150 à 300 10 ³ /mm ³	127 à 206 10 ³ /mm ³	127 à 206 10 ³ /mm ³	-	-

Figure : Effet de différents types d'exercice sur l'hématocrite



D'après [46].

splénectomisés artificiellement présentent une intolérance très significative à l'effort par rapport à des chevaux normaux.

Certains auteurs ont mis en évidence l'existence d'une corrélation positive entre le taux d'hémoglobine ou l'hématocrite après l'effort et la performance en course [44]. Toutefois, cette augmentation rapide et importante de l'hématocrite n'est pas sans conséquences sur la viscosité sanguine et peut aussi engendrer des déficits de perfusion tissulaire [14, 25, 57]. Si le cheval d'endurance présente une augmentation modérée de l'hématocrite par rapport aux chevaux qui fournissent un effort de vitesse pure, les risques d'hémoconcentration qu'il encourt en raison des pertes hydriques importantes liées à la durée de son effort ne doivent pas être négligés (figure).

Lignée blanche

La formule leucocytaire est également modifiée avec l'exercice, mais des spécificités non négligeables liées à la discipline de l'animal sont retrouvées. Immédiatement après un exercice intense, il existe une lymphocytose transitoire et une diminution du rapport neutrophiles/lymphocytes probablement secondaire à la libération de catécholamines et à la contraction splénique. Toutefois, il y a peu de modification du

nombre total de leucocytes [47]. Trois heures après l'exercice, le rapport neutrophiles/lymphocytes augmente en raison de la hausse des neutrophiles et de la baisse des lymphocytes. Ce rapport neutrophiles/lymphocytes revient à la normale 6 heures après l'exercice [55]. À l'inverse, l'exercice d'endurance est associé à une leucocytose résultant d'une neutrophilie et d'une lymphopénie. Ces modifications sont dues principalement aux variations de cortisol plasmatique beaucoup plus marquées pour les chevaux d'endurance que pour les pur-sang [47, 55]. Les chevaux qui finissent une course d'endurance à des vitesses supérieures présentent un rapport neutrophiles/lymphocytes plus élevé que les animaux évoluant à des vitesses plus lentes. De plus, Carlson et coll. ont mis en évidence que les chevaux d'endurance épuisés présentent des neutrophiles toxiques (virage à gauche), en comparaison avec des individus cliniquement sains [9]. Le niveau de performance influe donc également sur la réponse leucocytaire à l'exercice.

Modifications induites par l'entraînement

La réalisation d'un bilan sanguin chez un cheval en début d'entraînement (commencement de carrière ou suivi après un arrêt prolongé) est extrêmement intéressante. En effet, les bilans réalisés après cette première référence individuelle doivent évoluer favorablement avec le programme d'entraînement [3, 12, 34, 46, 51]. Ce premier bilan sanguin peut donc être considéré comme un état des lieux qui va servir de référence dans le suivi de cet individu au cours de son entraînement.

Un grand nombre d'études ont permis d'évaluer la réponse de l'hémogramme au cours de l'entraînement [4, 34]. Chez les chevaux qui effectuent des exercices intenses, il existe une augmentation significative du taux d'hématies, de l'hématocrite et de l'hémoglobine liée à la hausse de la demande de transport d'oxygène. Toutefois, il existe de grandes variations individuelles et l'augmentation de l'excitabilité du cheval au cours de l'entraînement pourrait être également responsable de celle de ces valeurs. De plus, le suivi régulier de l'hémogramme au cours de l'entraîne-

ment a peu de valeur pour évaluer la préparation du cheval et reste sans valeur prédictive de la performance. Néanmoins, la réalisation régulière de numérations et de formules sanguines au cours de l'entraînement d'un cheval peut se révéler intéressante pour le diagnostic d'anomalies subcliniques. En effet, chez un individu présentant habituellement une valeur d'hématocrite comprise entre 38 et 42 %, par exemple, un taux d'hématocrite de 33 % va être significativement bas et donc anormal. Ce type de modifications peut être mis en évidence dans le cadre d'un suivi longitudinal, mais pas lors d'une simple prise de sang isolée. Chez les chevaux d'endurance, les valeurs de repos de la lignée rouge sont souvent plus basses que chez les chevaux de course. Cela est dû à l'augmentation du volume plasmatique, qui entraîne une hémodilution et donc une baisse de l'hématocrite. Toutefois, cela a été mis en évidence par Mc Keever et coll., après 1 semaine d'entraînement d'endurance, mais pas par Rose et Hodgson après 12 semaines de cette activité [38, 43].

Le nombre total de leucocytes n'est pas modifié au cours de l'entraînement chez les chevaux, qu'ils soient galopeurs ou d'endurance. De plus, il n'existe pas de modification de la proportion des différentes populations leucocytaires. En revanche, le suivi régulier du nombre de leucocytes et du ratio neutrophiles/lymphocytes permet de déceler des variations minimales survenant en l'absence de signes cliniques [57].

Paramètres biochimiques chez le cheval athlète

Paramètres biochimiques lors d'un bilan au repos

La biochimie sanguine du cheval athlète est un outil indispensable dans le suivi médical ou sportif [59]. C'est particulièrement le cas dans la détection précoce de lésions tissulaires ou d'altérations fonctionnelles, de surentraînement ou de maladie qui met en arrêt provisoire la saison sportive du cheval [7, 20, 21]. Elle est surtout utilisée dans l'exploration des tissus majeurs chez l'athlète : les muscles cardiaques et

squelettiques, les reins et le foie [28, 35, 39, 57, 58]. Si le cheval de sport est peu sujet aux maladies rénales et hépatiques, il convient de ne pas oublier que son activité et le catabolisme qu'elle génère ne peuvent se passer des tissus de filtration et d'élimination (tableaux 3 et 4) [54].

La fonction musculaire

Les possibilités de dosage biochimique en laboratoire pour dépister des affections musculaires (myopathie, myosite, rhabdomyolyse, etc.) sont assez nombreuses et bien maîtrisées depuis un certain nombre d'années [3, 21-23, 26, 62]. Néanmoins, en raison des demi-vies respectives de ces enzymes sériques (créatine kinase ou CK, aspartate aminotransférase ou Asat, lactate déshydrogénase ou LDH), le dosage d'Asat est le plus fiable lors d'un bilan au repos ou 24 à 48 heures après un effort. En effet, la CK, d'apparition précoce dans le sérum en cas de lésions, diminue rapidement alors que l'Asat, et, dans une moindre mesure, la LDH baissent progressivement pendant plusieurs jours avant un retour à la normale [29, 55]. Toutefois, ni l'Asat (représentative d'une affection musculaire ou hépatique) ni la LDH (qui possède cinq isoenzymes, la LDH₅ étant l'isoenzyme représentative d'une affection musculaire ou hépatique) ne sont spécifiques du muscle.

Pour un bilan au repos, il convient donc d'associer le dosage de l'Asat et de la CK. En revanche, lors de suivi médico-sportif ou d'entraînement, l'étude des variations de la CK seule donne de très bonnes indications sur l'effort fourni et sur la capacité de récupération du cheval. La réalisation d'une prise de sang 3 heures après l'effort permet d'évaluer la tolérance musculaire de l'exercice. En effet, la valeur des CK peut être doublée après un exercice intense, mais ne devrait pas excéder cette limite, hormis chez les jeunes chevaux qui débudent leur adaptation musculaire à l'effort [20, 23, 46]. Il semble assez bien admis désormais que le dosage de deux de ces trois enzymes apporte des renseignements fiables sur l'intégrité des tissus musculaires. Certains ont même essayé de rapprocher ces valeurs au repos avec la performance ou les gains obtenus en course avec succès [21, 58].

Les fonctions cardiaque et respiratoire

Pour l'évaluation de la fonction cardiaque, les isoenzymes de la créatine kinase (CK MB) et la LDH (isoenzymes 1 et 2) peuvent être dosées [42]. La mesure de la troponine 1 est également

utilisée chez le cheval. Des valeurs augmentées de cette enzyme ont été mesurées lors d'affections myocardiques avérées chez le cheval [33].

L'exploration biochimique des lésions du myocarde est depuis longtemps pratiquée en médecine humaine pour

Tableau 3 : Normes de paramètres biochimiques chez le cheval

Paramètres	Valeurs
Protéines totales	62 à 70 g/l
Albumine	30 à 40 g/l
Globuline	18 à 38 g/l
α1-globuline	0,4 à 2 g/l
α2-globuline	3,2 à 8,4 g/l
β1-globuline	4 à 10,8 g/l
β2-globuline	1,7 à 8,9 g/l
γ-globuline	4,6 à 13,4 g/l
Acides biliaires	4 à 10 μmol/l
Bilirubine totale	9 à 20 mg/l
CPK	< 200 UI/l
Asat	< 350 UI/l
LDH	200 à 700 UI/l
LDH isoenzyme 1	10 à 18 %
LDH isoenzyme 2	22 à 30 %
LDH isoenzyme 3	34 à 42 %
LDH isoenzyme 4	13 à 23 %
LDH isoenzyme 5	1 à 7 %
Créatinine	< 20 mg/l
Urée	0,30 à 0,45 g/l
Fibrinogène	< 2,5 g/l (ou < 4 g/l selon méthode)
GGT	< 25 UI/l
Phosphatase alcaline totale	200 à 400 UI/l
Fraction intestinale PAL	< 12 %
Fraction hépatique PAL	< 70 %
Fraction osseuse PAL	< 18 %
SAA	< 20 mg/l au repos < 100 mg/l au travail
Lipase	< 55 UI/l
Amylase	< 20 UI/l
Pepsinogène	< 50 à 60 mU de tyrosine/l
Calcium	105 à 120 mg/l
Sodium	134 à 144 mmol/l
Potassium	3,2 à 4,2 mmol/l
Chloride	95 à 105 mmol/l

CPK : créatine phosphokinase ; Asat : aspartate aminotransférase ; LDH : lactate déshydrogénase ; GGT : gamma-glutamyl-transpeptidase ; PAL : phosphatase alcaline ; SAA : sérum amyloïde-A. Sources : normes du laboratoire départemental Frank-Duncombe (Caen) et Beaufort Cottage Laboratories (Rossdales and Partners, Royaume-Uni).

Tableau 4 : Quels paramètres pour quels bilans ?

Types de bilans	Paramètres
Bilan de forme	Hématologie, fibrinogène, protéines totales, albumine, CK, Asat, PAL, GGT, acides biliaires, urée, créatinine, bilirubine totale, <i>ionogramme</i> , SAA
Bilans digestif et hépatique	Hématologie, PT, électrophorèse des protéines, fibrinogène, PAL, acides biliaires, GGT, <i>lipase</i> , <i>amylase</i> , <i>pepsinogène</i> , <i>isoenzymes PAL</i>
Bilan inflammatoire	Hématologie, fibrinogène, SAA, protéines totales et électrophorèse des protéines
Bilan cardiaque	Hématologie, fibrinogène, protéines totales, troponine 1, LDH et isoenzymes, CK MB

Asat : aspartate aminotransférase ; GGT : gamma-glutamyl-transpeptidase ; PAL : phosphatase alcaline ; SAA : sérum amyloïde-A ; CK : créatine kinase ; PT : protéines totales ; CK MB : isoenzyme cardiaque de la CK.
En italique sont notés les paramètres pouvant être effectués en seconde intention.

confirmer et/ou pronostiquer les infarctus du myocarde. Chez le cheval de course ou de sport les résultats ne sont pas toujours homogènes, mais le dosage de l'isoenzyme 1 des LDH sériques semble apporter dans 50 % des cas une bonne corrélation avec les dépistages complémentaires d'anomalies fonctionnelles ou tissulaire du muscle cardiaque [37, 62, 63]. La LDH1 est normalement présente dans le sérum à hauteur de 10 % environ des LDH sériques totales [21, 35]. Lors de souffrance tissulaire du myocarde, elle augmente dans des proportions importantes en inversant notamment le rapport LDH1/LDH2, normalement proche de 0,5. Le dosage des isoenzymes cardiaques de la CK (fraction MB) ne fait pas toujours non plus l'unanimité [21]. L'utilisation combinée de la CK et de la LDH en ayant recours à leurs isoenzymes d'intérêt dans de telles suspicions semble être un bon compromis dans le suivi médico-sportif de ces chevaux [29]. Toutefois, peu de chevaux sportifs présentent des souffrances cardiaques sévères et donc, au final, peu de modifications des paramètres biochimiques sont mises en évidence.

Pour la fonction respiratoire, il existe peu de paramètres spécifiques. Toutefois, l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE) et les protéines de surfactant (SP-D) sont intéressantes. L'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE) a jusqu'à présent été peu étudiée chez le cheval athlète, et toujours en relation avec les performances [10, 15, 49]. Bien que son implication dans l'hypertension artérielle

soit bien connue, des effets délétères potentiels sur l'endothélium vasculaire (indépendants de la pression sanguine) sont maintenant suspectés chez l'homme [6]. Chez le trotteur ou le pur-sang en bonne santé, la valeur normale se situe en période d'entraînement entre 50 et 70 UI/l à 30 °C [61]. Cependant, ces chiffres peuvent varier très sensiblement en fonction de la technique et de la température utilisée. Le trotteur présente souvent des "normes" plus élevées que le pur-sang. Les protéines de surfactant sont produites par les pneumocytes (type II) et les cellules de Clara, et leur concentration sanguine se trouve augmentée lors de dommages de la membrane alvéolaire. Les concentrations sériques en protéines de surfactant (notamment SP-D) sont cliniquement utilisées chez l'homme comme marqueurs de troubles alvéolaires, et comme marqueurs d'inflammations respiratoires aiguë et chronique chez la souris [17, 24]. Le dosage sérique de cette protéine a également été décrit chez le cheval atteint de pneumonie bactérienne ou d'inflammation subclinique des voies respiratoires profondes [30, 50].

Paramètres de l'inflammation

Le dosage du fibrinogène est un paramètre clé du bilan sanguin de routine ou du suivi médical en tant que témoin des processus inflammatoires. Toutefois, d'autres marqueurs comme la sérum amyloïde-A (SAA) se révèlent parfois plus sensible chez le cheval et peuvent présenter un intérêt majeur dans le suivi longitudinal d'un athlète

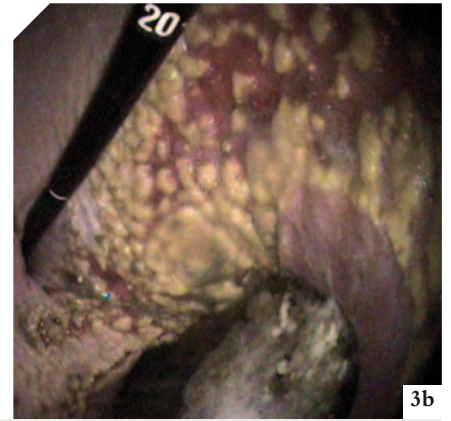
ou dans le suivi d'un processus anémique ou subanémique [5]. En effet, le fibrinogène reste un paramètre peu sensible, surtout pour les chevaux athlètes chez lesquels l'objectif est de détecter précocement des affections parfois subcliniques. Les élévations significatives du taux de fibrinogène sont plutôt observées lors d'affections sévères : dommage tissulaire important, abcès, infections chroniques, etc. [43, 56]. De plus, la cinétique du fibrinogène est lente : le taux met plusieurs jours à monter, puis plusieurs jours à redescendre quand l'inflammation est jugulée. En revanche, la SAA est beaucoup plus réactive, tant pour augmenter que pour descendre (en particulier lors d'inflammation septique : élévation dans les 24 heures). Il convient donc de ne pas conclure à une absence automatique d'inflammation (respiratoire notamment) si le fibrinogène est normal.

La SAA est un marqueur de l'inflammation très utile chez le cheval. Il est très sensible, très rapide, et permet de détecter les phases précoces d'une inflammation ou d'une infection et de suivre la réponse au traitement. Chez le cheval de sport, le suivi de ce paramètre au cours d'une saison de compétition peut mettre en évidence des inflammations subcliniques. La charge de travail est alors temporairement diminuée et la cause de cette élévation de la SAA recherchée. Il peut également être intéressant d'utiliser le rapport protéines totales/fibrinogène pour éviter les surévaluations ou sous-évaluations dans les cas de déshydratation ou de pertes protéiques sévères, respectivement [2]. Le dosage des protéines totales associé systématiquement à celui de l'albumine permet d'évaluer également le statut inflammatoire du cheval. Une électrophorèse des protéines peut ensuite permettre de distinguer les hyperprotéïnémies liées à l'augmentation des α -, des β - ou des γ -globulines. Les bases de l'interprétation de l'électrophorèse des protéines sont détaillées dans la fiche technique publiée dans le numéro de mars de *Pratique Vétérinaire Équine* [16]. L'intérêt de l'haptoglobine a été largement évalué en conditions expérimentales et de terrain. Toutefois, chez le cheval, ce paramètre a été supplanté par la SAA. À ce jour, une seule étude a comparé ces

deux marqueurs lors de situation inflammatoire, à savoir l'induction expérimentale d'une arthrite non infectieuse. De même, le stress associé au transport ou aux conditions d'hébergement, par exemple, semble également avoir des répercussions sur la concentration en SAA et dans une moindre mesure sur celle en haptoglobine [45, 48]. La SAA peut aussi se révéler un marqueur utile dans l'approche d'anémie ou de subanémie arégénérative, dont la cause la plus fréquente est l'existence d'un foyer inflammatoire chronique. Dans ces cas, le dosage du fibrinogène est souvent dans les valeurs normales alors que le dosage de la SAA indique des valeurs élevées.

Les fonctions hépatique et digestive

Les acides biliaires sont parmi les meilleurs marqueurs de troubles fonctionnels du foie chez les équidés. Ils s'élèvent rapidement et sont exclusivement hépatocytaires (leurs taux sanguins normaux étant très bas). L'exploration fonctionnelle du foie peut aussi être réalisée en utilisant des enzymes telles que la γ -glutamyl-transférase (GGT) et la phosphatase alcaline (PAL) [60]. Il est également possible de doser la glutamate déshydrogénase (GLDH) en raison de son excellente spécificité hépatocytaire et sa relative stabilité dans les prélèvements, contrairement à la SDH qui, elle, est très instable. Les augmentations les plus marquées en cas d'obstruction biliaire sont celles des PAL et de la GGT. Cependant, il convient, chez les jeunes chevaux notamment, de s'assurer que l'élévation sérique des PAL n'est pas le fait des isoenzymes osseuses (majoritaires de 0 à 10 mois) ou intestinales de cette enzyme [19, 27, 31, 60]. La GGT pose parfois des difficultés d'interprétation chez le cheval à l'entraînement en raison de son maintien à des taux élevés chez des chevaux cliniquement sains et ce, sans profils biochimiques évoquant des lésions hépatiques. Il convient, pour ces chevaux, d'éliminer toute possibilité de maladie pancréatique ou rénale, puisque ces organes ont une forte activité tissulaire vis-à-vis de cette enzyme. Dans d'autres cas, ces taux élevés sont associés à des chevaux contre-performants ou supportant mal les entraînements rapprochés [7, 54]. Le changement d'ali-



Photos 3a et 3b.

La présence d'ulcères gastriques peut entraîner des modifications de certains paramètres biochimiques. Ulcère sur la muqueuse glandulaire au-dessus du pylore (3a) et ulcères de grade 4 sur 4 sur la muqueuse non glandulaire sur la petite courbure (3b). Clichés : A. Couroucé-Malblanc.

mentation et le retour au paddock sont parfois suffisants pour aboutir à un retour à la normale [54].

Pour effectuer un bilan qui concerne le système digestif, il est également possible de doser la lipase, l'amylase et le pepsinogène. En effet, une étude menée sur 56 chevaux atteints d'ulcères gastriques et 10 chevaux sains considérés comme la population "contrôle" a mis en évidence une augmentation des cinq paramètres biochimiques suivants chez les chevaux présentant des ulcères gastriques : amylase pancréatique, bilirubine totale, PAL (fraction intestinale), GGT et SAA (photos 3a et 3b) [36].

Le cheval de loisirs présente souvent un taux de bilirubine totale assez stable en dehors de tout épisode pathologique. Ces taux vont rapidement varier dans de très nombreuses affections, qu'elles soient inflammatoires ou infectieuses (maladies systémiques induisant des hémolyses). Le niveau de bilirubine totale chez le cheval athlète est, quant à lui, un marqueur essentiel de l'hémolyse. Si sa valeur normale est souvent discutée, un nombre important de chevaux très performants possèdent des seuils de bilirubinémie plus élevés que la moyenne. Ces taux élevés de bilirubine sanguine sont souvent associés à des hématocrites supérieurs à la moyenne.

La fonction rénale

La fonction rénale est bien explorée par le dosage de l'urée et de la créatinine qui sont deux paramètres très constants chez le cheval. Néanmoins, ces deux dosages pourront être modifiés par des dysfon-

ctionnements prérénaux comme la déshydratation et l'exercice musculaire [54]. Les dosages au repos sont parfois un peu élevés à cause des régimes riches en protéines et de l'effort musculaire s'il a été effectué dans les 12 heures précédant l'analyse de sang. Les dosages de GGT urinaire sont fiables dans l'exploration des néphrites, auxquelles les chevaux d'endurance peuvent être confrontés en raison de l'effort considérable à fournir dans cette discipline.

Électrolytes

Chez le cheval, la sueur est très riche en sodium, en potassium et en chlorure. Ces paramètres sont importants dans le suivi d'un cheval au cours d'une saison de compétition, notamment après des épreuves ou courses pour évaluer la récupération de l'animal [54]. La concentration plasmatique en électrolytes peut affecter la performance sportive. Certaines études ont permis de mettre en évidence que même de petites déviations des concentrations en électrolytes sont associées à la contre-performance [59]. Le dosage du potassium peut être très rapidement faussé dès le moindre signe d'hémolyse physiologique ou lors de mauvaises conditions de prélèvement et de conservation, du fait de la libération du potassium intra-érythrocytaire.

Modifications avec l'exercice

Les "bilans de forme" s'appliquent à l'heure actuelle essentiellement aux chevaux d'utilisation sportive. L'exercice et l'entraînement engendrent chez



Photo 4.

Le dosage de la lactatémie nécessite la réalisation d'une prise de sang immédiatement après la fin de l'exercice. Cliché. A. Couroucé-Malblanc.

le cheval de profondes modifications physiologiques et métaboliques. Certaines d'entre elles sont normales et parfois intéressantes à suivre en tant que paramètres de forme ou témoins de "charge" de travail. D'autres révèlent des troubles en cours ou des risques de lésions malgré un examen clinique normal.

Les analyses biochimiques décrites pour le bilan au repos (fibrinogène, CK, Asat, LDH, GGT, etc.) subissent des modifications plus ou moins importantes à l'effort. Cette évolution est normale pendant l'effort et éventuellement pendant les quelques heures qui suivent, mais la persistance de chiffres élevés, notamment en enzymologie musculaire, est souvent à considérer comme un signe de lésions ou de risque, de fatigue, de mauvaise récupération [21, 22, 28, 46, 54]. Il est souvent admis que 24 heures après un effort moyen à intense pour un travail de sprint ou de jumping et 72 heures après un travail de cross ou d'endurance, la plupart des paramètres biochimiques doivent avoir retrouvé des valeurs "normales" pour le cheval concerné.

Après un effort moyen sur tapis roulant, de nombreuses valeurs biochimiques restent significativement augmentées une heure après l'effort (5 à 15 % selon les paramètres) [53]. C'est le cas de la CK et de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE), de l'Asat, des LDH

et, à un moindre titre, de la bilirubine totale et des GGT [61]. Cependant, ces augmentations dépassent rarement les normes supérieures en l'absence de lésions et reviennent à des valeurs "normales" 12 à 24 heures après le travail. Cela n'est pas toujours vrai pour les chevaux d'endurance, chez lesquels il n'est pas rare de trouver des enzymes musculaires sériques très élevées à l'arrivée d'une course sans signes évidents de troubles locomoteurs [54]. Ces taux sériques élevés (Asat, GGT) perdurent parfois pendant plusieurs jours sans signes cliniques. Pour certains auteurs, l'évaluation biochimique du cheval après l'effort à l'aide de ces paramètres est un bon indicateur de l'état général de l'animal et de sa faculté de récupération [20, 21, 46]. Certains considèrent aussi que les tests enzymatiques musculaires sont bien adaptés pour juger des risques de surentraînement ou des rythmes à adapter [58]. De ce point de vue, certaines affections musculaires subcliniques sont mieux dépistées à l'aide de dosages de CK et d'Asat, quelques heures après un travail léger à moyen, alors que l'évaluation biochimique de ces mêmes chevaux aurait donné des résultats normaux sur un bilan effectué au repos [54].

Les paramètres biochimiques de la fonction rénale sont eux aussi importants dans le cadre d'un suivi médico-sportif. De plus, dans l'effort de sprint (trot ou galop), l'urée et la créatinine restent transitoirement élevées pendant 1 à 2 heures [54]. Pour les chevaux d'endurance, en revanche, ces paramètres sont à surveiller en raison des pertes hydriques importantes et de l'effort prolongé. Ce dernier peut, par diminution de la perfusion glomérulaire, engendrer des dysfonctionnements rénaux qui sont parfois des complications rencontrées chez les chevaux arrivant exténués [54].

La fonction respiratoire est un facteur limitant majeur de l'exercice chez le cheval dans la mesure où elle ne s'améliore pas avec l'entraînement [3]. Lors de troubles liés à "l'hypertension" ou d'hémorragie pulmonaire induite à l'exercice, le dosage de l'enzyme de conversion de l'angiotensine peut être intéressant. Il donne des résultats sensiblement inférieurs dans les périodes de repos prolongé pour les chevaux de ces deux

disciplines et pour les chevaux de sport (< 30 UI/l à 30 °C). Cette enzyme augmente sensiblement 1 heure après l'effort (effort moyen au trot) et retrouve des valeurs basales dans les 12 heures en l'absence de lésions des tissus pulmonaires.

En ce qui concerne la fonction cardiaque, les valeurs normales au repos de la troponine I chez des chevaux sont très basses et peuvent croître avec l'exercice. Ainsi, des augmentations de la valeur basale ont été mises en évidence lors de compétition d'endurance, lors d'exercice de 2 000 à 2 400 m sur le tapis roulant et également chez des trotteurs de course [18, 41]. Il est donc important de respecter un délai de 48 heures après un exercice intense pour l'analyse de ce paramètre.

Lors de l'exercice, le dosage de la lactatémie est également indiqué chez le cheval sportif (photo 4). La lactatémie augmente de façon exponentielle avec l'intensité de l'exercice et permet de définir la nature de celui-ci (aérobie, aéro-anaérobie, anaérobie). Toutefois, dans ce cas précis, ce sont véritablement les valeurs postexercice qui sont intéressantes et non pas celle de repos. Elles sont alors mesurées lors d'exercices qui doivent être standardisés (même durée d'effort, même type de piste) et corrélés à la mesure de la vitesse et de la fréquence cardiaque. Cela permet alors de définir des paramètres comme la V₂ et la FC₂ = vitesse et fréquence cardiaques pour une lactatémie de 2 mmol/l et la V₄ et la FC₄ = vitesse et fréquence cardiaques pour une lactatémie de 4 mmol/l [11, 12]. Ces paramètres ont un intérêt pour évaluer l'aptitude physique d'un cheval, pour suivre son évolution au cours de l'entraînement et pour la détection d'affections subcliniques (respiratoires, locomotrices, etc.) [13].

L'intérêt de rapprocher la lactatémie du taux d'acide urique sanguin à l'effort a aussi été décrit comme indice de tolérance à l'exercice (notamment d'endurance) dans la mesure où ce composé ou ses dérivés (xantoïne, alantoïne, etc.) témoignent du catabolisme de la fibre musculaire. En pratique, le dosage de l'acide urique n'est pas effectué pour des raisons d'absence de méthodes simples de laboratoire. Le dosage de la lactatémie peut se faire sur des appareils portatifs (Accutrend, laboratoire

Roche par exemple) qui donnent des résultats rapides (60 secondes) mais peu précis, notamment lorsque l'intensité de l'exercice, donc l'hématocrite, augmente. Le dosage de la lactatémie sanguine ou plasmatique peut être réalisé en laboratoire, mais cela requiert de conditionner l'envoi du prélèvement (centrifugation ou déprotéinisation avec de l'acide perchlorique) au laboratoire.

Modifications avec l'entraînement

En général, il existe peu de modifications du profil biochimique avec l'entraînement. Le changement le plus remarquable est la valeur basale des GGT qui augmente avec l'entraînement. Certains chevaux présentent des valeurs de GGT au repos supérieures à 100 UI/l en absence d'affections hépatiques. Toutefois, il a également été montré que des valeurs élevées de GGT ont souvent été corrélées à une baisse de

performance. L'origine de l'augmentation des GGT n'a pas été mise en évidence et les valeurs reviennent à la normale en 30 à 60 jours [59].

Conclusion

Au vu des différents points abordés dans cet article, le bilan de forme idéal n'existe pas. Toutefois, l'exploration de la formule sanguine et des fonctions hépatique, rénale et musculaire est quasi incontournable pour ce genre de bilan. Ces analyses devront également être adaptées aux besoins du client, du cheval, et vont devoir être modifiées en fonction de l'examen clinique.

Le bilan de forme au repos chez le cheval athlète n'est en aucun cas un bilan d'aptitude ou de performance à lui seul, mais plutôt un "profil" individuel auquel il est possible de se reporter pour suivre le cheval au cours de ses périodes d'entraînement ou des épisodes ayant nécessité son arrêt. Les

prélèvements doivent donc être standardisés et confiés à des laboratoires habitués à l'espèce équine dans la mesure du possible et si l'acheminement de l'échantillon le permet. De plus, il est important de respecter un certain nombre de gestes simples ou de précautions afin d'interpréter ces informations.

Certains paramètres biochimiques comme la SAA sont des critères prometteurs comme marqueurs fins et précoces de l'inflammation et mériteraient d'être intégrés plus régulièrement aux bilans de forme dans le suivi longitudinal des chevaux athlètes. ▶



http://www.wk-vet.fr/mybdd/?visu=166&article=166_3410

Références

- Andrews DA, Reagan WJ, Denicola DB. Plasma fibrinogen in recognizing equine inflammatory disease. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 1994;16(10).
- Art T, Lekeux P. Physiologie de l'effort et médecine sportive équine. *Prat. Vét. Équine.* 1991;23(2):5-14.
- Barrelet A, Ricketts S. Haematology and blood biochemistry in the horse : a guide to interpretation. In *Practice*. 2002;24:318-327.
- Bermann F. La gamma-glutamyl transférase chez les équidés. *Prat. Vét. Équine.* 2000;32:73-76.
- Brugmans F, Venner M, Menzel D et coll. Determination of plasma fibrinogen concentration in the horse with heat-precipitation techniques (Schalm and Millar method). *Dtsch. Tierarztl. Wochschr.* 1998;105(2):58-61.
- Coomer RR, Forhead AJ, Bathe AP, Head MJ. (2003) Plasma angiotensin-converting enzyme (ACE) concentration in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet J.* 2003;35:96-98.
- Couroucé A, Chatard JC, Auvinet B. Estimation of performance potential of Standardbred trotters from blood lactate concentrations measured in field conditions. *Equine Vet. J.* 1997;29(4):365-369.
- Couroucé A. Field exercise testing for assessing fitness in French Standardbred trotters. *Vet. J.* 1999;157:112-122.
- Couroucé A. Epreuves d'effort de terrain et applications pratiques. *Prat. Vét. Équine.* 2000;32:87-94.
- De Mello Costa MF, Anderson GA, Davies HM et coll. Circulating angiotensin converting enzyme in endurance horses: effect of exercise on blood levels and its value in predicting performance. *Equine Vet. J. Suppl.* 2010;38:152-154.
- Desjardins I. Bases de l'interprétation de l'électrophorèse des protéines sériques chez le cheval. *Prat. Vét. Équine.* 2010;165.
- Durando MM, Reef VB, Kline K et coll. Accute effects of short duration, maximal exercise on cardiac troponin I in healthy horses. *Equine Comp. Exercise Physiol.* 2006;3(4):217-233.
- Fortier G, Bermann F, Couroucé A. Approche hématologique et biochimique dans le suivi médico-sportif du cheval athlète : intérêts et limites. Partie 1, bilan au repos. *Prat. Vét. Équine.* 2000;32.
- Fortier G, Bermann F, Couroucé A. Approche hématologique et biochimique dans le suivi médico-sportif du cheval athlète : intérêts et limites. Partie 2, bilan à l'exercice et à l'entraînement. *Prat. Vét. Équine.* 2000;32.
- Freestone JF, Gossett K, Carlson GP et coll. Exercise induced alterations in the serum muscles enzymes, erythrocyte potassium and plasma constituents following feed withdrawal or furosemide and sodium bicarbonate administration in the horse. *J. Vet. Intern. Med.* 1991;5(1):40-46.
- Geor RJ, Mc Cutcheon LJ. Thermoregulation and clinical disorders associated with exercise and heat stress. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 1996;18(4):43-46.
- Hobo S., Niwa H., Anzai T. Evaluation of serum amyloid A and surfactant protein D in sera for identification of the clinical condition of horses with bacterial pneumonia. *J. Vet. Med. Sci.* 2007;69:827-830.
- Kedzierski W, Bergero D, Assenza A. Trends of hematological and biochemical values in the blood of young horses during standardized field exercise tests. *Acta Vet. (Beograd).* 2009;59(5-6):457-466.
- Kraus MS, Jesty SA, Gelzer AR et coll. Measurement of plasma cardiac troponin I concentration by use of a point-of-care analyzer in clinically normal horses and horses with experimentally induced cardiac disease. *Am. J. Vet. Res.* 2010;71(1):55-59.
- Leleu C, Haentjens F. Morphological, haemato-biochemical and endocrine changes in young Standardbreds with maladaptation to early training. *Equine Vet. J.* 2010;42(suppl.38):171-178.
- Maliverney C. Paramètres hématologiques et biochimiques et coproscopies chez des chevaux soumis à une gastroscopie et présentant des ulcères gastriques. Étude expérimentale menée chez 65 chevaux. Thèse de doctorat vétérinaire, Nantes. 2008.
- McGowan C. Clinical pathology in the racing horse: the role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. *Vet. Clin. Equine Pract.* 2008;24:405-421.
- Mills PC, Auer DE, Kramer H et coll. Effects of inflammation-associated acute-phase response on hepatic and renal indices in the horse. *Aust. Vet. J.* 1998;76(3):187-194.

41. Nostell K, Haggstrom J. Resting concentrations of cardiac troponin I in fit horses and effect of racing. *J. Vet. Cardiol.* 2008;10(2):105-109.

45. Petersen H, Nielsen J, Heegaard P. Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry. *Vet. Res.* 2004;35:163-187.

46. Picavet T, Muylle E, Van Den Hende C et coll. Significance of the activity of muscles enzymes in serum from trotting horses during training. *Vlamms Diergen. Tijds.* 1991;60(1):17-21.

48. Richard E, Pitel PH, Andre S et coll. Protéines de la phase aiguë : utilisation raisonnée des marqueurs de l'inflammation. *Bull. GTV.* 2010:61-68.

49. Richard E, Fortier G, Pitel PH et coll. Subclinical diseases affecting performance in Standardbred trotters: Diagnostic methods and predictive parameters. *Vet. J.* 2010;184, 282-289.

50. Richard E, Pitel PH, Christmann U et coll. Serum concentration of surfactant protein D in horses with lower airway inflammation. *Equine Vet. J.* Accepté pour publication. 2011.

54. Rose RJ, Hodgson DR. Hematology and Biochemistry. In: *The Athletic horse.* Saunders ed. 1994:63-78.

62. Valberg SJ, Macleay JM, Billstrom J et coll. Skeletal muscle metabolic response to exercise in horses with « tying-up » due to polysaccharide storage myopathy. *Equine Vet. J.* 1999;31(1):43-47.

63. Van Loon G, Deprez P, Sustronck B et coll. Abnormal right ventricular pressure patterns in 2 horses with an augmented LDH 1 isoenzyme fraction. *Vlamms Diergen. Tijds.* 1994;63(2):54-59.

❖ Résumé

Les bilans héματο-biochimiques sont les premiers examens complémentaires effectués dans le cadre de l'examen d'un cheval sportif. Chez ces chevaux, il est particulièrement intéressant d'effectuer un suivi longitudinal de paramètres hématologiques et biochimiques au cours d'une saison de courses ou de compétition afin de connaître les valeurs de référence pour un individu donné et de suivre l'évolution de ces valeurs. Pour ce faire, il convient néanmoins de connaître les variations possibles de ces différents paramètres en fonction de l'exercice et également en fonction de l'entraînement afin de pouvoir en interpréter au mieux les valeurs.

❖ Summary

Haematology and plasma or serum biochemistry provide access to the function of a range of body systems and are crucial tools in assessment of the athletic horse. In an athletic horse, it is very interesting to follow up the different variables during a racing or a competition season in order to know what are the reference values for a given horse and what is the evolution of these variables. In order to interpret these values, it is important to know what are their variations with exercise and training.