

## ADDITIFS NUTRITIONNELS POUR L'AMELIORATION DES PERFORMANCES SPORTIVES: QUEL INTERET?

R. WOLTER et J.P. VALETTE

Laboratoire de physiologie sportive I.N.R.A. Ecole Vétérinaire d'Alfort.

**RESUME :** Les effets de différents additifs nutritionnels sur l'aptitude à soutenir un effort prolongé ont été étudiés à l'aide d'une méthodologie expérimentale rigoureuse. Il ressort que les suppléments excessives en vitamines et minéraux ne présentent aucun intérêt, de même que l'addition d'Acide Pangamique à la ration. L'Inosine aurait un effet favorable sur la récupération cardiaque. Les Organolysats de poisson et la Carnitine se sont révélés être efficaces pour faciliter la poursuite d'un effort long.

Dans le domaine des sports hippiques, l'importance de l'enjeu, une certaine méconnaissance des principes d'une alimentation rationnelle, le souci de mettre tous les atouts dans son jeu et le besoin de se rassurer ont pu favoriser un certain commerce des additifs alimentaires "aux effets miracles".

**En fait, il importe tout d'abord d'écartier toute éventualité de dopage qui n'a rien à voir avec une alimentation rationnelle.**

Celle-ci doit en premier lieu assurer le meilleur fonctionnement de l'organisme et en assurer une excellente intégrité; elle doit ensuite fournir le carburant le mieux adapté au type d'athlète (sprinter ou coureur de fond) et au genre d'épreuve; elle doit enfin viser à améliorer l'utilisation métabolique des nutriments énergétiques. Pour cela, il faut bien connaître tous les besoins nutritionnels et les couvrir intégralement; mais au-delà, il semble qu'il n'y ait rien à attendre de surcharges.

**Il importe donc de pouvoir évaluer la réelle efficacité des divers adjuvants proposés, de nature nutritionnelle ou autre.**

Longtemps, on en fut réduit à une appréciation subjective, à l'origine de pseudo-secrets d'écurie ou de modes très mal fondés. Aujourd'hui, les moyens scientifiques modernes offrent la possibilité de contrôles objectifs, rigoureux et précis. Ainsi, chez l'athlète humain, les premiers travaux sur ce sujet datent des années 70 (Golding et Morgan 1972). Chez le cheval, notre laboratoire a développé une méthodologie stricte permettant de juger des répercussions de l'équilibre alimentaire comme de l'entraînement sur les performances sportives des équidés, avec l'obligation de bien distinguer l'aptitude à l'endurance et l'aptitude au sprint.

En ne considérant dans le cas présent que l'effort d'endurance chez le poney, choisi comme modèle expérimental, nous avons soumis aux essais différents adjuvants dont il convient de préciser le véritable intérêt.

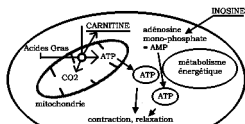
## FACTEURS NUTRITIONNELS SOUJETS AUX ESSAIS

Les facteurs testés sont variés: concentrats minéraux ou vitaminiques, carnitine, protéolysats, acide pangamique, inosine.

Tous interviennent plus ou moins directement dans le métabolisme énergétique musculaire et visent à stimuler ce dernier. Mais l'intérêt réel de toute supplémentation dépend d'un réel besoin complémentaire compte tenu des apports des rations usuelles et de la production endogène qui est peut-être capable, au moins dans une certaine mesure, de s'adapter progressivement à la demande métabolique.

### Les Minéraux (Na, K, Mg...), Oligoéléments (Zn, Cu, Fe...) et Vitamines (Complexe B).

Ceux-ci interviennent dans différents processus biochimiques essentiels à l'exer-



Cellule musculaire

Figure 1: Modes d'action de la carnitine et de l'inosine dans la cellule.

ELEMENT	FONCTIONS MAJEURES	BESOINS (/j/poney)	APPORT (/j)	
			par l'aliment	per le complément
<b>MACRO-ELEMENTS (g)</b>				
Magnésium	Co-facteur enzymatique Excitabilité neuromusculaire	4,5	5,1	3,2
Sodium	Equilibre acido-basique Fonction nerveuse	7,2	7,0	8,5
Potassium	Idem + contraction musculaire	12,6	25	5,5
<b>OLIGO-ELEMENTS (mg)</b>				
Zinc	Constituant enzymatique	320	300	400
Cuivre	Constituant enzymatique associé au métabolisme du fer	70	30	50
Fer	Constituant de l'hémoglobine et d'enzymes impliqués dans le métabolisme énergétique	400	300	500

Tableau 1: Fonctions et besoins des minéraux et oligoéléments testés.

cice physique (Wolter 1986, McArdle et al. 1985): contraction musculaire, systèmes enzymatiques et co-facteurs de la glycolyse et du cycle de Krebs... (Tableaux I et II)

## La Carnitine

Synthétisée dans l'organisme à partir de méthionine et de lysine (Borum 1983, Combrisson 1983), elle est nécessaire au transfert intra-mitochondrial des acides gras à longue chaîne (en C16 et au-delà) et en activerait l'oxydation (Figure 1).

Elle aurait donc une influence lors des efforts d'endurance, qui orientent le métabolisme musculaire vers une utilisation préférentielle des lipides et particulièrement des acides gras non estérifiés (A.G.N.E.), d'autant plus que l'animal athlète reçoit un régime enrichi en matières grasses.

## Les Protéolysats ou Organolysats de Poisson

Ils sont obtenus par "autolyse", c'est à dire action des protéases endogènes, de sous

Tableau 2: Fonctions et besoins des vitamines du groupe B testées.

VITAMINES	FONCTIONS MAJEURES	BESOINS (/j)	APPORTS (/j) PAR LE COMPLÉMENT
B1 (Thiamine)	Coenzymes impliqués	25 mg	150 mg
B2 (Riboflavine)	dans les processus	40 mg	50 mg
B6 (Pyridoxine)	métaboliques conduisant à	15 mg	20 mg
B12	la synthèse d'ATP.	120 µg	150 µg

produits de poissons de la famille des Gadidés (Lotte).

Horomis un apport non négligeable en acides aminés essentiels, en vitamine E et en sélénium (Se), ils sont riches en acides gras polyinsaturés en n-3 de la famille de l'acide linoléique (Singh et Chandra 1988). Ils favoriseraient, entre autres caractéristiques, la résistance à l'effort en combattant les troubles liés aux méthodes modernes d'alimentation par: - leurs peptides précurseurs d'hormones; - leur complexe anti-oxydant, vitamine E et sélénium; - leurs acides gras essentiels, précurseurs des prostaglandines.

## L'Acide Pangamique ou "vitamine B15"

Cette dénomination recouvre une variété de produits différents à base de N,N- diméthylglycine (DMG). L'acide pangamique agirait en augmentant l'efficacité des cellules à utiliser l'oxygène, donc la capacité aérobie, déterminante en effort d'endurance. Selon une théorie inverse, le DMG permettrait d'effectuer un travail en anaérobie tout en réduisant l'accumulation d'acide lactique (Jones 1989).

## L'inosine

C'est un nucléoside (base purique + pentose), précurseur d'ATP dont l'hydrolyse fournit l'énergie nécessaire à la contraction musculaire. L'inosine, contrairement à l'ATP, peut traverser la membrane cellulaire et conserver son activité métabolique. Sa cible préférentielle est la fibre myocardique d'où son application pour le maintien de la fonction cardiaque (Figure 1). Chez le cheval en méforme, elle agirait, par amélioration du débit cardiaque pendant l'effort et sur la récupération cardiaque après l'effort (Encadré 1) (Verrier 1982).

### Encadré 1: Effets cardiaques de l'inosine

Lors d'une perfusion I.V. d'une dose d'inosine, on observe les effets suivants: - accroissement de la force de contraction; - augmentation du débit coronarien; - maintenance fréquence cardiaque et la pression artérielle.

## LES PROTOCOLES D'ESSAI

Les essais ont été effectués sur 6 poneys entraînés pour un effort de type endurance (à 130-140 battements cardiaques par minute) au moyen d'une longe automatique.

Le régime de base est un aliment complet expérimental équilibré en minéraux et en vitamines et enrichi en matières grasses d'origine animale (saindoux) et végétale (huile de tournesol, graisse de coprah) pour atteindre un taux de 12 p.100 en matières grasses.

Les additifs sont testés successivement sur tous les poneys selon une structure en carré latin. Chaque poney est son propre témoin et reçoit alternativement les différents régimes. Ces additifs sont administrés par voie orale sauf l'inosine qui est injectée par voie intra-musculaire.

Les tests standardisés d'aptitude sportive effectués à l'aide d'une longe automatique, reposent sur le principe des épreuves dites triangulaires. Ils consistent en une série de quatre paliers d'effort de durée constante (2 ou 3 minutes), de vitesses croissantes (de 2 à 7 mètres par seconde), entrecoupés de périodes de récupération de 5 minutes.

Pendant l'ensemble du test, la fréquence cardiaque est enregistrée en continu au moyen d'un Horse tester; après chaque palier d'effort, un prélèvement de sang est réalisé en vue des déterminations suivantes:

- valeurs hématologiques: concentrations en globules rouges et blancs, taux d'hémoglobine;
- taux plasmatique d'acide lactique (lactatémie: bon indicateur de l'intensité du métabolisme anaérobie), de glucose (glycémie), d'acides gras libres, de calcium, de magnésium, de zinc et de cuivre.

L'étude de l'évolution de la fréquence cardiaque et de la lactatémie en fonction de la vitesse permet de définir des critères d'aptitude à l'effort long (Tableau III) tels que V4, V200, et FC4 ainsi que l'indice de récupération cardiaque (IRC) pris à 90 secondes ou à 5 minutes (Wolter et al., 1987).

# La Parole aux Chercheurs

Ces indices physiologiques augmentent avec l'amélioration de l'état de forme.

L'intérêt de l'adjonction de divers additifs nutritionnels se juge au moyen de tests statistiques du type Analyse en composantes principales (ACP) et Analyse factorielle discriminante (AFD). Ces méthodes de calcul prennent en compte toutes les informations disponibles, physiologiques et biochimiques, concernant un animal ou un régime donné. Elles reposent sur les relations étroites qui peuvent exister entre ces informations et dégagent les interrelations les plus significatives (Valette et Wolter, 1988).

Ces méthodes statistiques ont l'avantage de présenter de manière synthétique l'ensemble des informations recueillies (indices physiologiques mesurés au cours des périodes expérimentales) concernant un animal ou un régime alimentaire. Il est ainsi possible de comparer les effets des additifs nutritionnels en fonction de tous les indices physiologiques mesurés sur chacun des poneys.

## RESULTATS

Les résultats sont positifs ou nuls, selon qu'ils améliorent ou non l'aptitude à l'effort par rapport à un régime témoin non supplémenté (Tableau IV).

## DISCUSSION

Dans les conditions expérimentales qui permettent surtout de juger de l'aptitude à fournir un effort d'endurance et qui présentent des imperfections par rapport à nos essais actuels sur tapis roulant (contrôle moins rigoureux de la vitesse imposée, nombre de paliers moins importants), peu de suppléments alimentaires prouvent une réelle efficacité.

### Les minéraux et les vitamines

A partir d'un régime équilibré couvrant bien les besoins calculés et comportant même de bonnes marges de sécurité, les surcharges en minéraux (Na, K, Mg, Oligoéléments) et/ou en vitamines (groupe B) appa-

Tableau III: Critères d'aptitude sportive

CRITERE	DEFINITION
V4 (mesure de Vseuil)	Vitesse produisant une lactatémie de 4 mmol/l (seuil anaérobie conventionnel)
V200	Vitesse induisant une fréquence cardiaque de 200 batt./mn
FC4 (mesure de FCseuil)	Fréquence cardiaque correspondant à une lactatémie de 4 mmol/l
IRC	Indice de récupération cardiaque (FCi + FCf)/FC récupération

ADDITIFS	EFFET	COMMENTAIRES
<b>Minéraux</b>	0	Sauf magnésium qui permet de maintenir la magnésémie en effort long.
<b>Vitamines</b>	0	
<b>Carnitine</b>	+/-	En association avec un régime hypergras et un entraînement à l'effort long
<b>Organolysats</b>	+	Améliore les critères physiologiques.
<b>Pangamate</b>	0	
<b>Inosine</b>	+/0	Effet sur la récupération après l'effort, mais action très fugace.

raissent sans intérêt excepté pour le magnésium, afin de prévenir l'hypomagnésémie favorisée par les efforts longs et les régimes enrichis en matières grasses (Wolter et al. 1986).

Tableau IV:  
Résultats  
des essais

### L'Acide Pangamique

Le rôle biologique de cette molécule n'est pas élucidé et elle ne semble pas non plus améliorer l'aptitude à l'effort long. L'appellation de vitamine lui a été refusée par la Food and Drug Administration (FDA) (instance suprême américaine en matière d'alimentation),

### L'Inosine

Ce précurseur d'Adénosine Monophosphate n'améliore pas les aptitudes sportives. Sa seule action positive serait une accélération de la récupération cardiaque après effort, au cours des 5 minutes qui suivent l'injection, ce qui en limite grandement

l'intérêt pratique.

## Les Organolysats de poisson

A raison de 6 grammes par poney et par jour, ils améliorent le seuil anaérobie, ce qui se traduit par une augmentation des critères physiologiques V4, V200, FC4. Les véritables autolysats manifestent une nette supériorité par rapport aux préparations obtenues par hydrolyse chimique, peut-être grâce à une meilleure préservation des liaisons faibles polypeptides - acides gras de la série n-3.

## La Carnitine

Les effets de cet additif ont été étudiés à la dose de 6 grammes par poney et par jour, en comparant les variétés moléculaires DL et L (*Note 1*), sur des épreuves d'endurance de 3 à 4 heures à 15 km/h sur un parcours entrecoupé d'obstacles. Il en ressort que la carnitine exogène, avec apparemment une certaine supériorité de la forme L (par rapport à un égal apport de DL) semble améliorer l'utilisation métabolique des lipides en effort long chez les poneys entraînés et adaptés à un régime alimentaire riche en matières grasses, bien que les critères physiologiques ne soient pas sensiblement modifiés.

## CONCLUSION

Au total, dans nos conditions expérimentales permettant de caractériser les répercussions sur les aptitudes sportives à l'effort d'endurance chez des poneys bien adaptés à ce type de travail physique et à un régime équilibré généralement enrichi en matières grasses, il apparaît que les hydrolysats de poisson et plus spécialement les autolysats, améliorent nettement les performances; la carnitine semble favoriser le métabolisme aérobie des lipides, avec une certaine supériorité de la forme L par rapport à la forme DL; l'inosine n'a qu'un effet très fugace sur la récupération cardiaque après effort; la supplémentation en acide pangamique apparaît sans intérêt et

les surcharges en minéraux et/ou en vitamines ne montrent aucune efficacité.

Toutefois, ces résultats ne peuvent être généralisés, notamment au sprinter, et chaque substance doit donner lieu à une vérification systématique, avec une méthodologie bien éprouvée, sûre et fiable, choisie en fonction de la spécialité sportive concernée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- BORUM P.R., 1983, Carnitine. *Ann. Rev. Nutr.*, 3, 233-259.
- COMBRISSEON H., 1983, La carnitine, physiologie et perspectives d'avenir. *Rec. Med. Vet.*, 159 (9), 693-700.
- GOLDING L.A., MORGAN N.P., 1972, *Drugs and hormones in Ergogenic aids and muscular performance*. New-York Academic Press.
- JONES P.R., 1989, *Equine Sports Medicine*. Lea et Febrieger, Philadelphie.
- McARDLE N.D., KATCH K.J., KATCH V.L., 1985, *Exercice physiology* 2nd Ed. Lea et Febrieger, Philadelphie.
- SINGH G., CHANDRA R.K., 1988, Biochemical and cellular effects of fish and fish oils. *Progress in food and nutrition science*, 12 (4), 371-420.
- VALETTE J.P., WOLTER R., 1988, Intérêt des mesures de lactatémie et de fréquence cardiaque comme critères d'aptitudes sportives. *CEREOPA*, 14ème Journée d'études, Paris, 8 Mars, 1-16.
- VERRIER M.F., 1982, Inosine, coeur et fatigue. *Le Praticien*, 446.
- WOLTER R., 1986, Diététique du cheval athlète. *CEREOPA*, 12ème Journée d'études, Paris, 12 Mars, 206-243.
- WOLTER R., VALETTE J.P., MARION J.M., 1986, Magnésium et effort d'endurance chez le poney. *Ann. Zootech.*, 35 (3), 255-264.
- WOLTER R., VALETTE J.P., EZZAOUI A.M., HENRY N., GRANDJEAN R., JOUGLIN M., 1987, Influence de surcharge en minéraux et/ou vitamines sur les aptitudes sportives du poney. *CEREOPA*, 13ème Journée d'études, Paris, 11 Mars, 111-121.

**Note 1:**  
La L carnitine est la seule forme biologique active... Elle coûte 1000 plus cher que la préparation racémique DL