

Nutrition du sportif

Macro nutriments et hydratation

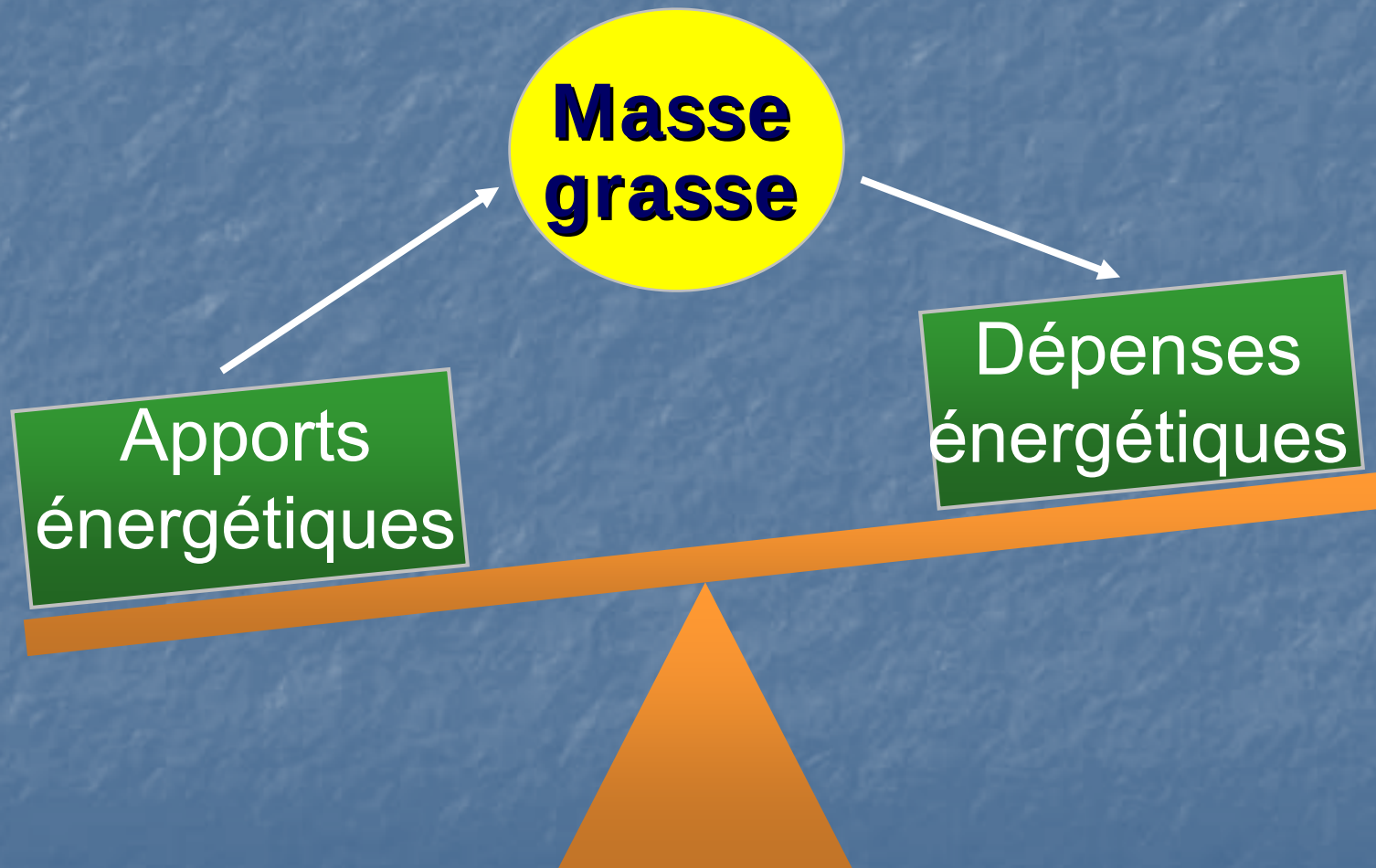
Jean Richard ISRAEL
Pôle De Médecine du Sport de L'Essonne
Centre National du Rugby
MARCOUSSIS

Les bases de l'alimentation

- Apport d'énergie équilibré avec les dépenses
- Respect des apports respectifs en macronutriments 4G 2L 1P en % de la ration calorique
- Apport suffisant mais pas excessif en minéraux et vitamines
- La bonne alimentation s'inscrit dans un mode de vie global, relation entre nutrition et sommeil et nutrition et stress
- Il existe des besoins spécifiques pour la croissance

Chez le sujet sain sportif ou non qui ne prend pas de poids, ce système est remarquablement précis sur une longue période.

Une erreur constante de 100Kcal en excès sur 10 ans conduirait à une surcharge pondérale moyenne de 15Kg

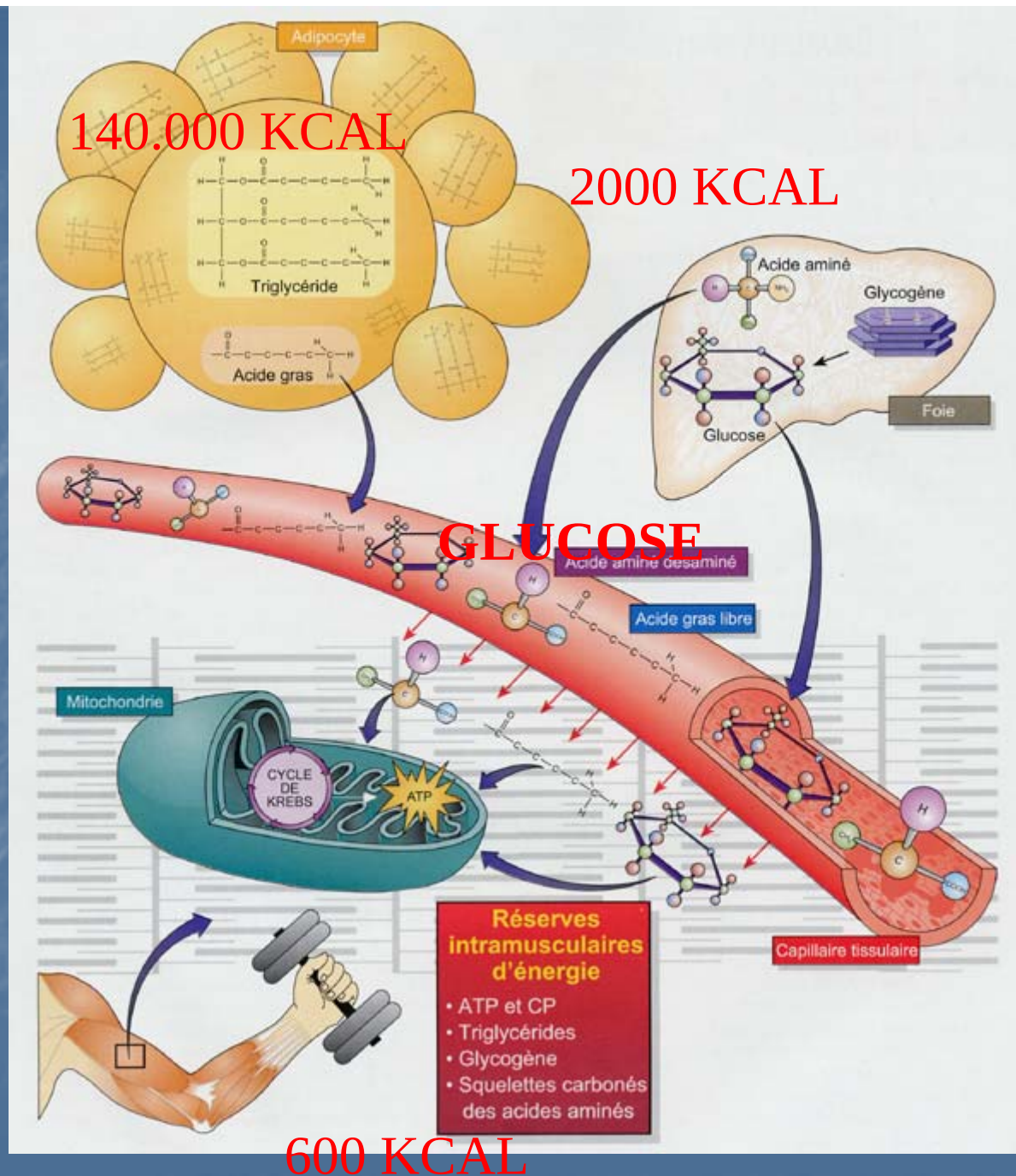


Chez le sportif l'ajustement ne se fait pas au jour le jour mais sur une plus longue période ; le problème existe pour les sports à catégorie de poids

Les stocks énergétiques

La totalité des réserves lipidiques permettrait de courir 40 marathons à la suite.

La disponibilité des hydrates de carbone est le vrai facteur limitant.



L'utilisation des lipides en fonction de l'intensité de l'exercice suit une courbe en U inversé

L'utilisation des différentes sources de substrats varie en fonction de l'intensité de l'exercice musculaire

La notion de cross-over correspond au point de croisement de l'utilisation des lipides et des glucides. Ce point se déplace vers la droite sous l'effet de l'entraînement.

Brooks J Appl Physiol 80:1073 1996

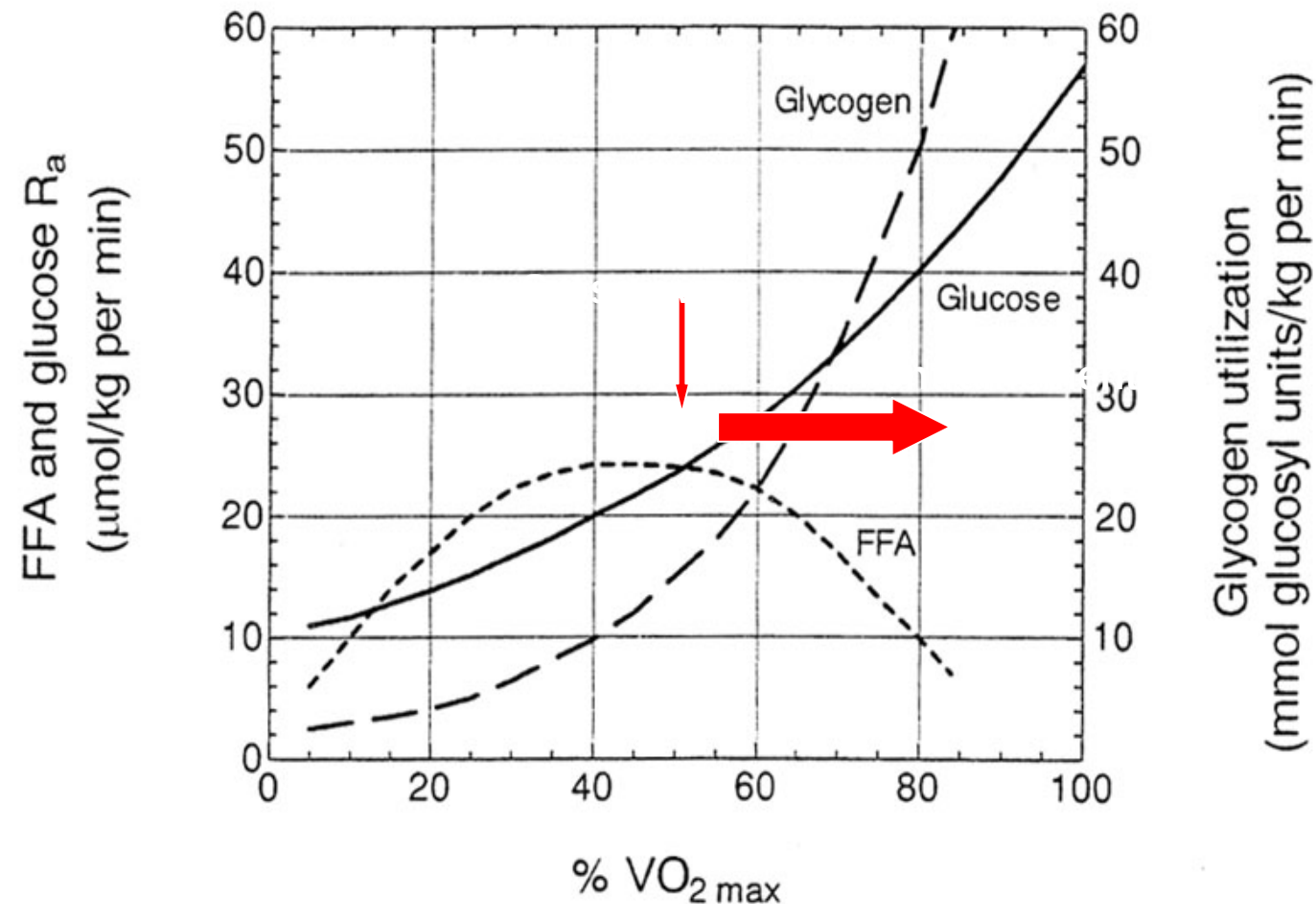


FIGURE 1—Blood glucose and free fatty acid flux rates (R_a) and net muscle glycogenolysis as a function of relative exercise intensity. $\dot{V}O_{2\max}$, maximal oxygen uptake. Redrawn from reference 4 and reproduced with permission of the American Physiological Society.

LES GLUCIDES

Un apport d'hydrate de carbone avant et pendant l'effort peut augmenter considérablement la performance. Coyle EF., Hagberg JM., Hurley WH., Martin A., Eshani A., Holloszy (H) .Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J. Appl. Physiol.* 1983 ; 55:230-235.

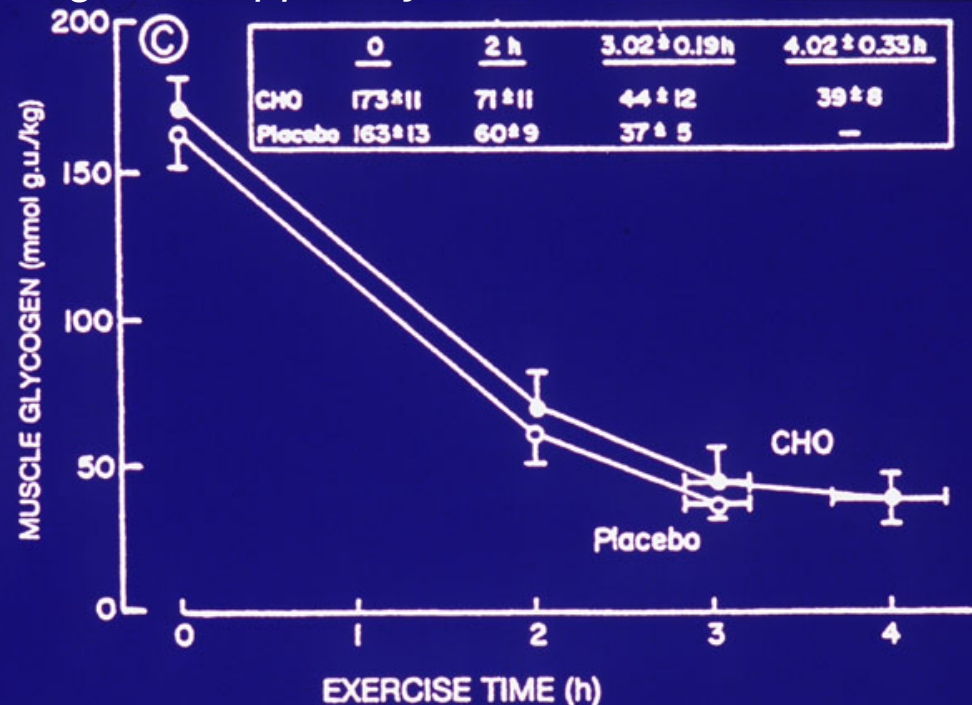
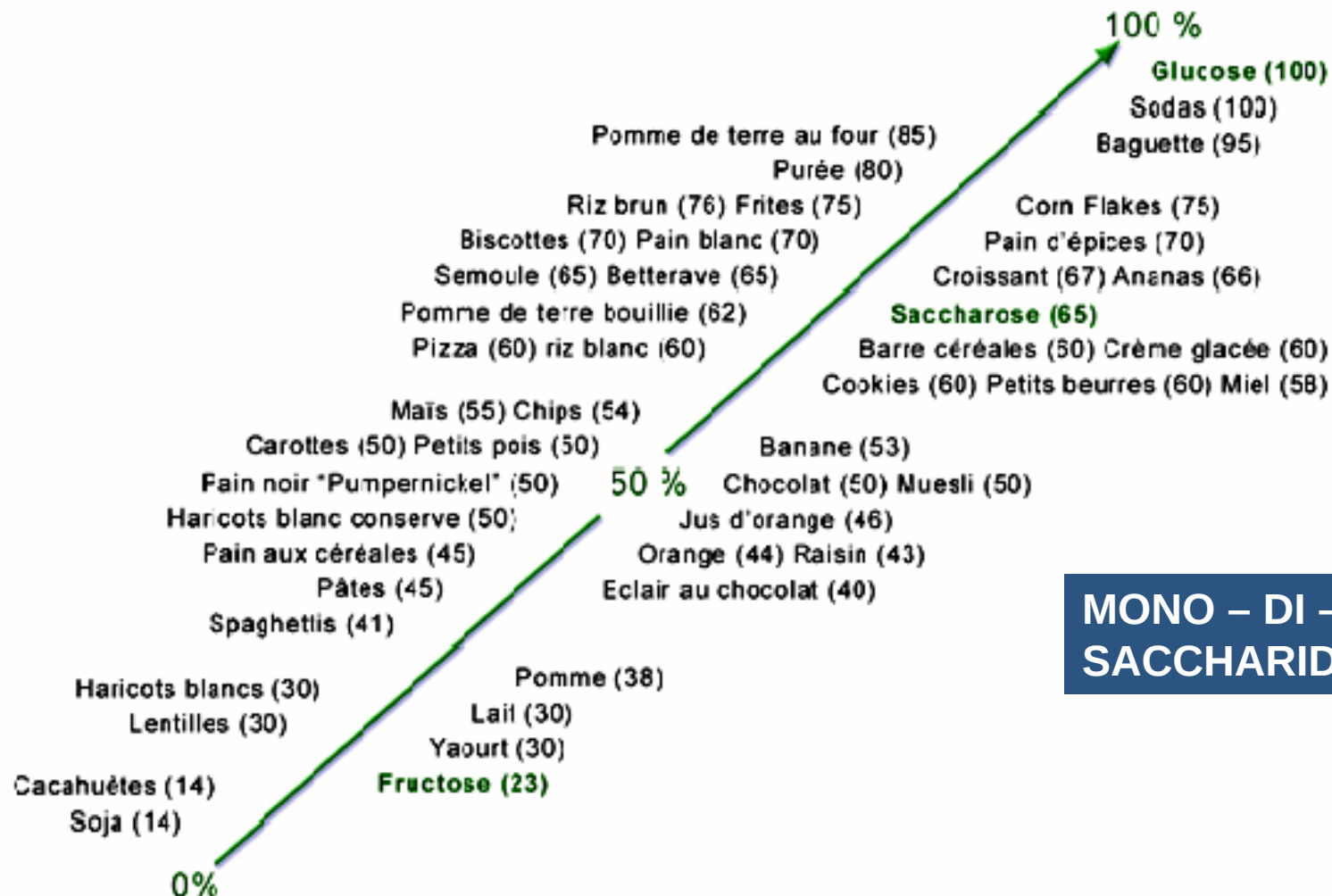


FIGURE 10. Effects of carbohydrate feedings ($0.2 \text{ g carbohydrate} \cdot \text{kg body wt}^{-1} \cdot 20 \text{ min}^{-1}$) during exercise at 71% VO_2max until exhaustion. Time to fatigue was extended by 1 h with carbohydrate feedings. The improved performance is attributed to a higher rate of blood glucose oxidation during the later stages of exercise and not to a sparing of muscle glycogen. $\bar{x} \pm \text{SE}$. *Significantly different from carbohydrate; $P < 0.05$. g.u., glycogen used. Reprinted with permission from reference 14.

LES HYDRATES DE CARBONE

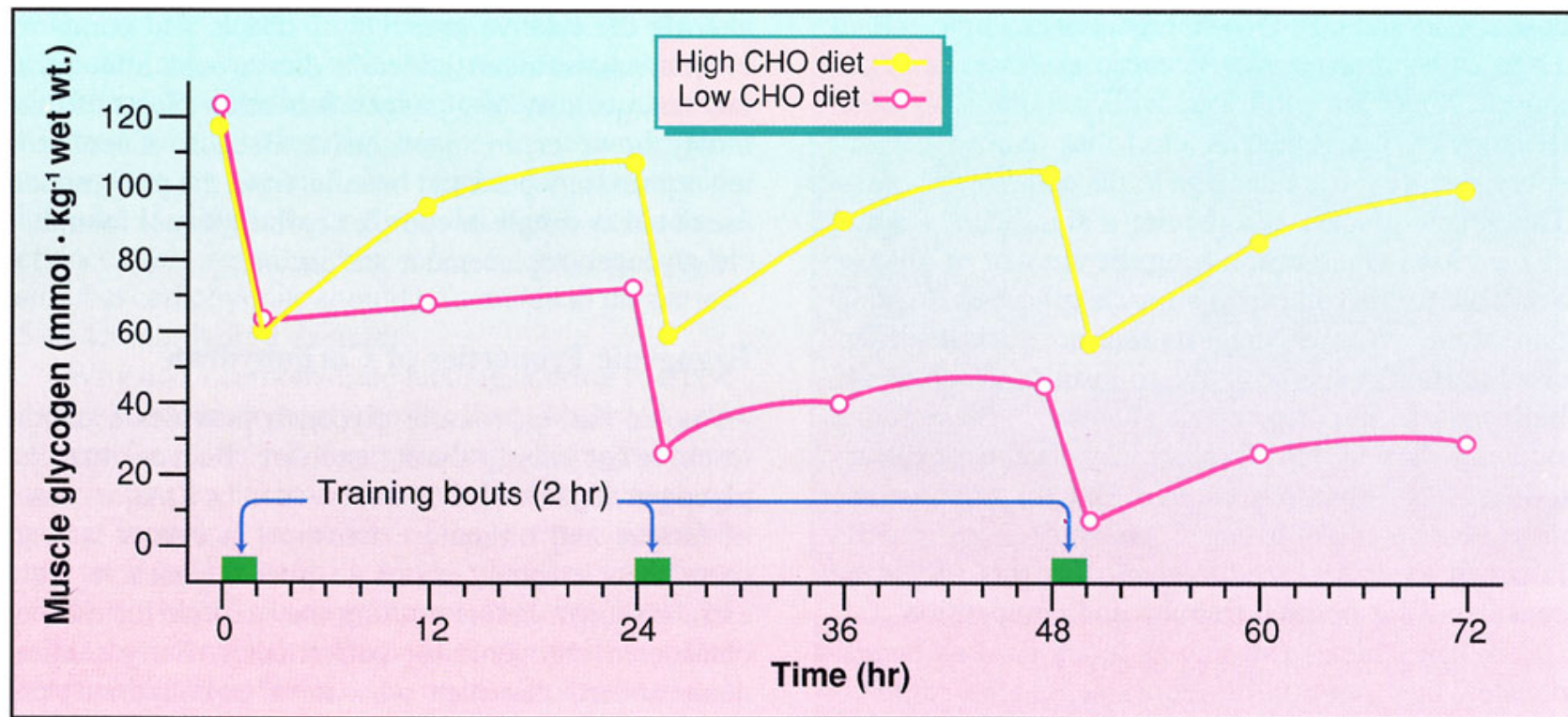
Les Glucides

Index glycémique



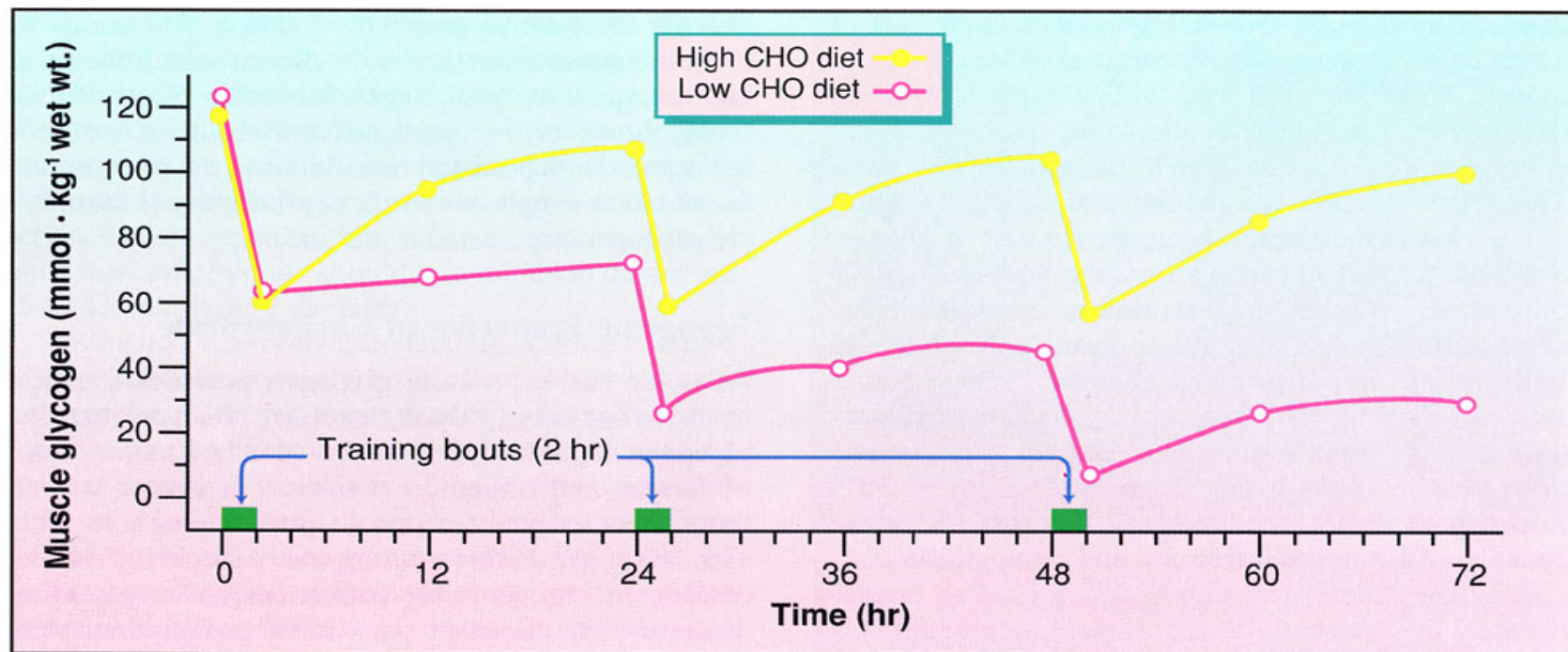
**MONO – DI – POLY
SACCHARIDES**

Le régime dissocié scandinave:
Il est difficile à supporter et n'est pas plus efficace que l'apport glucidique seul



AVANT

Le niveau des apports en hydrates de carbone conditionne la récupération

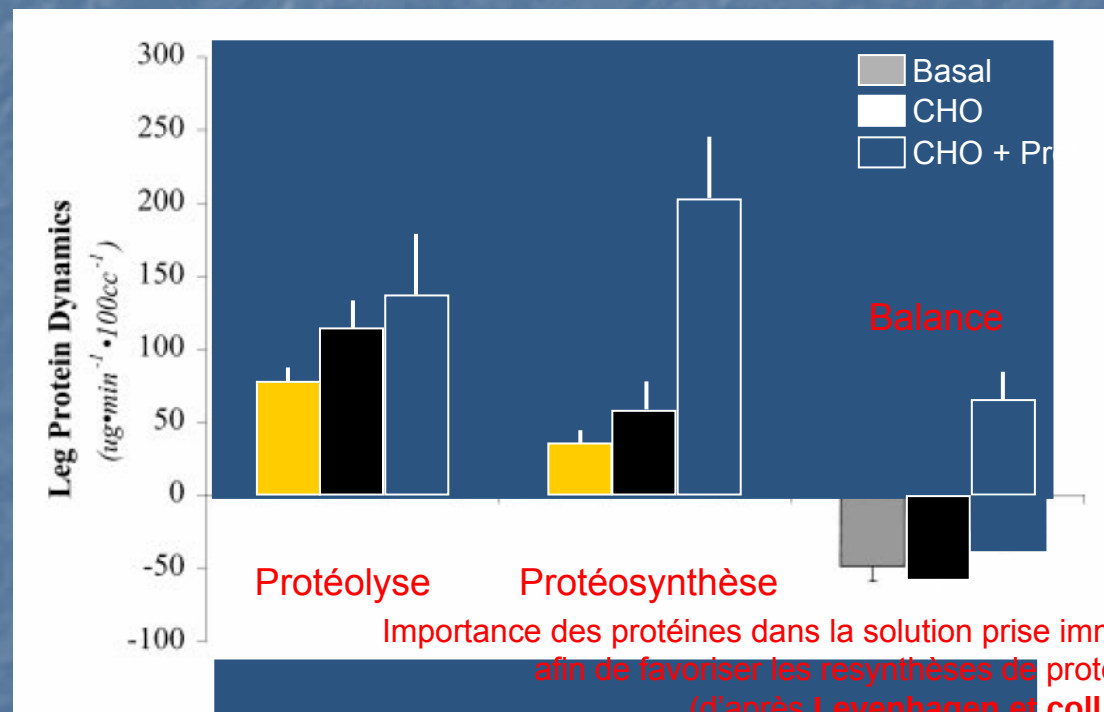


APRES..... TOUJOURS ET ENCORE..

Récupération et synthèse protéique

L'apport de substrat énergétiques pendant la phase de récupération favorise la resynthèse des réserves protéiques

Il semble important d'associer systématiquement des protéines et des hydrates de carbone dans la phase immédiate de la récupération pour optimiser les synthèses protéiques

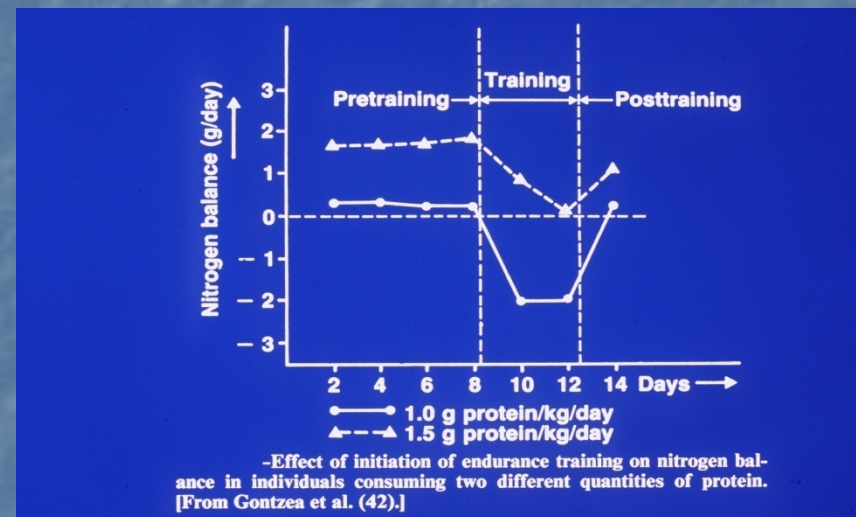


Il a été démontré que la précocité de l'apport de protéines est déterminant dans l'amélioration de masse musculaire sous l'effet de la musculation

Esmarck et al J Physiol 2001

La nutrition protéique

- Les recommandations OMS 1gr/Kg/poids/j
- Les besoins du sportifs supérieurs
- Nécessaire à l'entretien de la masse musculaire
- Indispensable pour la récupération

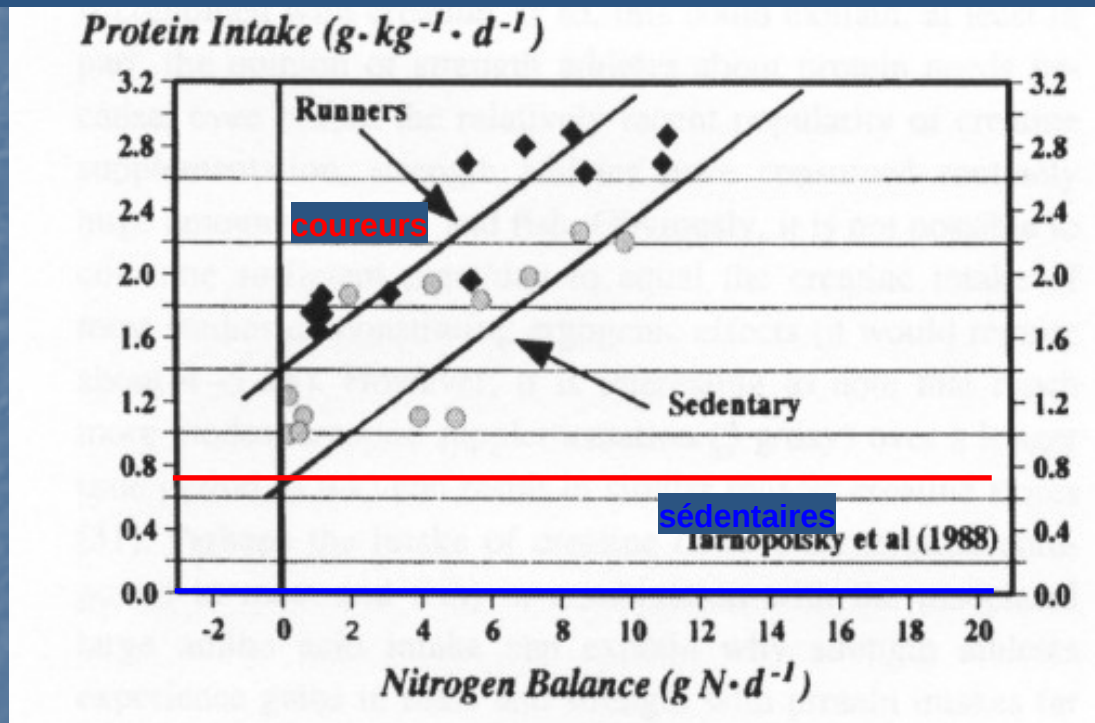


D'après Gontz a 1986

Nutrition protéique et Sports d'Endurance

Recommandations d'apport

- notion de balance azotée: **la balance s'équilibre autour de 1.5gr/kg de poids pour les sportifs d'endurance**



1. Les sports d'endurance sont associés à une augmentation des besoins physiologiques en composés azotés,

2. Il faut veiller aux apports minimum, en particulier dans certaines disciplines où les aliments fournissant les protéines à haute valeur biologique (viandes) sont systématiquement évités ou « interdits »

3. Attention aux apports protéiques chez la Femme.

A photograph of a vast, arid desert landscape. In the foreground and middle ground, several animal carcasses are scattered across the dry, brownish sand. Some carcasses appear to be small mammals, while others are larger, possibly birds or small reptiles. A few small, green, scrubby plants are scattered across the sand. In the background, a steep, dark, rocky hillside rises against a hazy, overcast sky. The overall scene conveys a sense of desolation and environmental hardship.

ET L'EAU !

1ère précaution : L'environnement

les principales causes d'abandon à Hawaï

Table 1. Diagnoses during Ironman Triathlon World Championship, October 1984.

Diagnosis	Number	% of total
Dehydration	92	47
Muscle cramps	44	22
Exhaustion	38	19
Trauma	23	12
Orthopedic	19	10
Hypoglycemia	18	9
Conjunctivitis	4	2
Other	39	20
Blisters	10	—
Sunburn	2	—
Headache	9	—
Saltwater ingestion	3	—
Diarrhea	4	—
Vomiting	2	—
All other	9	—
Not known	13	—

Conséquences possibles

Chute du flux sanguin
cardiaque et
périphérique

Hypercoaguabilité
sanguine

Acidose

Hyperkaliémie

Hypomagnésémie

LE METABOLISME DE BASE : 1 MET = 3.5 ml/kg/mn VO₂
35 à 40 Cal / m²/ h

L'EXTRACHALEUR : augmentation des dépenses de base de 10 à 20 %
dans la ½ heure et pendant 3 à 5 heures

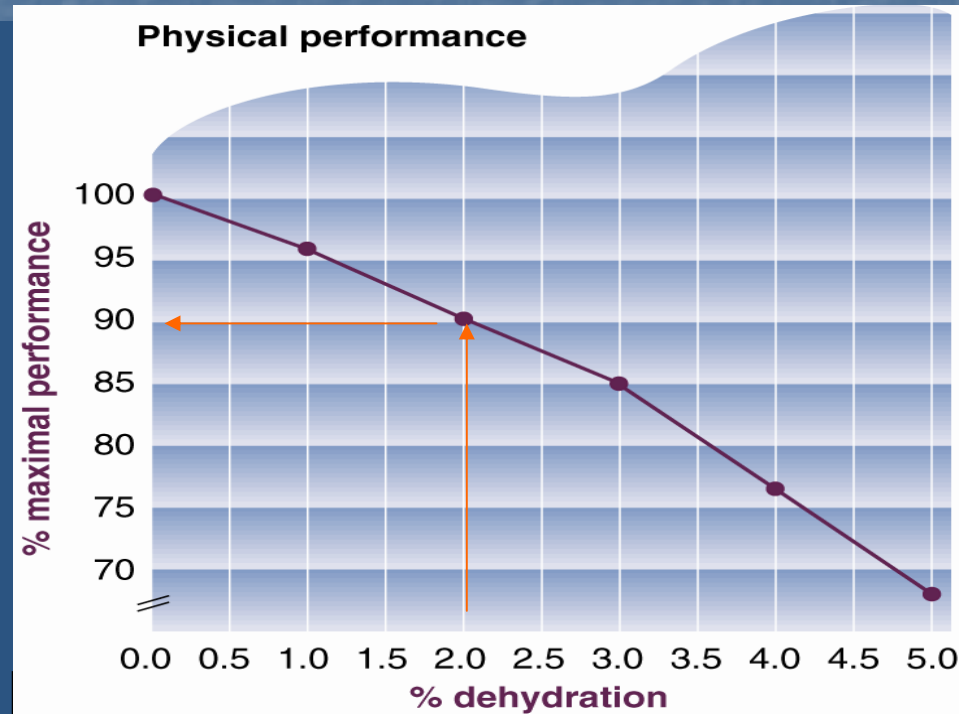
LE RENDEMENT MECANIQUE EST DE 20 à 25 % ; LE RESTE (LA
CHALEUR)
DOIT ÊTRE EVACUEE ; 80 % LE SERA SOUS FORME DE
TRANSPIRATION

0.83 Cal AUGMENTENT 1 Kg DE POIDS DE 1°C :
1 H DE COURSE A 15 KM/H POUR 70 KG (1050 Cal) AUGMENTERA
LA TEMPERATURE DE 14°.....

1 LITRE DE SUEUR EVAPOREE EVACUE 580 Cal (DANS LE CAS
PRESENT LA TEMPERATURE « N' AUGMENTERA » QUE DE 4°C)

Les conséquences: diminution des performances

- La déshydratation diminue la performance en endurance.
- Une déshydratation de 2 % (1,4 litres pour 70 kg) diminue la performance d'au moins 10 %.
- Augmentation de T° centrale
- Augmentation du travail cardiaque
- Pour un même niveau d'effort, il faudra utiliser plus de VO₂
- Vont apparaître les sensations de fatigue aigue puis chronique



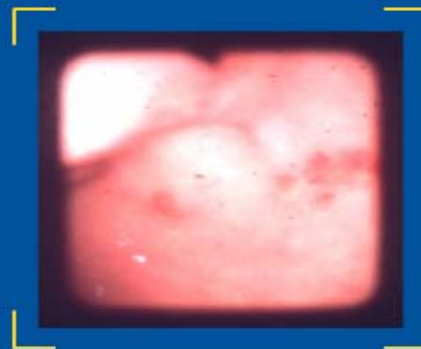
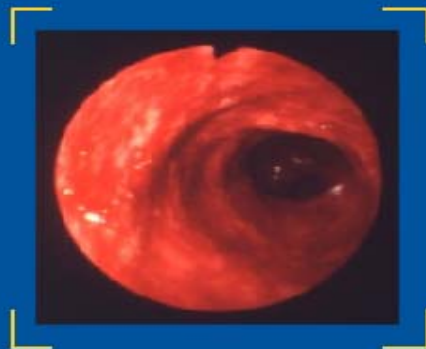
Température	
plus de 41,5 °C	coup de chaleur, coma
plus de 40,5 °C	surchauffe excessive, attention!
plus de 39,5 °C	surchauffe importante
38,5 °C – 39 °C	exercice en conditions normales
37 °C	domaine normal, repos

SPORTS D' ENDURANCE ET TROUBLES DIGESTIFS

Iconographie

6

SAIGNEMENTS DIGESTIFS APRÈS MARATHON



4

[Retour
au
Sommaire](#)

Pertes en électrolytes

- Concentrations de la sueur au repos
- En gr/l Na:1.8,K:0.2,Cl:3,
Ca: 0.04,Mg:0.01,Fer: 5μgr/l
- La concentration en Na se réduit à l'effort
- Chez le sujet entraînés elle est inférieure à 1 gr/l
- L'entraînement en climat chaud est un facteur de perturbation du statut en **Fer et Mg**

BASES DE LA RE-HYDRATATION

- la vidange gastrique ne dépasse pas en règle 1000 ml/h
- Elle est optimisée par l'osmolarité et la température
- En pratique soluté avec 4 à 8 % de glucides ; optimum 14 °;
- Fragmenté en 150 ml tous les $\frac{1}{4}$ d'heure
- Electrolytes selon la durée de l'épreuve
- Pesée comme indicateur fiable



EN RESUME ET EN PRATIQUE



Tableau I.

Schéma des principes alimentaires avant un exercice physique de longue durée.

Les trois jours précédant l'épreuve	La veille de l'épreuve	Le jour de l'épreuve	Pendant l'épreuve
Régime riche en hydrates de carbone environ 70 % de la ration calorique totale.	Le soir précédant l'épreuve, repas comprenant 150 à 200 g d'hydrates de carbone lent (spaghetti, riz).	Petit déjeuner glucidique + 500 ml de liquide ; Dans les 2 heures précédant l'épreuve, ingestion de 2 litres d'eau ; 1 heure avant l'épreuve, ingestion de 50 g d'un sucre complexe : riz ou pâtes.	Pour des épreuves de durée supérieure à 2 heures : ingestion de 20 à 50 g de sucre rapide (glucose) dilué dans 250 à 500 ml d'eau par heure d'exercice



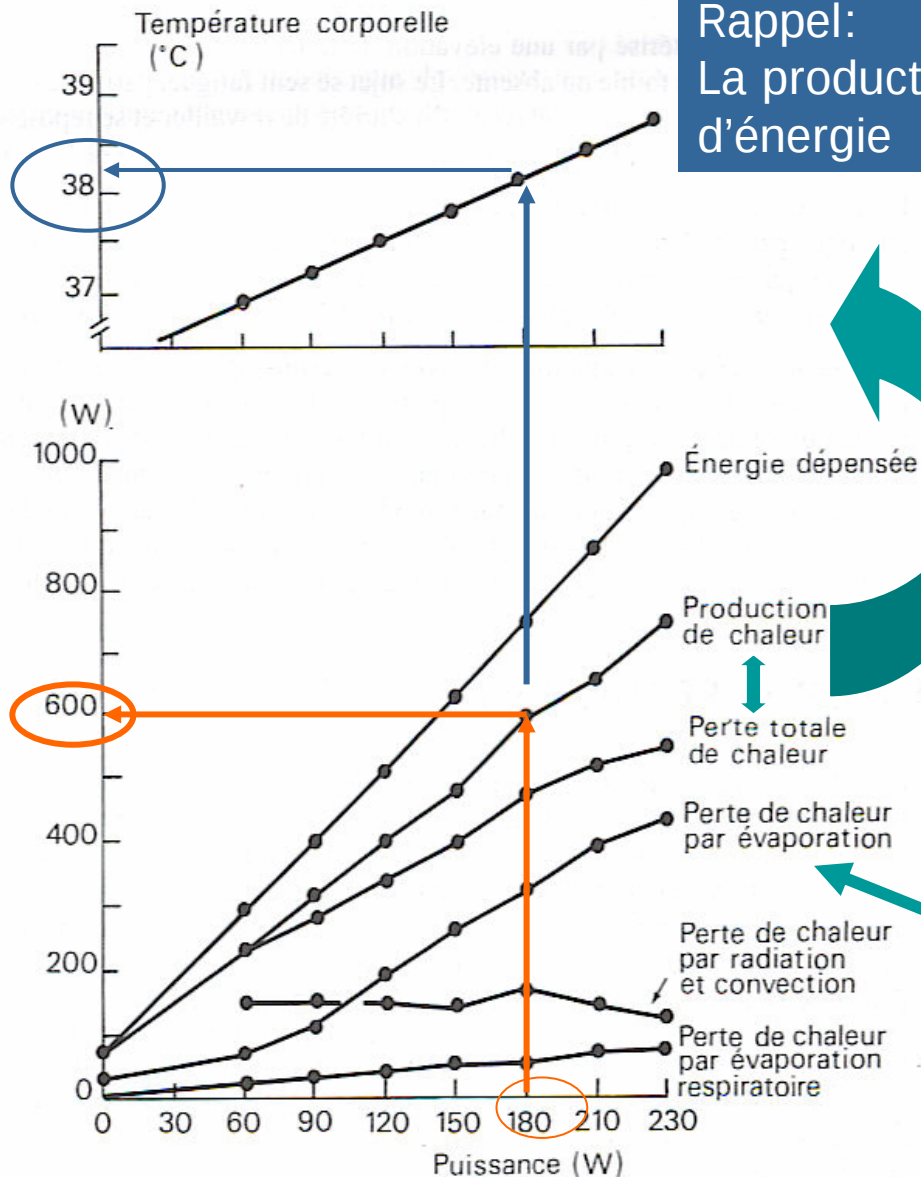


Fig. 95. Balance thermique et puissance mécanique. Chaque exercice dure 1 h. La température est contrôlée à la fin de chaque exercice. L'hyperthermie est expliquée par la différence entre la production de chaleur et la déperdition de chaleur (modifié d'après Nielsen, 1938).

Rappel:
La production
d'énergie

LA CHALEUR / problème

L'organisme au travail génère de la chaleur et doit l'évacuer !

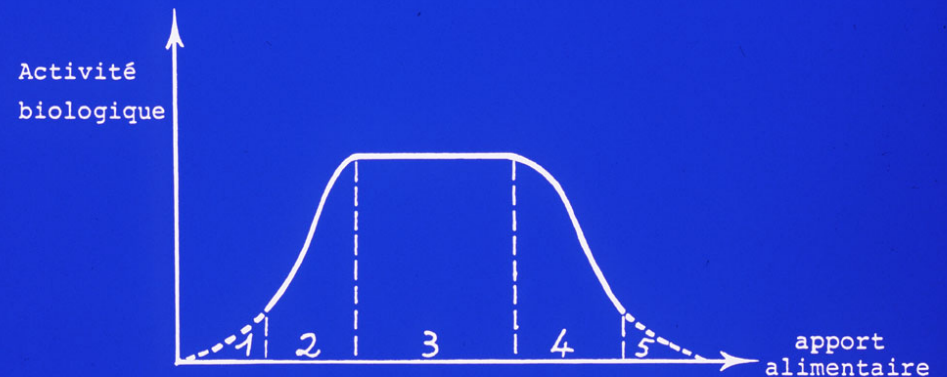
l'augmentation du débit sanguin cutané permet l'évacuation de la chaleur du centre du corps vers la périphérie par les mécanismes de convection et sudation

L'augmentation du débit cutané peut atteindre 1.5 à 1.8 l/h voire plus de 3 l/h

N'affecte pas le débit musculaire mais
Nécessite l'augmentation du débit cardiaque

Les apports en minéraux et vitamines

- Depuis 1991 le document de synthèse rédigé pour les directives Européennes « Nutritional needs for athlètes Brouns et al »
- Il est bien établi que la supplémentation vitaminiques au dessus des besoins n'améliore pas la performance
- Cependant il restait un espace de liberté pour les vitamines antioxydantes
- Les mêmes éléments de réflexion sont valides pour les minéraux et oligo-éléments



Spectre d'activité d'un oligo-élément essentiel:

- 1.Carence 2.Déficiência 3.Santé normale
4.Toxicité subaigue 5.Toxicité aigue

Besoins en vitamines et minéraux

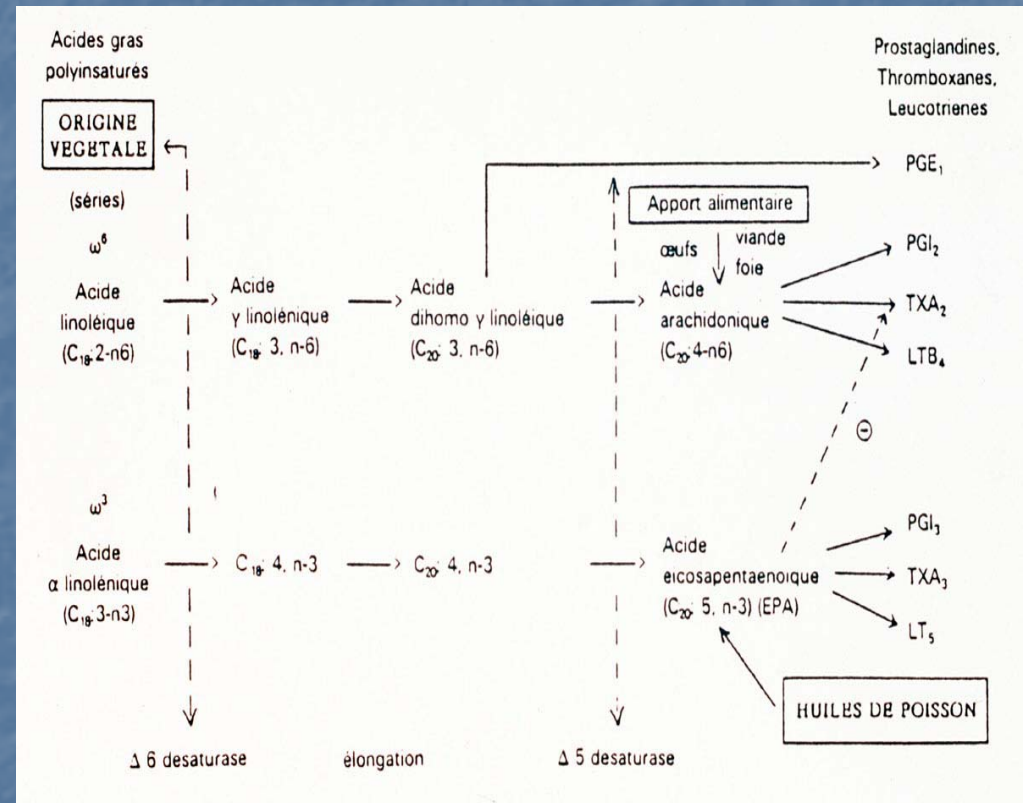
La croyance d'un effet quasiment miraculeux de l'apport de vitamines et de minéraux est fortement ancré dans l'imaginaire des sportifs . Malheureusement c'est le domaine où les preuves réelles d'une réelle efficacité sont rares

En général le statut vitaminique est au dessus des minima recommandés ,sauf pour les vitamines B1 et B6 qui sont légèrement en dessous des minima le dosage des concentrations circulantes confirme un faible statut vitaminique en vitamine B1. Ce phénomène semble s'expliquer par la consommation de quantités importantes de dérivés des céréales raffinés, dans la mesure où l'apport en vitamines B1 et B6 est fourni par les produits céréaliers non raffinés .

Malgré cette insuffisance légère par rapport aux normes la supplémentation vitaminique en vitamines du groupe B ne semble pas capable d'augmenter la performance, il faut se trouver dans une situation de réelle carence pour observer une action négative sur la capacité physique . Beaucoup d'espoir ont été fondés sur un rôle protecteur des vitamines antioxydantes contre les effets toxiques de la production de radicaux libres pendant l'exercice musculaire .

Intérêt des lipides poly-insaturés

- Les lipides insaturés s'incorporent dans les membranes biologiques et peuvent modifier leur propriétés physico-chimiques;
- Ils sont susceptibles d'améliorer les propriétés rhéologiques des hématies
- Quelles applications pour l'exercice musculaire

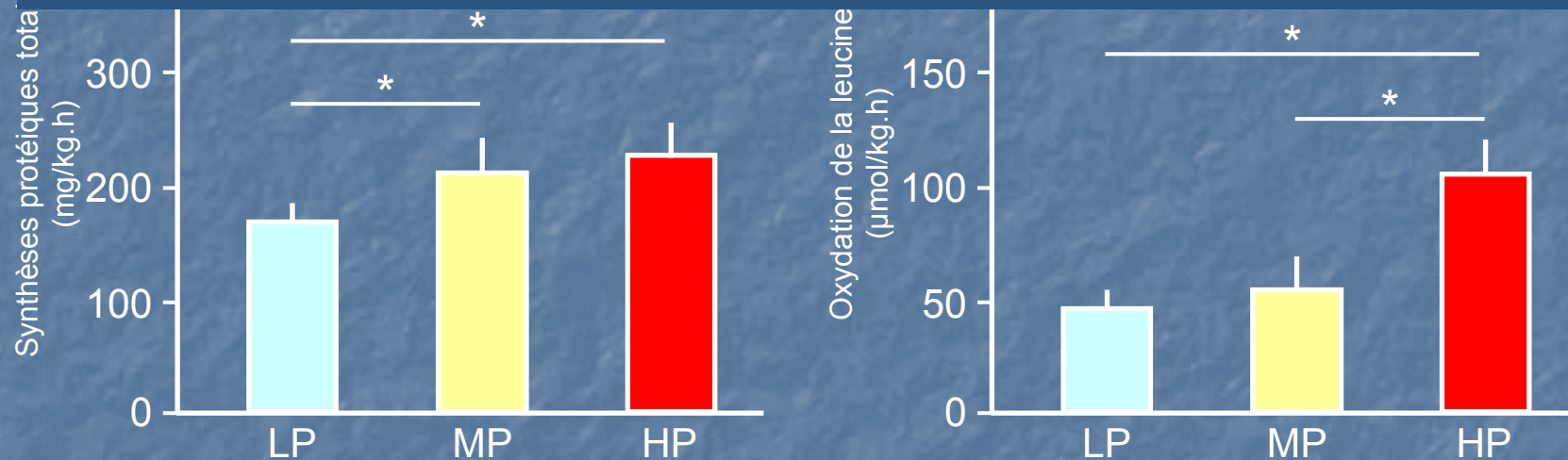


Nutrition protéique et Sports de Force

Recommandations d'apport entre 1.4 et 2 gr/kg/j au-delà pas d'intérêt

➤ L'apport excessif en protéines peut-il moduler la masse musculaire ?

Il existe un plafonnement des synthèses protéiques, les acides aminés provenant des protéines alimentaires consommés en excès sont plutôt oxydés que stockés



Evaluation des synthèses protéiques totales de l'organisme (A) et de l'oxydation de la leucine (B) chez des athlètes entraînés dans un sport de force et soumis à différents régimes :

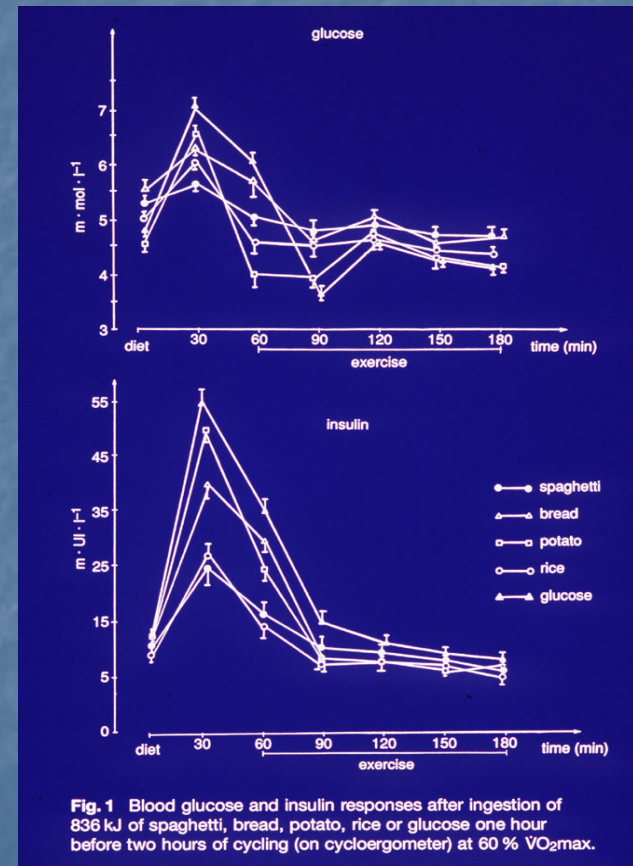
faible apport en protéines (LP, 0,9 g/kg.j),
modéré (MP, 1,4 g/kg.j)
et élevé (HP, 2,4 g/kg.j).

*, différence avec les mesures réalisées pour le faible apport en protéines, $P < 0,05$.

(d'après Tarnopolsky et coll., 1992)

Quoi de récent dans le domaine de la nutrition glucidique

- Les principaux résultats récents portent sur les effets des hydrates de carbone (CHO) lents
- La consommation de CHO lent augmente le stockage et l'utilisation du glycogène
- La consommation de CHO lent peut accélérer la récupération
- La consommation de CHO lent modifie le type de carburant utilisés pendant l'effort



AVANT ET PENDANT

quels CHO lent choisir?

Les effets de l'exercice physique et de l'entraînement sur l'appétit
revue de question King et al Med Sci Sport Exerc 29:1076 1997

- Un exercice intense diminue l'appétit durant la récupération (1 à 3h)
- Un exercice très prolongé réduit la prise alimentaire pendant 24h puis rebond pendant 1 sem
- L'appétit spécifique pour les hydrates de carbone ou les protéines est augmenté
- Un entraînement régulier améliore l'ajustement des apports avec les dépenses, plus la dépense augmente meilleur est l'équilibre, il est rompu en cas de surentraînement.
- L'analyse des apports au regard des dépenses d'entraînement montre que l'équilibre s'établit sur une période de 7 jours
- Les hommes augmentent plus rapidement leur apport d'énergie que les femmes lors de changement d'une augmentation du niveau d'entraînement

RECOMMANDATION POUR LA NUTRITION GLUCIDIQUE AVANT ET PENDANT L'EFFORT

- **Alimentation riche en hydrate de carbone dans les jours précédents l'effort > 60 % de l'AET.**
- ◆ **Apport en glucides pendant l'effort.**
- ◆ **Apport en nutriment glucidique dès l'arrêt de l'effort.**

Problèmes posés par les sports à catégorie de poids ou il faut préserver la masse musculaire avec un régime hypocalorique

Influence de l'apport énergétique

- l'apport énergétique joue un rôle essentiel dans la construction protéique
- avec un apport protéique faible, seule l'augmentation de l'apport énergétique favorise les synthèses protéiques (*Butterfield et coll., 1984 ; Todd et coll., 1984*)
- et l'inverse n'est pas vrai ; ex. sujets en régime hypocalorique dans le cadre d'un amaigrissement volontaire :
 - * face à la carence énergétique, l'exercice protège la masse musculaire
 - * l'apport de protéines en excès (27% de l'apport énergétique) complète la protection de la masse maigre (*Farnsworth et coll., 2003*)

Donc associer entraînement et apport protéique pour préserver la masse maigre

Besoin protéique et type de sport

Les variations enregistrées dans le métabolisme des protéines sont étroitement liées au type de sport pratiqué.

Les problèmes seront différents selon la discipline sportive pratiquée : endurance ou force



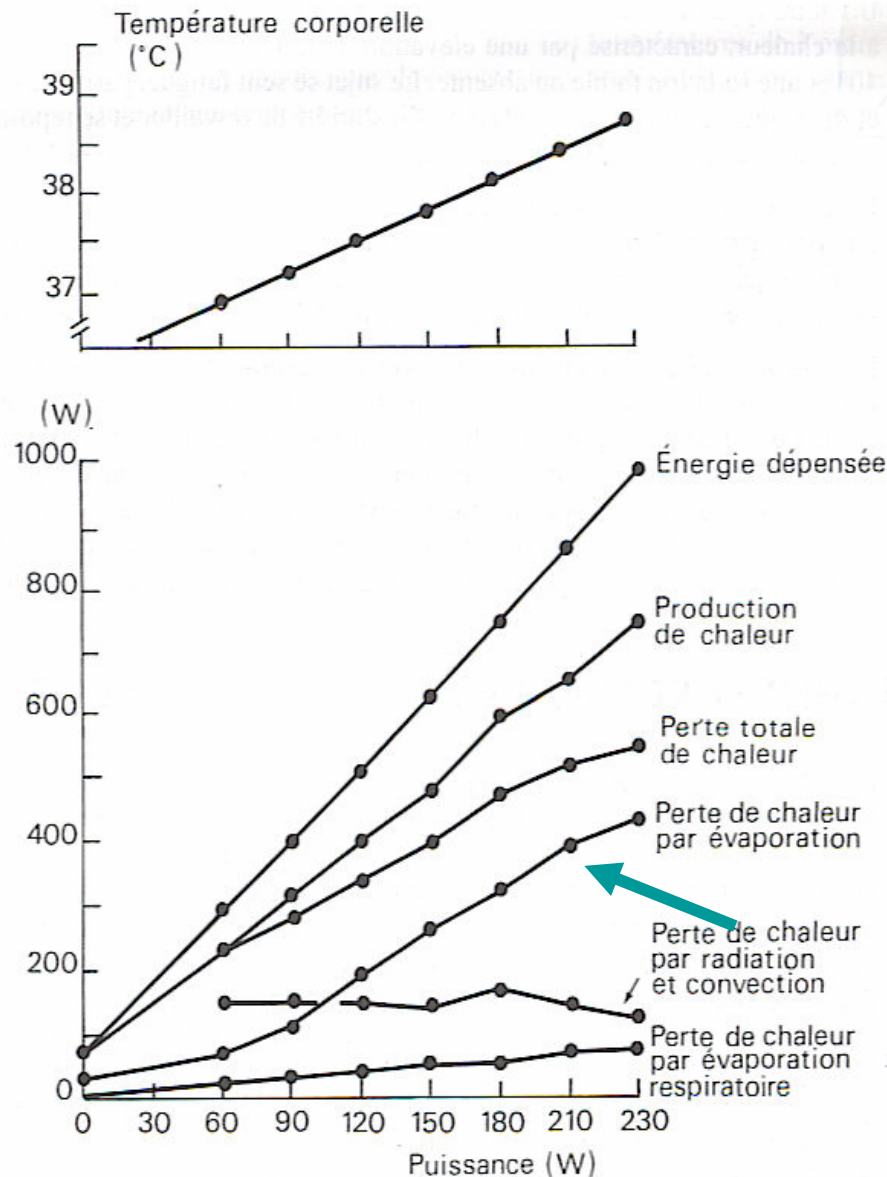


Fig. 95. Balance thermique et puissance mécanique. Chaque exercice dure 1 h. La température est contrôlée à la fin de chaque exercice. L'hyperthermie est expliquée par la différence entre la production de chaleur et la déperdition de chaleur (modifié d'après Nielsen, 1938).

l'augmentation du débit sanguin cutané
 Permet l'évacuation de la chaleur du Centre du corps vers la périphérie par Les mécanismes de convection et sudation

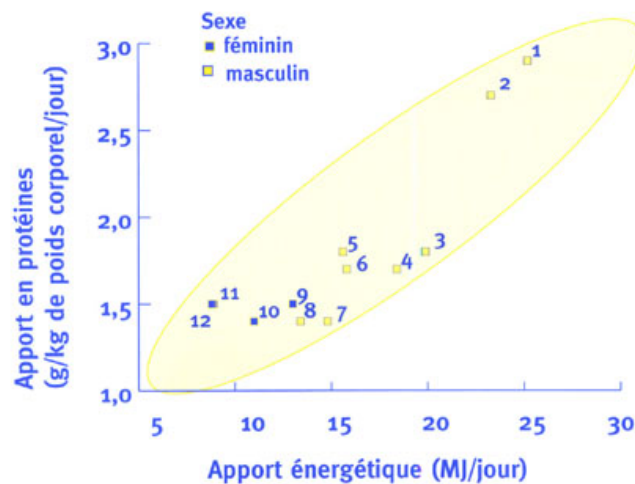
L'augmentation du débit cutané peut Atteindre 1.5 à 1.8 l/h voire plus de 3 l/h

N'affecte pas le débit musculaire mais
Nécessite l'augmentation du débit cardiaque

DEFORMABILITE ERYTHROCYTAIRE (D.E)

- EXERCICE MAXIMAL INTENSE =
COURTE DUREE
- EXERCICE PROLONGE
(MARATHON) 
- HYPOXIE D'ALTITUDE 

Le besoin en protéines augmente avec le niveau de dépense énergétique



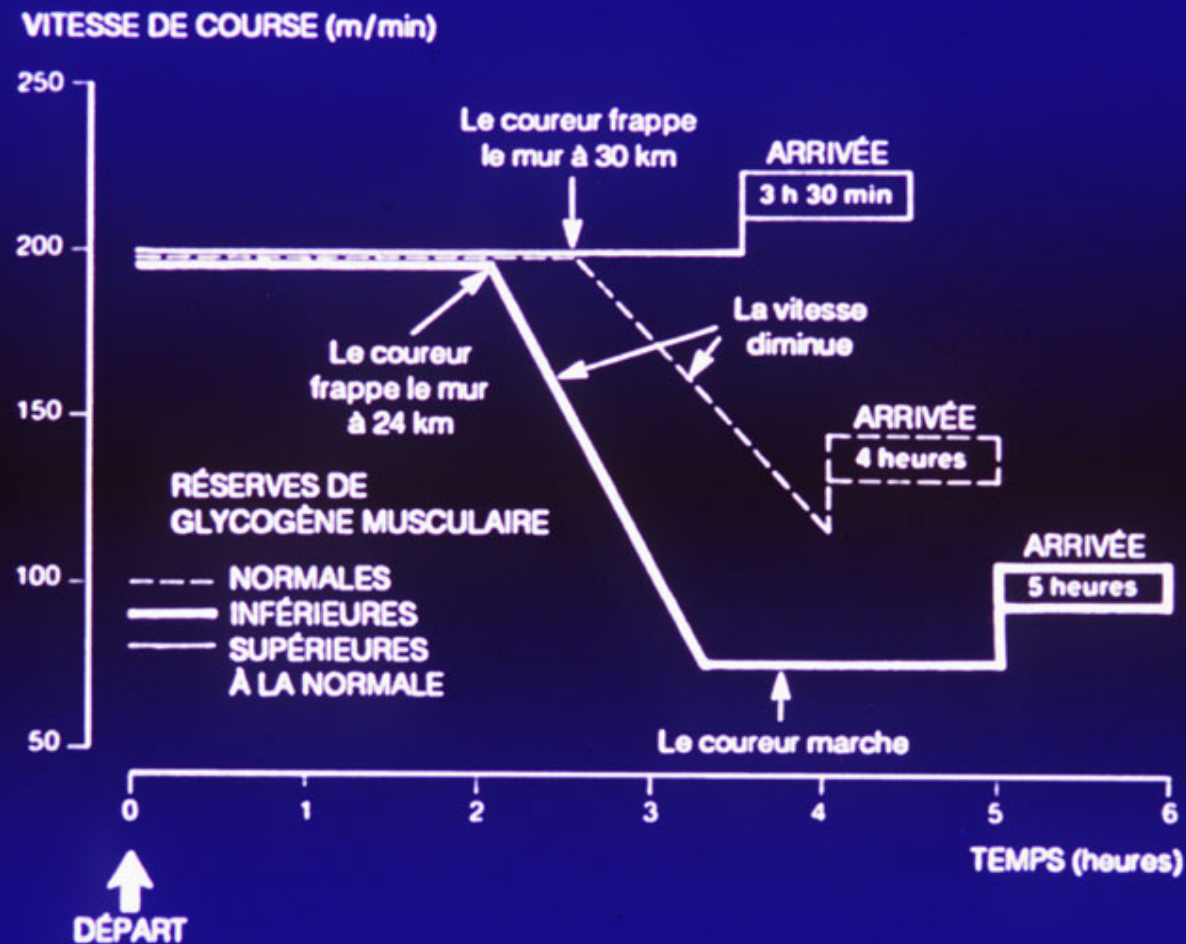
- Type de sport
- 1 Cyclisme Tour de France
 - 2 Cyclisme Tour de l'Avenir
 - 3 Triathlon
 - 4 Cyclisme amateur
 - 5 Marathon en patinage
 - 6 Natation
 - 7 Aviron
 - 8 Course de fond
 - 9 Aviron
 - 10 Cyclisme amateur
 - 11 Course de fond
 - 12 Natation

DEUX RAISONS:

LE CATABOLISME MUSCULAIRE

L'OXYDATION DES ACIDES AMINES
COMME SUBSTRAT ENERGETIQUE

Chez des sujets entraînés un apport de 70% d'hydrate de carbone dans la ration pendant les jours qui précèdent une épreuve d'endurance peut augmenter la performance de 6 à 10%



Vitesse de course et performances d'un coureur qui se présente au départ d'un marathon avec des réserves de glycogène musculaire normales, supérieures ou inférieures à la normale.

Les différents facteurs pouvant affecter l'oxydation des lipides sont bien illustré par un travail de Achten et Jeudenkrup Nutrition 20:716 2004.

On retrouve l'effet de l'intensité de l'exercice, mais aussi le rôle de l'apport de sucre, le type d'exercice, le niveau d'entraînement et le sexe.

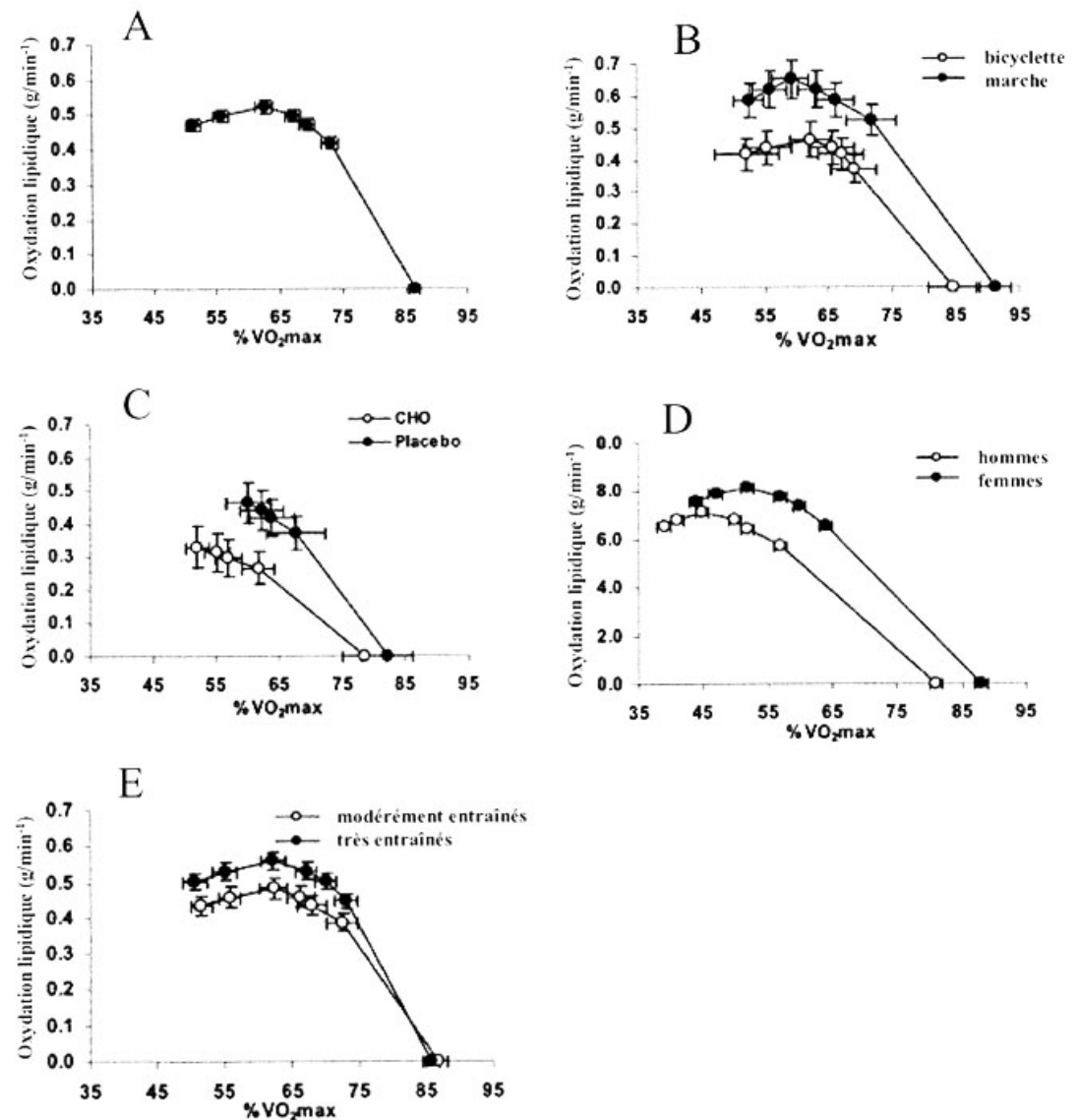
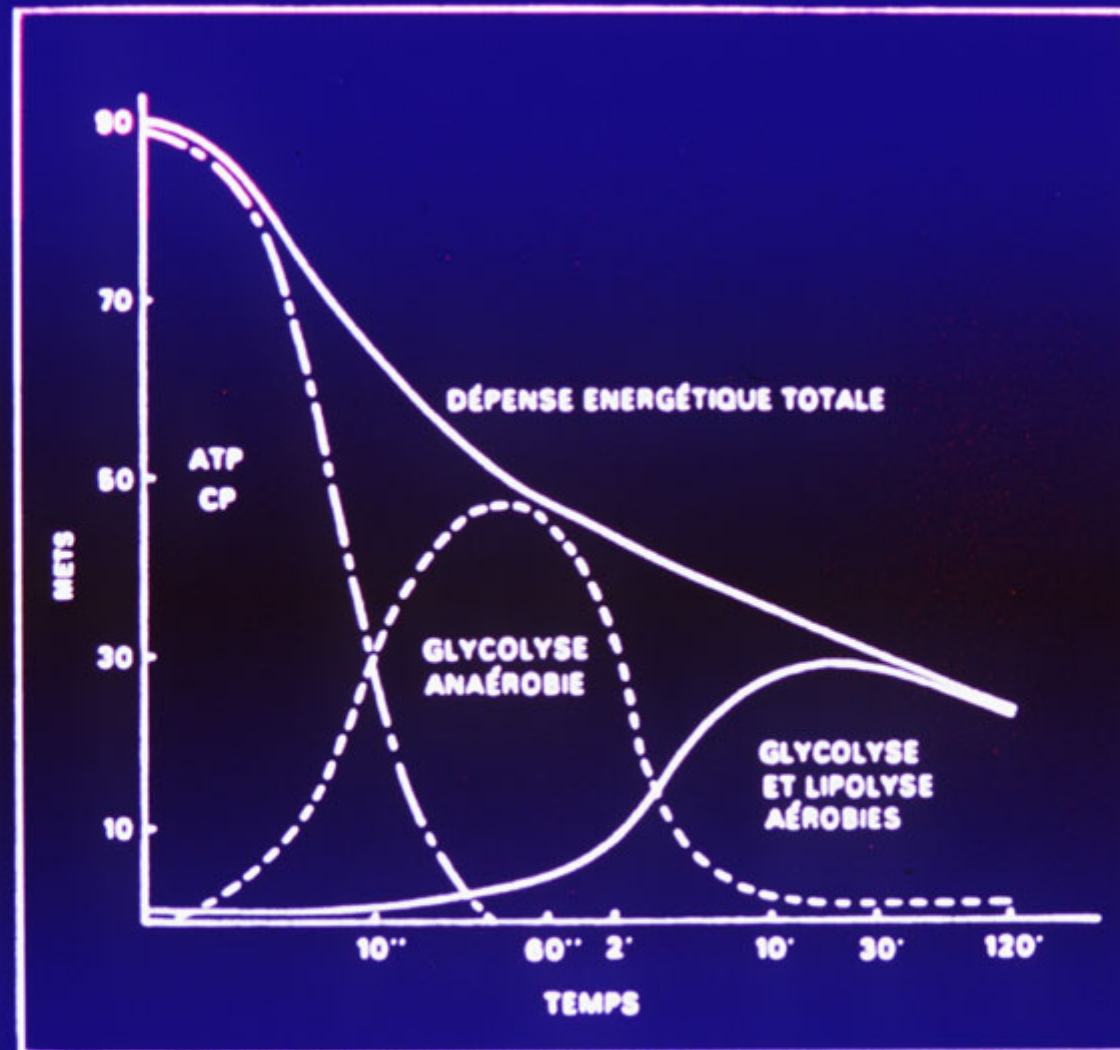


Figure 15. Taux d'oxydation lipidique en fonction de l'intensité relative de l'exercice (en %VO₂max) chez (A) des hommes entraînés, (B) des hommes modérément entraînés lors d'un exercice sur tapis roulant ou sur bicyclette, (C) des hommes modérément entraînés à jeun (placebo) et 45 min après l'ingestion de 75g de glucose (CHO), (D) deux larges groupes d'hommes et de femmes et (E) des hommes modérément et très entraînés. (Achten et Jeukendrup, 2004).



Dépense énergétique totale possible
selon la durée de l'effort et les différentes
sources d'énergie.
(1 Met équivaut à $70 \text{ J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Recommandations pratiques pour augmenter la masse musculaire

➤ **pour répondre aux besoins** en acides aminés et équilibrer la balance azotée

☞ **besoins supérieurs** aux sujets sédentaires

* **maintien de la masse musculaire** : apports de sécurité pour maintenir la balance azotée : 1,2 à 1,4 g/kg.j (en moyenne 1,33 g/kg.j)

* **sujets désirant développer leur masse musculaire** par la musculation. Assurer les besoins en composés azotés : 1,4 à 1,6 g/kg.j.

- les 2/3 de l'apport doivent être couverts par les aliments courants
- le reste par des suppléments (protéines à haute valeur biologique)
- veiller aux apports en glucides et en eau (rôle anabolisant de l'insuline).

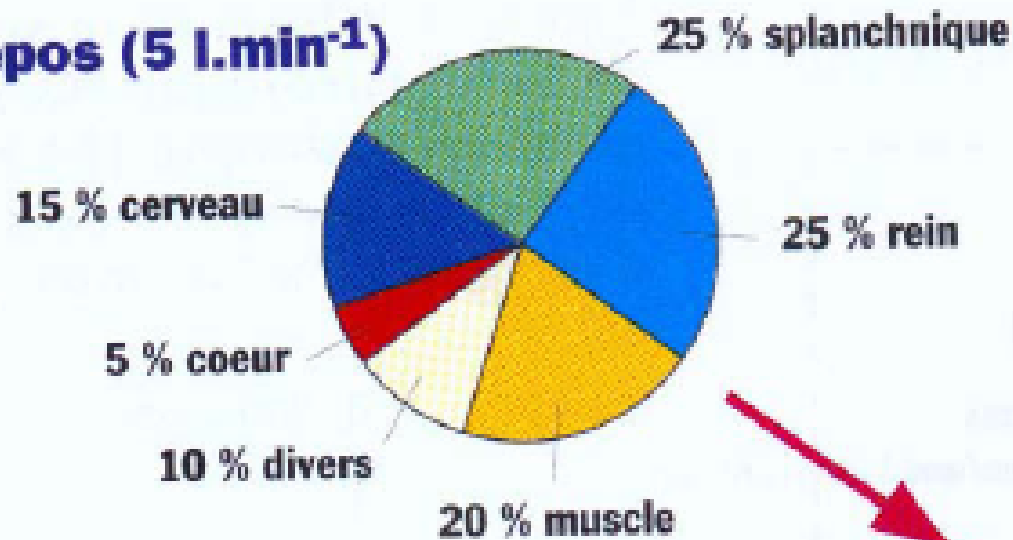
* **effets adverses** des régimes à haut apport protéique :

- charge fonctionnelle rénale, spoliation hydrique
- déficit calcique

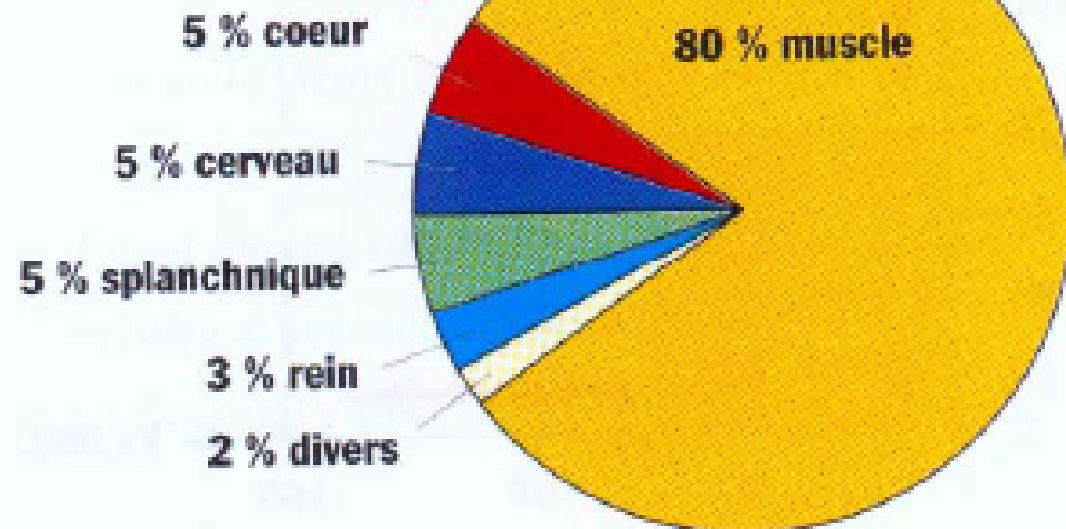
☞ **jamais d'apports protéiques** supérieurs à 2,5 g/kg.j

Figure 3. Répartition du débit cardiaque au repos et au cours de l'effort intense.

Repos (5 l.min^{-1})



**Exercice intense
(25 l.min^{-1})**



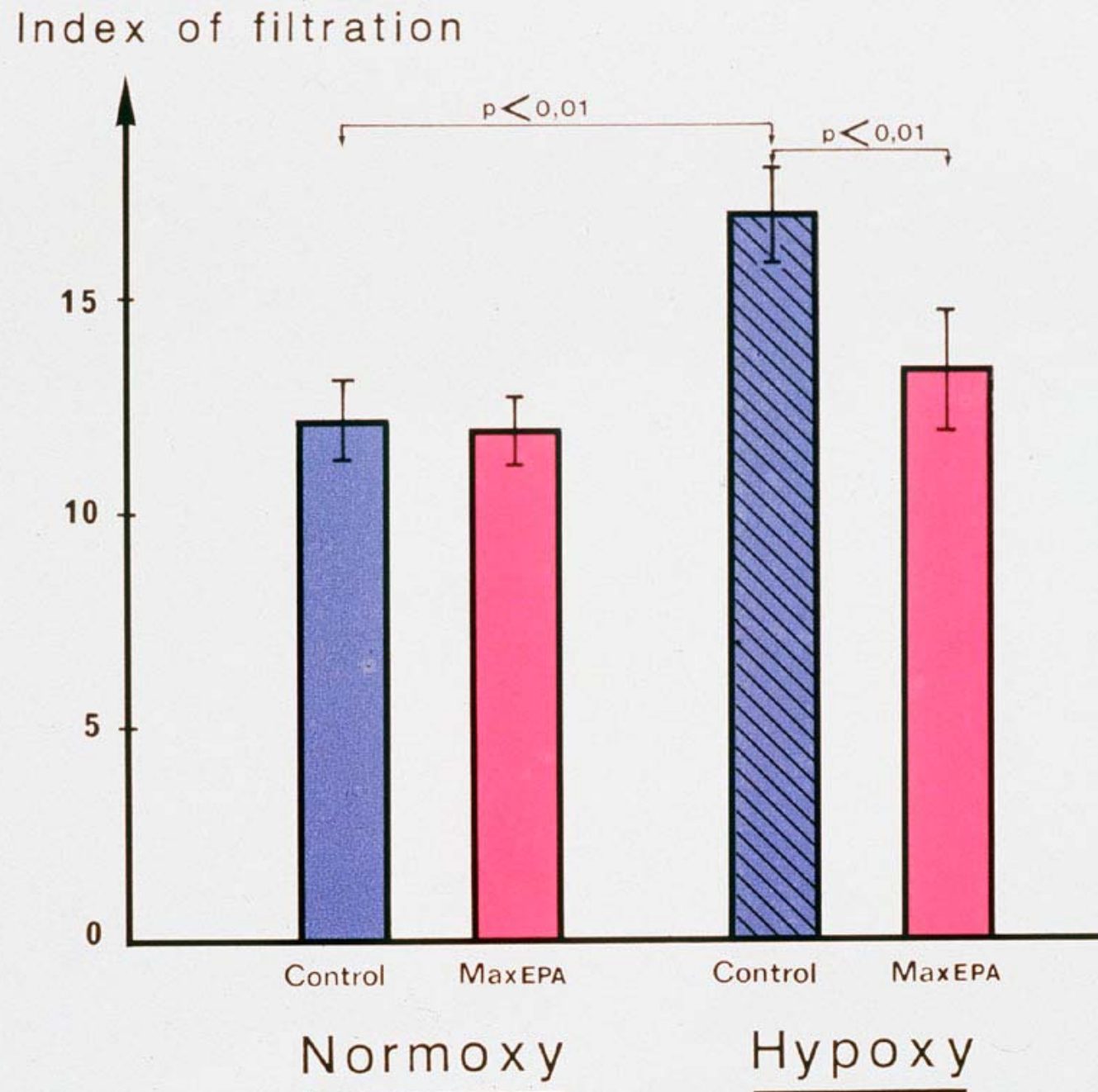
**Répartition du
débit cardiaque**

L'administration d'EPA à la dose de 3gr par jour pendant 6 sem améliore la déformabilité erythrocytaire lors d'un effort prolongé en hypoxie.

La performance est améliorée

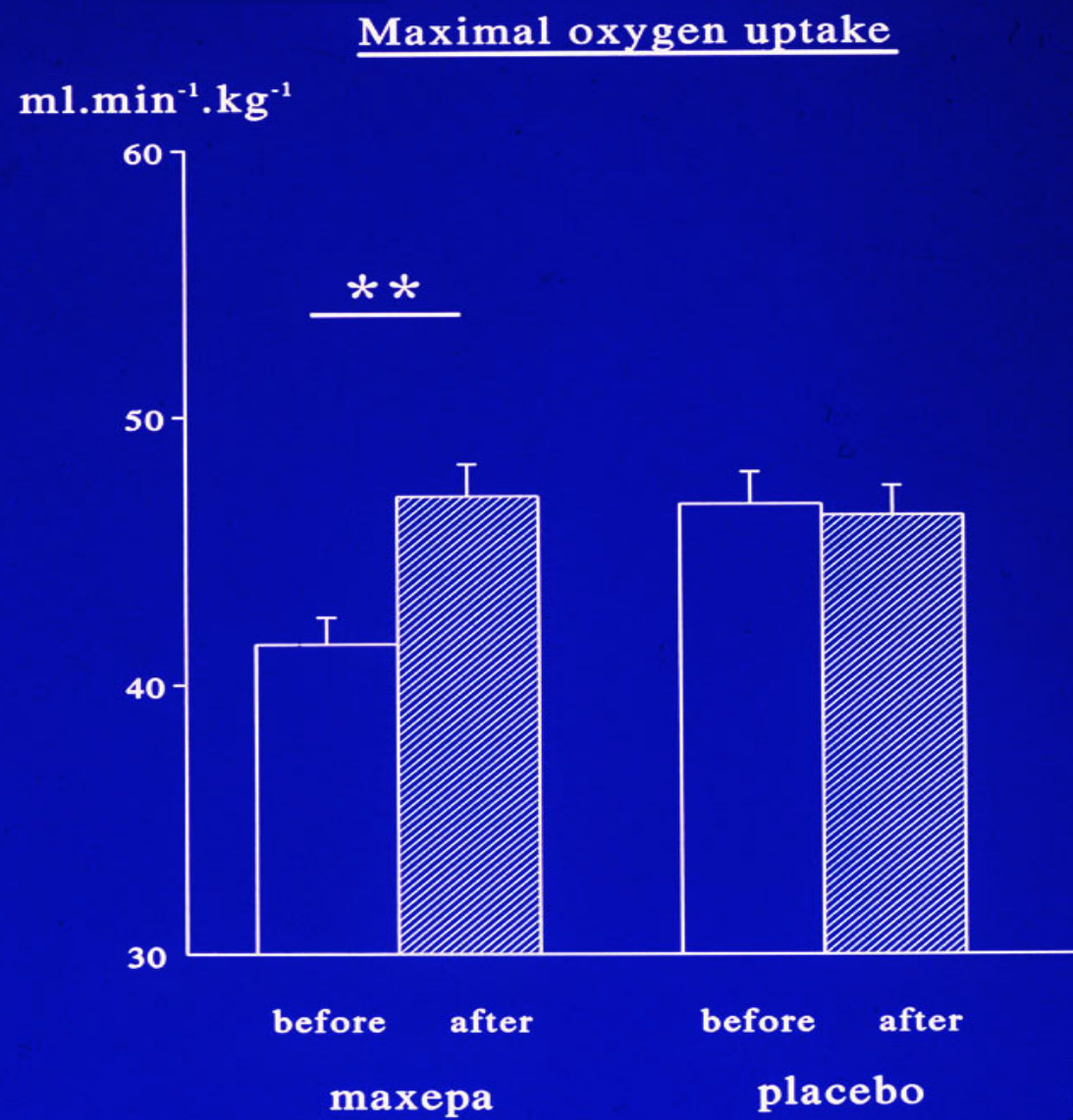
Guezennec et al
Int J sport Med

4:286 1989



Quels sont les besoins spécifiques

- Apport en hydrates de carbone pour maintenir les réserves en glycogène
- Apport en lipides pour équilibrer l'apport calorique et comme constituants essentiels des tissus de l'organisme
- Apport en protéines pour favoriser les synthèses musculaires
- Apport en vitamines et minéraux



Les éléments critiques

- Le fer
- Le magnésium
- Le cuivre et le zinc
- Les vitamines antioxydantes

Adapted from Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences - National Research Council. Revised 1980

[illegible]

Statut en magnésium d'une population de coureurs de 1/2 fond

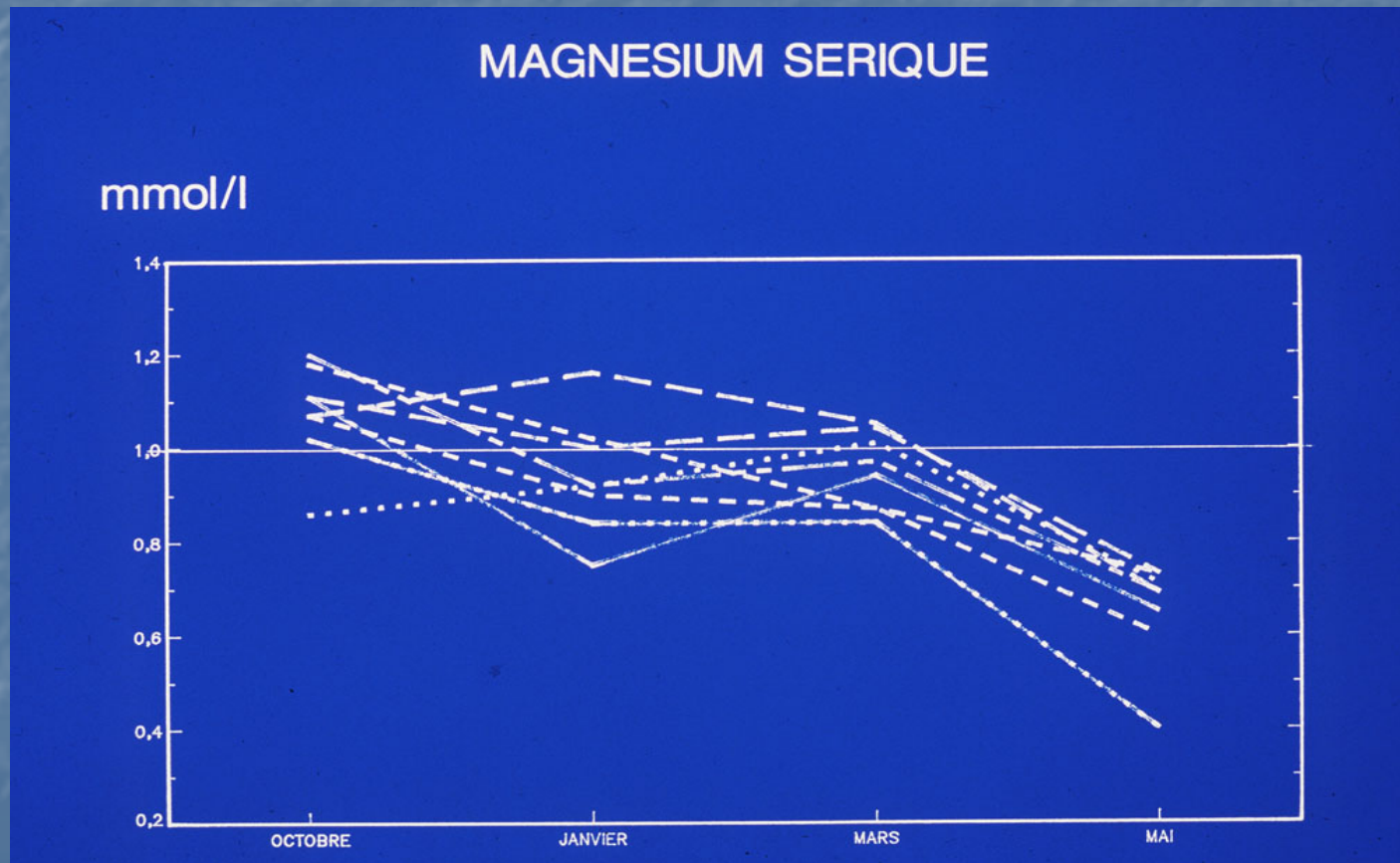
MAGNESIUM (mg)

APPORTS_CONSEILLES

500 à 800 mg / j

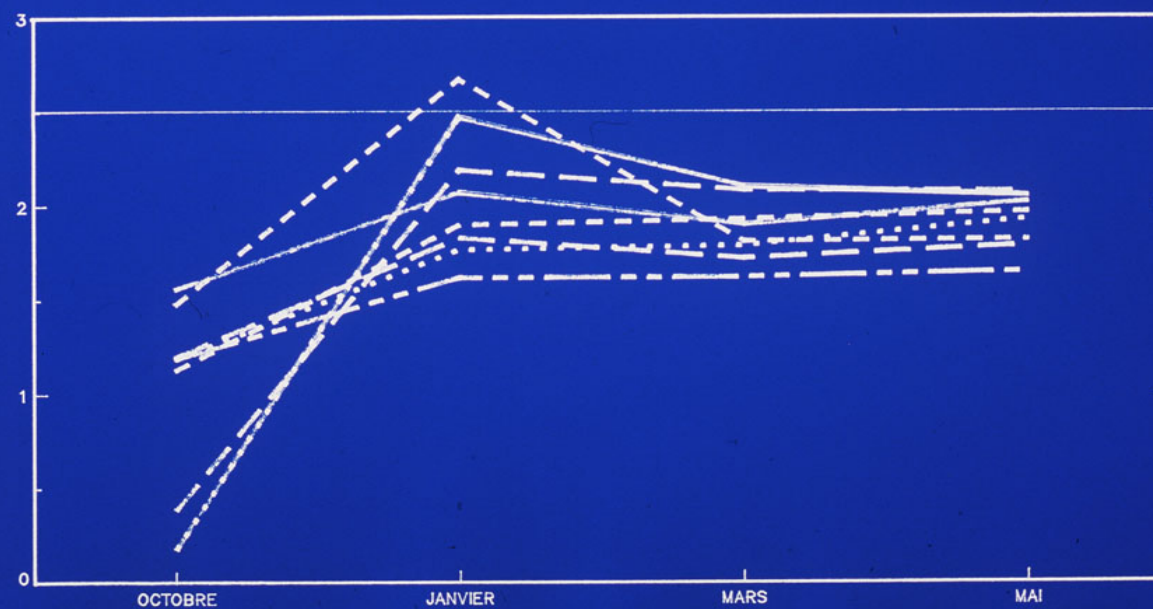
!	!	Semainier 1	!	Semainier 2	!	Semainier 3	!
!	BOU	437.1	!	303.7	!	283.4	!
!	CAD	428.0	!	421.2	!	502.5	!
!	DIO	461.7	!	447.7	!	365.6	!
!	GAR	396.1	!	459.2	!	374.2	!
!	HEG	---	!	407.8	!	351.9	!
!	LAV	178.4	!	343.7	!	---	!
!	SAL	467.3	!	494.0	!	426.1	!
!	TON	407.3	!	670.9	!	558.1	!
!	moyenne	396.6	!	443.5	!	408.8	!
!	ec.type	99.7	!	110.7	!	94.3	!
!	THO (F)	351.7	!	-----	!	378.0	!

Evolution lors de la saison



MAGNESIUM ERYTHROCYTAIRE

mmol/l



**EFFET DE LA DEFICIENCE EN MAGNESIUM SUR
LA CAPACITE D'ENDURANCE CHEZ LE RAT**

Régime pendant 8 jours	Temps d'endurance sur tapis roulant à 20 M.Min⁻¹
960 mg /kg	120 min.
35 mg /kg	87 ± 10 min.

Métabolisme protéique et immunité

La glutamine

- substrat énergétique important pour les cellules lymphocytaires, les macrophages et neutrophiles

Importance d'une bonne disponibilité dans le sang circulant pour répondre aux besoins d'activation des défenses immunitaires.

Lorsque la durée de l'épreuve sportive se prolonge, les concentrations plasmatiques et la disponibilité en glutamine diminuent

Cette diminution au cours de l'exercice prolongé a souvent été évoquée comme facteur favorisant la diminution du nombre de lymphocytes circulants (elle n'est cependant que transitoire).

Les exercices intenses et prolongés induisent une prévalence plus importante d'infections des voies aériennes supérieures : lien éventuel avec une mauvaise disponibilité en glutamine dans le plasma

Nombreux essais de supplémentations en glutamine

- prise de glutamine exogène (7 g pour un sujet de 70 kg), induit une augmentation notable de sa concentration plasmatique (revue de Castell, 2003).
- la récupération des perturbations des défenses immunitaires induites par l'exercice prolongé exhaustif est favorisée par la prise de glutamine.
- on a aussi pu montrer que ces améliorations observées au niveau des éléments cellulaires circulants étaient associées avec une moindre incidence des infections des voies aériennes (Bassit et coll., 2000 ; Castell et coll., 1996).

FER (mg)

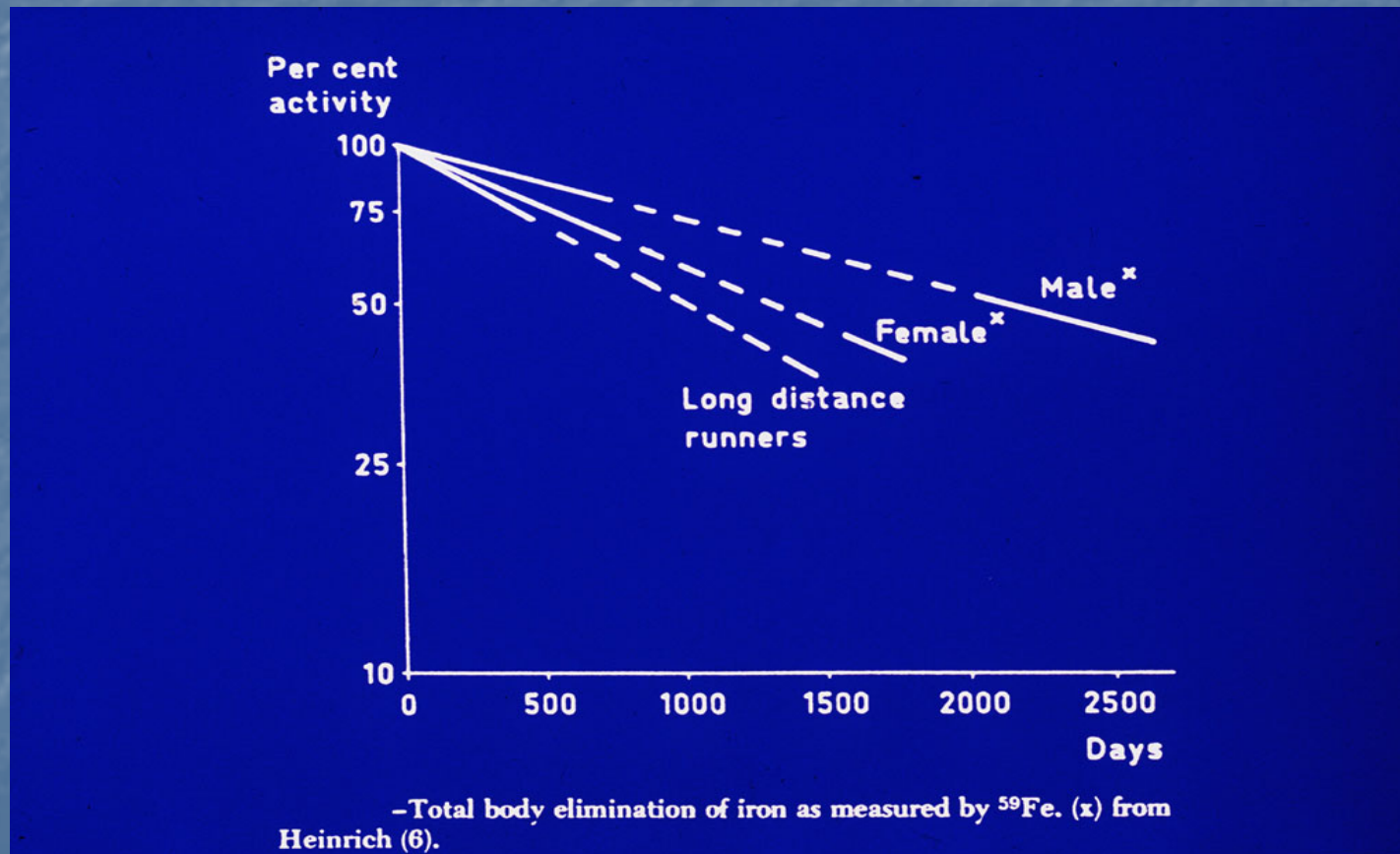
APPORTS_CONSEILLES

15 mg / j (CREFF et BERARD)

10 mg / j (McARDLE)

!	!	Semainier 1	!	Semainier 2	!	Semainier 3	!
!	BOU	!	17.3	!	10.7	!	14.0
!	CAQ	!	17.0	!	16.2	!	17.1
!	DIO	!	15.4	!	19.9	!	18.9
!	GAR	!	15.3	!	17.0	!	15.6
!	HEG	!	--	!	20.1	!	13.7
!	LAV	!	9.5	!	22.0	!	--
!	SAL	!	15.9	!	16.1	!	15.3
!	TON	!	15.6	!	22.4	!	23.7
!	moyenne	!	15.1	!	18.0	!	16.9
!	ec.type	!	2.6	!	3.9	!	3.5
!	THO (F)	!	13.9	!	-----	!	14.9

Le besoin en fer augmente dans les disciplines d'endurance



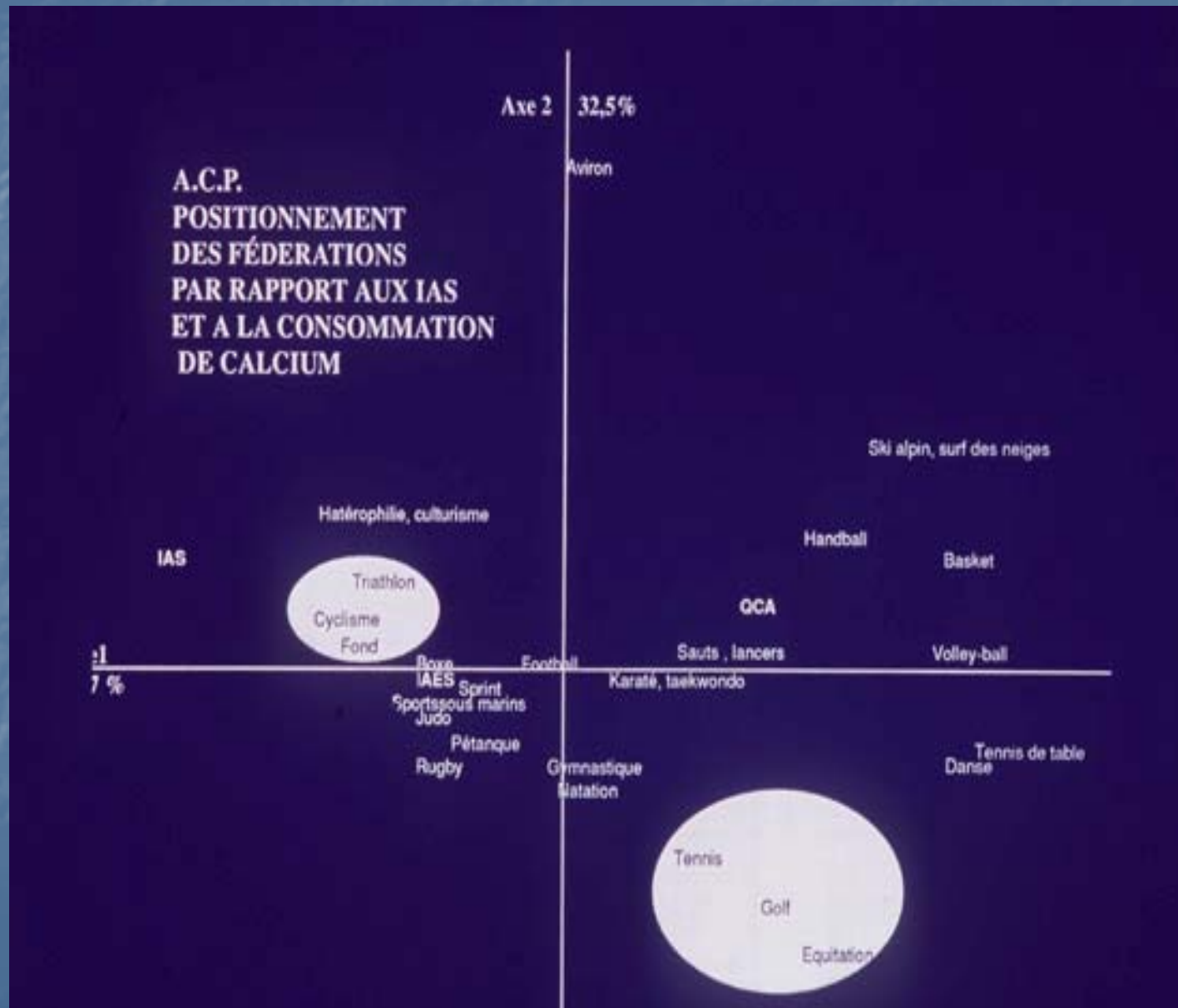
Les vitamines antioxydantes

- Des études initiales ont indiqué un effet favorable de la supplémentation en vitamine E et/ou C sur la diminution des douleurs musculaires post entraînement (DOMS)
- Les études récentes: Connolly et al J. Sports Med Phys Fitness 2006 46:462 infirment le rôle de la vitC, Gaeini et al J Sports Med Phys Fitness 2006 46:458 de la vitE
- Cependant ces vitamines influencent le statut antioxydants
- L'action proinflammatoire de l'exercice intense dépasse probablement les effets des radicaux libres

Rôle de l'alimentation calcique

- La densité osseuse est en partie dépendante du niveau des apports en calcium.
- Les études épidémiologiques sur de grandes populations indiquent une relation linéaire entre 500 et 1200 mg/24H (Matkovic et al Calcif Tissue Res. 22:393 1977DO)
- Des études menées sur des populations plus faibles mais avec des méthodes d'analyse alimentaires plus précises indiquent un effet seuil: la DO augmenterait beaucoup plus faiblement au delà de 1000 mg/24h (Kanders et J Bone Min Res 3:145 1988)
- **Les recommandations sont: 1000mg/24H avant la ménopause, 1500mg/24H après**

Les sports à risque d'apport calcique insuffisant: Les disciplines d'endurance pratiquées par les femmes



La nutrition du sportif limite entre alimentation et dopage

Les compléments alimentaires

Quelles sont les limites?

- L'aliment contient un produit figurant sur la liste des produits interdits
- L'absorption à doses élevées de l'aliment à un effet dopant et peut figurer sur la liste des substances interdites
- L'utilisation de composés nutritionnels dans un but de provoquer des réponses hormonales au delà des réponses physiologiques
- Le plan alimentaire est caricaturalement éloigné d'une alimentation naturelle.

Qu'est-ce qu'un complément alimentaire ?

- J.O. du 12 avril 1996 :
 - " les compléments alimentaires sont les produits destinés à être ingérés en complément de l'alimentation courante, afin de pallier l'insuffisance réelle ou supposée des apports journaliers "
 - Nutriments essentiels
 - Vitamines
 - Minéraux
 - Protéines
 - Plantes
- Directive 2002/46/CE
 - Ce sont des denrées alimentaires
 - Introduit la notion d'effet physiologique
 - Ne concerne que les vitamines et minéraux

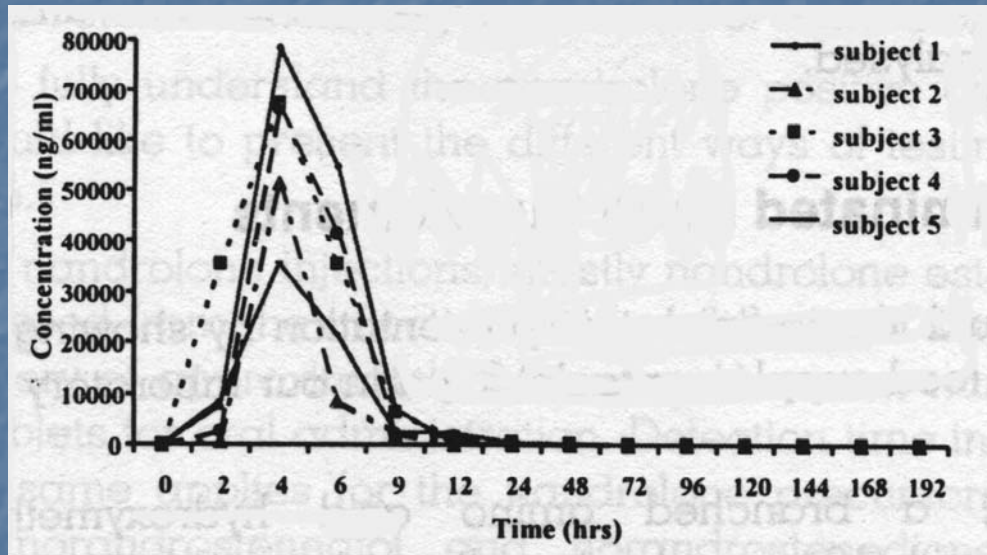
USA : Dérégulation des suppléments alimentaires

- 1993 : la FDA (Food and Drug Administration) tente d'imposer à l'industrie de faire la preuve de l'efficacité et de la sécurité des produits
- Campagne de pétitions et lobbying de l'industrie :
 - Libre accès à l'herboristerie traditionnelle
 - Liberté d'utilisation des vitamines et sels minéraux ...
- 1994 : Dietary Supplement Health and Education Act (DSHEA)
 - Extension à toute substance naturelle, même si elle n'est pas présente dans l'alimentation (DHEA, GH, créatine, ...etc.)
 - tout produit vendu comme un complément alimentaire peut être mis sur le marché librement
 - La FDA doit prouver son éventuelle toxicité pour le retirer du marché

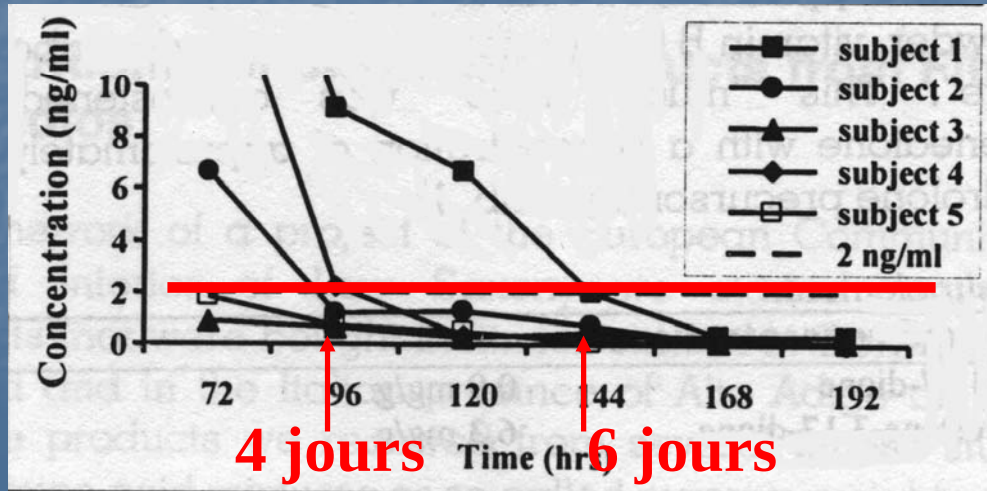
Le dopage dans les compléments alimentaires

- Hormones et pro-hormones
- Contamination de compléments alimentaires par des produits interdits
- Introduction de stimulants dans les produits
 - « dynamogènes »,
 - « ergogènes »,
 - « énergisants »

Les prohormones de la nandrolone et de la testostérone



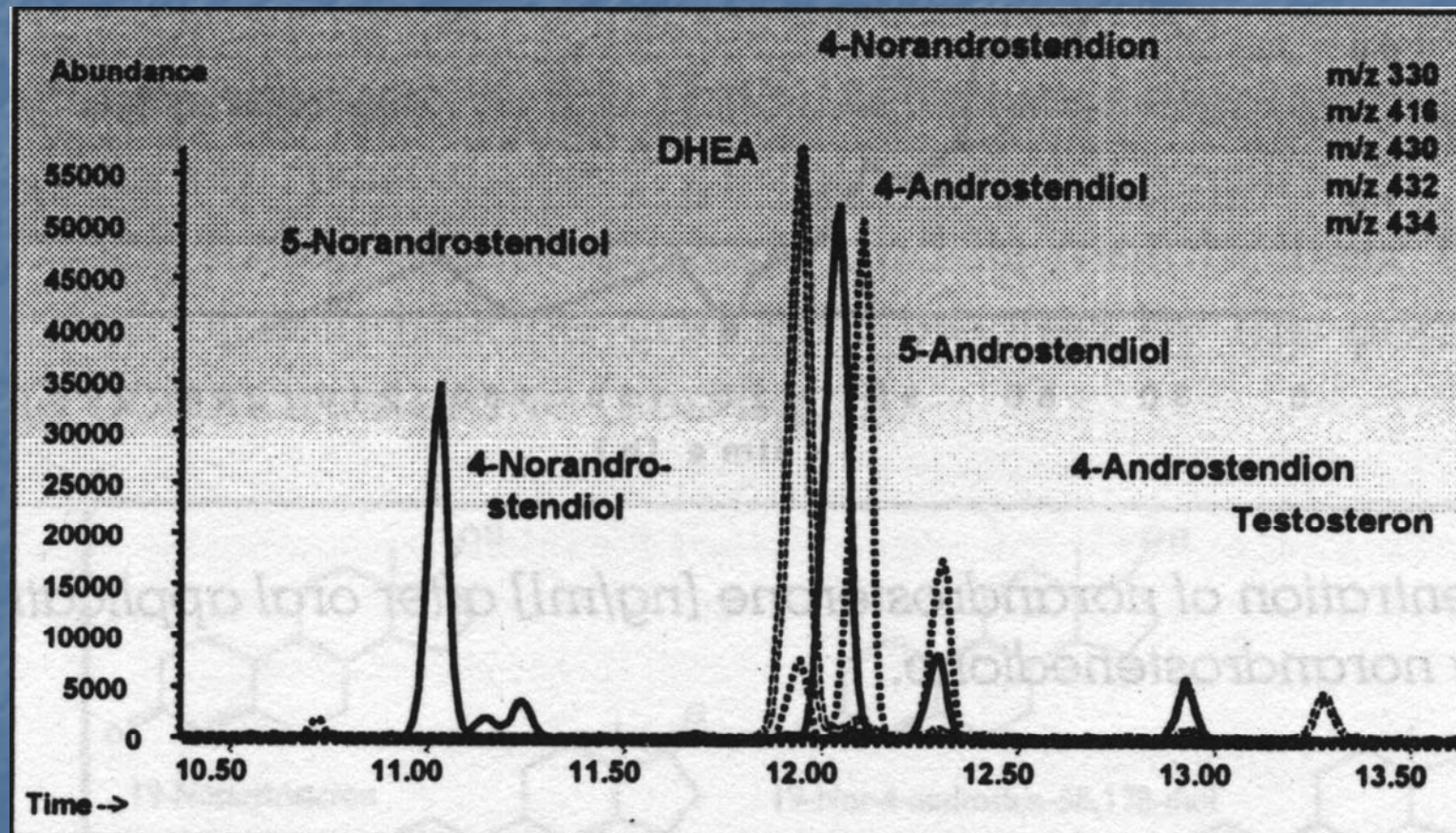
Evolution de l'excrétion urinaire de norandrosterone (ng/ml) après une prise orale d'une gélule de norandrostènedione recommandation usuelle , 7 gélules par jour !!!)



Seuil de 2ng/ml

D'après Delbeke, 2001

Contamination des compléments alimentaires



Contamination d'un échantillon de créatine

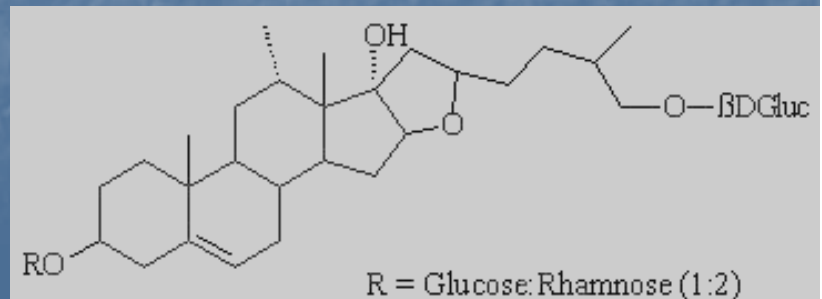
Geyer et coll. 2001

Les Phytostéroïdes

- **Tribulus terrestris**
 - Plante vivace tropicale originaire de l'Inde,
 - Cultivée en Chine et en Afrique
 - Indications traditionnelles (impuissance et stérilité)
 - Commune sur le pourtour méditerranéen
 - Favoriserait la sécrétion de LH et donc de testostérone
 - Proposé aux sportifs comme alternative aux stéroïdes anabolisants.
 - extraits à 40 % de saponines de furostanols,



Phytosterol : Protodioscine



Etude de la contamination des compléments alimentaires par les prohormones

(Lab. Anti-dopage de Köln)

- Entre octobre 2000 et novembre 2001
- Analyse de 634 suppléments nutritionnels achetés dans 13 pays
 - vitamines, sels minéraux, créatine, carnitine, BCAA, glutamine, guarana, ...
- 15% contenaient des produits interdits, stéroïdes anabolisants essentiellement
 - Origine USA : 20%
 - Origine Pays-bas : 26%
 - Origine France : 7%

Geyer et coll. 2001

Types de contamination

- Intentionnelle et déclarée
 - Créatine + nandrolone
- Intentionnelle et masquée
- « accidentelle »
 - 80% des concentrations < 100 µg /comprimé, soit 250 fois plus faible que le plus faible dosage (25 mg)
 - Variation de concentration entre comprimés, entre boîtes
 - Contaminations croisées lors de la fabrication

Lejor et al. 2001

Compléments alimentaires et stimulants



Ephedra sinica
ou « Ma-huang »
Contient de l'éphédrine et
de la pseudoéphédrine ,
de 1 à 2,8% selon les
espèces

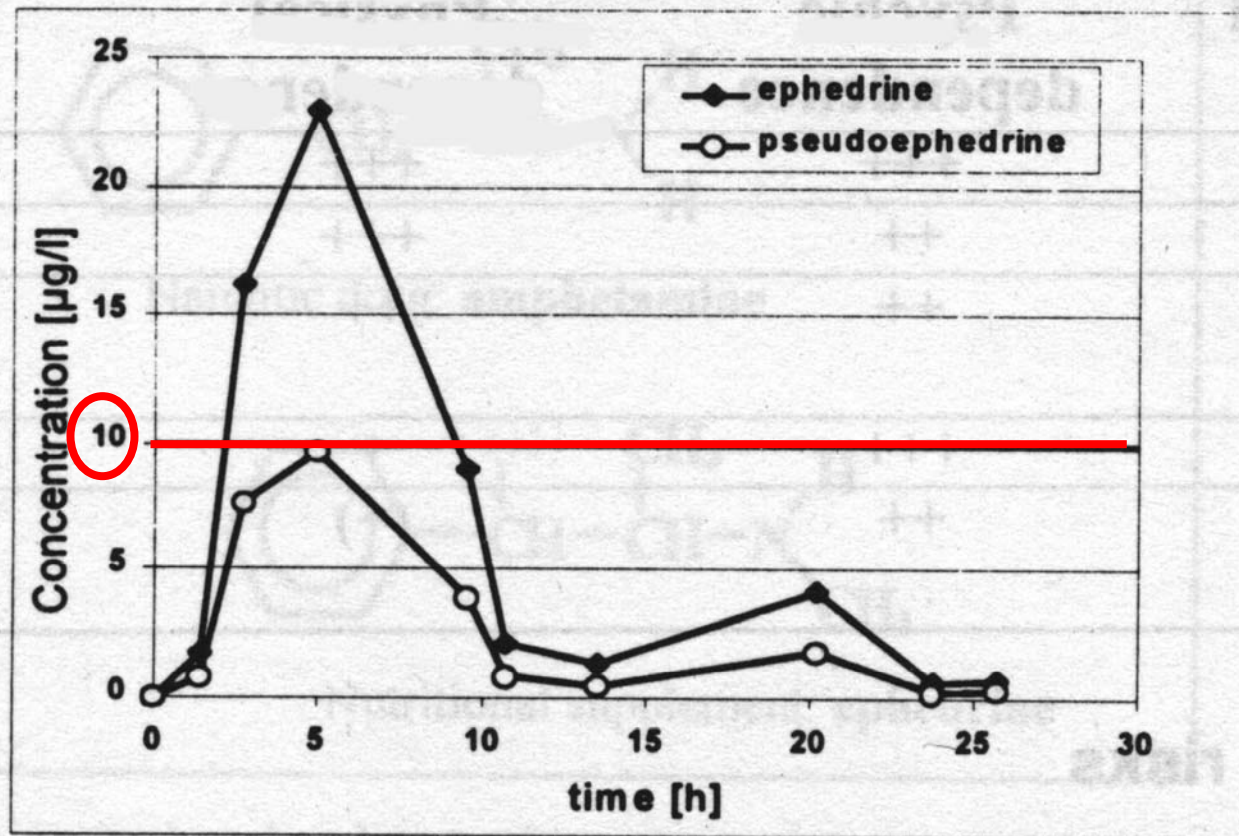


Guarana
Riche en caféine (4%)
Potentialisation des
effets de l'éphédrine



Citrus aurantium
Présent dans les produits
« ephedrin free »
Contient de la synéphrine

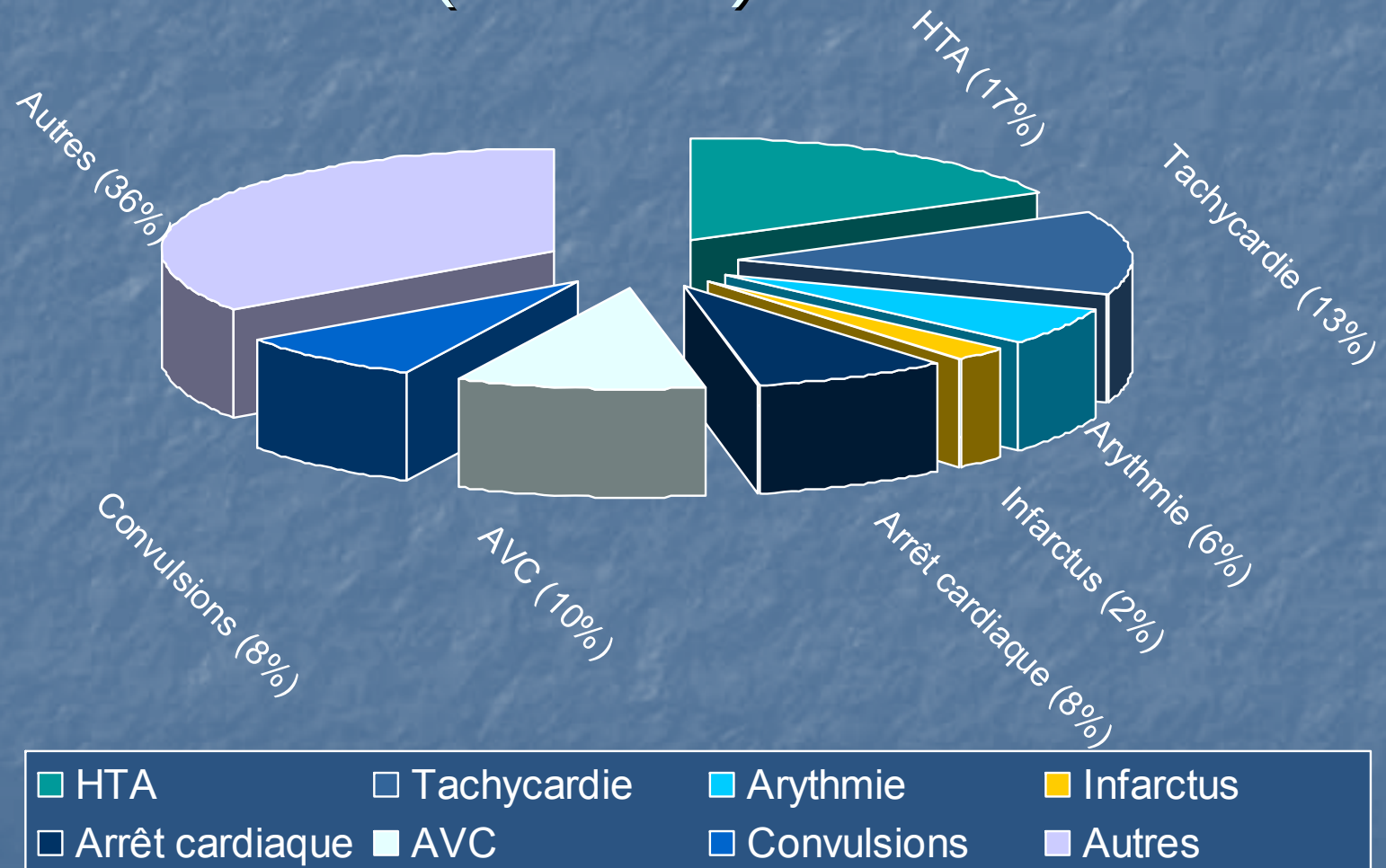
Risque de contrôle positif



absorption de
2 comprimés
de Ma Huang

Geyer et Coll., 2001

Accidents liés ou pouvant être reliés à la prise de produits contenant de l'éphédrine (n = 140)



D'après Haller and Benowitz, 2000

Risque potentiel des compléments contenant de l'éphédrine

- Rand Corporation (Fev 2003)
 - Analyse de 16 000 cas d'accidents, 1800 dossiers constitués
 - Implication certaine de l'ephedra dans
 - 2 morts, 4 accidents cardiaques, 9 AVC, 8 cas psychiatriques
 - Évènements sentinelles
- Annals of Internal Medicine (Fev 2003)
 - Les ventes de produits contenant de l'éphédrine représentent 1% du marché des compléments alimentaires.
 - Ils sont à l'origine de 64% des plaintes
- Neurology, (2003)
 - Augmentation significative du taux d'hémorragie cérébrale pour des consommations > 32 mg/jour
 - Consommation recommandée par les vendeurs : 100 mg/j

Interdiction de l'éphédrine

- Interdiction dans plusieurs états
 - Illinois (26 Mai 2003), Californie (octobre), New York (Novembre).
- Interdiction par l'AFSSAPS (octobre 2003)
- Interdiction de la production et vente aux USA (12 avril 2004)
- Mais 12 à 17 millions d'Américains consomment de l'éphédrine chaque année.
- Sortie de produits énergisants et « fat burners » sans éphédrine, à base d'autres plantes ...
 - Guarana
 - Citrus aurantium...

Maintien de la vigilance

Voile hauturière
Décalage horaire
Alpinisme

- Psychostimulants interdits
- amphétamines : non!
 - Modafinil: non c'est un médicament
- Aliments proposables
 - Café

la caféine

- produit de consommation très étendue
 - convivialité, saveur
 - aucune suspicion sauf en milieu sportif (dopant si $> 12 \mu\text{g/ml}$ d'urine)
- usage extrêmement répandu dans le monde du travail
 - privation de sommeil, travail posté
 - voyages (décalage horaire)
 - états de fatigue, tout simplement
- substance plus éveillante qu'excitante

■ Limites d'utilisation de la caféine

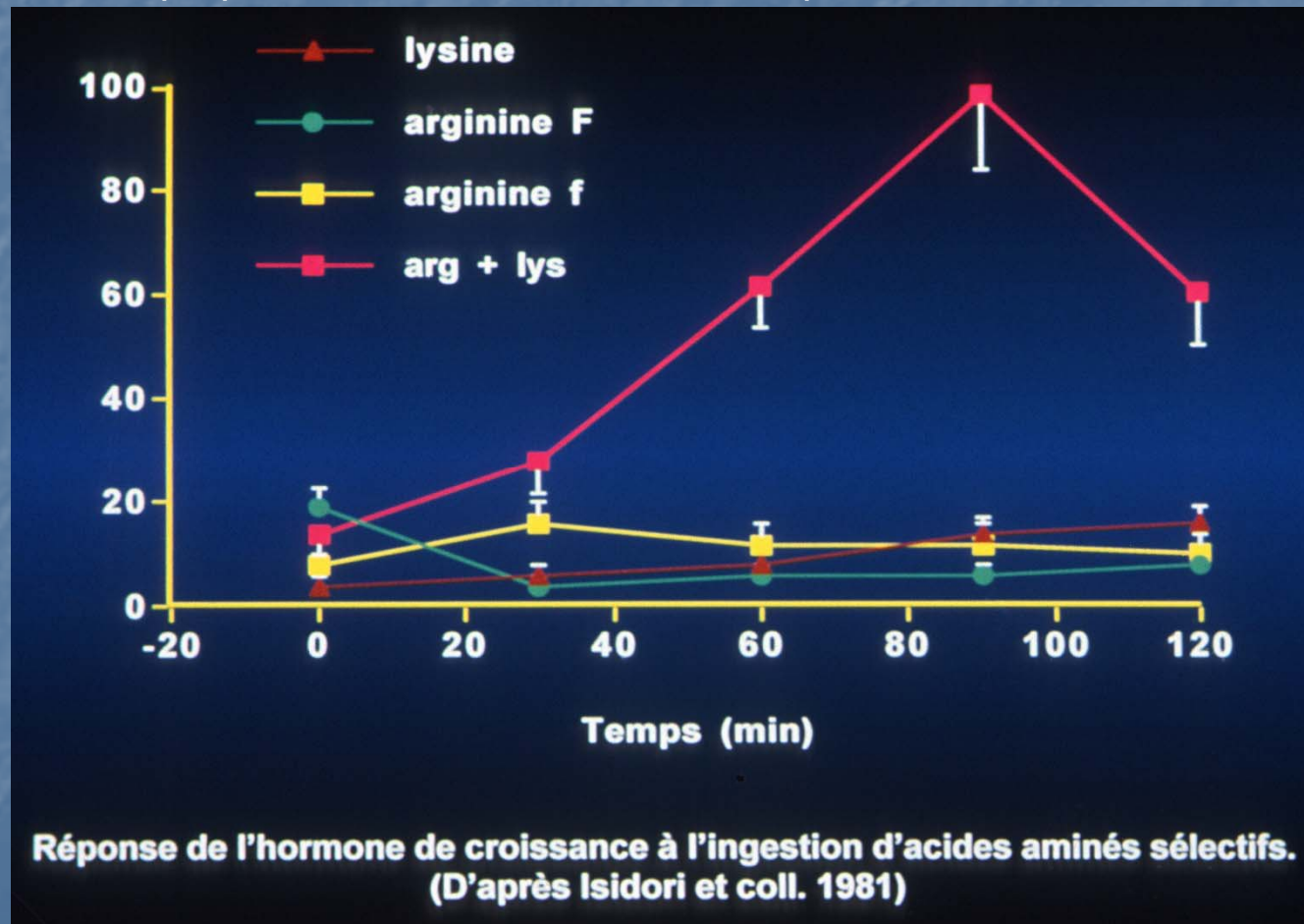
- effet éveillant limité au maximum à 2 heures
 - d'où la nécessité de prises répétées
- effets secondaires du café si prise excessive
 - neurologiques (tremblements)
 - cardiaques (tachycardie)
 - diurétique (facteur très limitant pour le pilote de chasse)

Acides aminés spécifiques et Pratiques Sportives

- * La consommation d'acides aminés spécifiques à des fins ergogéniques a été proposée depuis de nombreuses années
- * Il s'agit essentiellement des Acides aminés Branchés, de la glutamine, de la tyrosine
- * Leurs effets sont contradictoires

Acides aminés spécifiques et Pratiques Sportives

1. Les acides aminés à chaînes ramifiées (BCAA) ; **leucine, isoleucine, valine**
 - leur indication proposée chez les sportifs d'endurance
 - leurs propositions d'utilisation chez les sportifs de force



Attitude d'éthique sportive vis-à-vis de la consommation excessive acides aminés

- A ce jour leur utilisation à de large doses n'est pas interdite
- Cette utilisation s'éloigne d'une alimentation normale
- La question se pose des risques encourus
- Leur utilisation excessive peut favoriser des pratiques à risques: régimes amaigrissants des sports à catégorie de poids

Conclusions

- La limite entre alimentation spécifique du sportif dans un but de performance et dopage est étroite
- Dans le cas d'association volontaire ou accidentelle de produit dopant et de nutriment: c'est du dopage
- La question se pose de définir une attitude vis-à-vis des alicaments

La nutrition lipidique

- Les lipides sont un carburant essentiel des efforts prolongés
- Il jouent un rôle sur la structure des membranes et sont indispensables à une bonne santé
- Doivent représenter 30 % de la ration calorique , avec une distribution AGS 1/3
- AGG mono-insaturés = poly = 1/3

Merci !



Dr. JR ISRAEL

Pr. GUEZENNEC

Pôle Départ. de
Médecine du Sport
De l'ESSONNE
Centre National
De Rugby
MARCOUSSIS
91460 FRANCE