

**INCIDENCE DE L'ALTITUDE
SUR LA PHYSIOLOGIE DIGESTIVE
ET LE STATUT NUTRITIONNEL**

J-D Rouillon, Besançon

PREAMBULE

BIBLIOGRAPHIE COMBINEE PAUVRE ET PARTIELLE

VALIDITE ECOLOGIQUE SCIENTIFIQUE ET DES RECITS

CONDITIONS IMPOSEES AU TUBE DIGESTIF:

- **HYPOXIE HYPOBARE**
- **EXERCICE**
- **DIFFICULTES D'INTENDANCE**

ALTITUDE, COMPOSITION CORPORELLE ET BALANCE ENERGETIQUE

(K. Westerterp, 2001 ; K. Westerterp...J. Richalet, 1994)

HAUTE ALTITUDE ET DEPENSE ENERGETIQUE

| | |
|------------------------------|---------------------|
| POPULATION GENERALE : | 2,2 - 2,5 MB |
| ATHLETES ENDURANCE : | 4,0 – 5,0 MB |
| MONTEE EVEREST : | 2,0 – 2,7 MB |

NEGATIVATION BALANCE ENERGETIQUE OBLIGATOIRE > 5000m :

- **MALNUTRITION vs PALATABILITE**
- **ANOREXIE PAR HYPOXIE HYPOBARE *per se***
- + **SATIETE PRECOCE (Westerterp-Plantenga et al., 1999)**
- **MALABSORPTION INTESTINALE**

EFFET DE L'ALTITUDE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE

(F. Armellini et al., 1997)

EVOLUTION MCT EN STAGE ALTITUDE

TROIS PHASES :

(J. Richalet et C. Rathat, 1990)

1° AUGMENTATION MCT = RETENTION HYDROSODEE (1 – 2 L)

2° RETOUR A LA NORMALE

3° AMAIGRISSEMENT PROGRESSIF (MG +/- MM)

✓ **EX 1 : TRECKING 16j**

(e.g.F.Armellini et al., 1997)

→ **-29% ENTREES CALORIQUES**

→ **DEGRADATION DU COUT ENERGETIQUE**

→ **-2,2kg MG**

→ **-1,1kg MM**

✓ **EX 2 : SEJOUR 21j 4300m**

(e.g.C. Fulco et al., 2002)

BALANCE ENERGETIQUE

COMPOSITION CORPORELLE

NORMOCALORIQUE →

INCHANGEE

HYPOCALORIQUE →

MCT : -6,6 kg +/- 3 kg

MM : - 4,6 kg

SANS INCIDENCE SUR PERFORMANCE

**✓ EX 3 : SEJOUR 4j A 5000m
(e.g.B. Kayser et al., 1992)**

→ - 3% MCT

→ - 9% MG

**✓ EX 4 : SEJOUR 21j A 5050m + NORMOCALORIQUE + PALATABILITE
(e.g.B. Kayser et al., 1993)**

→ - 4,6 % MCT

→ 0% MG

**ETIOLOGIE PERTE DE MCT
(e.g. J. Coudert, 1988)**

- **ANOREXIE , INAPPETANCE AUX SOLIDES ET LIQUIDES, NAUSEES**
- **REGIME HYPOCALORIQUE RELATIF (LOGISTIQUE, APPETENCE)**
- **INSUFFISSANCE APPORTS HYDRIQUES (LOGISTIQUE, SENSATIONS
PERTURBEES)**
- **MALABSORPTION A PARTIR DE 3000m (?)
(Chesner , 1987)**

PHYSIOLOGIE DIGESTIVE ET ALTITUDE

VIDANGE GASTRIQUE

- [G] ET OSMOLARITE
- L'HYDRATATION
- L'EXERCICE

DIGESTIBILITE ET BALANCE ENERGETIQUE

CONSERVEE < 5000m

**PERTE MG > 5000m = 3,7 +/- 1,5 kg / 21 j
PAR MALNUTRITION>>> MALABSORPTION**

PHYSIOPATHOLOGIE / STATUT NUTRITIONNEL

TROUBLES DIGESTIFS :

%F > %H,

JEUNES > VIEUX

1) BALLONNEMENTS

ETIOLOGIE

- ALTITUDE
- AMIDONS
- EAU DE FONTE, CONTAMINATION
E. Coli, Campylobacter jejuni
+/- HYDROCLONAZONE (chloramine)
- STRESS

MECANISME : DECOMPRESSION GAZ VISCERES CREUX

- ERUCTION
- FLATULENCES
- METEORISME
- SPASMES / COLIQUE

2) OESOPHAGITE PEPTIQUE, GASTRITE HYPERTROPHIQUE, GASTRITE EROSIVE, DUODENITE (C.Fabbri, 1989)

MECANISME

- HYPERGASTRINEMIE (Banfi,1996)
- MICROTRAUMATISME PAROI GASTRIQUE
- ISCHEMIE SPLANCHNIQUE
- RETRODIFFUSION DES PROTONS PAR ↓ DS MUQUEUX

EFFET DE L'ALTITUDE

MALABSORPTION DES PROTEINES ?

SEJOUR 4j A 5000m
(B. Kayser et al., 1992)

→ PAS DE MALABSORPTION PROTEINES (SOJA*, GLYCINE*)

NATURE DES ALIMENTS

HISTORIQUE : VIANDE (DE YAK) SECHEE , FRUITS SECS, MUSLI...

ALIMENTS LYOPHILISES

FIBRES CASSEES IRRITANTES +++

REHYDRATATION LONGUE +++

LES PROTEINES

1° CATABOLISME

MCT 70kg → 30kg Muscle → 400g catabolisés /j

FOIE : cathépsine des lysosomes avec Ca^{++}
→ AA

MUSCLE : ubiquitine des protéosomes avec ATP

(PROTEINES DE STRUCTURE : détruites par caspases)

→ 300g recyclés

→ 100g oxydés (les 20 mais surtout les AAR : Leu, Ileu, Val)

1000mmol AA + 5000mmol O^2 →

675mmol urée + 4111mmol CO^2 + 34mmol SO_4^{2-} + 22188 mmol ATP

(McGilvery, 1983)

2° CONTRIBUTION ENERGETIQUE

(e.g. D. Nemet et al., 2005)

3 – 4 % (i.e. 6,2g/h) → 10% en endurance = oxydation Leu x 20 !

AAR FACILEMENT OXYDES A L'EXERCICE

AAR PARTICIPENT A LA NEOGLUCOGENESE PENDANT L'EXERCICE

Pas ou peu de données pour tous les autres AA !

EFFET DU TYPE D'EXERCICE

Exercice concentrique = 0

Exercice excentrique = +++ (combien ??)

EFFET DES HORMONES

ADRENALINE, CORTISOL et GLUCAGON :

→ PROTEOLYSE

EFFET DEPLETION GLUCOSE /GLYCOGENE

**+/-GASPILLAGE DU GLYCOGENE EN ALTITUDE
(J.Richalet , AFSSA, 2001 ; D. Bailey et B.Davies, 1997)**

**ALTITUDE ELEVEE (> 5000m) → MALABSORPTION GLUCIDIQUE
(N. Hamad et S Travis, 2006)**

AGGRAVE PAR FRISSON THERMIQUE (# 100% G)

→ OXYDATION DES PROTEINES

**(e.g.Dohm et al. 1985; Evans et al., 1983; Lemon et Nagle, 1981,
Poortmans, 1994...)**

3° MARQUEURS

- Tyrosine

- 3-méthylhistidine (spécifique du muscle à 90%)

- OH Prol pour le collagène

- AA PLASMATIQUES A L'EXERCICE:

DIMINUTION 70% à l'exercice vs BASE (AAR +++),

+ CAPTATION f (INSULINE) → OXYDATION AA +++

- AA INTRAMUSCULAIRES A L'EXERCICE:

ENDURANCE DOUCE PROLONGEE : STABILITE cache Entrée/
sortie

Formation de glutamine +++

ENDURANCE jusqu'à EPUISEMENT :

→ AUGMENTATION DU Ca ++

→ DIMINUTION DE GLUTAMINE + PROTEOLYSE++

Cycle Ala / Glc → 8% du Glc produit pas le foie

4° BILAN AZOTE A L'EXERCICE

Balance NEGATIVE ++

Demi-vie des protéines # pas étudiée chez l'homme

Quadriceps # 20j avec FI 37% > FII (Biolo et al., 1992)

Collagène structural # plusieurs mois

5° RECUPERATION / ANABOLISME / RENOUVELLEMENT / ANC ou AQR

Nombreux débats

ANC PROTEINES en ENDURANCE (J. Hoffman et J. Falvo, 2004, review)

1,2-1,4 g/kg/j

2,8g/kg/j sans effets indésirables (J. Poortmas et O. Dellalieux, 2000)

COMBINER LES SOURCES+++ :

ANIMALES SURTOUT (CASEINE, PETIT LAIT) + VEGETALES (SOJA)

**REGIME OMNIVORE = REGIME OVOLACTOVEGETARIEN
(M.Zamboni et al., 1996)**

MAIS : SATIETE RAPIDE → EFFET ANOREXIGENE

REPRISE SYNTHÈSE PROTÉIQUE EN RECUPERATION:

- **RAPIDE (INFÉRIEURE A 2 heures)**
- **FACILITÉE PAR APPORTS PROTÉIQUES PRECOSES (dès l'arrêt) (Tipton et Wolfe, 1998) VOIRE ANTICIPE**
- **CINETIQUE COMPARABLE A CELLE DU GLYCOGENE ET A LAQUELLE ILS PARTICIPENT**
- **MELANGE EFFICACE (J. Decombaz, 2004):
AA + G +/- L

PETIT LAIT + ARGININE (??) + G 1,7 g/kg/ h

AAR : bons résultats**
- **ANDROGENES, GH et Somatomédine(i.e. IGF1) :

→ DIMINUTION OXYDATION DES AA

→ AUGMENTATION SYNTHÈSE PROTÉINES**

PROBLEMES LIES AU METABOLISME DU FER

(e.g. T. ROWLAND, 1990 ; T. Rowland et J. Keller, 1989)

EXERCICE → DIMINUTION DES STOCKS

ETIOLOGIE

(P.Chaduteau, 1993)

ISCHEMIE INTESTINALE (FC > 160 bpm)

MICROTRAUMATISMES

« CAECUM SLAP SYNDROM »

CONTRACTION DIAPHRAGME

HYPERTROPHIE DU PSOAS

+/- AINS

+/- DESHYDRATATION

→ SAIGNEMENTS DIGESTIFS

NOTION DE DEFICIT EN FER NON ANEMIQUE

46,7% POPULATION SPORTIVE FEMININE

LIMITE : 12 ng/mL

FER ET PHOSPHORYLATION OXYDATIVE

EFFET SUPPLEMENTATION SUR CAPACITE ENDURANCE

(T. Rowland et al., 1988)

PREVENTION / CONDUITE A TENIR / RECOMMANDATIONS

- RESERVE DE FER A EVALUER 3 MOIS AVANT STAGE
- TESTER LES ALIMENTS AVANT? MODIFICATIONS DES GOUTS EN ALTITUDE
- AUGMENTER LA MG? NON MAIS...
- ANOREXIE TRANSITOIRE (QQ j) SOUS 4000 – 4500m
- DEFICIT GLYCOGENE OBLIGATOIRE : RECONSTITUTION STOCKS > 24 h REPOS

RAVITAILLEMENT SUR LA BASE DE 25g GLUCIDES/h

→ ↑ 10% RENDEMENT METABOLIQUE
(P.Astrand et al., 2003)

+ IDEM APRES EXERCICE

- ASSURER LES BESOINS EN PROTEINES +++
- APPORTS ALIMENTAIRES MICRONUTRIMENTS A ASSURER
- COMPLEMENTS ALIMENTAIRES /ADJUVANTS ENERGETIQUES/
PROTECTEURS TISSULAIRES (?)
- MEDICAMENTS ANTISECRETOIRES DES PROTONS
- TOPIQUES GASTROINTESTINAUX ++