

23. Énergie Métabolique

23.0 – *Présentation LIVE*

François Péronnet, Ph.D,
Université de Montréal

Activités ...
sportives ou récréatives
(des jeux)
de puissance élevée
et même très élevée
de donc de durée limitée
généralement continues
régulière ou non
une partie de la journée
de la semaine
du mois
de l'année
Les seules ou presque pour nous

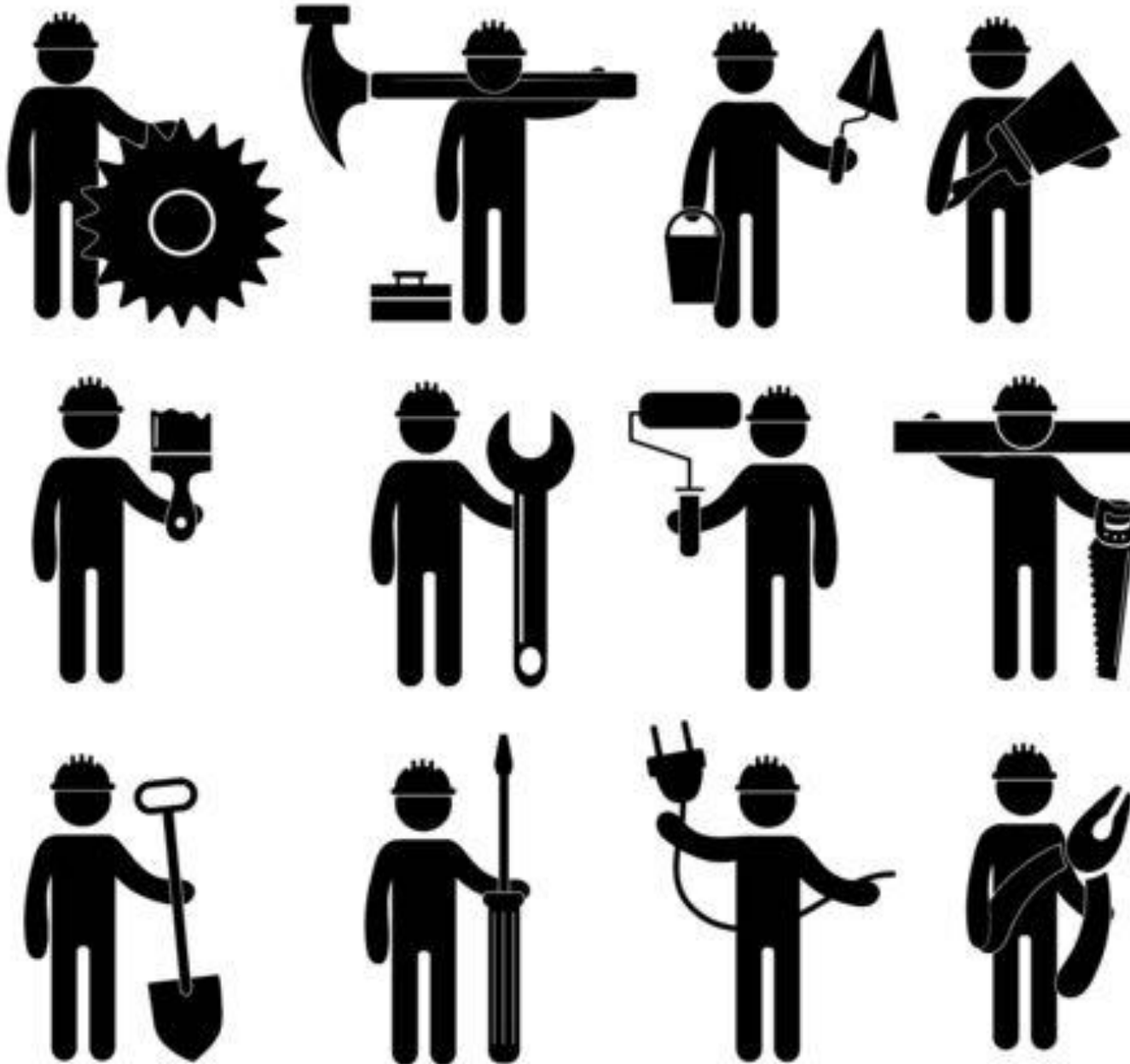


Activités
de subsistance
(obligatoires: « travail »)
de faible puissance
de très longue durée
Intermittentes (x repos)
répétées

jours....
semaines...
mois...
années...
vie.

Les seules ou presque pour eux...





Il en reste un peu chez nous

Activités..

agricoles
industrielles
du bâtiment
de rénovation/entretien
militaires
pompiers (feux de forêts)
secourisme
etc.

Dépense
énergétique
maximale
Soutenable
(DEmaxS)

Sustainable
maximal
energy
expenditure

Sustainable
metabolic
Scope
(SusMS)



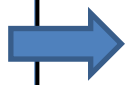
Chaleur

Rendement
mécanique

Énergie
mécanique

Puissance métabolique (P, W)

COMPOSANTE ANAÉROBIE



PUISSANCE AÉROBIE MAXIMALE

Quantité totale d'énergie métabolique
Capacité (E, J) = P x T

Dépense énergétique maximale soutenable
Sustained Metabolic Scope
Sustained Maximal Energy Expenditure

PAL = DE (kcal/jour) / DE repos (kcal/jour)

PUISSANCES AÉROBIES SOUS-MAXIMALES

DEmaxS/SusMS/SuMEE (x DE repos)

REPOS

Durée totale (T, en sec)

Puissance métabolique (P, watt)

Capacité (E, Joules) = P x T

Individu-type: jeune adulte masculin de 75 kg moyennement actif

Métabolisme de base ou de repos (BMR ou RMR) ~ 90 W

+ thermogénèse alimentaire (10 %)

= **énergie d'entretien minimale (DEMin: dépense d'énergie minimale) ~ 100 W**

Entièrement aérobie (aérobie obligatoire)

→ Disponibilité de l'O₂ et des substrats énergétiques (glucides, lipides, protéines)

Cerveau, cœur, foie, rein, muscles au repos, autres (~10-20% chacun)

100 x 24 x 3600 / 1000 = 8640 kJ = 2057 kcal (1 kcal = 4.2 kJ)

1 L O₂ utilisé → 5 kcal (équivalent énergétique de l'O₂)

VO₂ ~ 2057 / 5 / 1440 ~ 0.286 (L STPD/min) soit ~3.8 mL/kg/min (1 MET = 3.5 mL/kg/min)

Durable en autant qu'il y ait de l'O₂ et des substrats énergétiques et qu'ils puissent être utilisés.

Capacité sur 81 ans, en J: 2057 x 4200 x 365 x 81 = 2.55 10¹¹ J

Capacité considérable, très faible puissance: faible mais économique ou économique mais faible

Facteur(s) limitant(s): variables (mort...)

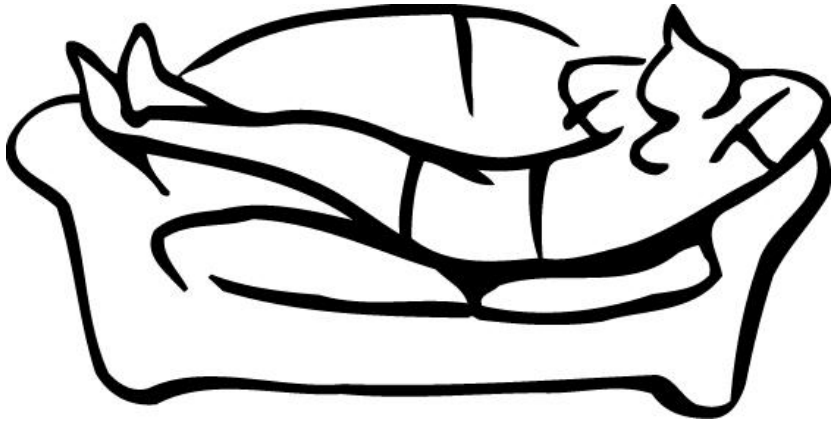
Repos

Énergie = 2.5 10¹¹ J soit 2.6, 1.9 et 7.2 tonnes de protéines, lipides, glucides (20, 30 et 50 %EN)

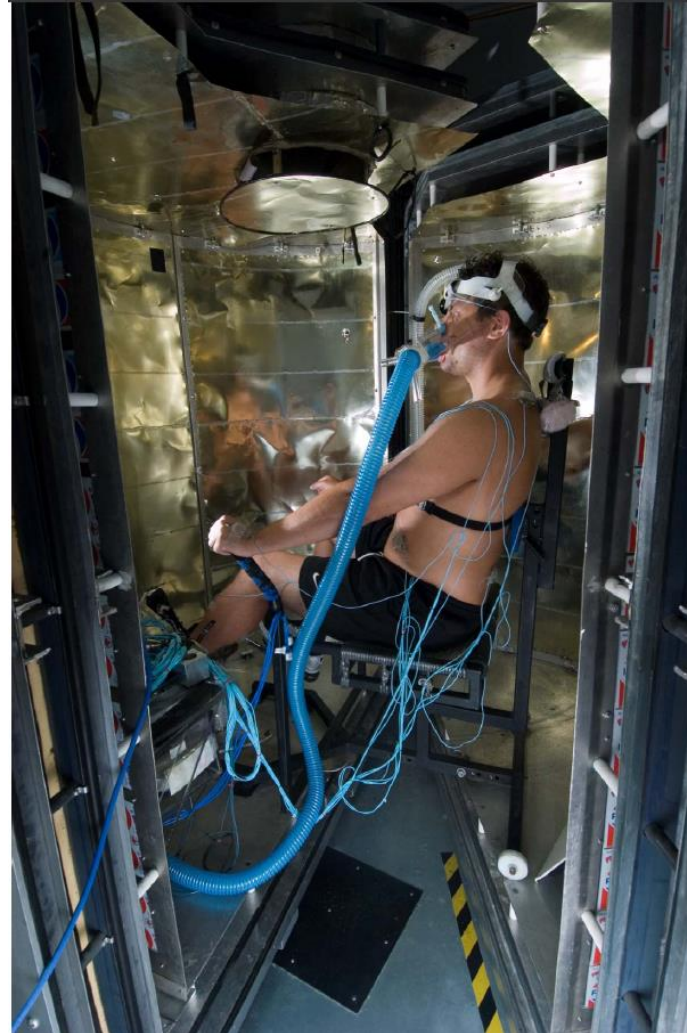
Durée **totale** (T, secondes)

81 ans
2.55 10⁹ sec

Faible puissance
Économique
Zéro énergie mécanique
Rendement mécanique = zéro
Énergie métabolique
→ chaleur



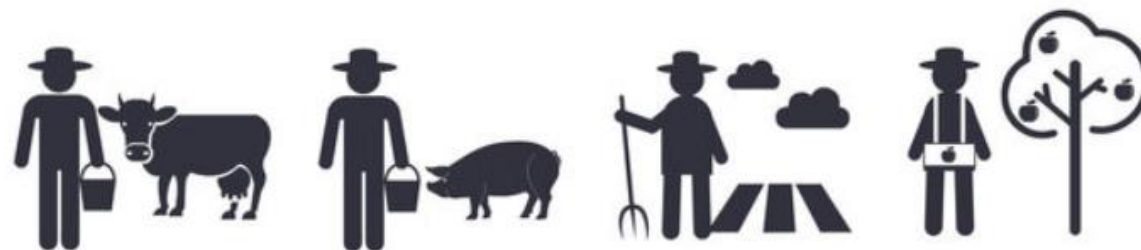
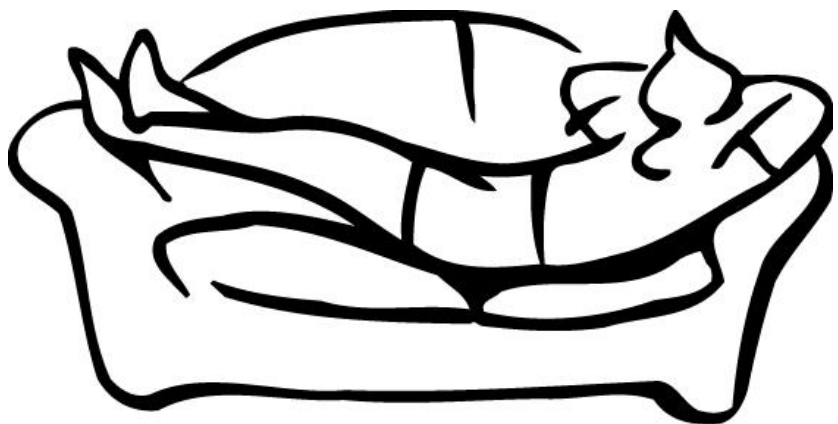
Calorimétrie directe
Calorimétrie indirecte respiratoire approximative
Énergie métabolique = $VO_2 \times 5 \text{ kcal/L d'O}_2$



Calorimètre de
Snellen
Université d'Ottawa

Précision de $\sim 2.3 \text{ W}$

Faible puissance
Économique
Zéro énergie mécanique
Rendement mécanique = zéro
Énergie métabolique
→ chaleur



3.72

9.44

4.70 kcal/g

urée

DE (dépense

énergétique)



Balance énergétique

Echim des aliments + (ou -) Echim des réserves de graisses perdues ou gagnées

Méthode factorielle:

DE = sommes des coût énergétique de chaque activité x temps passé à chaque activité

Calorimétrie directe: DE = Emec + chaleur

Calorimétrie indirecte respiratoire approximative: DE ~ VO2 x 5 kcal/L

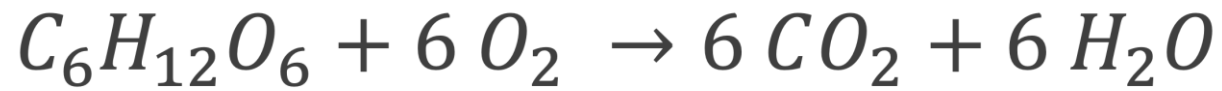
Calorimétrie indirecte respiratoire complète: VO2, VCO2 et urée → DE + masse et %En des nutriments c

Méthode de l'eau doublement marquée

Calorimétrie indirecte respiratoire (+/-) approximative: DE ~ VCO2 x Eq.en. CO2 (4.98 à 6.57 kcal/L)

Accéléromètres (j'aimerais beaucoup que ça fonctionne, mais ????)





$$\left\{ \begin{array}{l} 0.747 G + 2.023 \text{ TAG} + 1.045 P = \text{VO}_2 \\ 0.747 G + 1.436 \text{ TAG} + 0.872 P = \text{VCO}_2 \\ 0.349 P = \text{urée} \end{array} \right.$$

$$\text{Protéines} = \text{urée} / 0.349 = 2.865 \text{ urée}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0.747 G + 2.023 \text{ TAG} + 1.045 (2.865 \text{ urée}) = \text{VO}_2 & \text{eq. A} \\ 0.747 G + 1.436 \text{ TAG} + 0.872 (2.865 \text{ urée}) = \text{VCO}_2 & \text{eq. B} \end{array} \right.$$

$$0.587 \text{ TAG} + 0.496 \text{ urée} = \text{VO}_2 - \text{VCO}_2 \quad \text{eq. A} - \text{eq. B}$$

$$0.587 \text{ TAG} = \text{VO}_2 - \text{VCO}_2 - 0.496 \text{ urée}$$

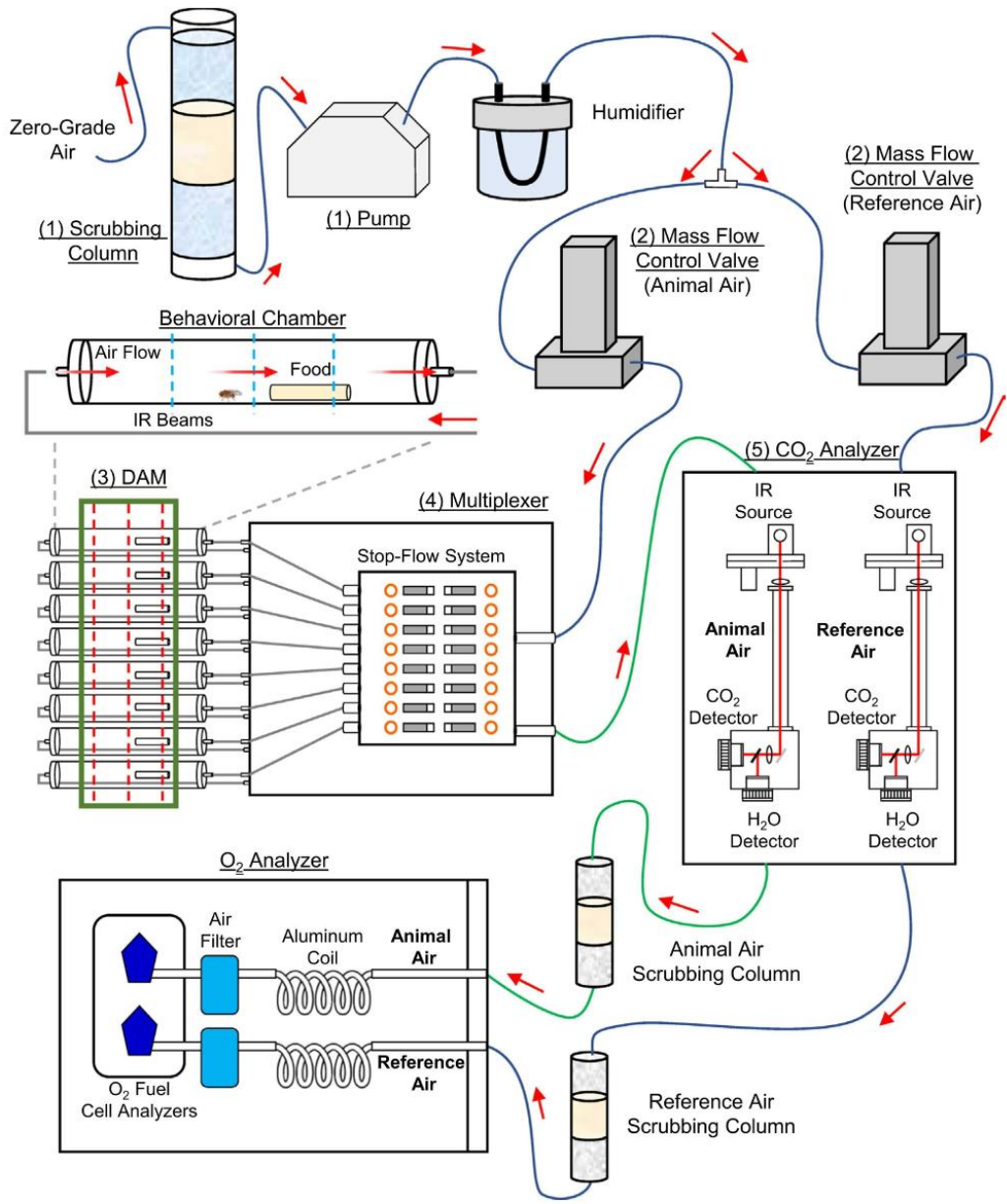
$$\text{TAG} = 1.704 (\text{VO}_2 - \text{VCO}_2 - 0.496 \text{ urée})$$

$$0.747 G + 2.023 [1.704 (\text{VO}_2 - \text{VCO}_2 - 0.496 \text{ urée})] + [1.045 (2.865 \text{ urée})] = \text{VO}_2$$

$$0.747 G = - 2.447 \text{ VO}_2 + 3.447 \text{ VCO}_2 - 1.285 \text{ urée}$$

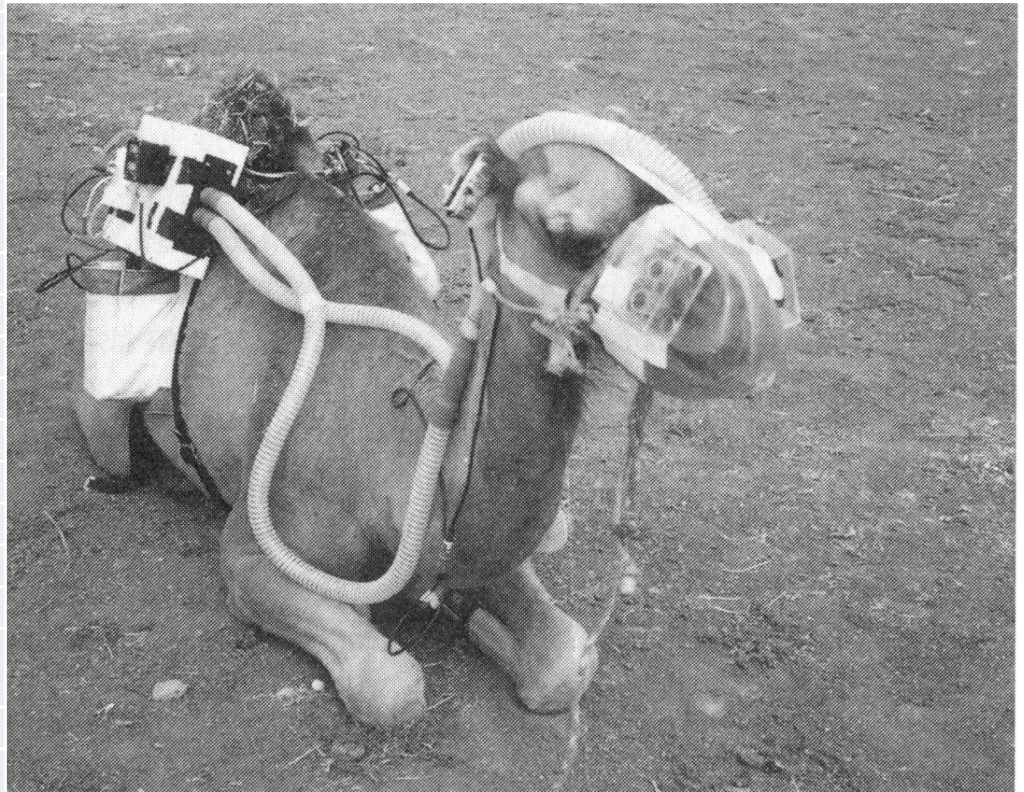
$$\text{Glucose} = 4.614 \text{ VCO}_2 - 3.275 \text{ VO}_2 - 1.720 \text{ urée}$$





~3 $\mu\text{L O}_2/\text{h}$
 0.5 mg
 0.000175 W
 35 W/kg
 100 mL/kg/min

- 3 microlitre/h
- 0.003 mL/h
- 0.000003 L/h
- 0.000015 kcal/h
- 4.16667E-09 kcal/sec
- 4.16667E-06 cal/sec
- 0.0000175 J/sec (W)
- 0.5 mg
- 0.0005 g
- 0.0000005 kg
- 35 W/kg
- 0.003 mL/h
- 0.00005 ml/min
- 100 ml/kg/min
- 500 cal/min/kg
- 8.33333333
- 3 cal/min/kg
- 35 W/kg
- 0.0000175 W



Brown J Neur Sci Meth 2022

PHYSIOLOGY

Extreme events reveal an alimentary limit on sustained maximal human energy expenditure

Caitlin Thurber¹, Lara R. Dugas², Cara Ocobock³, Bryce Carlson⁴,
John R. Speakman^{5,6*}, Herman Pontzer^{1,7,8*}

Légende de la figure suivante

Fig. 1. Metabolic scope and duration. (A) Blue circles and trend line: Short events (<0.1 days; 800 m to marathon). Red circles: Events 0.5 to 95 days. Gray open circles: Estimates for ultramarathon world records and other well-documented endurance events. Purple cross: Other high metabolic scope measurements. Red trend line with 95% confidence interval (CI): SusMS versus duration limit (analysis A in table S2). Data: table S1. (B) SusMS versus duration relationship [unlogged and redrawn from (A); analysis A in table S2] flattens out at $\sim 2.5\times$ BMR. Cumulative average metabolic scope (see Materials and Methods) is shown for elite cyclists over a touring season, arctic trekking, RAUSA runners, and pregnancy and lactation. (C) Habitual metabolic scope ("physical activity level") for $n = 130$ cohorts from a diverse global sample (29) cluster below $2.5\times$ BMR (red line).

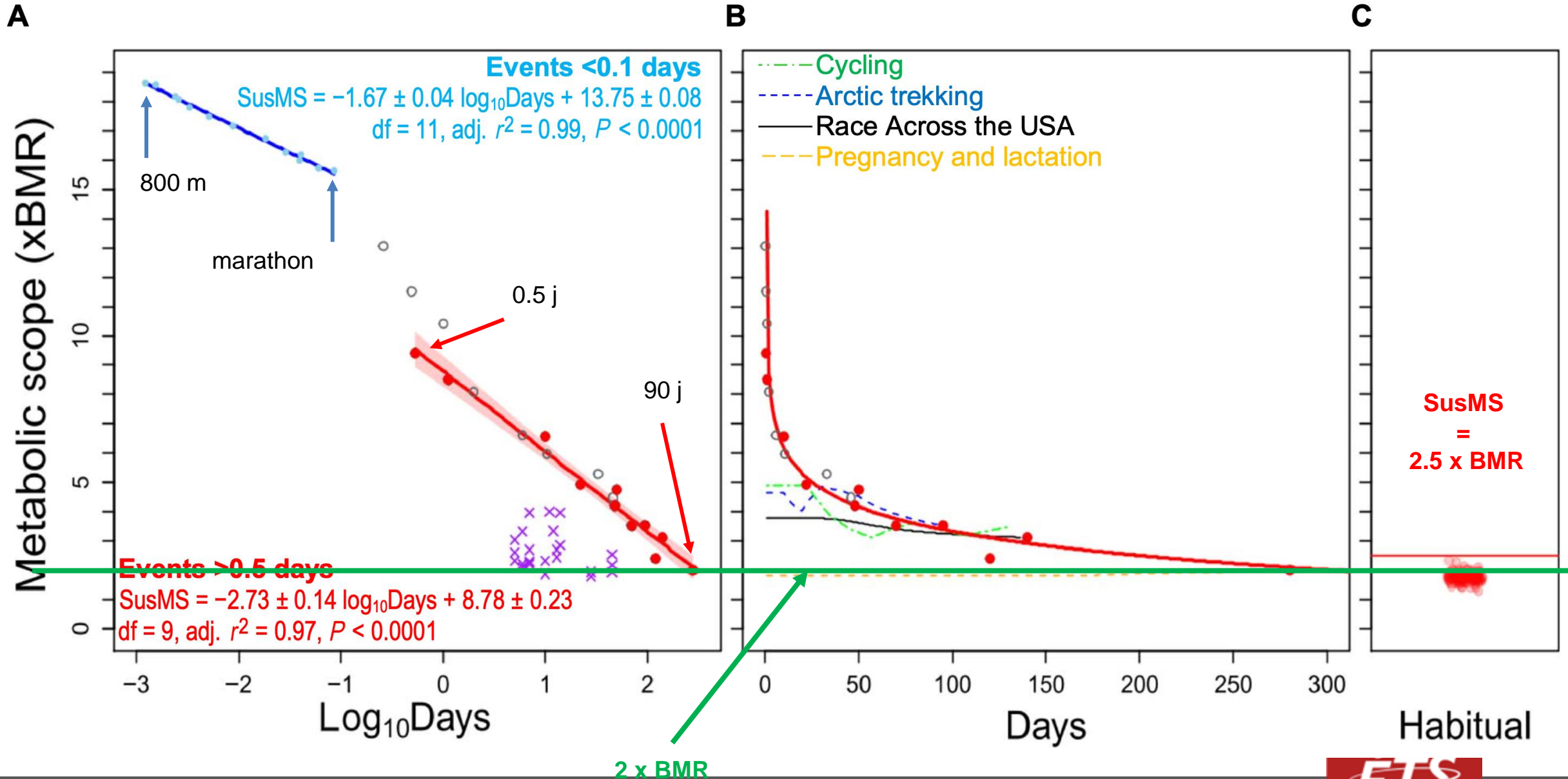


TABLE 1Results of meta-analysis by sex, human development index (HDI) status, and age group¹

	Men				Women			
	All	Low or middle HDI	High HDI	High HDI <65 y of age ²	All	Low or middle HDI	High HDI	High HDI <65 y of age ²
No. of studies	53	9	44	35	81	12	69	62
No. of cohorts	68	10	58	42	115	13	102	87
No. of subjects	1719	144	1575	1135	3253	339	2914	2462
Age (y)	43.2 ± 2.3 ³	32.5 ± 3.3	45.0 ± 2.6	34.5 ± 1.7	39.3 ± 1.9	33.2 ± 2.7	40.1 ± 2.1	35.1 ± 1.3
Weight (kg)	78.1 ± 1.5	66.1 ± 2.7	80.0 ± 1.6	81.3 ± 2.0	70.4 ± 2.8	59.3 ± 2.0	71.8 ± 3.0	72.6 ± 3.2
BMI (kg/m ²)	25.5 ± 0.4	22.7 ± 1.0	26.0 ± 0.7	26.0 ± 0.6	26.3 ± 0.4	24.3 ± 0.7	26.6 ± 0.4	26.6 ± 0.4
Total energy expenditure (MJ/d)	12.7 ± 0.2	12.3 ± 0.4	12.7 ± 0.3	13.5 ± 0.3	9.9 ± 0.1	9.3 ± 0.2	10.0 ± 0.1	10.3 ± 0.1
Physical activity level	1.80 ± 0.03	1.88 ± 0.06	1.79 ± 0.02	1.81 ± 0.03	1.71 ± 0.01	1.70 ± 0.03	1.71 ± 0.02	1.72 ± 0.02

¹ HDI is a composite statistic developed by the United Nations Development Program to rank countries by level of development. In our model, HDI status values were 0 (low or middle HDI) and 1 (high HDI).

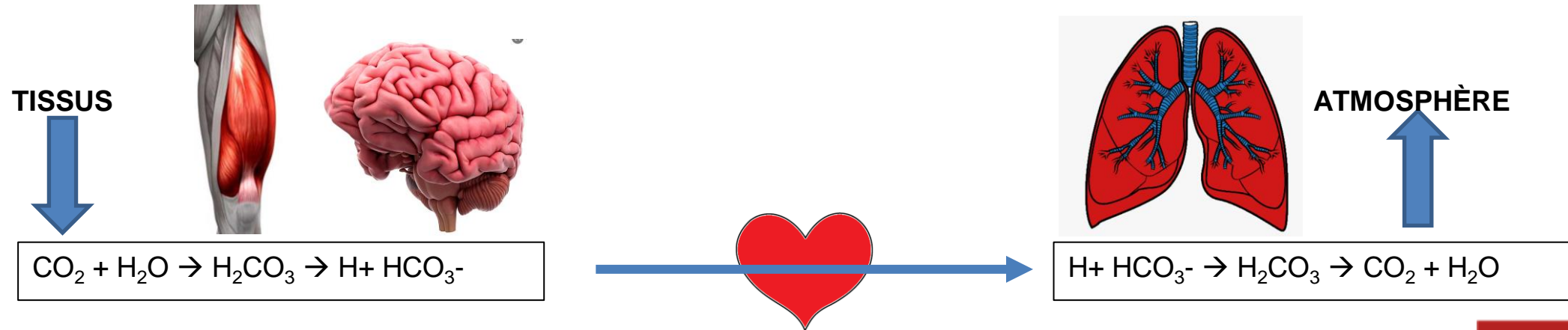
² Cohorts were restricted to those in which the mean age of participants was <65 y of age.

³ Mean ± SE (all such values).

D_2O (DHO) → Perdu avec l'eau

$H_2^{18}O$ → Perdu avec l'eau

CO_2 → H_2CO_3 (ac. carbonique) → $H_2O + CO_2$ → Perdu par les poumons



Log_e isotope enrichment (ppm)

$t_{1/2} \sim 7-10$ jours (10 % par jour)

Deutérium
↓
 $\propto VCO_2$
Oxygène-18

Equilibration

Élimination

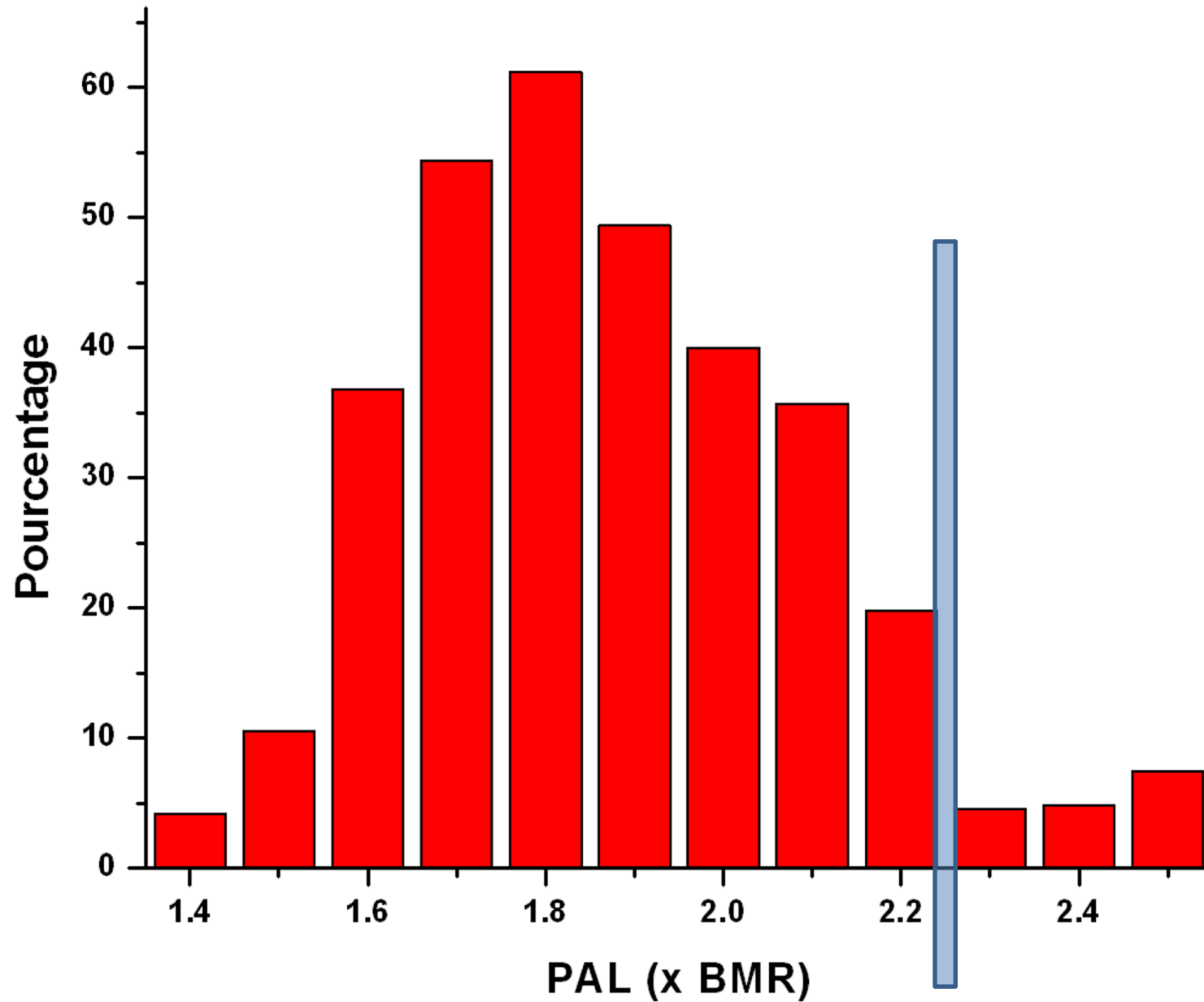
Eq.En CO₂ (kcal/L)

CHO = 4.98
Lipides = 6.57

DAYS 0

1

7



Westerterp
J Exp Biol 204:3183,2001

Étape 1, 26 jours de mer (Angleterre-Brésil), 10 équipiers

Masse corporelle

au départ: 84.0 kg
à l'arrivée 80.9 kg
BMR 1870 kcal/J

Ingestion quotidienne

glucides 594 g

lipides 150 g

protéines 140 g

énergie 4275 kcal/j

Énergie du tissu adipeux 870 kcal/j

Énergie totale 5145 kcal/j

PAL 2.75 x BMR



BRANTH, S., L. HAMBRAEUS, K. WESTERTERP, A. ANDERSSON, R. EDGREN, M. MUSTELIN, and R. NILSSON. Energy turnover in a sailing crew during offshore racing around the world. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 28, No. 10, pp. 1272–1276, 1996.

TABLE 10. *ADMR presented as a multiple of BMR in three intervals of cycle race*

Subject No.	A	B	C
<i>I</i>	3.5–4.3	3.9–4.9	3.4–5.4
<i>II</i>	3.7–4.2	3.8–5.0	3.5–5.2
<i>III</i>	3.6–4.6	4.1–6.2	3.5–5.4
<i>IV</i>	3.6–4.1	3.7–5.2	3.3–4.9
Mean	3.6–4.3	3.9–5.3	3.4–5.2

Lower estimates are from food intake (Table 4), and higher estimates are from isotope turnover (Table 7). ADMR, average daily metabolic rate; BMR, basal metabolic rate.

TABLE 1. *Body mass of four subjects during cycle race, either at night or in early morning*

Subject No.	Day 0, night	Day 7, night	Day 8, morning	Day 15, night	Day 16, morning	Day 23, morning
<i>I</i>	71.6	72.1	71.0	73.2	71.4	70.9
<i>II</i>	75.2	74.1	73.1	73.1	71.4	73.8
<i>III</i>	61.4	61.7	61.0	61.8	60.1	59.9
<i>IV</i>	68.7	68.6	67.4	68.7	68.1	66.6
Mean	69.2	69.1	68.1	69.2	67.7	67.8

Values are expressed in kg.

Average daily metabolic rate
SusMS

WESTERTERP, K. R., W. H. M. SARIS, M. VAN ES, AND F. TEN HOOR. *Use of the doubly labeled water technique in humans during heavy sustained exercise.* J. Appl. Physiol. 61(6): 2162–2167, 1986.—We measured energy expenditure with the doubly

	Mean ± SD	% during the race
Energy (MJ)	24.3 ± 5.3	49
Protein (g)	217 ± 47	35
CHO simple (g)	463 ± 159	61
Complex (g)	386 ± 100	55
Fat (g)	147 ± 39	39

5785 kcal/jour

W. H. M. Saris, M. A. van Erp-Baart, F. Brouns, K. R. Westerterp, and F. ten Hoor. Study on Food Intake and Energy Expenditure During Extreme Sustained Exercise: The Tour de France. Int J Sports Med, Vol 10, suppl 1, pp S26–S31, 1989.

Que peut-on faire avec une PAL de 1.8 x BMR ?



Sujet type: 75 kg, 100 W dont 10 % (10W) pour l'entretien, BMR = 90 W

PAL de 1.8: DEmaxS = 90 x 1.8 = 162 W dont 10% d'entretien (16 W)

Reste 162 – 16 = 146 W ou 146 x 60 x 60 x 24 = 12 614 400 J = 3000 kcal

Marche ~ 0.85 kcal kg km soit 65 kcal/km à 5.5 km/h

Distance: 3000 / 65 ~ 45 km en ~ 8 h

Plausible ? 1.8 est-il un peu haut pour la DEmaxS ?

Théorique... dépend de
la charge à porter
du terrain
des activités parallèles (minimum 1.4 BMR)

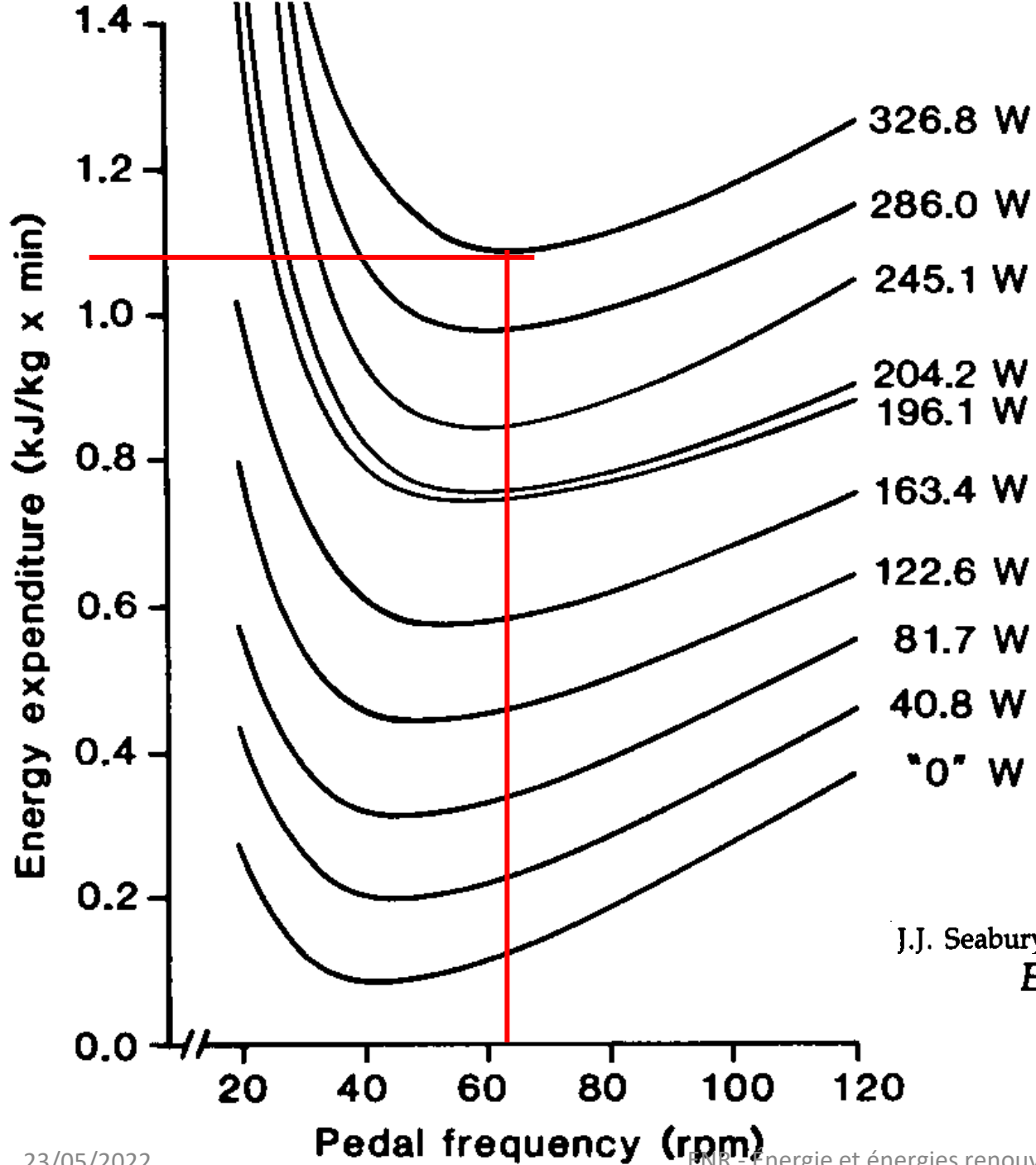
Armée: 32 km/jour

Saint Jacques de Compostelle: Conseil: 25 km/jour



Marching armies had no such freedom of action. Moving at twenty miles a day, the very best speed to be achieved with regularity by men on foot – it was that of the legions on the Roman internal lines of communication and of Von Kluck's army on the advance from Mons to the Marne in the French campaign of 1914 – they progressed stores close enough to their line of advance

John Keegan
A history of warfare



77 kg
 1.08 kJ/kg/min
 326.8 W

Rendement mécanique brut

$$326.8 / (1.08 \times 1000 \times 77 / 60)$$

$$= 326.8 / 1386$$

$$= 0.2357 \text{ ou } 23.6 \%$$

Rendement mécanique net

$$= 326.8 / (1386 - 100)$$

$$= 0.2541 \text{ ou } 25.4 \%$$

J.J. Seabury, W.C. Adams, & M.R. Ramey, 1977,
Ergonomics, 20, pp. 491-498.



Détours | 08/11/2016 18:44

Manoj Bhargava



Pédaler une heure à la maison et produire 24h d'électricité

L'invention géniale d'un milliardaire indien qui a enfin trouvé comment rentabiliser le vélo d'appartement.

<https://detours.canal.fr/pedaler-heure-a-maison-produire-24h-deelectricite/>

Sujet adulte masculin moyen

DEMaxS ~ 250 W (valeur limite)

Rendement net de 25 %

Combien faut-il pédaler d'heures pour alimenter en électricité pendant 24 heures une maison moyenne au Québec dont la consommation est estimée à 72 kWh/jour ?

Réponse:

$$(250 - 100) \text{ W} * 0.25 = 37.5 \text{ W}$$

$$37.5 \times 60 \times 60 = 135\,000 \text{ J par heure}$$

$$1 \text{ kJ} = 0.000\,28 \text{ kWh}$$

$$135 \text{ kJ} = 0.0378 \text{ kWh}$$

$$72 / 0.0378 = 1904 \text{ heures ou } 79 \text{ jours}$$

Animaux de bât, de monte, de trait

Éléphant

Chien

Chèvre

Bœuf

Buffle

Yak

Âne

Mulet

Cheval

Lama

Dromadaire

Chameau

Caribou

Élan



Puissance métabolique supplémentaire: Avantage du Cheval

Masse d'environ	500 kg	75 kg	6.6
VO2 repos	~ 3 mL/kg/min	3.5 mL/kg/min	0.85 x
	1.5 L/min	0.262 L/min	5.7 x
VO2max	150 mL/kg/min	45 mL/kg/min	3.33 x
	75 L/min	3.4 L/min	22 x
Puissance max	375 kcal/min	17 kcal/min	22 x
	26 kW (34.8 HP)	1.2 kW	22 x
Rendement	25 %	25 %	1 x
Puissance mécanique	6.5 kW (8.7 HP)	300 W	
Coût de la course	150-160 mL/kg/km	200 mL/kg/km	
	0.75-0.80 kcal/kg/km	1 kcal/kg/km	0.75-0.8 x
DEmaxS PAL	~ 2-8 ?	2	1-4x
	VO2spec 6-24	7 mL/kg/min	
	%VO2max 4-16 %	15 %	5.5-23 x

Puissance métabolique supplémentaire: utilisation du Cheval

D'abord un aliment

Sans doute ensuite animal de bât, de monture, de trait (charrue, chariot, chariot de guerre)

Supériorité des peuples nomades des steppes de l'Eurasie sur les peuples sédentaires du pourtour de la mer

Civilisation du Cheval (trois millénaires et plus)

En Europe, Asie et Amérique (après Christophe Colomb) jusqu'à l'apparition des moteurs thermiques

Agriculture

Transports

Individuels

La voiture (de sport) individuelle de l'époque

Collectifs

Urbains: Fin XIXème 65 000 chevaux à Paris pour tirer les autobus

Autant (ou plus?) de particuliers et pour les marchandises

Zones rurales: dimensions des départements Français fixés sur les distance franchissable à cheval

Guerre

Importance de la cavalerie (qui sont devenus les régiments de véhicules blindés)

Exemple: 5 millions de chevaux utilisés dans la 1^{er} guerre mondiale (1 million de tués)

Puissance métabolique supplémentaire: inconvénients du Cheval

Il mange beaucoup...

500 kg x 3 ml/kg/min = 1.5 L O₂/min à 5 kcal/L O₂ → 10 000 kcal/jours

Fourrage (foin) + céréales (avoine)

→ cultiver pour nourrir les chevaux

→ Anecdotes: Attila et la première guerre mondiale

Il chauffe beaucoup quand il travaille

Rendement < 25 % → chaleur > 75 %

Conduction, convection et évaporation

Sueur très hypertonique chez le Cheval (très hypotonique chez l'Homme)

Risque de déshydratation et de pertes de sels minéraux

Conséquence: beaucoup moins endurant que l'Homme et très affecté par la chaleur

Randonnée 30-40 km/jour

Épreuve d'endurance avec contrôle sévères

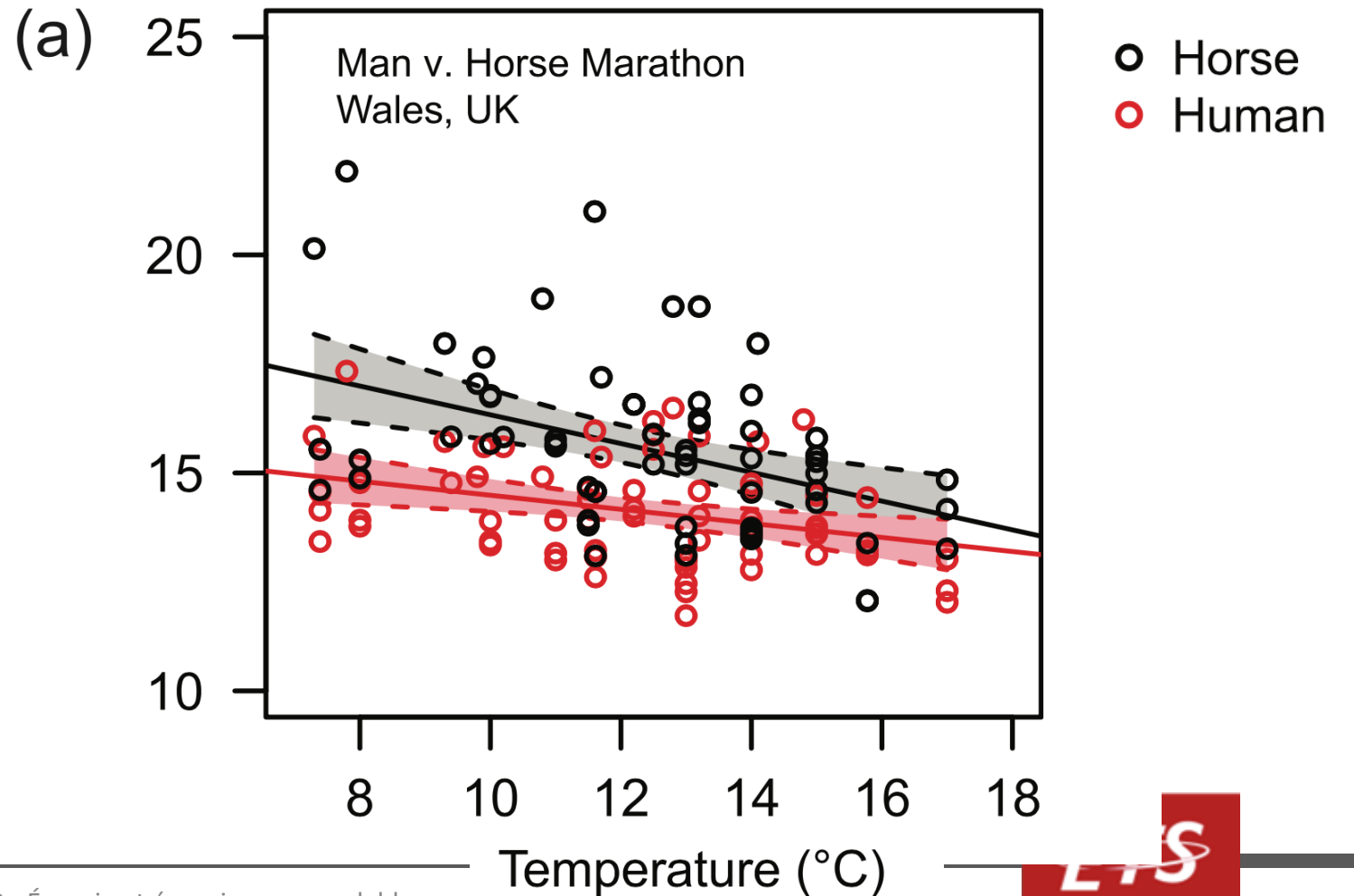
Hémérodromes en Grèce

Courrier et relais de poste: 20 km

Tour de France à vélo vs Cheval (160 km en 15 heures vs 3.5-4 heures)

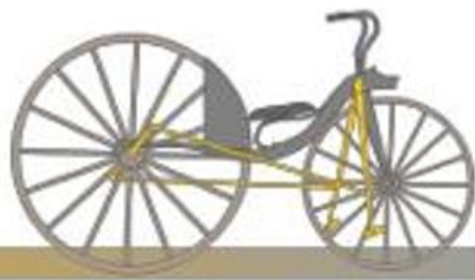
Are humans evolved specialists for running in the heat? Man vs. horse races provide empirical insights

Lewis G. Halsey¹ | Caleb M. Bryce² 





1818
 draisine
 Karl von Drais
 Allemagne



1830
 Vélocipède à deux roues
 Thomas McCall
 Écosse



1860
 Bicyclette à pédales
 Pierre Michaux
 France



1870
 Grand Bi
 James Starley
 France

3 min @ mile
32.2 km/h



1885
 Bicyclette de sécurité
 John Kemp Starley
 Angleterre



Années 1960
 Vélo de course

 États-Unis



Milieu des années 1970
 Vélo Tout Terrain (VTT)

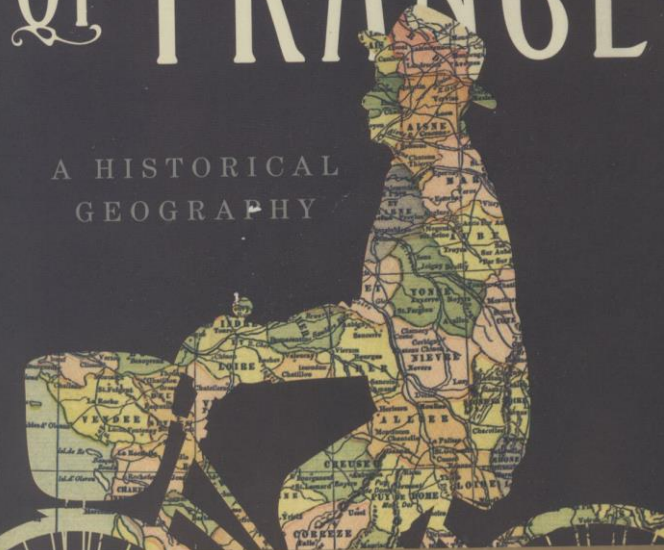
 États-Unis

"A witty, engaging narrative style. . . [Robb's] approach is particularly engrossing."—*New York Times Book Review*

The

DISCOVERY OF FRANCE

A HISTORICAL
GEOGRAPHY



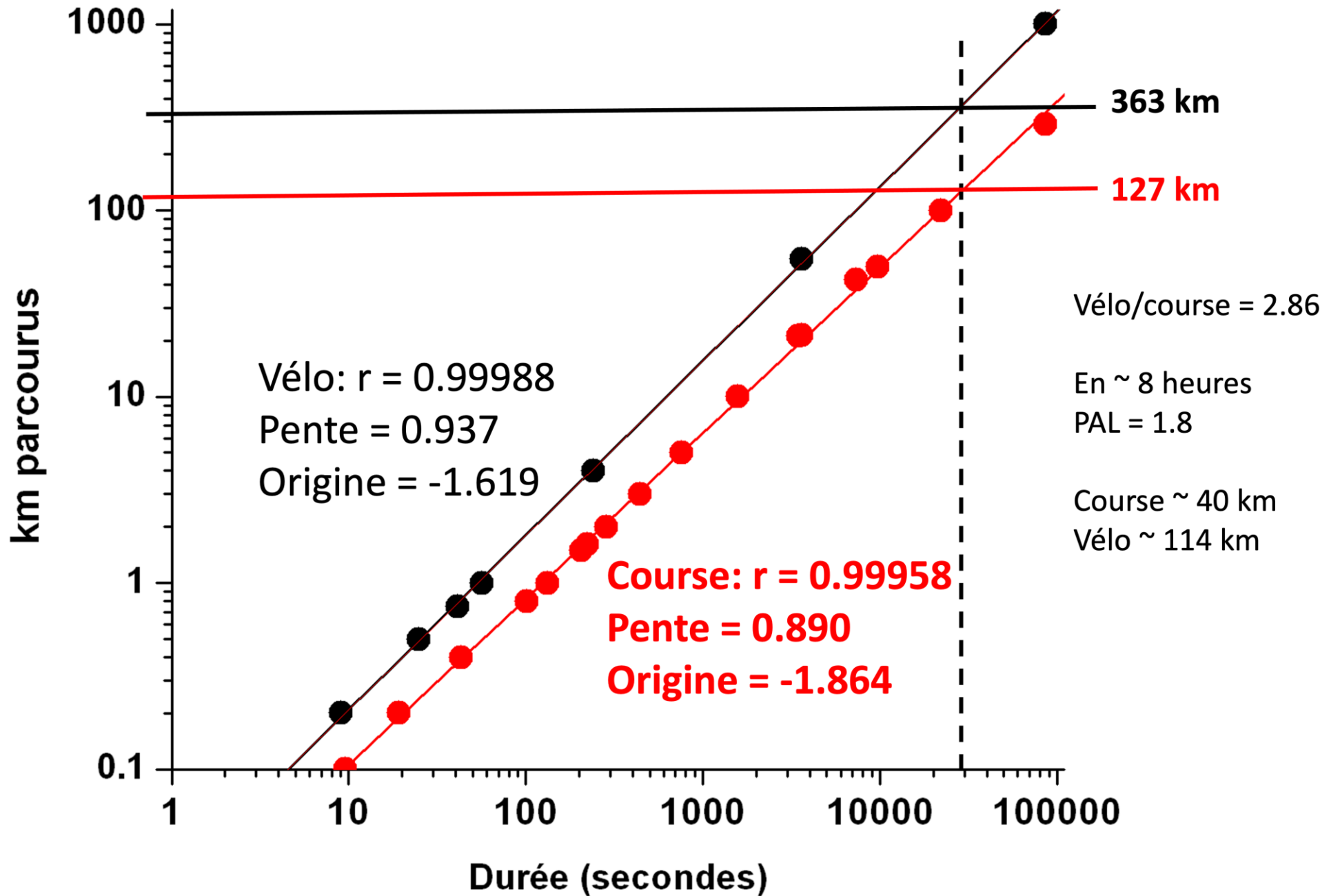
A NEW YORK TIMES NOTABLE BOOK OF THE YEAR

GRAHAM ROBB

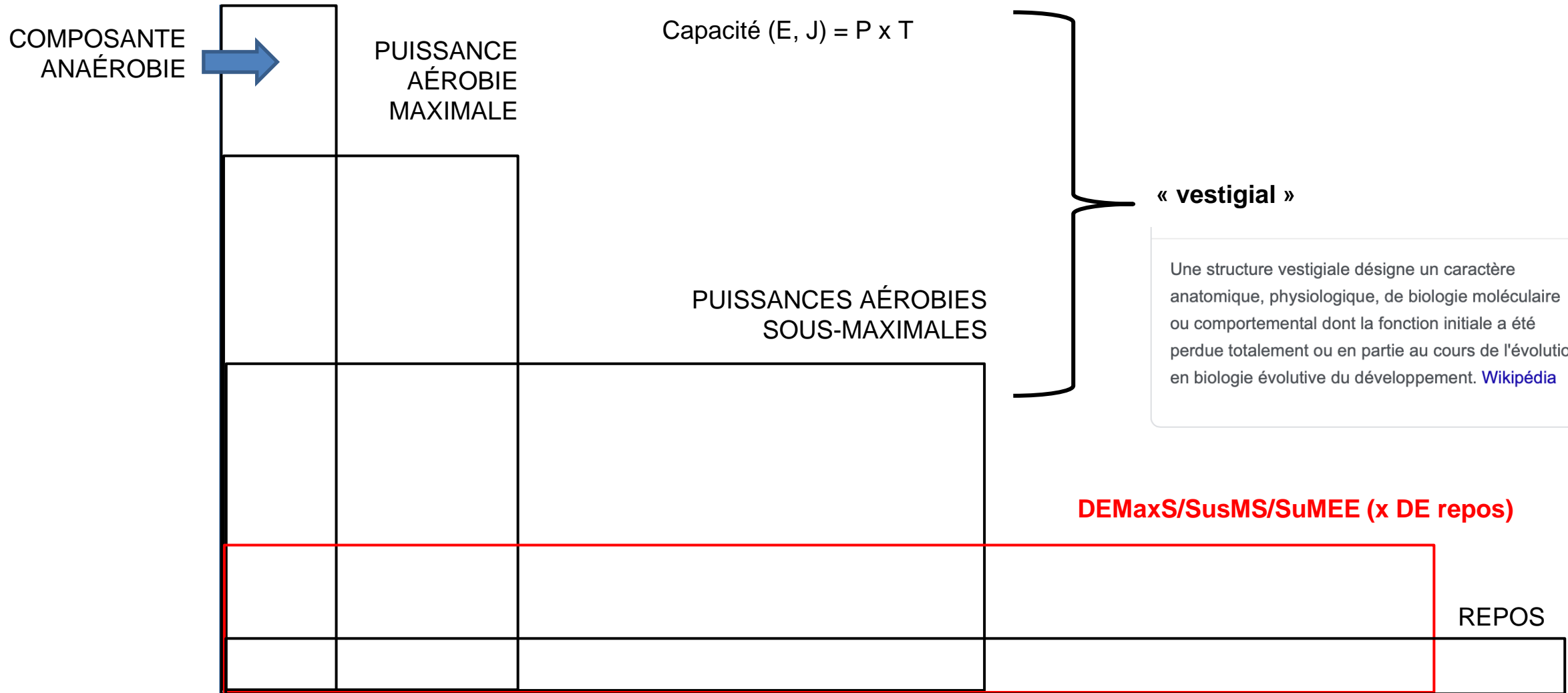
As soon as second-hand bicycles and cheap imitations of the well-known models became available, millions of people were liberated from their close horizons by a mechanical horse that could be given fresh limbs and reincarnated by the local blacksmith. A boy with a bicycle could leave his *pays* in search of a job or a bride and be back in time for dinner, which is why the bicycle has been credited with increasing the average height of the French population by reducing the number of marriages between blood relations. It was used by farm workers, urban commuters, postmen, village priests, gendarmes and the French army, which, like many other European armies, had several battalions of cycling cavalry.



Que peut-on faire
avec une PAL de
1.8 x BMR ?

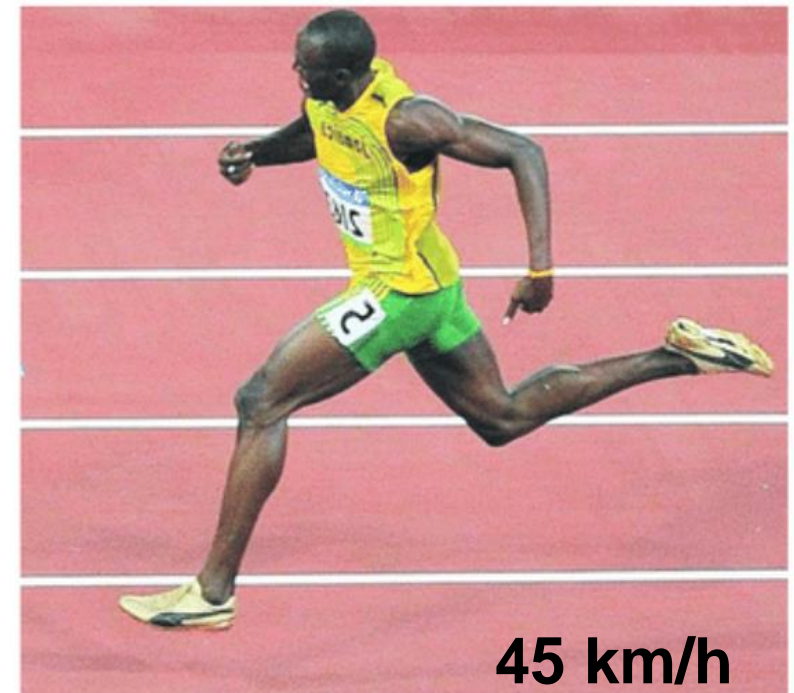
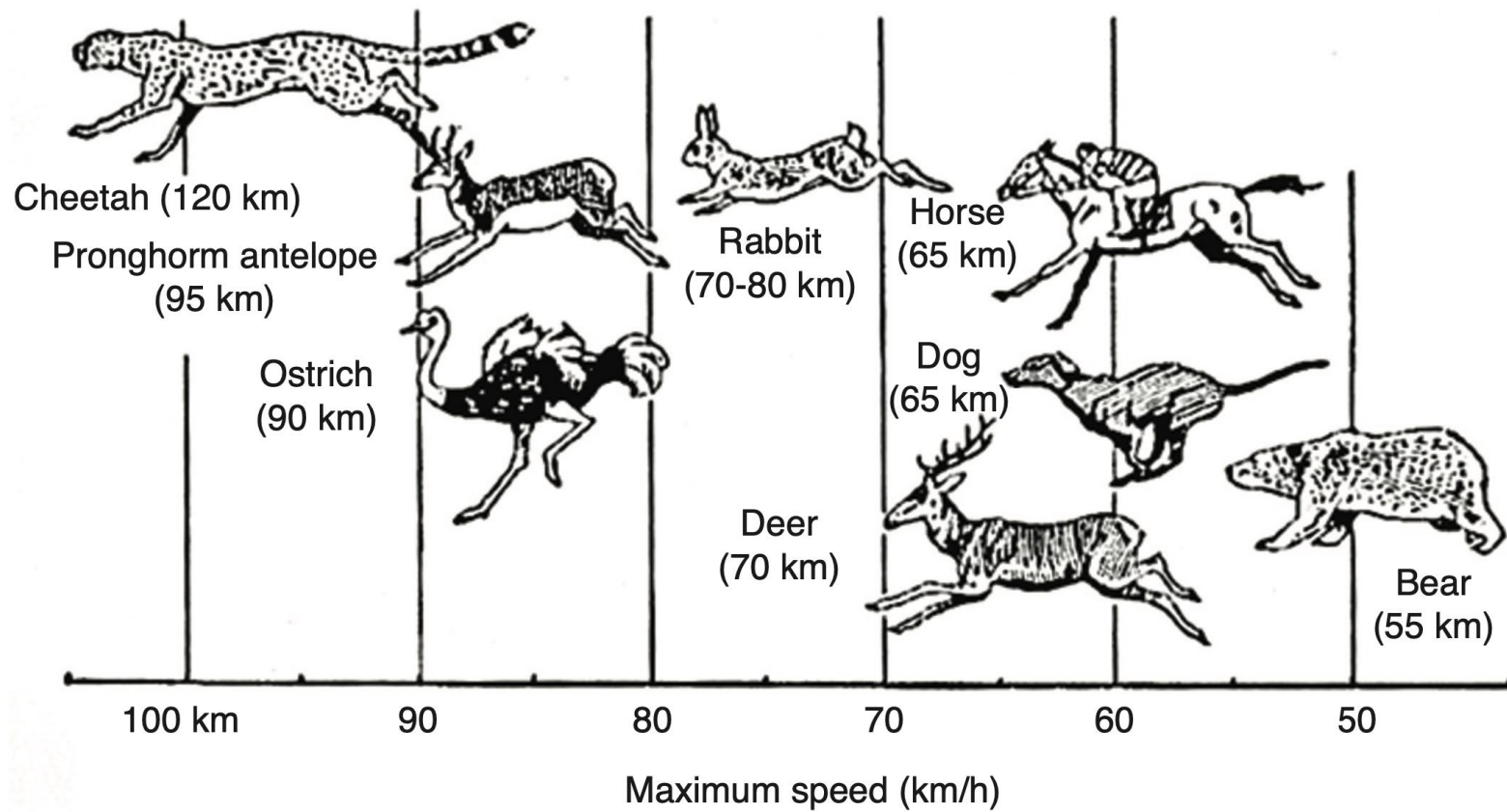


Puissance métabolique (P, W)



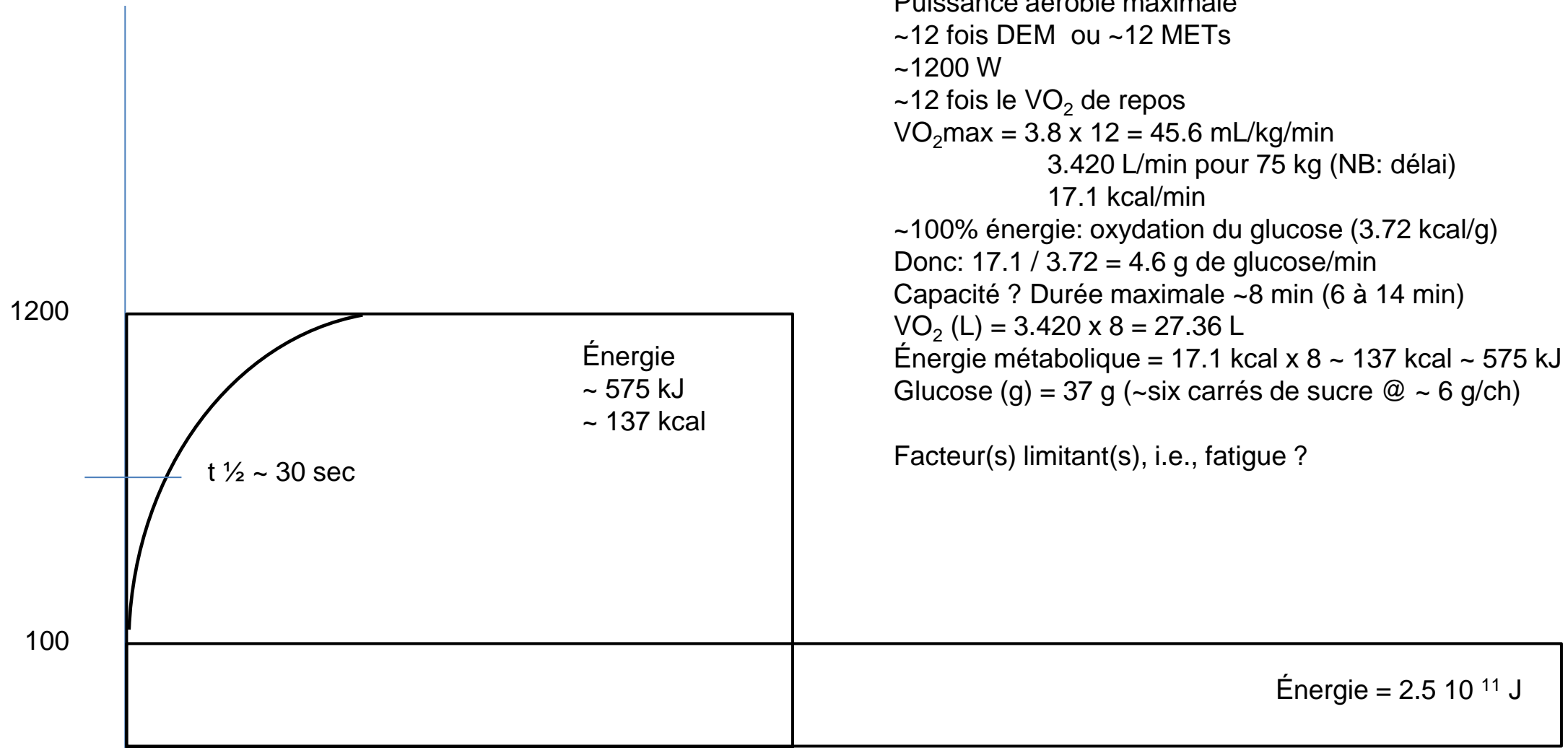
La DE maximale soutenable n'est pas toujours suffisante...

Durée totale (T, en sec)



Puissance métabolique (P, watt)

$$\text{Capacité (E, Joules)} = P \times T$$



Puissance aérobie maximale

~12 fois DEM ou ~12 METs

~1200 W

~12 fois le VO_2 de repos

$\text{VO}_2\text{max} = 3.8 \times 12 = 45.6 \text{ mL/kg/min}$

3.420 L/min pour 75 kg (NB: délai)

17.1 kcal/min

~100% énergie: oxydation du glucose (3.72 kcal/g)

Donc: $17.1 / 3.72 = 4.6 \text{ g de glucose/min}$

Capacité ? Durée maximale ~8 min (6 à 14 min)

$\text{VO}_2 \text{ (L)} = 3.420 \times 8 = 27.36 \text{ L}$

Énergie métabolique = $17.1 \text{ kcal} \times 8 \sim 137 \text{ kcal} \sim 575 \text{ kJ}$

Glucose (g) = 37 g (~six carrés de sucre @ ~6 g/ch)

Facteur(s) limitant(s), i.e., fatigue ?

~8 min
~480 sec

Durée totale (T, secondes)

81 ans
 $2.5 \cdot 10^9 \text{ sec}$



~3 km/h
 0.4 km en 8 min
Élite: 800 m

Pour un sujet de 75 kg
 $VO_{2max} = 3.452 \text{ L/min}$
 ou 45.6 kg/kg/min
 Soutenu 8 min



~10 km/h
 1.33 km en 8 min
Élite: 2 km en 6 min 30 sec



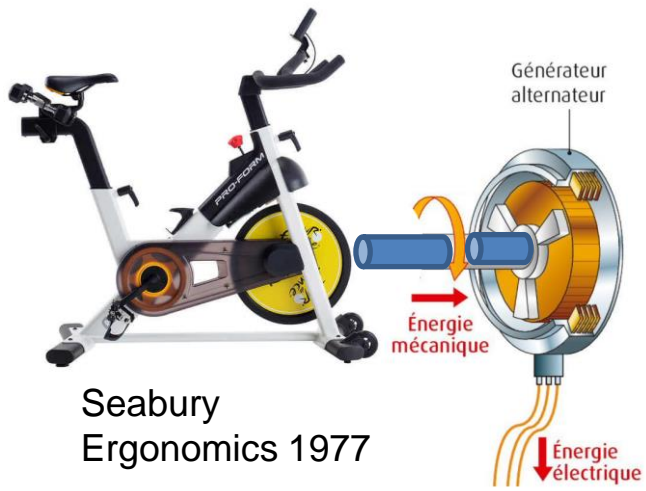
1 kcal/kg/km
 $75 \text{ kg} \rightarrow 75 \text{ kcal/km}$
 $8 \text{ min at } VO_{2max} = 137 \text{ kcal}$
 $137 / 75 = 1.83 \text{ km à } 13.7 \text{ km/h}$
Élite: 3 km en 7 min 20 sec



~15 km/h
 2 km en 8 min
Élite: N/A



~35 km/h
 4.7 km en 8 min
Élite: ~ 7.5 km



Seabury
Ergonomics 1977

Rendement mécanique > zéro
= E utile / E metab
= E mech / E metab
= Mgh / E metab



Minetti J Appl Physiol 2002
Tapis roulant 15 % et plus
Marche: 24.3 %
Course: 21.8 %



Billat 2010
11 à 9 %



Kamon JAP 1970
25.7 %

Tour Eiffel

Hauteur totale: 324 m mais 276 m de dénivelé en 1665 marches

On suppose un rendement brut de 23 %

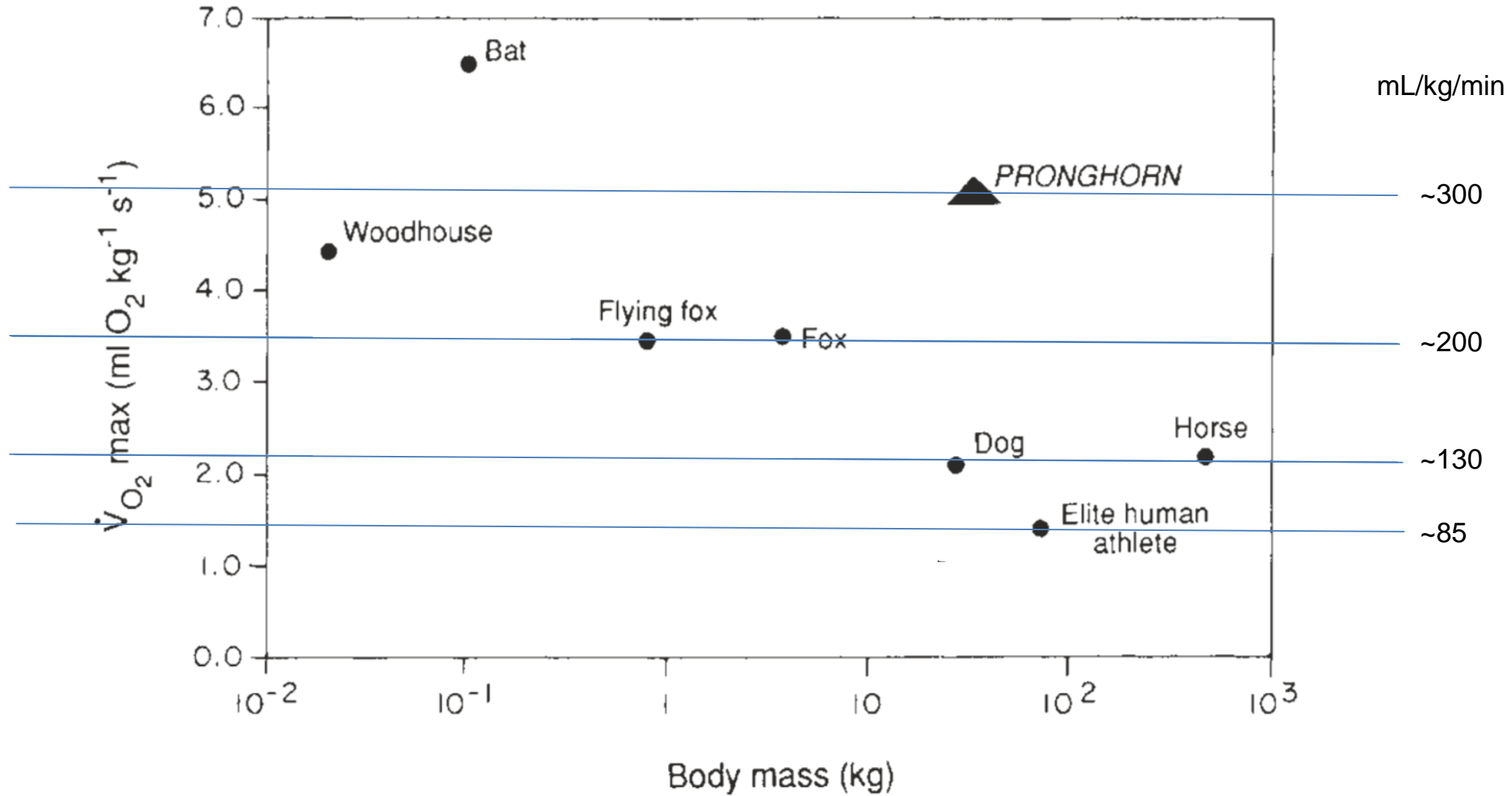
Question 1: à quelle hauteur peut monter le sujet pris en exemple
à 100 % du $VO_2\text{max}$ soutenu 8 min ? ($VO_2\text{max} = 45.6 \text{ ml/kg/min}$; 75 kg)

Réponse: $45.6 \times M \times 8 \times 5 \times 4.2 \times 0.23 = M \times 9.81 \times h$
 $h = 179.6 \text{ m}$

Question 2: Quel est le $VO_2\text{max}$ spécifique de Piotr Lobodzinki
qui a réalisé l'ascension en 7 min 48.77 sec en 2016 ?

Réponse: $VO_2\text{spec} \times M \times 7.8128 \times 5 \times 4.2 \times 0.23 = M \times 9.81 \times 276$
 $VO_2\text{spec} = 71.75 \text{ mL/kg/min}$

Lindstedt Nature



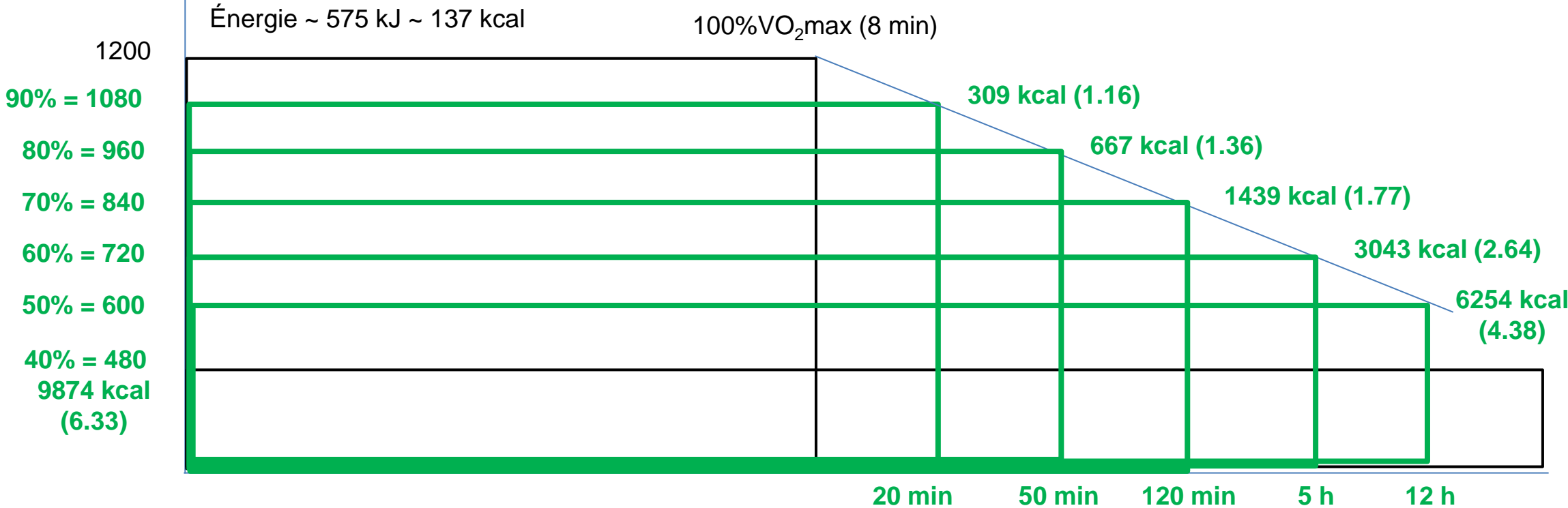
Capacité (E, Joules) = P x T

Puissance métabolique (P, watt)

Puissance aérobie **sous**-maximale
 < Puissance aérobie maximale
 %VO₂max = f(log T)

Exemples

Facteur(s) limitant(s), i.e., fatigue ?



Durée **totale** (T, secondes)

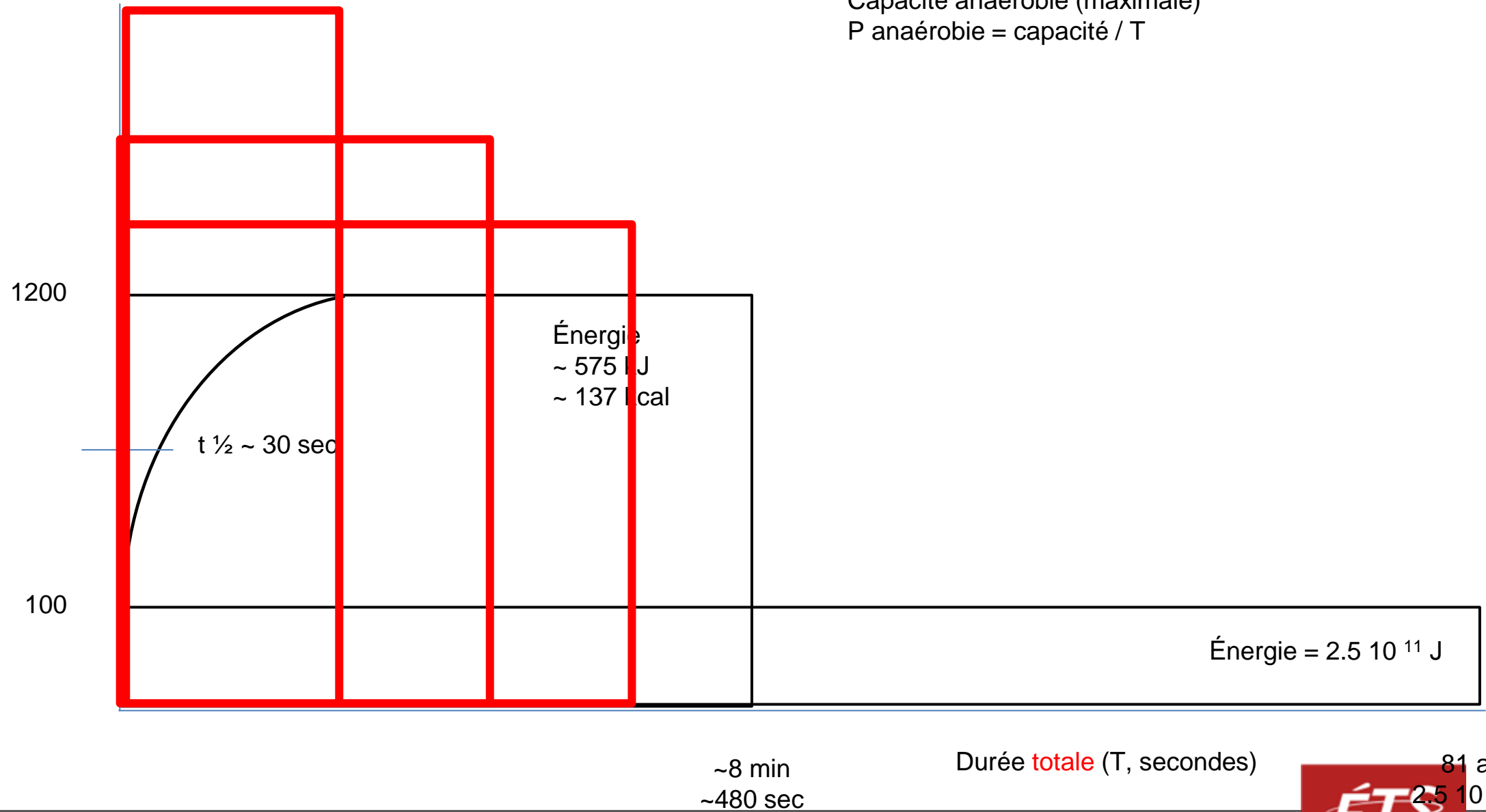


81 ans
 2.5 10⁹ sec

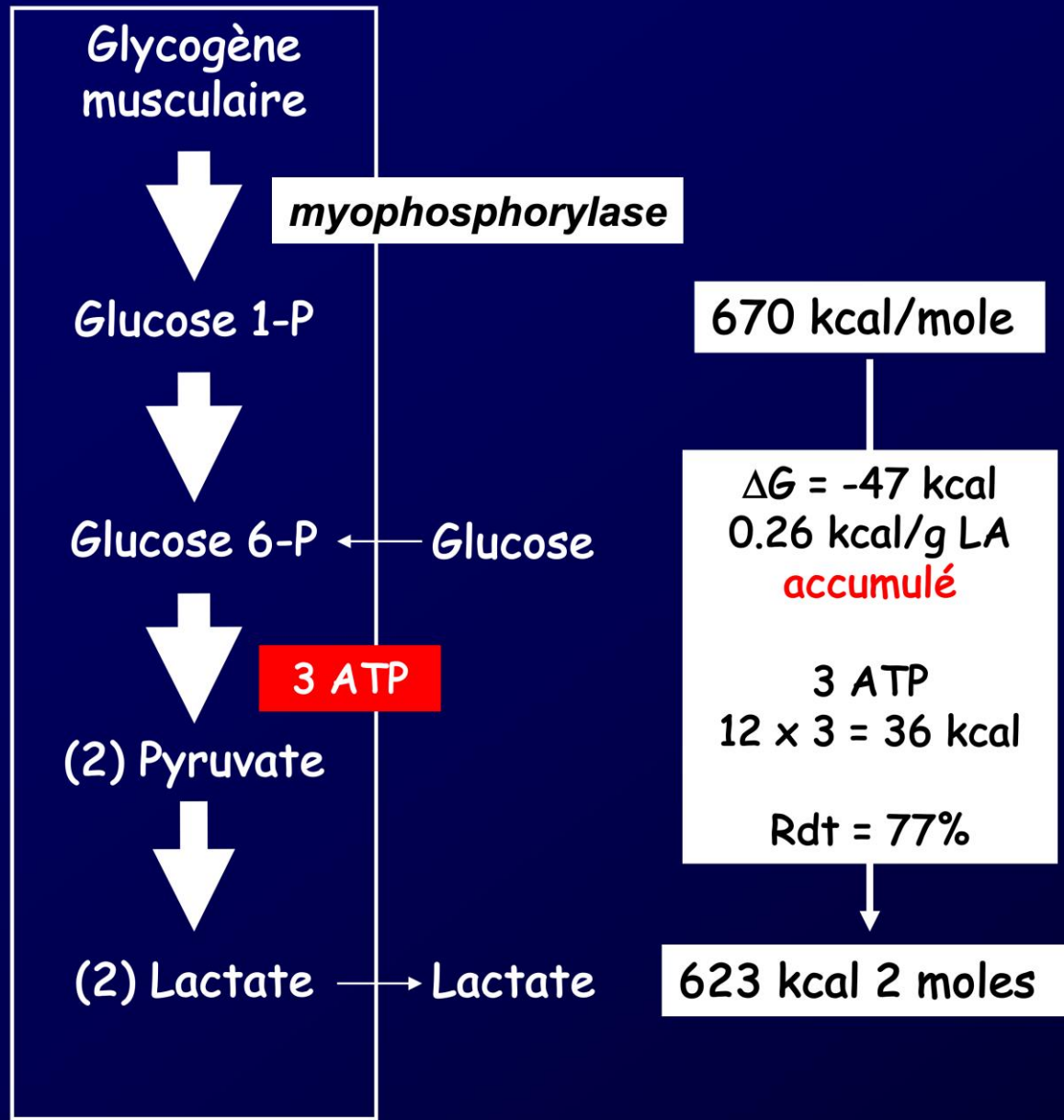
Puissance métabolique (P, watt)

$$\text{Capacité (E, Joules)} = P \times T$$

Capacité anaérobie (maximale)
 $P_{\text{anaérobie}} = \text{capacité} / T$



400 m @ ~ 45 s
 ~42 kcal (~175 kJ)
 ~4000 W ~40 x repos
 ~50% par la glycolyse
 anaérobie



Plus grande est la quantité de lactate accumulée, plus élevée est la quantité d'énergie anaérobie lactique accumulée et meilleure est la performance dans les activités intenses de courte durée

Théoriquement:

Énergie anaérobie lactique = lactate accumulé (g) x 0.26 kcal/g (Eq. En. lactate)

Lactate accumulé = Δ lactatémie x espace lactate

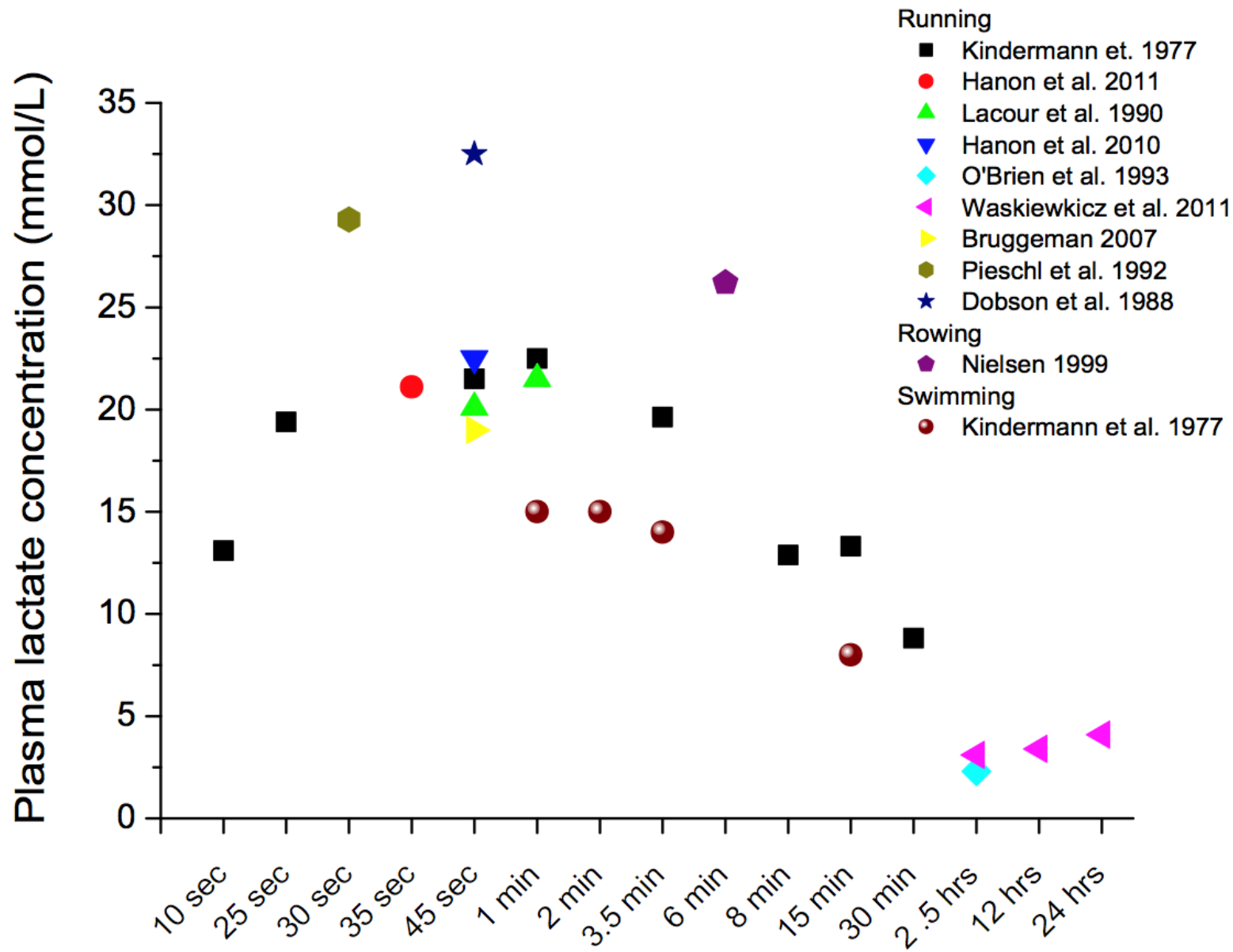
**Espace lactate < Volume d'eau de l'organisme (60% masse corporelle)
variable: distribution non-homogène**

Pratiquement: Énergie anaérobie lactique, coût des activités anaérobies = ???

Estimation: entre 1 et 1.2 g/kg de lactate \rightarrow 0.26-0.312 kcal/g (19-23 kcal pour 75 kg)

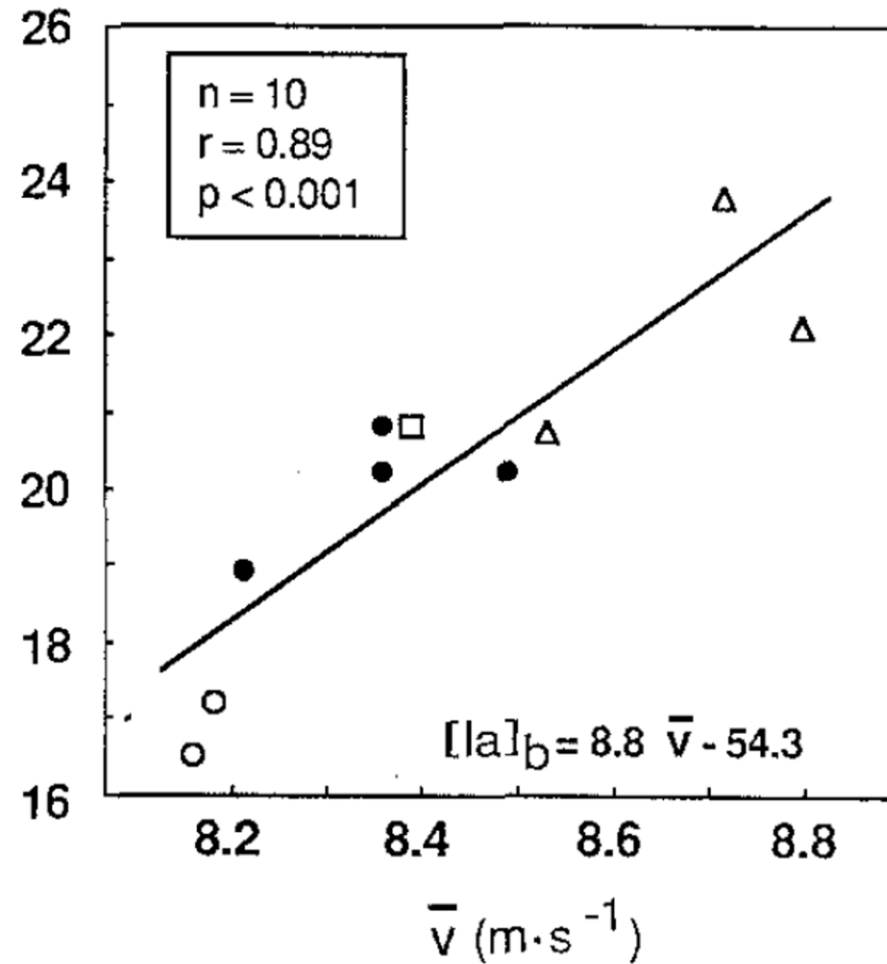
Disponible en ~30 sec \rightarrow P = 2660-3220 W

Δ lactatémie ~ indice de l'énergie anaérobie lactique fournie



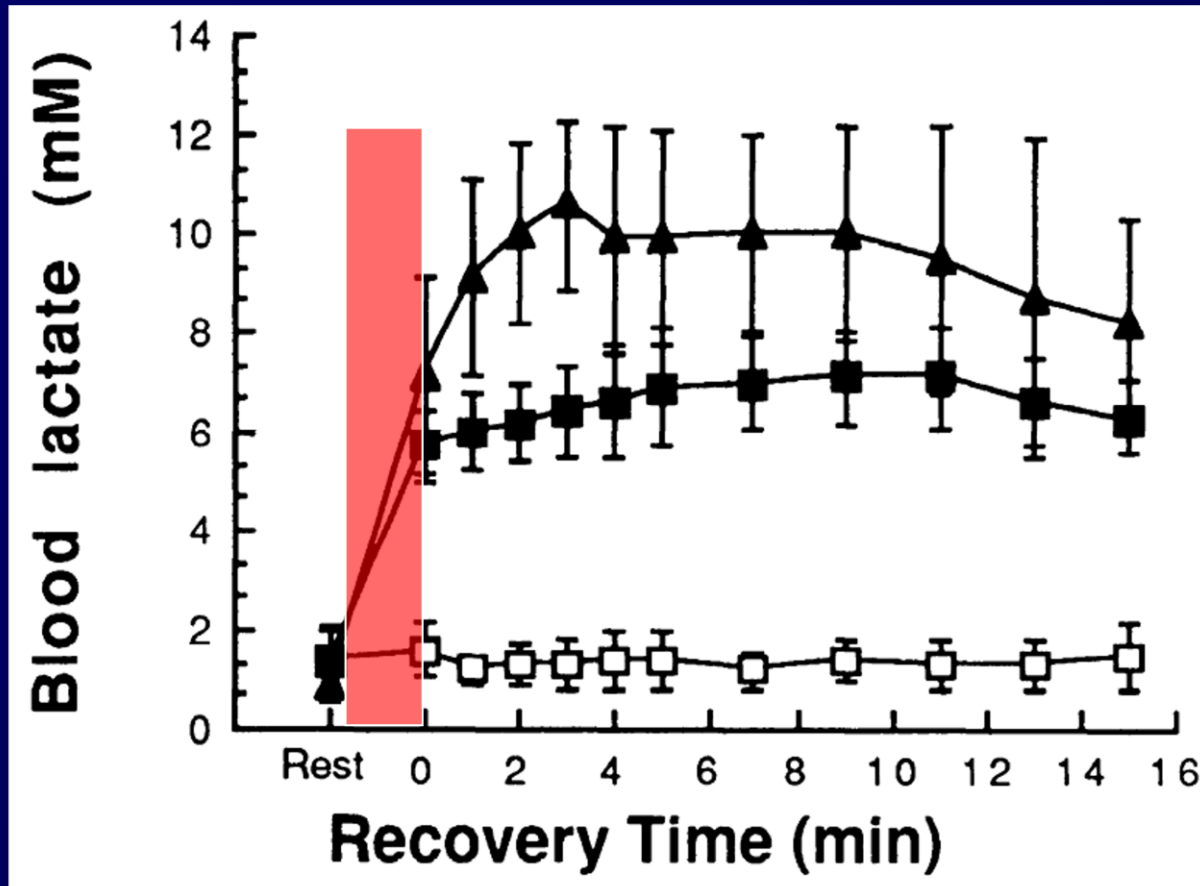
$[Ia]_b$ (mmol·l⁻¹)

400 m



Lacour & al. EJAP 61:172, 1990

Maladie de McArdle: Déficit de la myophosphorylase



Ans	VO ₂ max ml kg min
28 ± 4	33.8 ± 4.0
66 ± 2	23.1 ± 4.3
28 ± 11	14.7 ± 3.8

Hagberg & al. JAP 68:1393,1990

400 m in ~ 28 seconds; 800 m ~50 s

$VO_{2max} \sim 150 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $[LA] = 30\text{-}35 \text{ mmol/L}$



Pieschel JAP 73:2297,1992

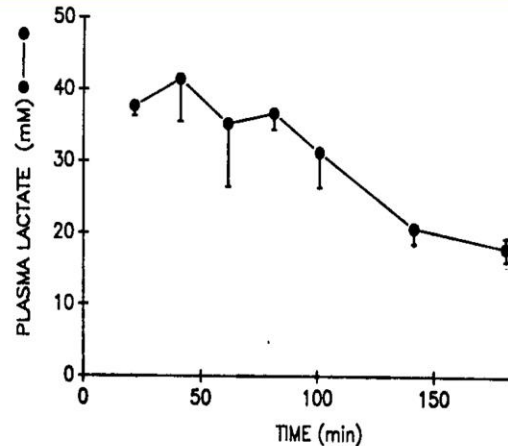
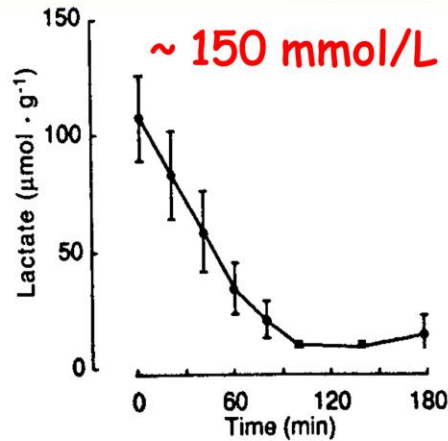
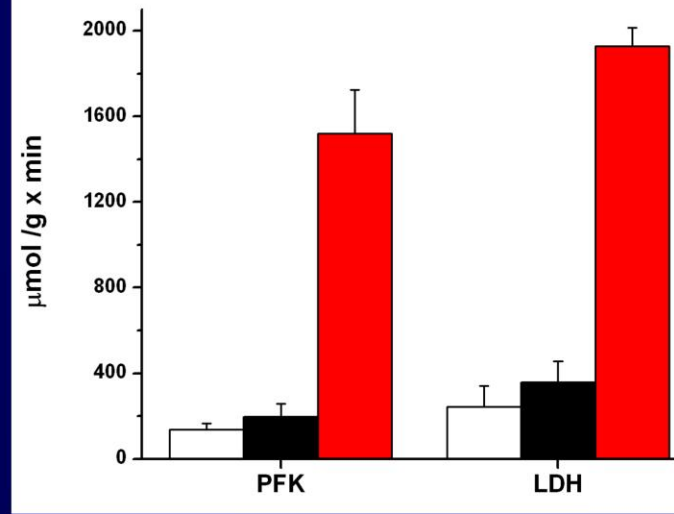
Dobson et al. AJP 255:R513,1988

120 km/h (12 s pour 400 m)



Williams & al. J Comp Physiol B 167:527,1997

Ama & al. JAP 61:1758,1986



Arthur & al. Canad J Zool 70:1230,1992

~80 km/h (~20 s pour 400 m)





Merci de votre attention !

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

