

Composition corporelle

Dépense énergétique

Quels paramètres mesurer?

Avec quelles méthodes de mesure?

Pour quelles applications en pratique?

Séverine Ledoux

Explorations Fonctionnelles

Hôpital Louis Mourier

Composition corporelle

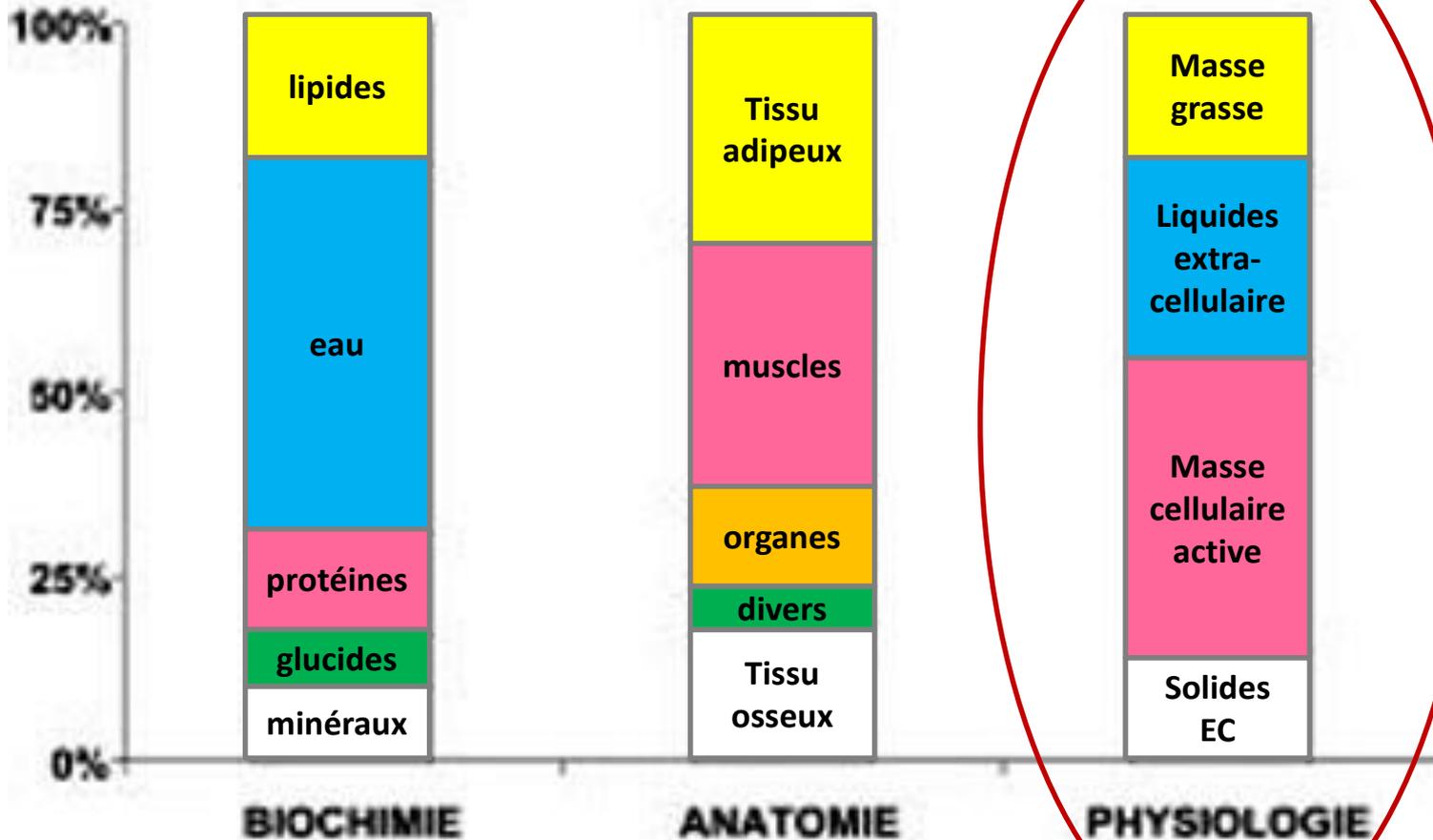
- Le poids ne suffit pas dans de nombreuses situations à apprécier l'état nutritionnel.
- La mesure des compartiments peut avoir un intérêt particulier en fonction de la discipline médicale considérée.

Par exemple:

- ❖ Médecine du sport et masse musculaire
 - ❖ Perte de poids et ratio masse grasse / masse maigre
 - ❖ Insuffisance rénale et volumes liquidiens
- D'où le développement de différentes méthodes de mesure

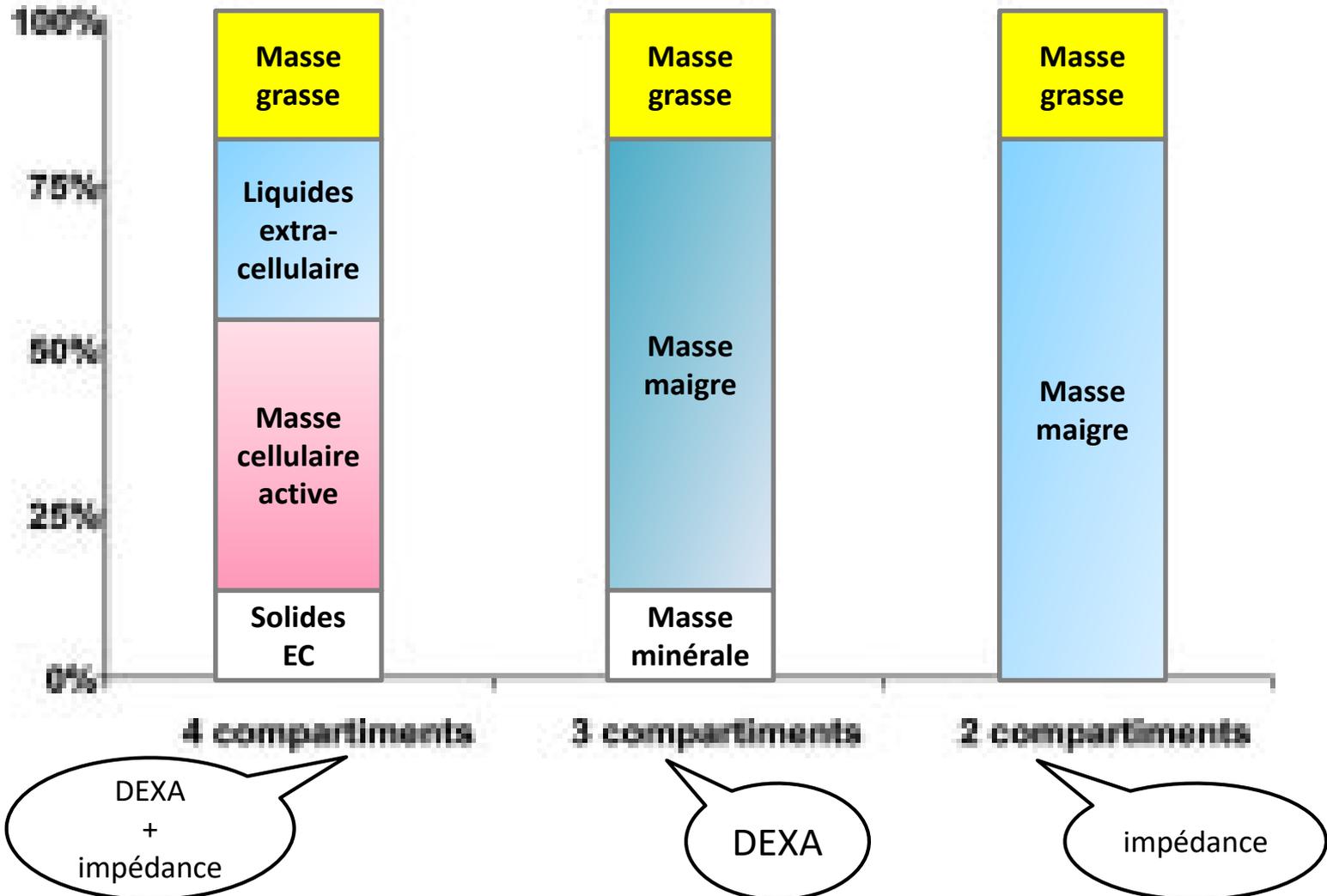
Les modèles de la composition corporelle

% Poids Corporel



Les modèles physiologiques

Les compartiments



Masse grasse :

➤ correspond aux triglycérides stockés dans les adipocytes (reserves énergétiques)

10 à 30 % poids corporel (ou plus si surcharge pondérale)

ce compartiment est virtuellement dépourvu d'eau

Masse maigre :

Polymorphe: correspond à la somme de l'eau, des os, des organes, muscles
contient les éléments vitaux, notamment les protéines

La ↓ de ce compartiment menace plus la santé que celle de la MG

70 à 90% poids corporel

La masse maigre est essentiellement constituée d'eau

(extra 20% PC+ intracellulaire 40% PC)

Le rapport entre l'eau et la MM définit l'hydratation de la MM = **73%**

➤ Si bien que sa diminution signe un dénutrition ou une déshydratation

Protéines de l'organisme = **masse protéique 16% PC**

Masse osseuse = 5% (diminue si ostéoporose)

Exemple

Homme 40 ans bonne santé

PC	70kg	
MG	10 kg	14.3 %
ECF	18L	25.7 %
ICF	26 L	37.1 %
MIN	4 kg	5.7 %
PROT	11 kg	15.7 %

Mesure des compartiments

En pratique on utilise des mesures indirectes ont une agressivité, précision, complexité variables

repose à la fois sur:

- une **mesure** corporelle (*densité, volumes, impédances*)
- la référence à un **modèle** de composition corporelle
- l'acceptation d'une **hypothèse** permettant une **estimation** des compartiments à parti de la mesure effectuée

Méthodes utilisées en clinique

❖ impédancemétrie bioélectrique simple et peu couteuse



- basée sur la capacité des tissus hydrates à conduire l'énergie électrique
- L'impédance (Z) d'un corps est liée à:
 - la résistance spécifique (r), constante déterminée lors de l'étalonnage du système
 - la longueur (L), ou taille de l'individu
 - le volume conducteur (V) ou volume du compartiment hydro-électrolytique corporel

$$V = r L^2/Z$$

- 2 ou 4 points de contact (mains, pieds): courant appliqué, mesure de Z
- Le plus souvent, un seul courant de $800 \mu\text{Amp}$ avec une fréquence de 50 kHz (indolore)
- Les mesures avec pls fréquences permettent une approche des \neq secteurs hydriques, les membranes cellulaires se comportant comme une capacité électrique

Quand le courant a une fréquence $> 50 \text{ kHz}$, le volume mesuré est assimilé à l'eau totale
Quand cette fréquence est $< 5 \text{ kHz}$, le volume mesuré correspond à l'eau extracellulaire

❖ Absorptiométrie biphotonique à rayon X (DEXA)

- méthode de référence pour l'étude de la composition corporelle
- permet d'accéder directement à un modèle à trois compartiments:

MG + MM + contenu minéral osseux

- consiste à balayer l'ensemble du corps avec un faisceau de rayons X à 2 niveaux d'énergie (40 et 100 Kev)
- rapport des atténuations de ces 2 Rx fonction de la composition de la matière traversée
- calibration effectuée avec des fantômes artificiels contenant des triglycérides et du Ca
- La précision est excellente
- permet une approche régionale (bras, tronc, jambes) des trois compartiments mesurés
- L'irradiation imposée au patient est faible et similaire à celle d'une radio pulmonaire.



limites

- le coût et rareté des installations , l'irradiation (FE)
- Ne mesure pas les compartiments hydriques

➤ Peut être couplé à l'impédancemétrie pour mesurer 5 compartiments:

MM; MG; Masse calcique, eau extracellulaire, eau intracellulaire

Méthodes	Intérêts	Limites
Hydrodensitométrie	mesure simultanée masse grasse et masse non grasse	Modèle coopération des sujets coût appareillage
Eau Corporelle	mesure de volume	Modèle coût appareillage
Absorptiométrie Biphotonique (DEXA)	mesures simultanées masse grasse, masse maigre contenu minéral osseux	coût appareillage disponibilité corpulence
Tomodensitométrie	pas de coopération graisse viscérale/souscutanée	coût appareillage disponibilité qualitatif
Anthropométrie (plis cutanés)	coût rapidité répétition	modèle imprécision observateur obésité
Impédance bioélectrique (BIA)	coût rapidité observateur	modèle géométrie équations imprécision

Variations physiologiques

En fonction du sexe

MM > chez l'homme, MG > chez la femme,

En fonction de l'âge:

hydratation MM ↓ avec l'âge

↓MM, Masse osseuse, ↑ MG

Variations pathologiques

Obésité

Augmentation de la MG

Accompagnée d'une augmentation de la MM (VEC et MCA)

Déficit énergétique et Dénutrition

Baisse de la MG

Baisse de la MM inconstante car baisse de la MCA

mais augmentation du VEC si dénutrition sévère (hypoalbuminémie)

Déshydratation extracellulaire

Baisse du poids mais masse grasse constante

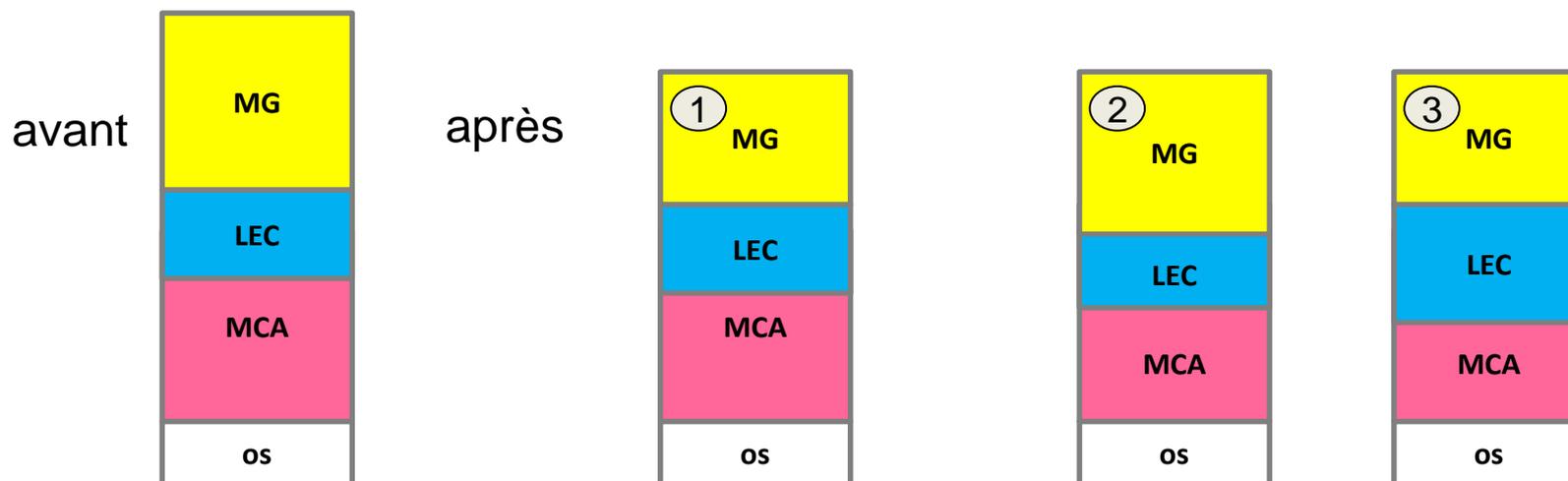
Baisse de la MM par baisse du VEC mais MCA cste

Exemple

Données de la composition corporelle (DEXA + impédance)

Un patient obèse a perdu du poids après un régime

- ☺ Baisse de la MG importante
Baisse de la MM modérée (MCA et VEC) ①
- ☹ Baisse de la MG
Baisse de la MM
Baisse de la MCA, voire de la masse calcique ②
VEC diminué si diurétiques
VEC augmenté si hypoalbuminémie = peut masquer baisse MCA ③

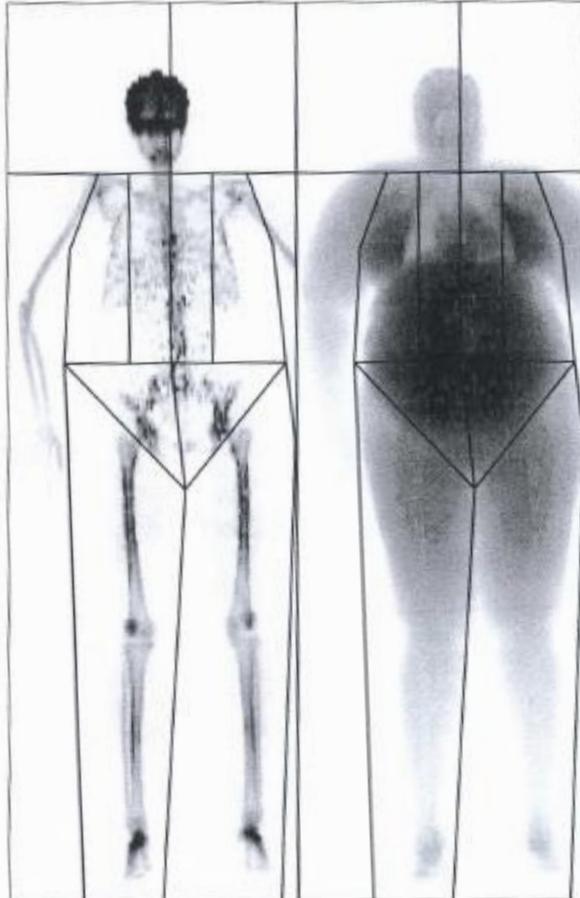


HOPITAL BICHAT - CLAUDE BERNARD

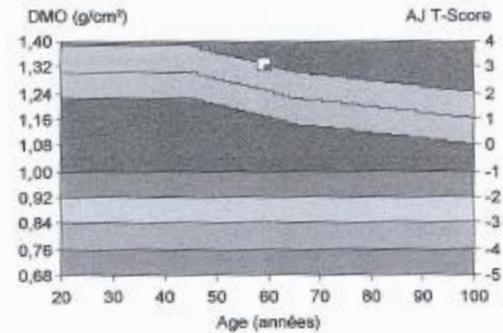
Physiologie - Explorations fonctionnelles

Patient :		ID de l'installation :	
Date de naissance :	01/10/44 59,1 ans	Médecin :	DR LEDOUX
Taille / Poids :	166,0 cm 114,8 kg	Mesuré :	24/11/03 12:48:10 (5,00)
Sexe / Ethnie :	Femme Noir	Analysé :	06/02/04 18:01:14 (5,00)

Corps Entier Densité osseuse



Référence : Total



Région	¹ DMO (g/cm ³)	² Adulte-Jeune T-Score	³ Age-Egal Z-Score
Total	1,327	3,1	1,0

Commentaires :

Etude des compartiments corporels et de la densité minérale osseuse

Patiente obèse

Nom

Prénom

Date de Naissance 01/10/44

Date de l'examen 24/11/03

Médecin

DR LEDOUX

Taille	166	
Poids	114,8	
Index Masse Corporelle (kg/m ²)	41,66	[18-25]

Volumes liquidiens

	L	% Poids	Limites
Eau Totale	45,79	39,9%	[26,6 32]
Eau extracellulaire	20,96	18,3%	[11,4 13,8]
Eau Intracellulaire	24,83	21,6%	[15,2 18,2]

% VEC /Eau totale	45,8%	[35-45%]
VEC/VIC	0,84	[0,7-1]

Masse Maigre

	kg
Masse tissulaire	51,62
Membres Sup.	3,99
Tronc	25,94
Membres Inf	17,65
Masse cellulaire active	30,66
Masse protéique	5,831

% Hydratation de la MM	84,9%	[73,2%]
Index de Masse Musculaire squelettique (IMS)	7,85	

	Total	Rachis	Hanche	Radius	
Masse Minérale	2,335	2,0%	T-score: 3,2	0,6	0,9

Masse grasse

	kg	% Poids	Limites
Total	58,17	50,7%	[12,4 24,1]
Membres Sup	5,28		
Tronc	26,33		
Membres Inf.	25,07		

% MG Tronc/Total	45,3%
MG Tronc/MI	1,05

La dépense énergétique

Introduction

Les grandes fonctions (croissance, développement, maintien, reproduction...) ont un **coût énergétique** dont la somme est appelée **dépense énergétique totale**

Apports:

Pour couvrir ses besoins, l'homme puise l'énergie dans le milieu extérieur ou dans ses réserves, à partir des liaisons chimiques des **nutriments** et la transforme en une autre énergie chimique utilisable = **ATP** processus qui consomme de l'**oxygène**

Dépenses:

L'homme restitue l'énergie au milieu extérieur sous forme **chimique** (urée, créatinine par exemple) **mécanique et thermique**

En l'absence de variation du poids ou de la composition corporelle, **les apports énergétiques sont égaux aux dépenses**

Rappel
1 kcal = 4.18 kJ

Teneurs énergétiques des nutriments		
Lipides	38 KJ/g	9 Kcal/g
Glucides	17 KJ/g	4 Kcal/g
Protéines	17 KJ/g	4 Kcal/g



1 Kg de graisse de **réserves** = 9000 Kcal

NB: ethanol = 7Kcal/g

LE CONCEPT DE QUOTIENT RESPIRATOIRE (QR)

La transformation de l'énergie chimique contenue dans les macronutriments en ATP, passe par des réactions de phosphorylation oxydative qui vont consommer de l'oxygène et produire du gaz carbonique

$$QR = VCO_2 / VO_2$$

➤ le calcul du QR informe sur la nature des substrats oxydés:

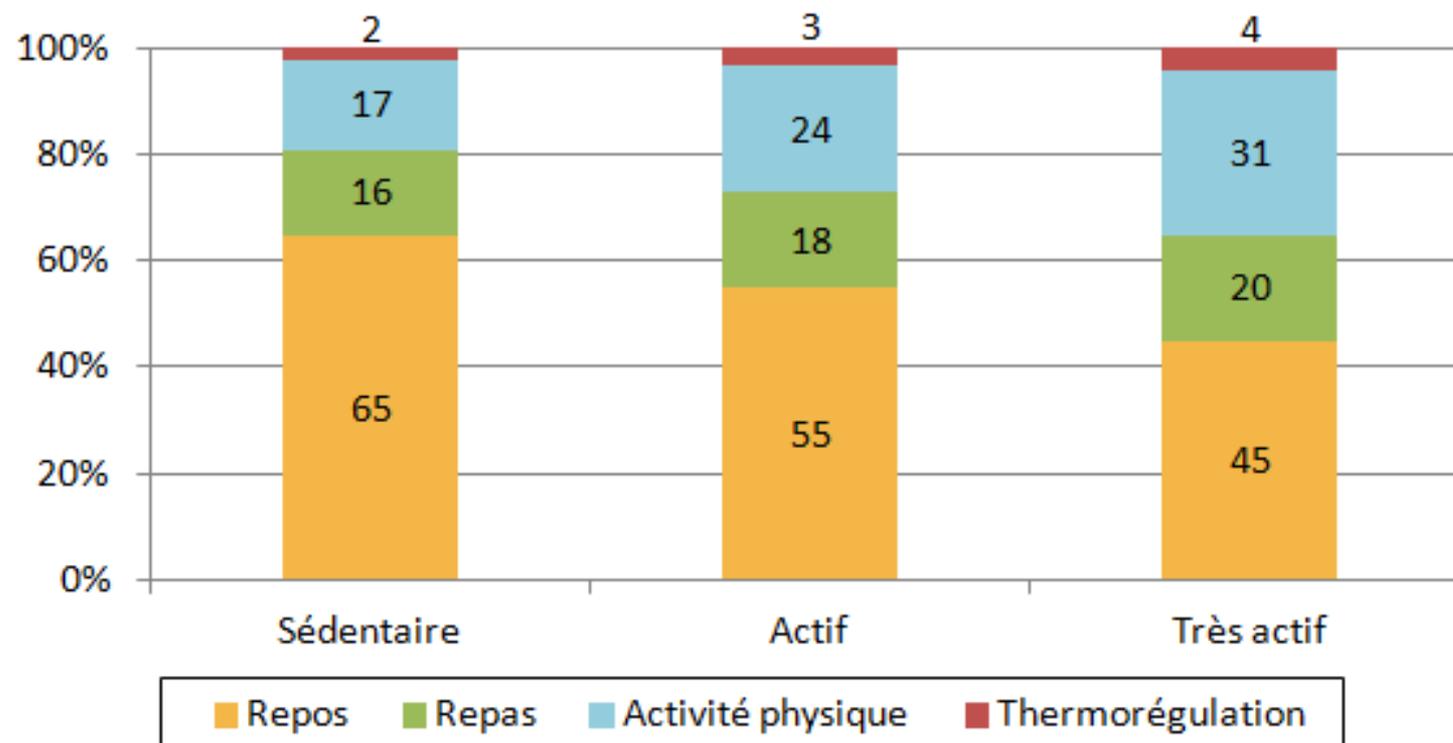
1 pour les glucides
0,7 pour les lipides
0,8 pour les protides

Plus le QR se rapproche de 1 , plus l'organisme utilise les glucides

Plus le QR se rapproche de 0,7, plus l'organisme utilise les lipides (jeûne)

Dépenses

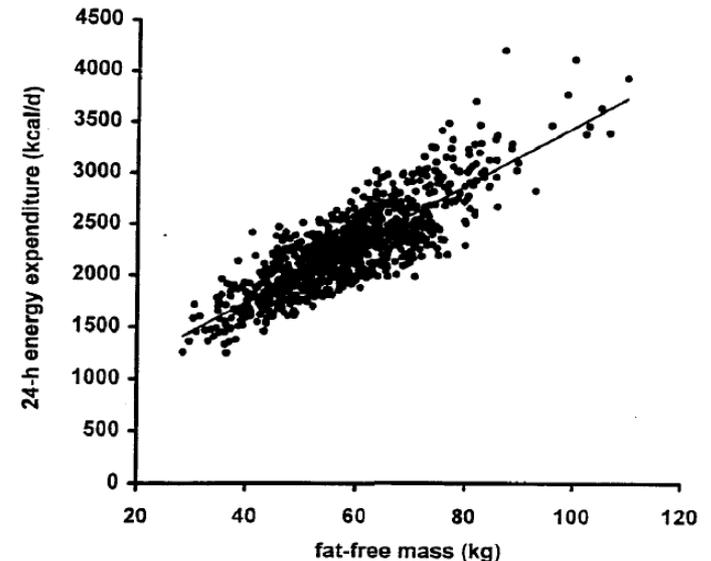
Figure 2 : Les 4 postes de dépense énergétique chez l'homme. En % de la dépense énergétique totale des 24 heures.



1) METABOLISME DE BASE (MB) ou DEPENSE ENERGETIQUE DE REPOS (DER)

- ❖ Le métabolisme de base correspond à la DE minimale pour le **fonctionnement** et l'entretien de l'organisme (pompes ioniques, turnover de substrats, maintien de la température,...)
- ❖ Il est mesuré dans des **conditions standardisées (DER)** par calorimétrie
 - le matin (8-10 h)
 - à jeun depuis la veille au soir
 - à température neutre (19-24 °C)
 - au repos (décubitus, silence)
- la MM explique 80 % de la variabilité de la DER
- DER femme > homme (MM mais pas que)
- La DET ↓ avec l'âge (métabolisme, mobilité)

Determinants of energy metabolism
C Weyer et al



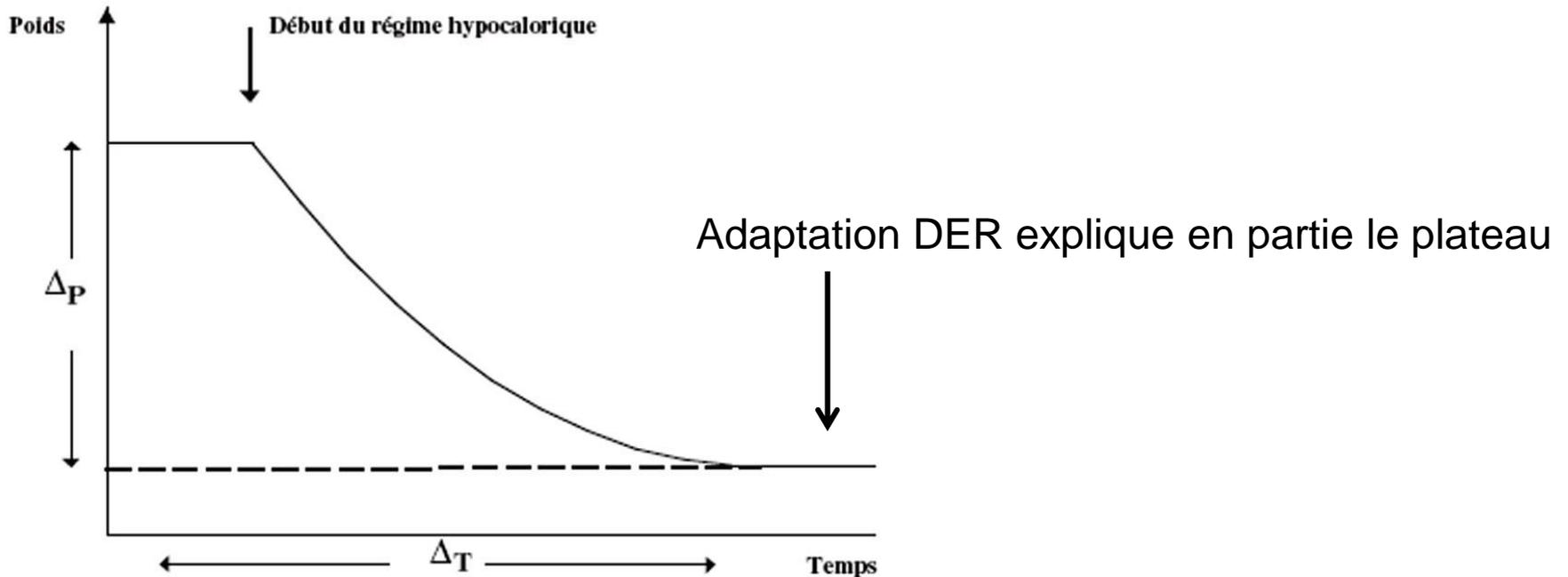
24-h energy expenditure

Au Total

Principaux facteurs de variation de la DE

	Intrinsèques	Extrinsèques
DER	MM âge, sexe H. Thyroïdiennes turnover protéique	
Thermogénèse	SNA tissu adipeux brun état nutritionnel	température ext prise alimentaire substances Θ , stress
Activité physique	Masse musculaire rendement (VO2 max)	durée exercice intensité

Figure 1. Evolution de la perte de poids (ΔP) sous régime restrictif en fonction du temps (ΔT).



Exemple de la chirurgie bariatrique

Un apport moyen à 1272 kcal (vs 1993) permet de maintenir le poids après amaigrissement témoignant d'une baisse de la DER

N= 144	avant	BPG 1 an
poids (kg)	126 ± 26	89 ± 20
IMC (kg/m ²)	48.2 ± 15.4	34.1 ± 10.4
Apports (Kcal/j)	1993 ± 704	1272 ± 401

LA CALORIMETRIE INDIRECTE

Cette méthode repose sur la consommation globale d'oxygène comme témoin de la dépense d'énergie ($E_{O_2} = 20 \text{ kcal/l}$).

La mesure des échanges gazeux respiratoires (consommation d'oxygène, et production de gaz carbonique) peut être réalisée sous une cagoule ventilée (canopy) ou masque.

Surtout utilisé pour mesurer la **DER**
Permet aussi de mesurer le **QR**



Formule de BEN PORAT

$$DER = 3.913 \times VO_2 + 1.093 \times VCO_2 - 3.341 N_2$$

(Kcal/24h)

(ml/min)

(g/24h)

Formule de WEIR

$$DER = [3.9 \times VO_2 + 1.1 \times VCO_2] * 1.44$$

(Kcal/24h)

(ml/min)

ESTIMATION LA DEPENSE ENERGETIQUE

1) Il est possible de réaliser les estimations de la **DER** à partir de données anthropométriques simples

- **pls équations sont proposées pour estimer le métabolisme de base**
à partir du poids (**P**), de la taille (**T**) et de l'âge (**A**) en fonction du **sexe**

Ex: équations de Harris et Benedict :

Femmes MB = $2,741 + 0,0402 P + 0,711 T - 0,0197 A$

Hommes MB = $0,276 + 0,0573 P + 2,073 T - 0,0285 A$

avec MB en MJ.j-1, P = poids en kg, T = taille en m et A = âge en années

COMPTE-RENDU DE CALORIMETRIE

Explorations Fonctionelles - Hôpital Louis Mourier

nom

prenom

DDN

date de l'examen

age ans

poids kg

taille m

sc m²

canopy

VCO₂ ml/min

VO₂ ml/min

QR

DE (Weir) Kcal/j

black

ecart black

HB

ecart HB

2) la **DE totale** peut être estimée en multipliant la DER par un facteur traduisant l'intensité de l'activité physique d'une personne. Ce facteur a pu être déterminé pour de nombreuses activités de la vie quotidienne, sédentaire, professionnelle ou sportive (tables).

DE = 1.4 DER : malade hospitalisé

DE = 1.55 DER : activité légère

DE = 1.8 DER : activité modérée

DE = 2.1 DER : activité importante

DET pour un adulte entre 40 et 60 ans (selon sexe et activité physique) :

Catégories	Dépenses énergétiques/jour (kcal)
<u>Adultes de sexe masculin</u>	
Activité réduite	2200
Activité habituelle	2500
Activité importante	2900
Activité très importante	3400
<u>Adultes de sexe féminin</u>	
Activité réduite	1800
Activité habituelle	2000
Activité importante	2300
Activité très importante	2400

Questionnaires d'activité physique , actimètres, ...



Applications

→ Estimation des apports alimentaire en pratique clinique

- Régime hypocalorique

- Renutrition en milieu hospitalier

- Médecine du sport

→ En recherche:

- causes de l'obésité,

- survie dans des situations extrêmes, ..