

La bio énergétique

La bioénergétique est l'étude des **processus biologiques** qui produisent et consomment de l'énergie chez les êtres vivants. Elle étudie les

1/échanges et conversion d'énergie qui peut être

Energie chimique: travail métabolique

Energie mécanique: travail musculaire

Energie thermique: chaleur

Energie lumineuse: lumière

2/ transformations de l'énergie

En appliquant **les principes de la thermodynamique.**

Pour lutter contre le désordre (**la mort**), le bio-système doit se maintenir **hors d'équilibre**, en assurant sans arrêt le **renouvellement** de ses molécules et le maintien des grandeurs de tension de différents compartiments.

Pour cela, les êtres vivants fonctionnent comme

des échangeurs, des accumulateurs et des transformateurs d'énergie chimique au niveau cellulaire.

Cette énergie est de la bioénergie

Bioénergie:

Est une énergie renouvelable à partir de la biomasse.

La cellule vivante transforme l'énergie de la biomasse en énergie nécessaire au fonctionnement de l'être vivant

Biomasse :

L'ensemble des organismes vivants sur les continents et dans les océans, les micro-organismes, les plantes et les animaux

L'énergie est la capacité à effectuer un travail

Il existe 3 sortes d'énergie

Energie excitatrice: force **déclenchant** un travail

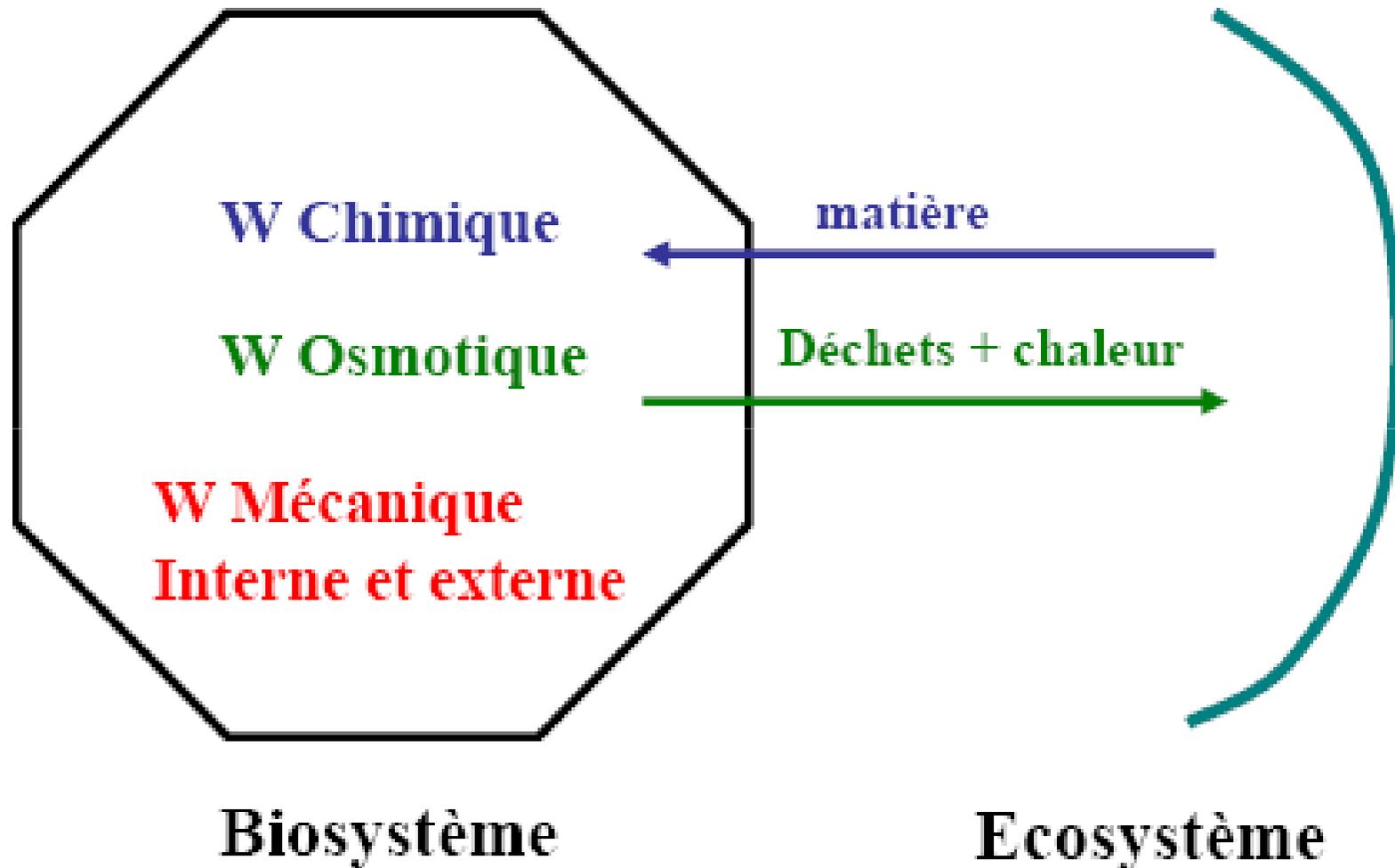
 **Energie potentielle:** emmagasinée sous forme d'ATP

Energie cinétique : fournie par l'hydrolyse de l'ATP pour exécuter un **travail au niveau cellulaire**. Il peut s'agir de

Travail de synthèse chimique

Travail osmotique: rein

Travail mécanique musculaire Interne ou externe



Les échanges de matière et d'énergie en bioénergétique se font

- **entre les êtres vivants (biosystème) et leur milieu ambiant écosystème**
- **à l'intérieur de l'être vivant lui même**

Les unités de mesure en bio énergétique

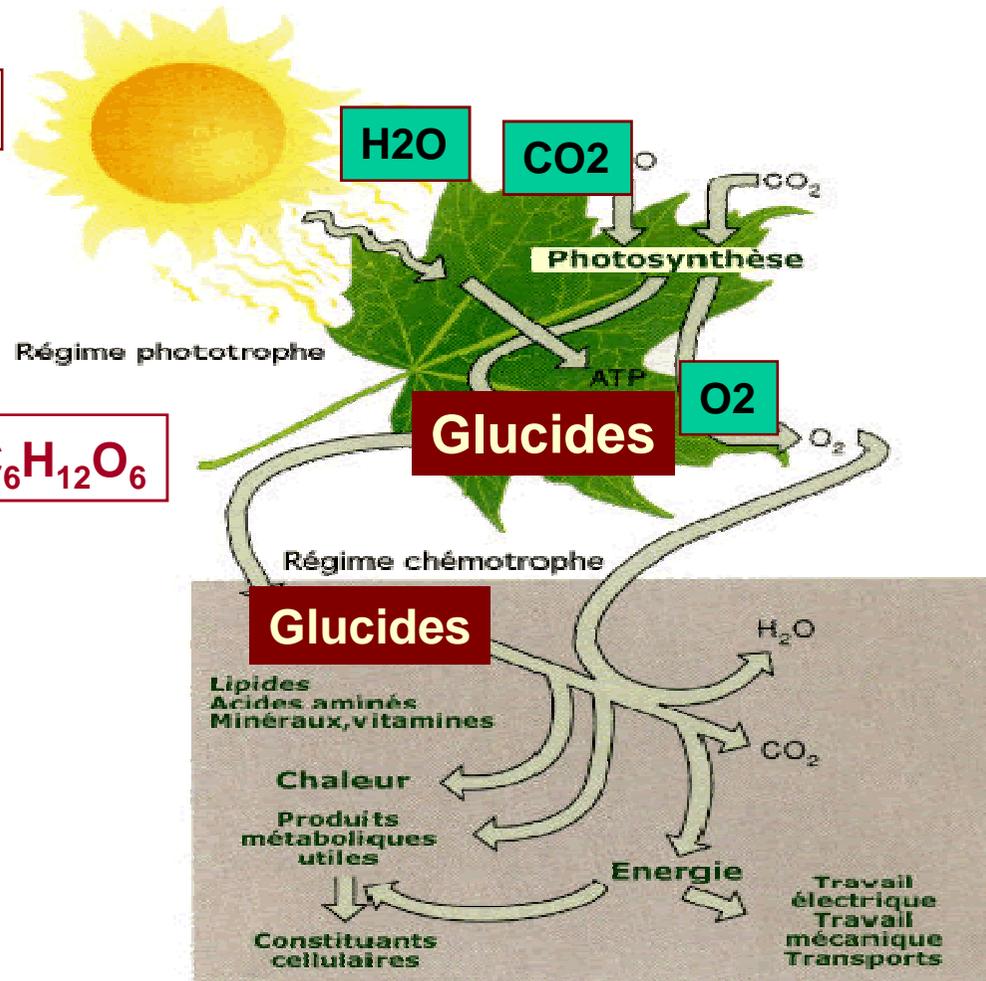
Kilo calorie : Kcal = 1 Cal = 1000 cal = 4,19 Kj

1Kj = 1000 j = 0,239 Cal

Lois de la bio énergétique

I- Circulation de l'énergie

Source d'énergie



II-Origine de l'énergie cellulaire

Glucose à la base des autres nutriments: Lipides et protides

Dans la **mitochondrie** l'acetyl-CoA est l'étape finale commune des G, L et P qui entre dans le cycle de Krebs où il y a couplage entre oxydoréduction et phosphorylation et formation d'ATP

Formation d' ATP intra mitochondriale

l'ATP est une forme de stockage d'énergie qui sera libérée par rupture des liaisons riches en énergie



Stockage de substrats énergétiques

Glucides (ou hydrates de carbone) sous forme de glycogène dans le foie et dans les muscles

Lipides dans le tissu adipeux

Intérêt en médecine

Etude des métabolisme énergétique

Ration alimentaire en fonction des activités

Obésité, nutrition

Thermorégulation

Travail musculaire

Médecine de sport et de travail

Anomalies cellulaires mitochondriales

II- Lois de l'énergétique

Obéissent aux principes généraux de la thermodynamique

La thermodynamique est l'étude

des relations entre l'énergie thermique et l'énergie mécanique

Ces relations s'appliquent à l'étude

des échanges et transformations énergétiques chez les êtres vivants

A/Loi de la conservation de énergie

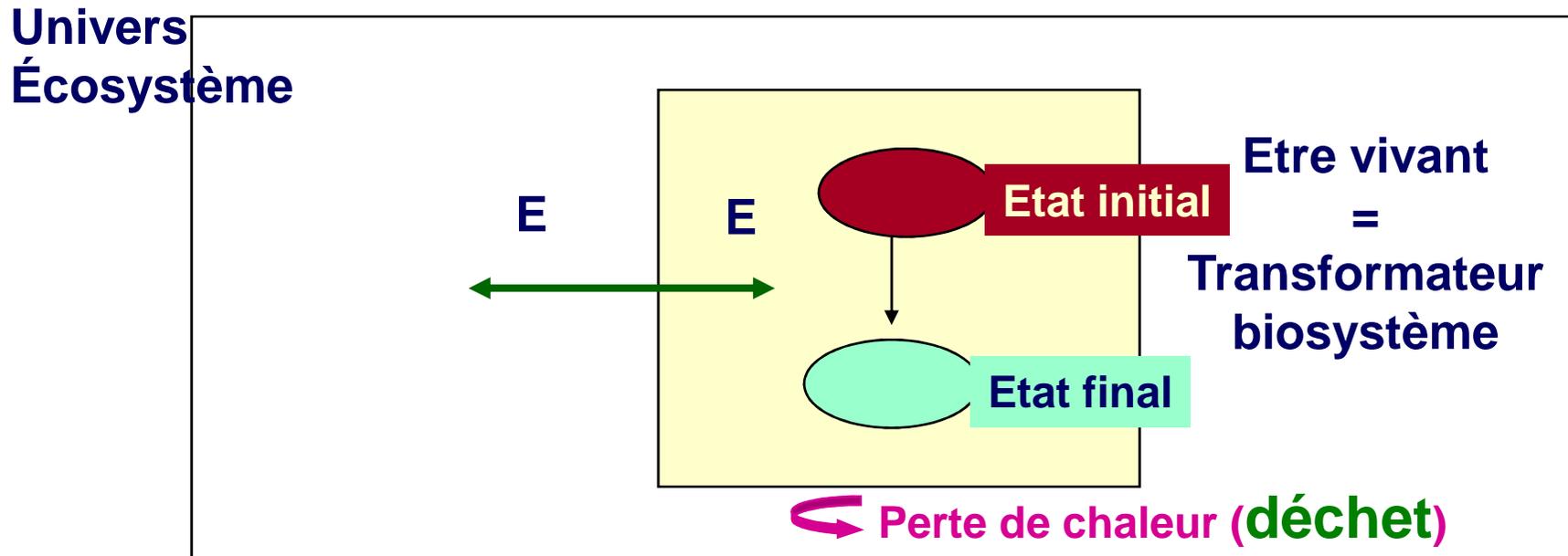
B/Principe de l'état initial – état final

Théorème de Berthelot

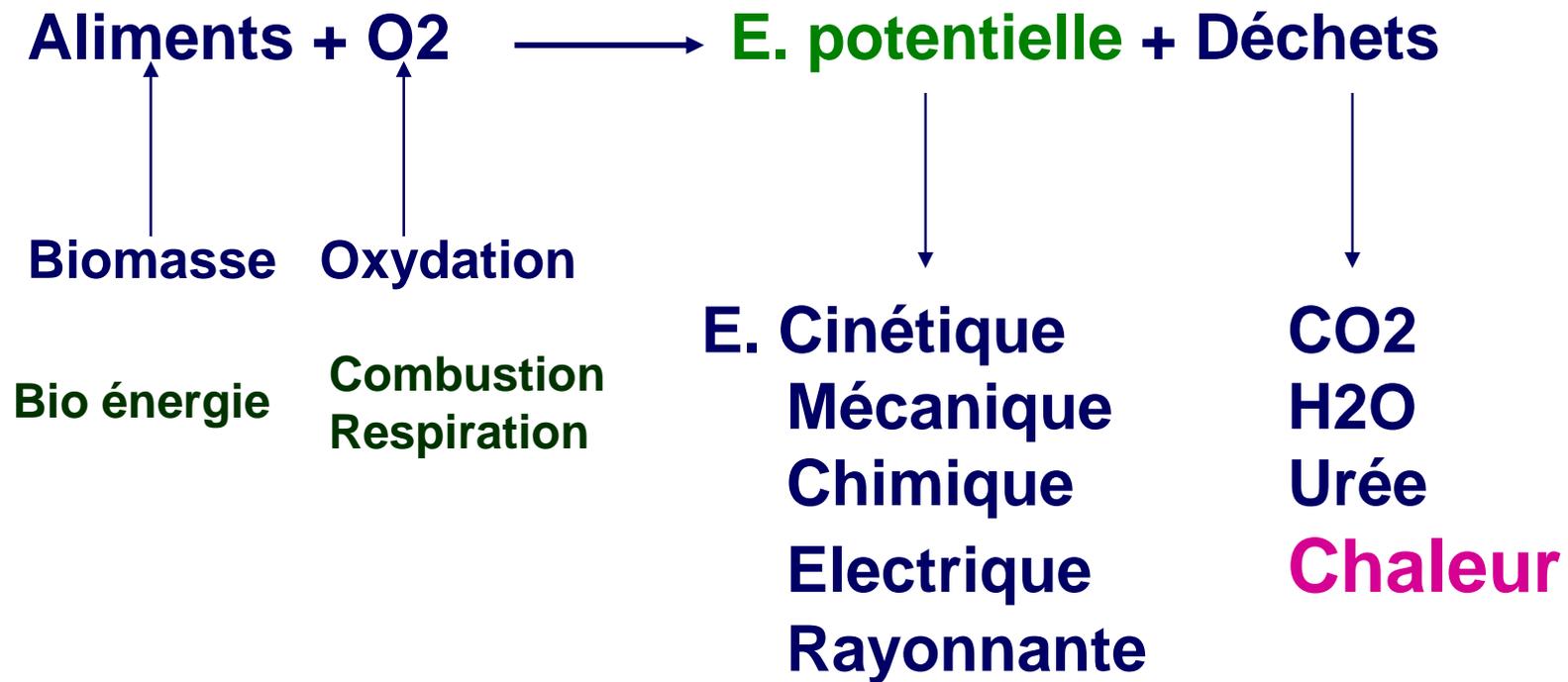
A/ Loi de la conservation de énergie

Lavoisier 1773

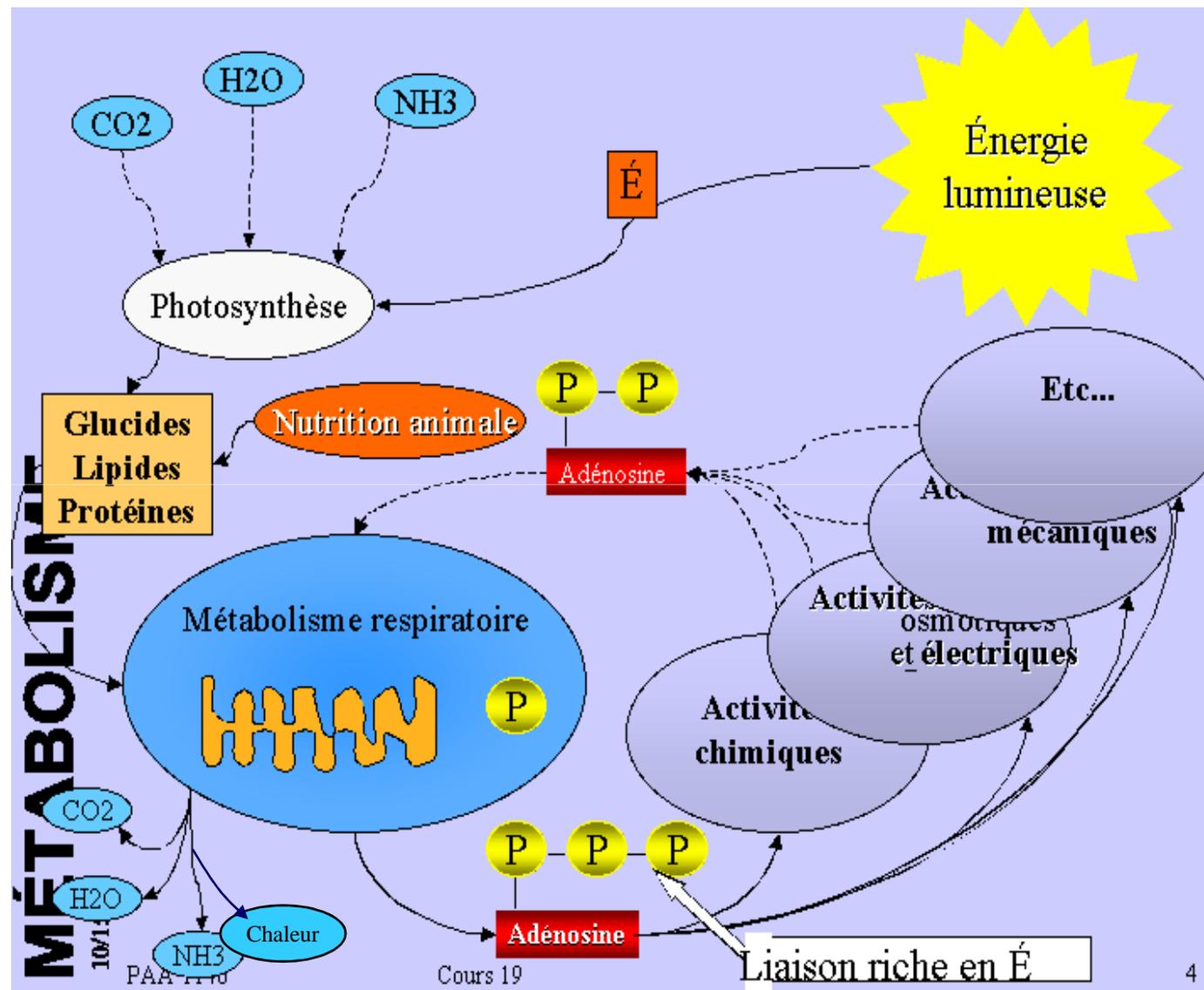
« Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme »



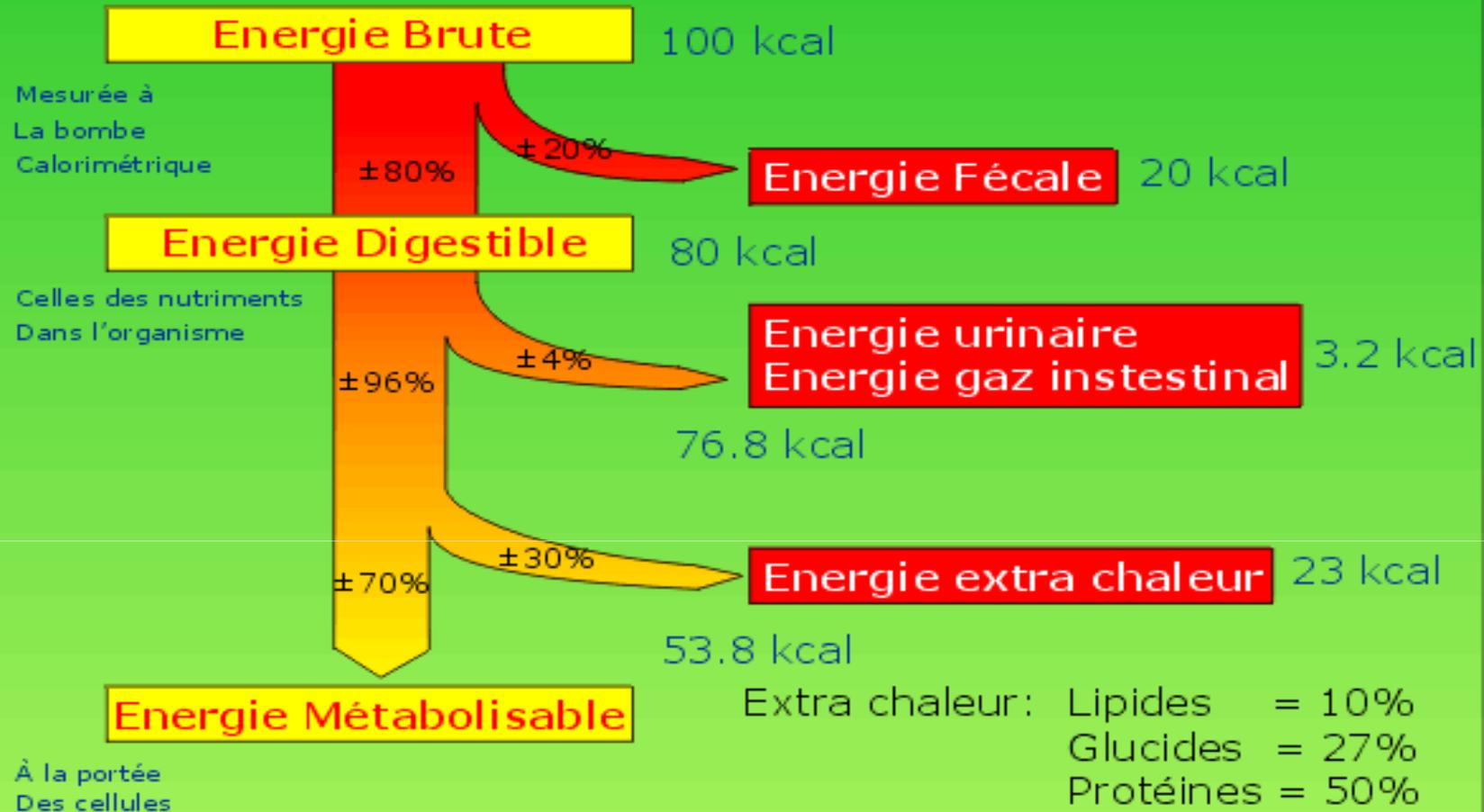
La quantité d'énergie contenue dans un système est constante. L'énergie ne peut être ni créée ni détruite mais seulement convertie d'une forme en une autre



La vie est une combustion



Dissipation de l'énergie de l'aliment au cours de sa métabolisation



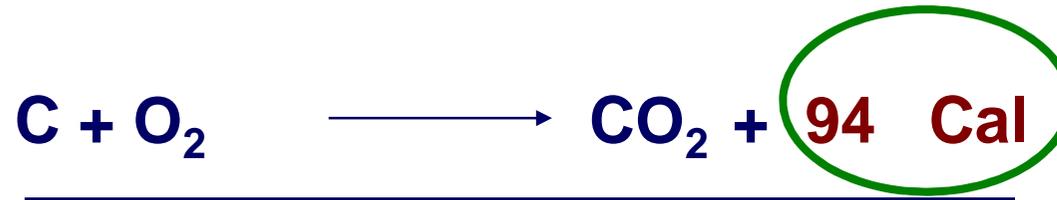
L'énergie métabolisable va servir à :

- couvrir notre besoin d'entretien
- réaliser des productions :
 - de contraction musculaire lors d'effort physiques
 - de prise de poids sous forme de muscles
 - de prise de poids sous forme de réserves majoritairement des graisses et un peu de glycogène

B/ Principe de l'état initial et de l'état final:

la quantité d'énergie qui apparaît lors de la combustion des aliments dépend uniquement de

l'état initial et de l'état final



Le **bilan énergétique global** dépend des E libérées par les étapes intermédiaires mais leur mesure n'est pas nécessaire

Il suffit de connaître la quantité de matière engagée dans la réaction

Bilan E global = Etat initial – Etat final

Chaleur de combustion, Chaleur de Formation d'une molécule

La différence entre la

**chaleur de combustion des constituants d'une molécule
et la chaleur de combustion de la molécule elle-même
correspond à la chaleur de formation de la molécule**

Combustion
du carbone



Combustion
de l'hydrogène



Chaleur de combustion des constituants

978 Cal

Combustion
du glucose



Chaleur de formation du glucose

298 Cal

Applications

Etat initial + O₂ ↔ Etat final + Energie libre métab.

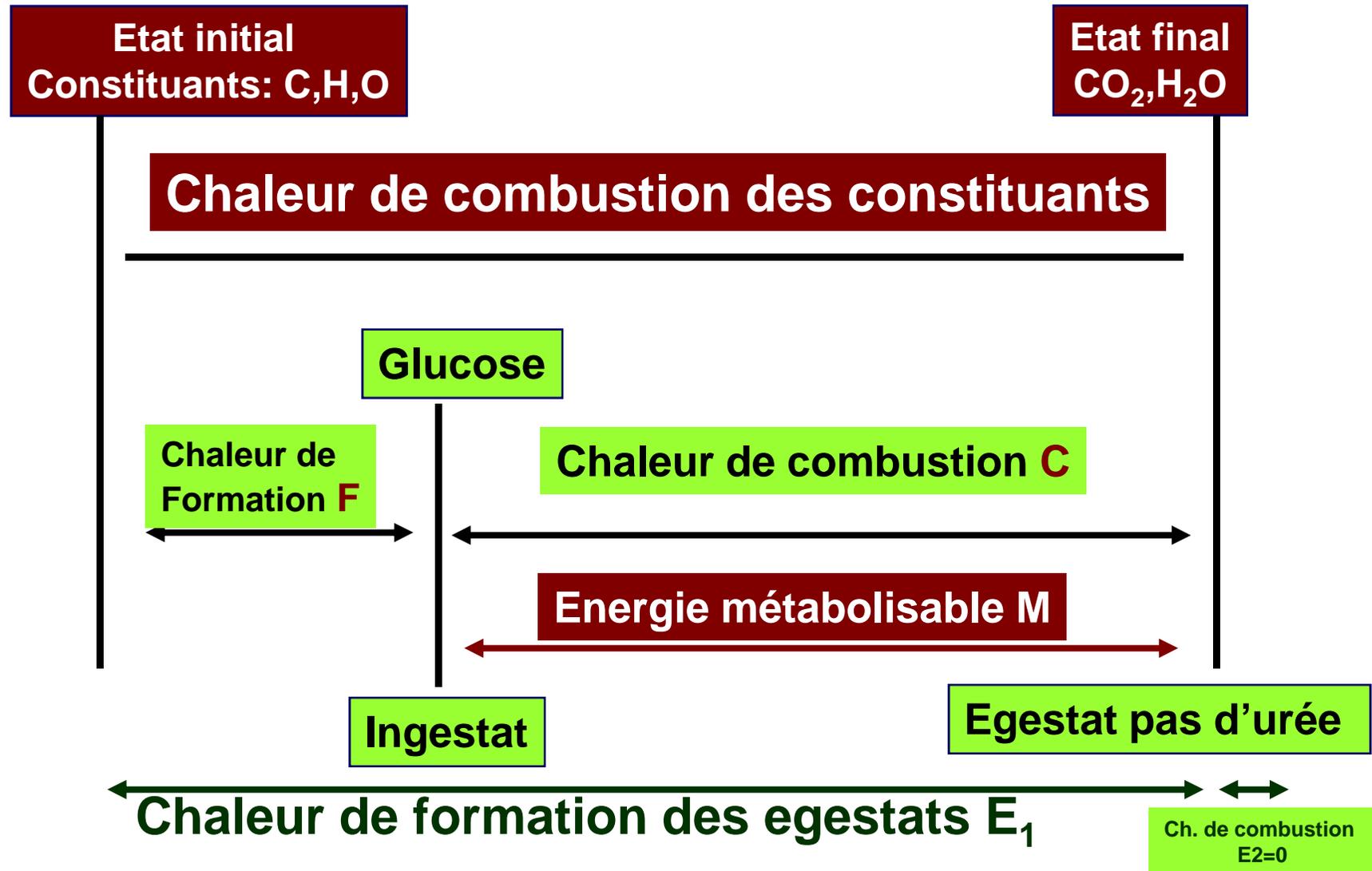
Substrats + O₂ ↔ Déchets + M

Quantité
Nature(G, L, P)

Quantité
CO₂, H₂O, urée
chaleur

Calcul de l'énergie métabolisable (M) , disponible
dépend du bilan énergétique
chaleur de combustion et chaleur de formation

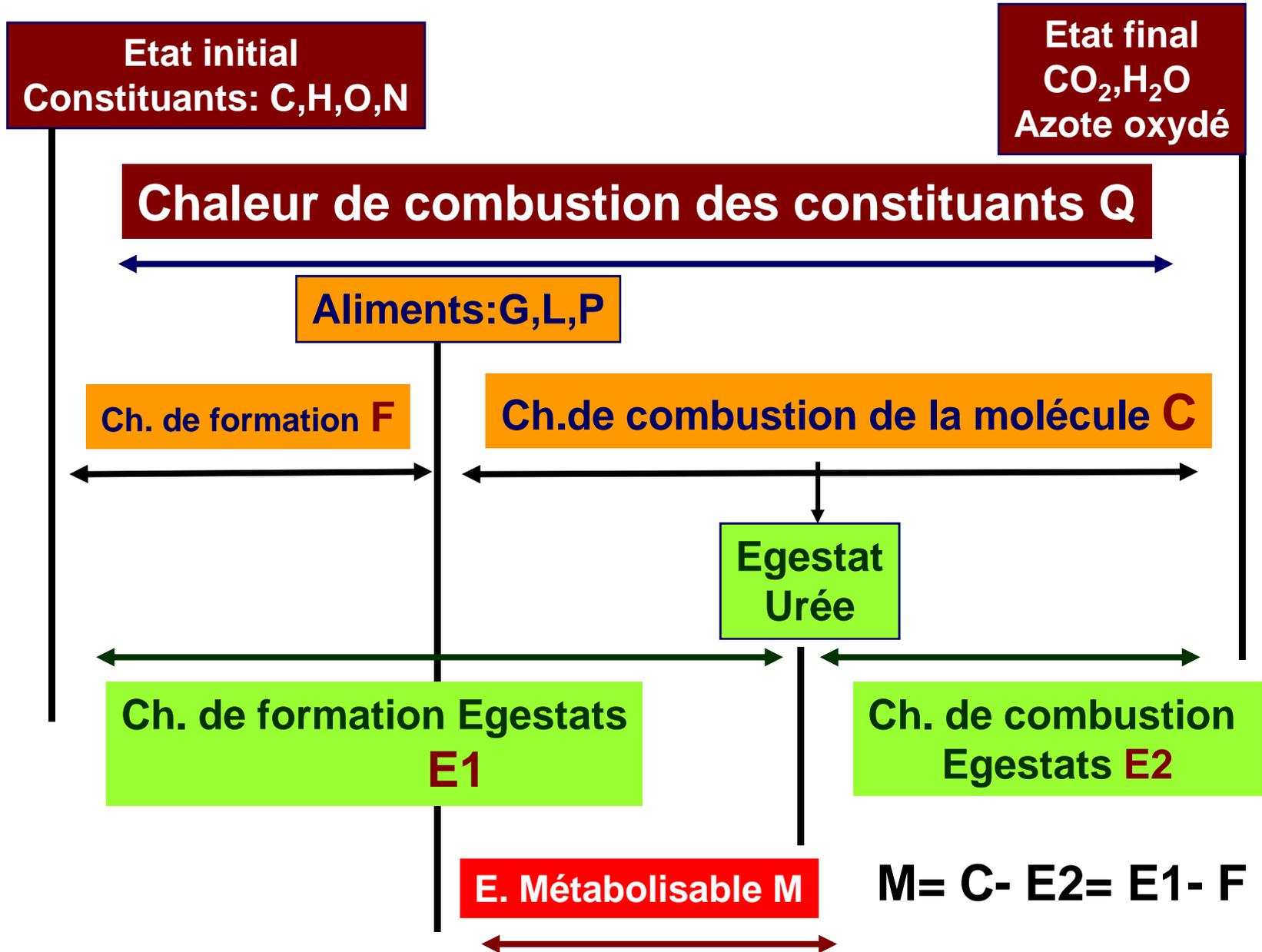
Combustion d'une molécule ternaire



$$M = C - E_2 = E_1 - F$$

$$M = C - 0 = C$$

Combustion d'une molécule quaternaire



Méthodes d'étude en bio énergétique

Ingestat + O₂



Egestat + CO₂

+ Energie

Thermochimie alimentaire

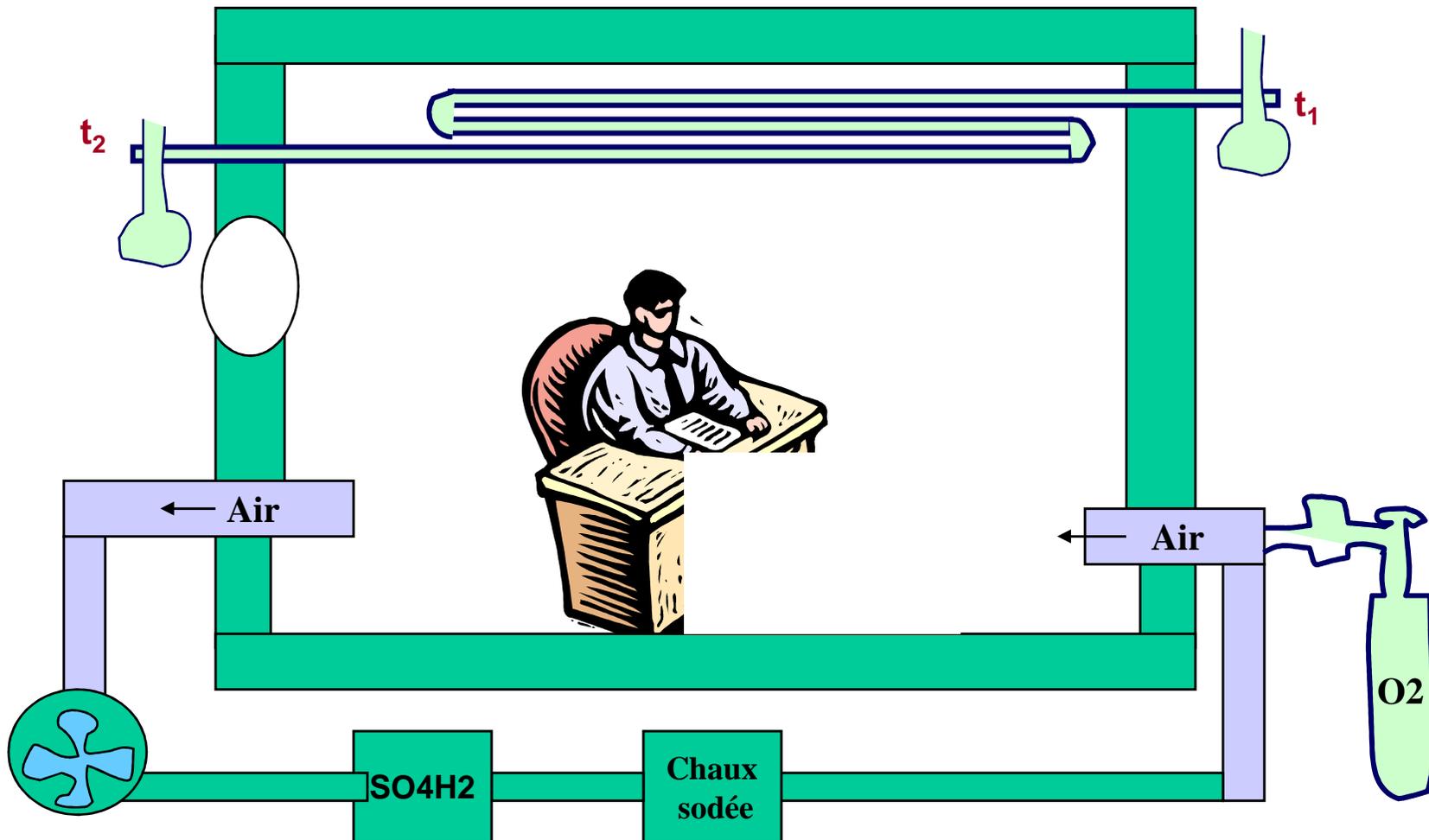
Calorimétrie directe

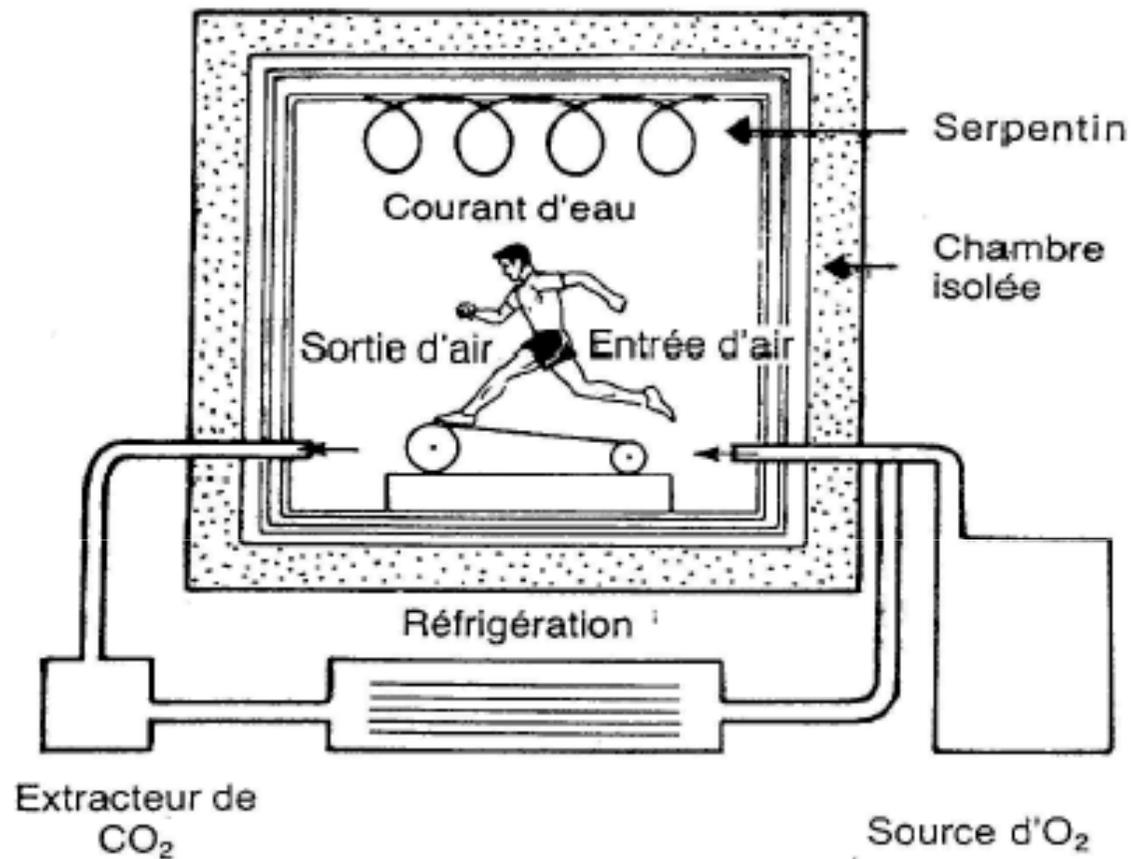
Thermochimie respiratoire

Calorimétrie indirecte



I/ La calorimétrie directe





Mesure de la production de chaleur corporelle par calorimétrie directe

II/ La calorimétrie indirecte

A/ Thermochimie alimentaire

Principe de l'état initial - état final



M = Chaleur de combustion des ingestats

—

Chaleur de combustion des égestats

$$\mathbf{M = C - E_2}$$

Deux difficultés

- Les aliments ingérés ne sont **pas totalement brûlés**.

Il faut tenir compte de la quantité d'énergie perdue dans les excreta (selles et urines)

- L'apport alimentaire peut ne pas couvrir exactement les besoins : ils peuvent être en

Excès → Réserve de graisse

Déficit → Utilisation des réserves

1/ Méthode des ingestats

**Elle est basée sur le calcul du bilan énergétique:
il faut connaître la**

Quantité et nature de l'aliment, pour en déduire la
Valeur énergétique

Ensuite on calcule le coefficient d'utilisation digestive CUD

1-1/Coefficient d'utilisation digestive des aliments CUD

$$\text{CUD} = \frac{\text{Quantité absorbée}}{\text{Quantité ingérée}}$$

$$\text{CUD} = \frac{\text{Ingestat} - \text{Egestat}}{\text{Ingestat}}$$

CUD= Rendement toujours inférieur à 1

1-2 / Valeur énergétique des nutriments

Energie métabolisable M d'un aliment est la fraction du contenu énergétique de l'aliment utilisable par l'organisme

Différence entre l'E brute de l'aliment ingéré et l'E des déchets

* **perte fécales:** fraction non digérée, fermentation colique

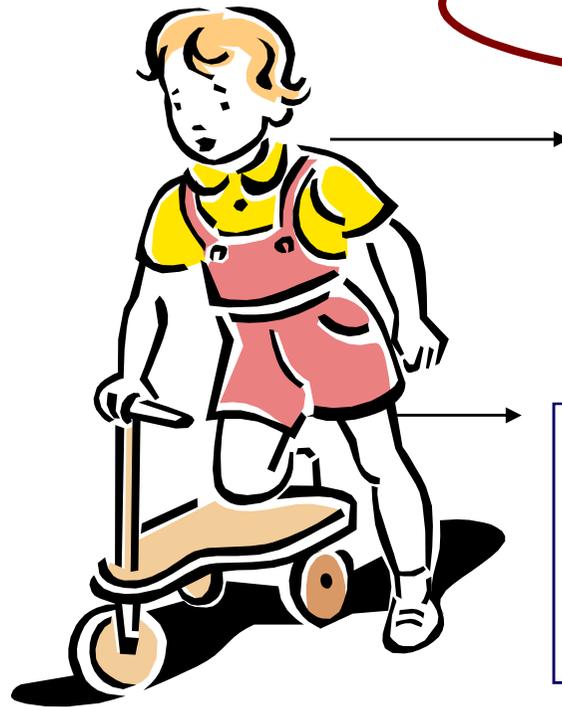
* **urinaires :** déchets azotés et produits de détoxification

Perte d'E de l'ordre de 4 à 5 % de l'E brute ingérée

M = Valeur utilisée pour définir

le contenu énergétique propre des aliments

a/ In vitro



Bombe calorimétrique

Quantité consommée A

Quantité dans les selles B

Quantité dans les urines C

Energie métabolisable M

M = Chaleur de combustion

Ingestat - Egestat

M = A - (B+C)

Valeur énergétique **potentielle** des nutriments

1g de glucide: **4,1 Cal** (B=0 , C=0)

1g de lipide : **9,4 Cal** (B=0 , C=0)

1g de protide: **5,6 Cal** (B=0 , C#0) , urée urinaire

1g de P contient 0,343 g d'urée

1g d'urée libère 2,5 Cal

1g de P : $5,6 - (0,343 \times 2,5) = \mathbf{4,75 \text{ Cal}}$

2/Thermochimie alimentaire : application pratique

Calorimétrie alimentaire

mesure en 4 temps

1- On pèse tous les aliments ingérés par le sujet pendant la période de mesure



2- On calcule la quantité de protides, de lipides et de glucides ingérée

<i>Pour 100 g d'aliments</i>	<i>Protides en g</i>	<i>Lipides en g</i>	<i>Glucides en g</i>
<i>Beurre</i>	0.6	81	0.4
<i>Bœuf</i>	17.5	22	1.0
<i>Pommes de terre</i>	2.0	0.1	19.1

Voir tableau des aliments

3- Calcul de la quantité d'énergie apportée par chaque catégorie de nutriments

**Chaleur de combustion
moyenne des aliments**

1 gramme de glucides = 4.1 Kcal

1 gramme de lipides = 9.4 Kcal

1 gramme de protides = 4.75 Kcal

Microsoft Excel - Calories.xls

Echier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Arial 10

F16 =

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1	Calcul de la valeur calorique d'un repas	total :	979		nombre d'aliments repérioriés	139	Teneur pour 100 grammes	Kcal	eau (gr)	Protides (gr)	Lipides (gr)	Glucides (gr)			
2						139	abricot	52,00	86,00	1,00	0,00	12,00			
3	ingrédients	poids (gr)	Kcal	val unitaire	<p>Entrer les valeurs dans le tableau de gauche, puis le poids, et pour calculer le total : cliquer ICI</p> <p>Ajouter un produit</p> <p>MODIFIER ou EFFACER un produit</p>			abricot sec	275,00	24,00	6,00	1,00	68,00		
4	pain	125	312,5	250				agneau	255,00	60,00	19,00	20,00	1,00		
5	beurre	40	304	760				airelle	68,00	83,00	0,50	0,50	16,00		
6	confiture	125	362,5	290				alcool sec	305,00	43,00	0,00	0,00	0,00		
7			0					amande sèche	638,00	3,00	15,00	50,00	32,00		
8			0					ananas	55,00	86,00	0,50	0,50	13,00		
9			0					ananas en boîte	114,00	75,00	0,50	0,50	24,00		
10			0					artichaut	64,00	82,00	3,00	1,00	13,00		
11			0					asperge	21,00	94,00	2,00	0,00	3,00		
12			0					aubergine	29,00	93,00	2,00	0,00	5,00		
13			0					banane	98,00	75,00	1,50	0,50	23,00		
14			0					betterave rouge	45,00	82,00	2,00	1,00	14,00		
15			0					bettes	33,00	90,00	2,00	1,00	6,00		
16			0					beurre	760,00	14,00	1,00	84,00	1,00		
17			0					bière	46,00	4,00	0,50	0,00	5,00		
18			0					biscottes	360,00	2,00	12,00	5,00	80,00		
19			0					biscuit sec	410,00	7,00	11,00	9,00	73,00		
20			0		blé	371,00	11,00	27,00	9,00	53,00					
21			0		bœuf	165,00	70,00	19,00	10,00	1,00					
22			0		brochet	80,00	80,00	19,00	1,00	0,00					
23			0		brugnon	65,00	83,00	1,00	0,00	15,00					
24			0		cabillaud	63,00	83,00	15,00	1,00	1,00					
25			0		cacahuète	594,00	3,00	27,00	46,00	24,00					
26					cacao en poudre	490,00	1,00	21,00	30,00	48,00					
27					café	4,00	0,00	0,50	0,50	0,50					
28	Pour information : un œuf pèse entre 50 et 70 grammes, une tomate pèse en moyenne 60 grammes, une pomme pèse 120 à 150 grammes, un morceau de sucre numéro 4 :						camembert	306,00	52,00	20,00	27,00	1,00			
29	5 grammes, numéro 3 : 7 grammes, numéro 2 : 8 grammes, une cuillère à café de liquide : 3 grammes, une cuillère à soupe : 9 grammes et un verre moyen contient 100 à 120 ml.						carottes	45,00	88,00	1,00	1,00	10,00			
30							cassis	60,00	84,00	1,00	0,00	14,00			
31							céleri rave	45,00	88,00	2,00	0,00	10,00			
32							cerise	77,00	80,00	1,50	0,50	17,00			
33							champignon	43,00	88,00	4,00	0,00	7,00			
34							châtaigne	200,00	45,00	5,00	4,00	46,00			
35							cheval	110,00	75,00	22,00	2,00	1,00			
36							chèvre frais	330,00	36,00	33,00	17,00	14,00			
37							chocolat	500,00	2,00	7,00	24,00	67,00			
38							cheu de bruyelles	55,00	85,00	5,00	1,00	8,00			

Feuil1

Prêt

NUM

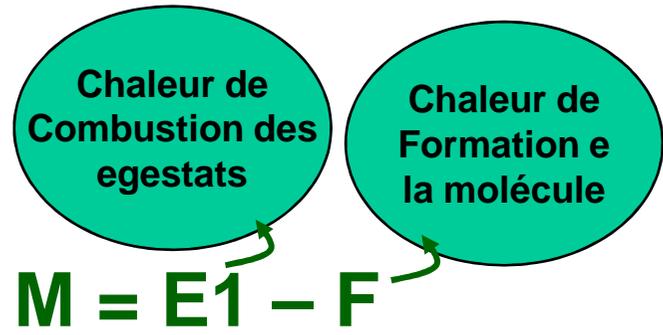
$$\begin{aligned} & \text{Dépense d'énergie (DE)} \\ & = \\ & \text{Energie ingérée - Energie excrétée} \end{aligned}$$

Cette technique n'est valable que si, et seulement si, le sujet est **en bonne santé** et que son **poids est resté stable** pendant la période de mesure

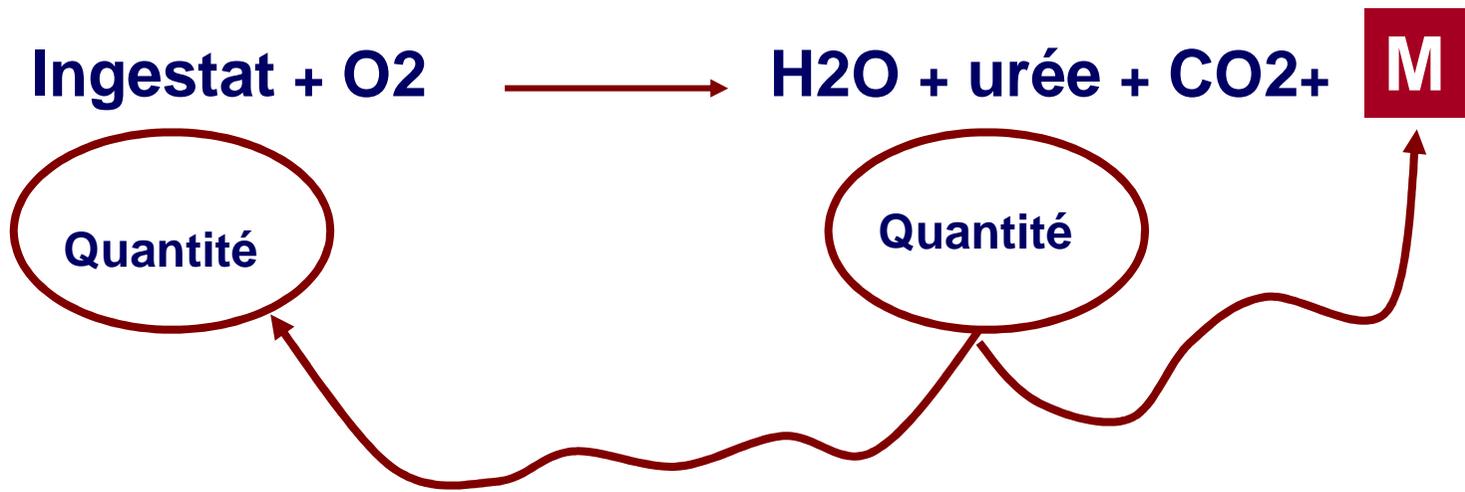
Cette méthode est à la base de la méthode d'enquête utilisée par l'OMS

2/ Méthode des Egestats

Energie métabolisable



La mesure de la **quantité d'egestats produite** permet de déterminer la **quantité d'ingestats absorbée** et de calculer la **valeur énergétique métabolisable**





2-1 /urée $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ à élimination urinaire

Y: quantité d'urée urinaire

1g de protide \longleftrightarrow 0,343g d'urée \longleftrightarrow 4,75 Cal

Y g d'urée \longrightarrow Q Cal = M

$$\mathbf{M = \frac{Y \times 4,75}{0,343}}$$

2-2 / CO2 Provient des G, L, P. Il est rejeté dans l'air expiré
et peut être mesuré par **spirométrie**

2-2-1: CO2 d'origine protidique

Les protides sont des molécules quaternaires libérant de l'urée
qui contient de l'azote



$$6,25 \text{ g de P} \longleftrightarrow 1 \text{ g N}_- \longleftrightarrow 3,3 \text{ g C}$$

$$1 \text{ g de P} \longrightarrow 4,75 \text{ Cal}$$

$$X \text{ g de C} \longrightarrow Q \text{ Cal} = M$$

$$M = \frac{X \times 4,75 \times 6,25}{3,3}$$

2-2-2/ CO2 d'origine glucidique et lipidique

Après un **jeûne de 12 heures**, il y a épuisement des réserves de glucides. Le carbone mesuré par spirométrie correspond au CO2 d'origine protidique et au CO2 d'origine lipidique

1g de C	→	1,3g de L	$Q_L = \frac{X \times 9}{1,3}$
1g de L	→	9 Cal	
X g C	→	Q_L Cal	

$$M = Q_P + Q_L$$

3/ Méthode des bilans



$$\mathbf{É} \text{ métabolisée} \quad \mathbf{M} = \mathbf{É} \text{ dépensée} + \mathbf{E} \text{ potentielle de réserve}$$

(Energie produite) (Travail + chaleur) (puisée ou mise en réserve)

Il faut connaître la quantité ingérée et la quantité rejetée (Ingestas – Egestas) , ainsi que leur valeur énergétique afin de déterminer l'**énergie potentielle de réserve**

Il n' y a pas de réserve de glucides!

Cette méthode ne s'applique qu'aux protides et aux lipides

3-1/ Le bilan azoté ++++

Apport azoté N

Elimination strictement urinaire N'

Le bilan correspond à $N - N'$

Le bilan azoté = $N - N'$

Le bilan azoté = $N - N'$

$N - N' = 0$ Bilan nul: le sujet est en équilibre azoté

$N - N' > 0$ Bilan Positif:

le sujet constitue des réserves protidiques

Réserve protéique labile < 5% masse protéique

Croissance

$N - N' < 0$ Bilan négatif:

Réserves protidiques diminuent

Jeûne prolongé

Dénutrition, Marasme, Kwashiorkor

3-2/ Le bilan du carbone d'origine lipidique

3-3/ Le bilan énergétique global

É métabolisée = **É dépensée** + **E potentielle de réserve**

É dépensée - É métabolisée = **- E potentielle de réserve**

Le bilan nul: **Equilibre nutritionnel**
EPR = 0

E dépensée = **E métabolisable**

Le bilan positif: **E dépensée - E métabolisable > 0**
Amaigrissement

L'organisme puise dans l'EPR
E dépensée = M - EPR

Le bilan négatif: **E dépensée - E métabolisable < 0**
Obésité, Mise en réserve de l'EPR
E dépensée = M + EPR

Marasme

Apathie;

Retard de croissance,

Poids < 60 % du poids normal pour l'âge;

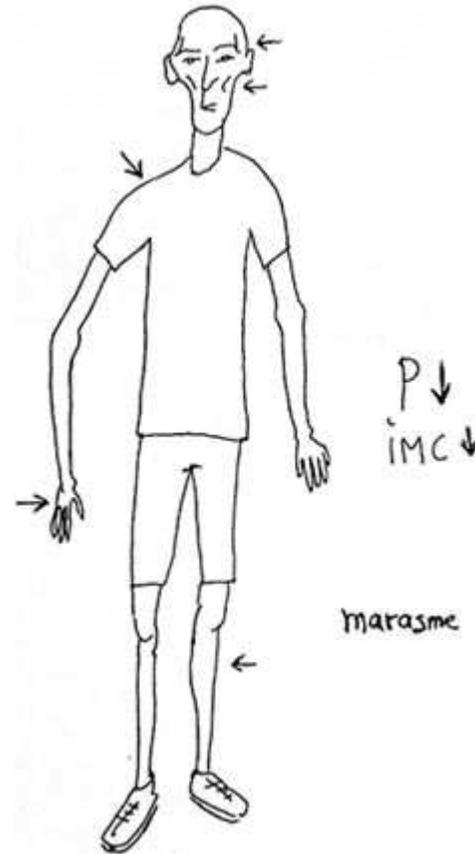
Fonte musculaire

Pas de graisse sous la peau;

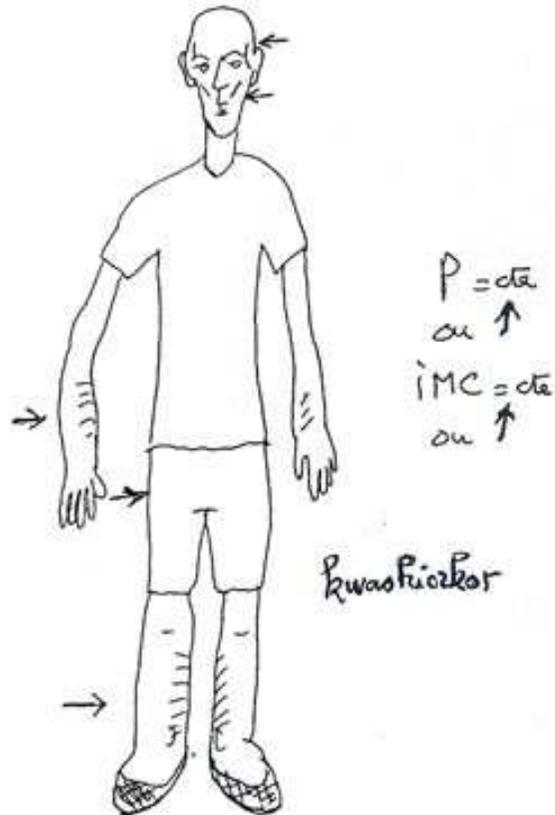
Diarrhée.

Il touche les bébés nourrit au sein sans complément de nourriture solide au cours de la première année de vie.

Le marasme est également lié à l'utilisation fautive du biberon, surtout dans les milieux urbains



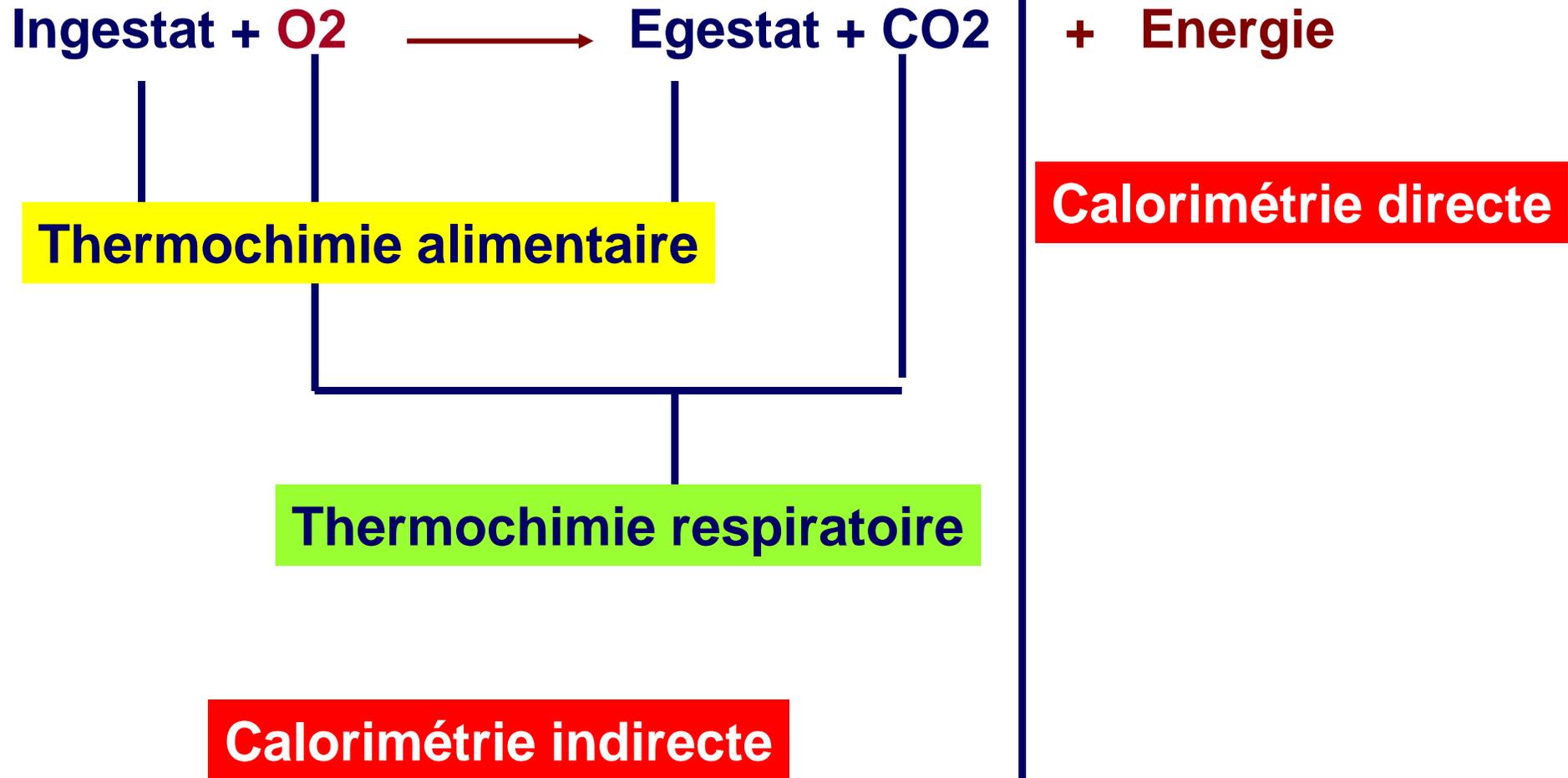
Kwashiorkor



- Cheveux fins, brun-rouge, mats et défrisés;
- Apathie;
- Retard de croissance, avec un poids $< 60\%$ fonction de l'importance de l'oedème;
- Peau marbrée;
- Ventre proéminent;
- Diarrhée;
- Fonte musculaire
- Il touche l'enfant plus âgé après sevrage



Méthodes d'étude en bio énergétique



B / Thermochimie respiratoire

$$Q = c \times V \cdot O_2$$

Q: dépense énergétique Cal/h

c: coefficient thermique de l'oxygène Cal/l

V·O₂: volume d'oxygène consommé par unité de temps l/mn

1/ Coefficient thermique de l'oxygène

Quantité d'énergie dépensée par la combustion d'une substance avec 1 litre d'oxygène





1 mole de glucose pour
1 mole d' O₂ occupe un volume de
6 moles d' O₂ occupe un volume de
134,4 l d' O₂ libèrent
1 l d' O₂ libère

6 moles d' O₂
22,4 litres
134,4 litres
680 Cal
680 / 134,4
=5,05

Coefficient thermique de l'oxygène pour le Glucose
c = 5,05 Cal/l d' O₂

C glucose = 5,05 Cal/l d' O₂

C protide = 4,70 Cal/l d' O₂

C lipide = 4,64 Cal/l d' O₂

C Alimentation mixte = 4,83 Cal/l d' O₂

2/ Quotient respiratoire QR

A chaque valeur de QR correspond un coefficient thermique

$$\begin{aligned} \text{QR} &= \frac{\text{Volume de CO}_2 \text{ produit}}{\text{Volume d' O}_2 \text{ consommé}} \text{ par unité de temps} \\ &= \frac{V \cdot \text{CO}_2}{V \cdot \text{O}_2} \end{aligned}$$



$$\text{QR}_{\text{Glucides}} = \frac{6}{6} = 1$$

QR varie entre 0,70   1

$$\text{QR}_{\text{Lipide}} = 0,70$$

$$\text{QR}_{\text{protide}} = 0,81$$

QR fournit une indication sur le type d'aliments consommés

Calcul de la nature des substrats oxydés

POURCENTAGE PONDERAL

	CARBONE	AZOTE
GLUCIDES	40%	0%
LIPIDES	76,5%	0%
PROTIDES	53,6%	16%

QUOTIENT RESPIRATOIRE

APPLICATION

Pendant **une heure** on détermine chez un sujet au **repos**

$V_{O_2} =$ 22 litres,
 $V_{CO_2} =$ 18 litres,
Excrétion urinaire = 0,32 g d'azote.

Quelles quantités de glucides, protides et lipides
aura t-il oxydé pendant cette période ?

1) Calcul du QR

$$\text{QR} = 18/22 = \mathbf{0,818}$$

2) Calcul des protides utilisés

$$0,32/16 \times 100 = \mathbf{2 \text{ g}} \quad (\text{Prot} = 16\% \text{ de N})$$

3) Calcul du carbone "protéique" (Prot = 53,6% de C)

$$\mathbf{2} \times 0,536 = \mathbf{1,072 \text{ g de C}}$$

$$1,072 / 12 = \mathbf{0,08933 \text{ moles}}$$

$$0,08933 \times 22,4 = \mathbf{2 \text{ l CO}_2}$$

$$\text{Oxygène "protéique"} = (\text{QR prot} = \mathbf{0,81})$$

$$\mathbf{2} / 0,81 = \mathbf{2,35 \text{ l O}_2}$$

POURCENTAGE PONDERAL

	CARBONE	AZOTE
GLUCIDES	40%	0%
LIPIDES	76,5%	0%
PROTIDES	53,6%	16%

4) Gaz respiratoires non protéiques:

$$V_{O_2} = 22 - 2,35 = 19,65 \text{ L}$$

$$V_{CO_2} = 18 - 2 = 16 \text{ L}$$

$$QR = 16 / 19,65 = 0,814 \text{ (QR non protéique)}$$

5) Répartition glucides - lipides:

soit **X** la concentration fractionnaire de lipides

$$0,7 \text{ X} + 1 (1 - \text{X}) = 0,814$$

$$\Rightarrow \text{X} = 0,62$$

$$\Rightarrow \text{L } 62\% ; \text{ G } = 38\%$$

$$QR_{\text{glucide}} = 1$$

$$QR_{\text{Lipide}} = 0,70$$

$$QR_{\text{protide}} = 0,81$$

6) Dépense énergétique non protéique:

$$19,65 \times 20 = 393 \text{ kJ}$$

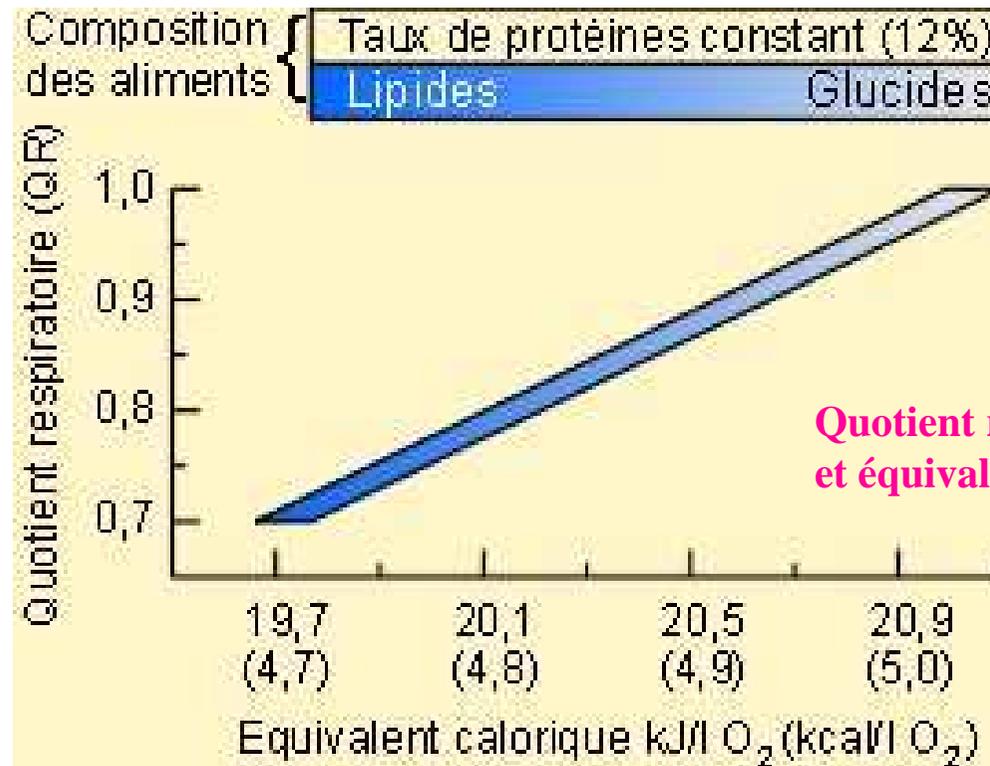
Part des lipides :

$$393 \times 0,62 = 243,7 \text{ kJ} \Rightarrow 243,7 / 40 = 6,1 \text{ g}$$

Part des glucides :

$$393 \times 0,38 = 149,34 \text{ kJ} \Rightarrow 149,34 / 17,1 = 8,7 \text{ g}$$

A chaque valeur de QR correspond un coefficient thermique



la dépense énergétique par une simple mesure de consommation d'O₂

$$Q = c \times V \cdot O_2$$

Comme source d'énergie, les protides sont moins intéressants que les glucides car, d'une part ils génèrent de l'urée, qui en excès dans le sang demande un travail rénal supplémentaire et, d'autre part, une partie de leur énergie potentielle est perdue pour l'organisme (urée).

Remarque: les lipides sont une bonne source d'énergie (9kcal/g), toutefois, leur utilisation excessive n'est pas sans danger car, lors de leur catabolisme, ils génèrent des corps cétoniques, qui acidifient le sang ce qui risque de provoquer un coma.

Le coma des diabétiques insulino-sensibles a pour cause une augmentation de la teneur du sang en corps cétoniques_

Notions de métabolisme

Notions de métabolisme

La demande énergétique est fonction du niveau d'activité
Partant d'une valeur de repos ou métabolisme de base ou standard,
elle est d'autant plus élevée que l'activité développée est grande.

Métabolisme de base: dépense de fond

dépenses obligatoires incompressibles liées à l'entretien de la vie

Il représente **60%** de la dépense énergétique global

Métabolisme additionnel

S'ajoute aux dépenses de fond

Travail musculaire

Thermorégulation

Activité digestive

I/ Métabolisme de Base

MB= quantité d'énergie dépensée par un sujet placé en condition basales

Conditions basales

Chez un sujet couché, détendu, éveillé

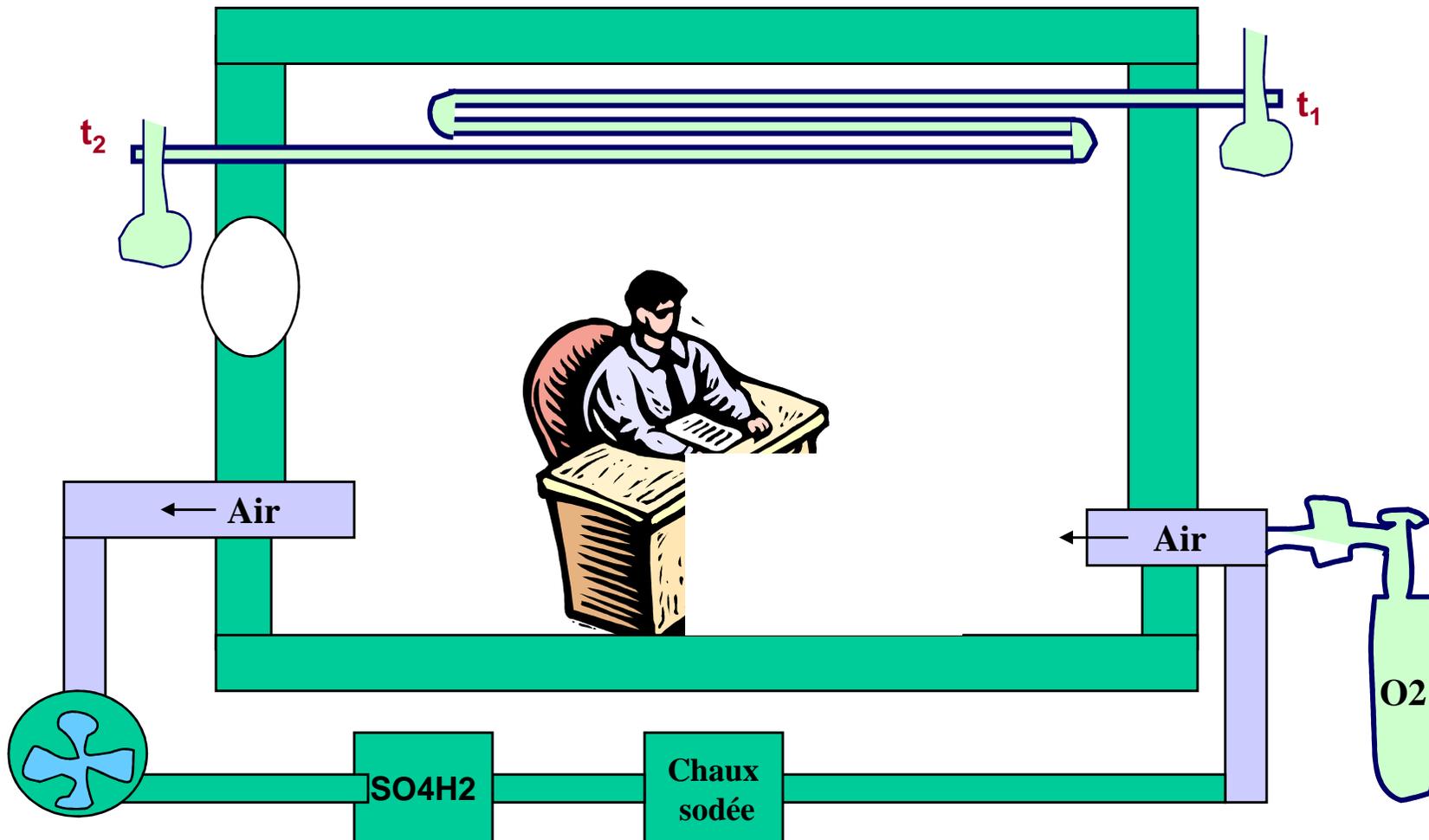
En équilibre avec une température ambiante de 19 °C

Après 12 à 18 heures de jeûne.

A / Méthode de mesure

1/ Calorimétrie directe

chambre calorimétrique d'ATWATER et BENEDICT

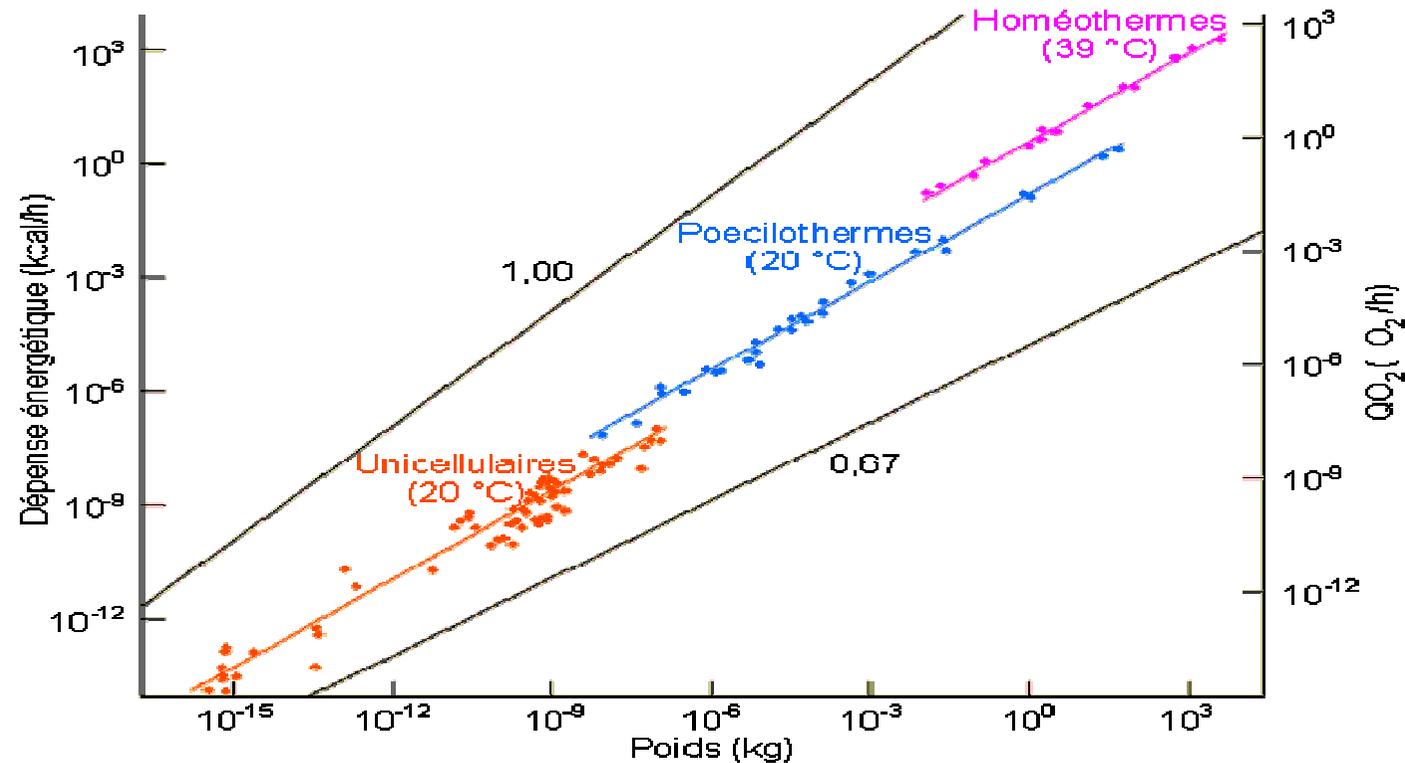


2/ Thermochimie respiratoire $MB = C \times V \times O_2$

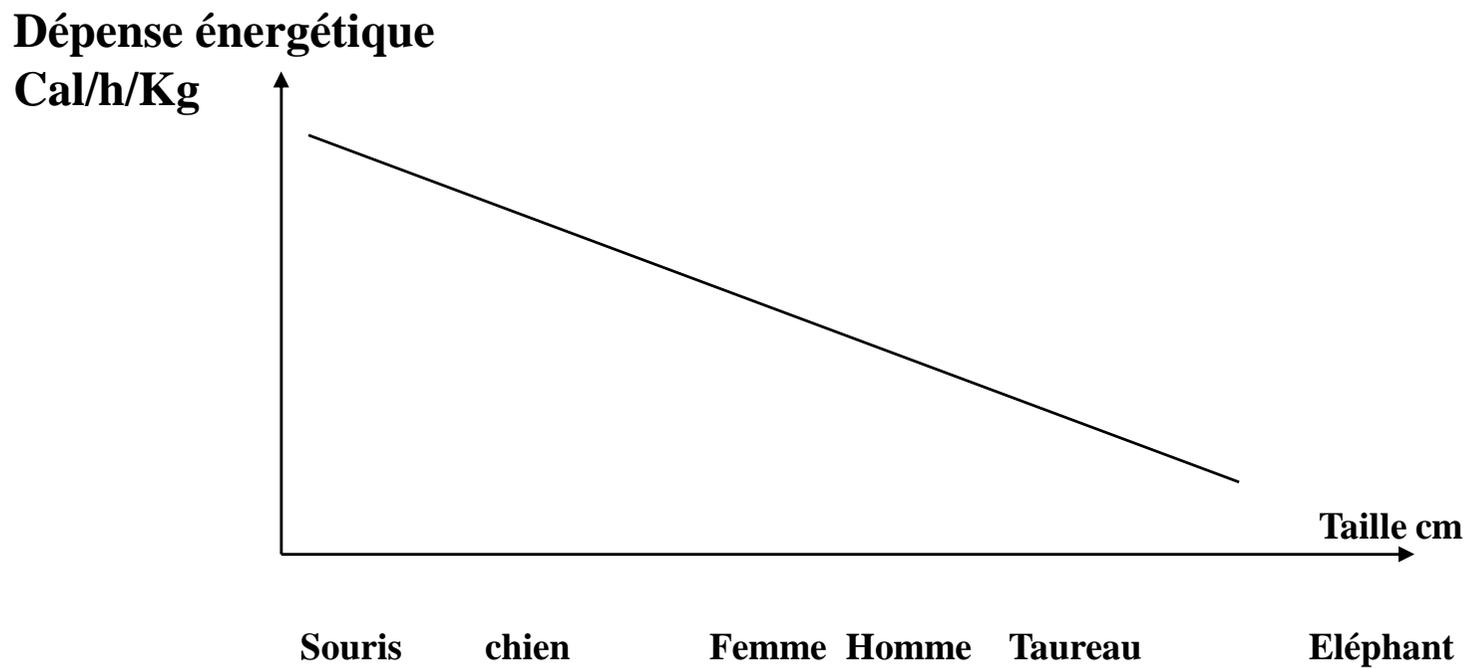
B/ Mode d'expression

✚ Cal/ h / m² de surface corporelle

Plus le poids augmente plus le MB cal/ h augmente



+ Cal/ h / m² de surface corporelle
Plus la taille augmente plus le MB cal/h/ Kg diminue



Expression des résultats **en Cal/h / m²** de surface corporelle permet

La comparaison des MB de différentes espèces

La comparaison des MB de différents sujets de l'espèce humaine

Par rapport à une valeur de référence= MB Théorique

MB Théorique est défini statistiquement

population de sujets normaux

fonction de l'âge

fonction du sexe

MB mesuré est comparé au MB Théorique: sujet de même âge et sexe

Index de déviation ID

$$\text{ID} = \frac{\text{MB mesuré} - \text{MB Théorique}}{\text{MB Théorique}} \times 100$$

Valeur normale $\pm 10\%$

Au-delà de $\pm 15\%$ pathologique

C / Variations physiologiques

Le MB est variable avec l'âge

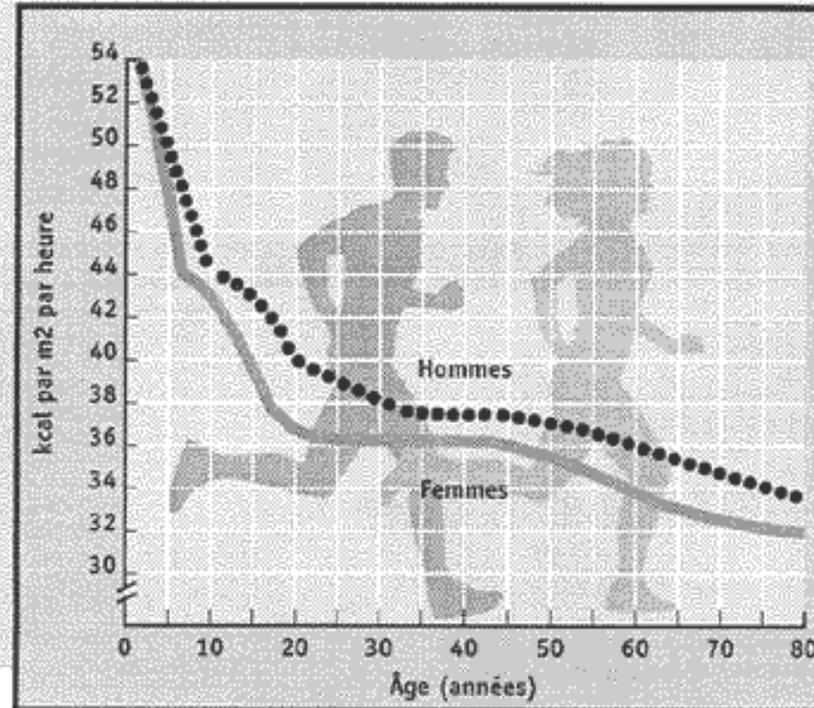
55 kcal/m²/h à 5 ans à 35 kcal/m²/h à 50 ans.

Variable avec le sexe

Plus faible chez la femme que chez l'homme

Infuence de l'âge et du sexe sur le métabolisme de base

source: McArdle.



Activité génitale

Puberté, grossesse, allaitement ↑MB

Cycle nyctéméral

Le sommeil ↓MB

Le jeûne

diminue le MB. Ne pas descendre sous
1200 Cal/j

Activité physique

↑MB

Conditions climatiques

Climat extrême ↑MB

D / Variations pathologiques

Les dysthyroïdies

hypothyroïdie ↓MB

hyperthyroïdie ↑MB

La fièvre , le stress

↑MB

Si le métabolisme de base ralentit son activité ou l'accélère, les réserves de graisse changeront.

Par exemple, une baisse de seulement 4% se traduit par un surplus de presque 50 calories par jour (4% de 1 200 calories).

Au bout d'une semaine, l'excédent atteint environ 350 calories et après 6 mois, il frise les 7000 calories!

À ce rythme, si on n'ajuste pas l'apport calorique en conséquence, le sujet prendra aisément un kilo de graisse (7 000 calories).

À l'inverse, une hausse de 4% entraînera une perte de 7 000 calories en 6 mois.

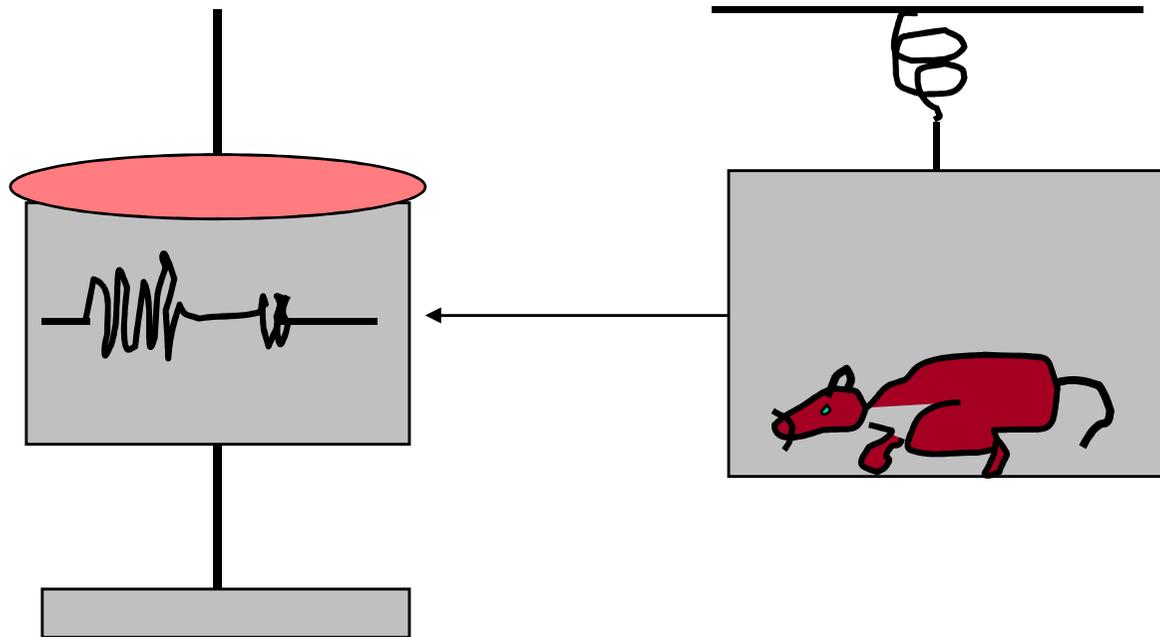
Ce qui fait faire le yo-yo au métabolisme_

II/ Métabolisme additionnel

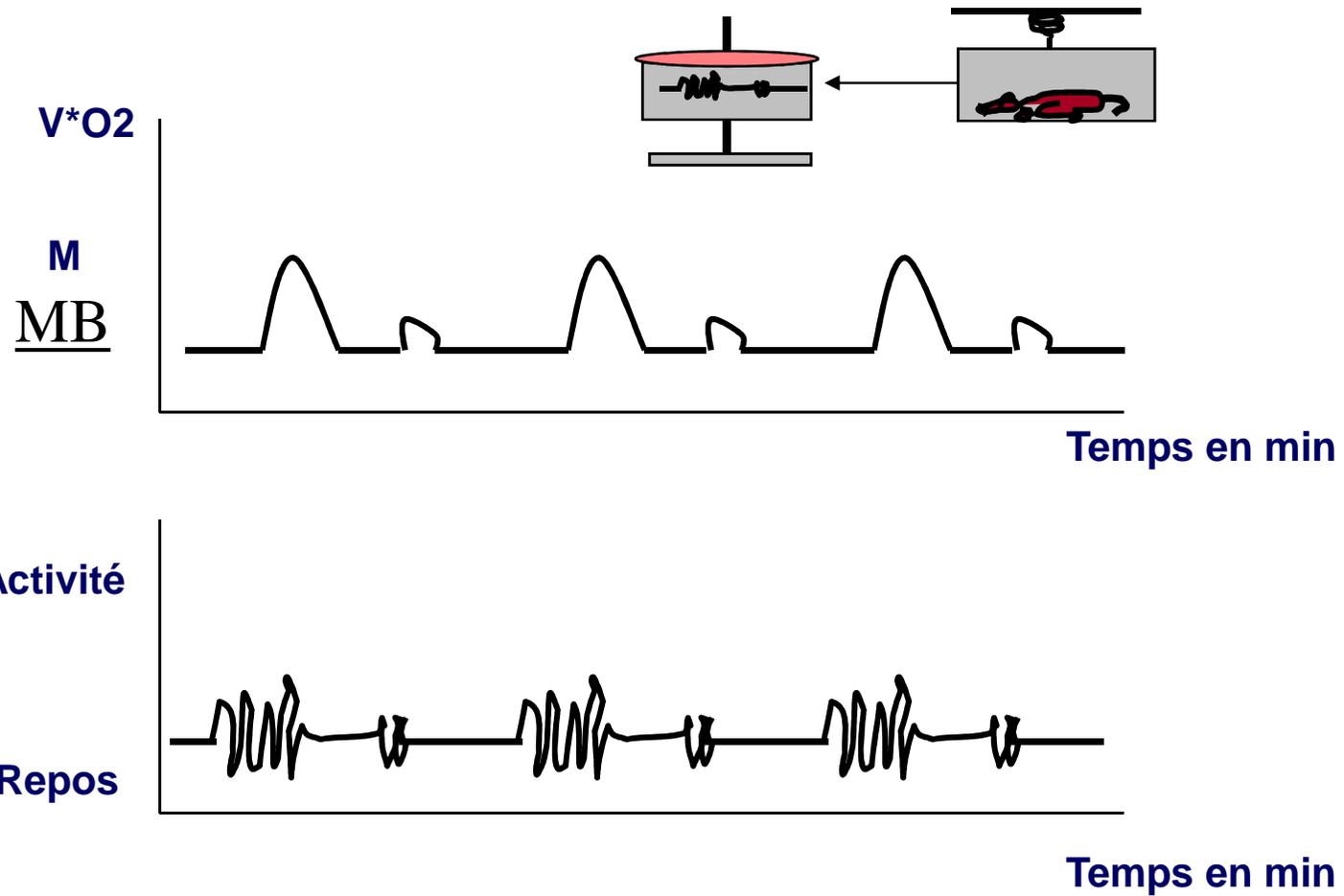
A/ le travail musculaire

1/ Mise en évidence

- Chez l'animal: Cage à actographie



Cage à actographie



Chez l'homme

- Bicyclette ergométrique
- Fonction de l'intensité de l'exercice musculaire
Mesure de la consommation d'O₂
Détermine la dépense énergétique

2/ Résultats

- La contraction musculaire : consommation d'O₂
- Glucose + O₂ \longrightarrow déchet + Energie

$$DE = c \times V \times O_2$$

- Le travail musculaire provoque une consommation d'ATP par les fibres musculaires. Le rendement du travail musculaire est de 38%.
Le reste, 62% est transformé en chaleur_

Exemples

•Station assise	20 Cal/h
•Station debout	35 Cal/h
•Ecriture:	40 Cal/h
• Marche lente	100 Cal/h
• Marche rapide	140 Cal/h
•Travaux ménagers	200 Cal/h
•Sport	400 Cal/h
•Course rapide	900 Cal/h

Les activités physiques de type anaérobie (forte puissance de courte durée) utilisent presque exclusivement le catabolisme des glucides comme source d'énergie.

Les activités de type aérobie (puissance modérée de longue durée) utilisent principalement le catabolisme lipidique comme source d'énergie.

B/ Besoin de thermorégulation

- Thermogenèse
- Thermolyse

C/ Action dynamique spécifique des aliments ADS

Définition

Augmentation obligatoire de la DE qui suit la prise alimentaire

Elle est d'origine non digestive

Comprend

Une partie obligatoire = coût de stockage des nutriments:

Augmentation de l'activité métabolique cellulaire

Assimilation des aliments par l'organisme

-25% de l'énergie des protéines ingérées

-6% " glucides "

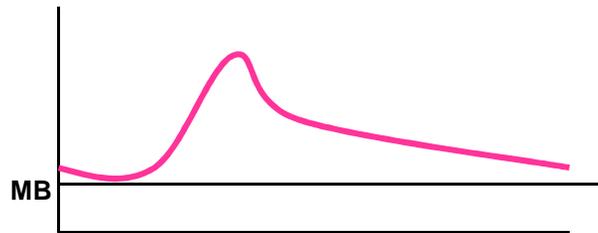
-2% " lipides "

Une partie facultative = dépend du système nerveux sympathique (noradrénaline)

Mise en évidence: en conditions basales

Ingestion des aliments

$$DE_1 > MB$$



20 à 40%	P
7 à 10 %	L
4 À 5 %	G

Injection Intraveineuse d'aliments de même composition que ceux ingérés entraîne une dépense énergétique E_2

$$DE_2 > MB$$

$$DE_1 = DE_2$$

Conclusion

L'ADS n'est pas d'origine digestive. Elle correspond au **coût de mise en réserve des matières par les cellules**

Thermogénèse alimentaire (ADS)

Post prandiale

Apparaît obligatoirement sous forme de chaleur

Fraction variable de la valeur énergétique du substrat

Non liée au fonctionnement digestif

Non liée au métabolisme de l'aliment ingéré

Siège dans les tissus

Mécanisme de régulation pondérale?

Dérèglement chez l'obèse ?

Facteurs de variations:

- **Charge calorique du repas**

- **Qualité du repas:**

 - Protides: désamination 20 à 30 %**

 - Lipides: désaturation des acides gras 0 à 2%**

 - Glucides: phosphorylation et glycogénèse 5 à 10 %**

- **Palatabilité de repas et SNS**

ADS facultative: augmentation de la dépense énergétique s'adressant au système nerveux sympathique et en particulier la noradrénaline. Aide à brûler les calories excédentaires stockées sous forme de graisse blanche. Favorise la perte de poids.

- **Exercice physique préalable**

- **Substances diverses: caféine, nicotine ↑ ADS**

- **Masse grasse: elle diminue chez l'obèse quand la masse la grasse augmente**

APPLICATION

Détermination des apports énergétiques conseillés

Se fait en 2 étapes: déterminer le MB puis la dépense énergétique

1/Estimation du métabolisme de base (MB)

Diverses méthodes et équations ont été proposées

Les équations de Black (1996)

P = poids en kg ; T = taille en m ; A = âge en années

$$\text{Femme : } \quad \text{MB} = 0.963 \times P^{0.48} \times T^{0.50} \times A^{-0.13}$$

$$\text{Homme : } \quad \text{MB} = 1.083 \times P^{0.48} \times T^{0.50} \times A^{-0.13}$$

- La validité des équations de Black et al. (1996) pour les sujets en surpoids et pour les sujets âgés de plus de 60 ans, a été confirmée par les résultats de nombreuses études récentes. Les équations de Black et al. (1996) seront donc préférentiellement utilisées, en particulier dans le cas des sujets en surpoids et des personnes âgées.

**CALCULATEUR DE METABOLISME DE BASE
UTILISANT LES EQUATIONS DE BLACK ET AL.
BMR (basal metabolic rate calculator, using the Black et al.'s equations)**

Genre/Gender F <input checked="" type="radio"/> M <input type="radio"/>	Poids en kg / Weight in kg <input type="text" value="60.0"/>	Taille en m / Height in m <input type="text" value="1.65"/>	Age en années / Age in years <input type="text" value="30"/>
--	--	---	--

Résultats / Results : MJ.j⁻¹ (kcal.j⁻¹).

Calculer le MB maintenant / Calculate the BMR now

fderad.club.fr_

Métabolisme de Base (MB) pour des adultes de 40 ans
Femmes, taille 162 cm
Si 54 Kg, IMC = 21 (normal), MB = 1289 Kcal /jour = 5387 KJoule /jour
Si 64 Kg, IMC = 24 (normal), MB = 1383 Kcal /jour = 5782 KJoule /jour
Si 74 Kg, IMC = 28 (surpoids), MB = 1478 Kcal /jour = 6178 KJoule /jour
Si 84 Kg, IMC = 32 (obèse), MB = 1573 Kcal /jour = 6573 KJoule /jour
Si 94 Kg, IMC = 36 (obèse), MB = 1667 Kcal /jour = 6969 KJoule /jour
Hommes, taille 180 cm
Si 70Kg, IMC = 22 (normal), MB = 1577 Kcal /jour = 6592 KJoule/ jour
Si 80Kg, IMC = 25 (normal), MB = 1715 Kcal /jour = 7167 KJoule/ jour
Si 90Kg, IMC = 28 (surpoids), MB = 1852 Kcal /jour = 7741 KJoule/ jour
Si 100Kg, IMC = 31 (obésité), MB = 1990 Kcal /jour = 8316 KJoule/ jour

[www.futura-sciences.com/.../c3/221/p9/.](http://www.futura-sciences.com/.../c3/221/p9/)

2/ Evaluation des dépenses énergétiques journalières (DEJ)

Doit être aussi précise que possible, afin d'équilibrer l'apport énergétique sans excès ou défaut pour éviter un gain de masse grasse ou une perte de poids

La FAO recommande l'utilisation de la méthode factorielle qui applique au MB un coefficient multiplicateur corrélé au niveau d'activité physique (NAP)

$$\text{DEJ} = \text{MB} * \text{NAP}$$



Données du patient :

Homme

Age : **39**

Femme

Taille (m) : **1.70**

Poids (kg) : **80**

Activités du patient :

Sommeil, sieste, repos allongé **6**

Position assise (TV, jeux de société, repas, lecture, bureau, transports...) **11**

Position debout (toilette, cuisine, travaux ménagers, achats, vente, travail de laboratoire,...) **4**

Marche, jardinage, gymnastique, activités professionnelles, manuelles **2**

Activité physique intense (maçonnerie, sport,...) **1**

Sport de compétition, terrassements, travaux forestiers,... **0**

Résultats :

Index masse corporelle (kg/m²) : **27.68 Kg/m²**

Poids idéal du patient : **65 Kg**

Dépense énergétique de repos : **2233 cal**

Dépense énergétique totale : **3797 cal**

Typage du patient : **Surpoids !**

Index souhaitable : **21 - 26 Kg/m²**

Poids souhaitable : **60 - 75 Kg**

Conseil au patient : **Maigrir de 5 à 20 Kg !**

Régime conseillé : **3038 cal**



	Durée (h)
Sommeil et sieste, repos en position allongée	0
En position assise : repos, TV, micro-ordinateur, jeux vidéo, jeux de société, lecture, écriture, travail de bureau, couture..., transports, repas	0
En position debout : toilette, petits déplacements dans la maison, cuisine, travaux ménagers, achats, travail de laboratoire, vente, conduite d'engins	0
Femmes : marche, jardinage ou équivalent, gymnastique, yoga Hommes : activités professionnelles manuelles, debout, d'intensité moyenne (industrie chimique, industrie des machines-outils, menuiserie...)	0
Hommes : marche, jardinage, activités professionnelles d'intensité élevée (maçonnerie, plâtrerie, réparation auto...)	0
Sport, activités professionnelles intenses (terrassement, travaux forestiers...)	0

Somme h

DEJ en kcal

kinecal[®]

[? Aide](#) |
 [Impressions](#) |
 [✦ Quitter](#)

- [Accueil](#)
- [Fiche patient](#)
- [Etat de santé](#)
- [Activité](#)
- [Habitudes alimentaires](#)
- [Analyse nutritionnelle](#)
- [Menu](#)
- [Liste des aliments](#)
- [Courbe de poids](#)
- [Impressions](#)

[Précédente](#) [Rechercher](#) [Favoris](#) [Protection du PC](#) [Spaces](#) [Envoyer à](#) [dépende](#) [Paramètres](#)

[Google](#) [énergétique journalière](#) [Envoyer](#) [Mes favoris](#) [0 bloquée\(s\)](#) [Orthographe](#) [Envoyer à](#) [dépende](#) [Paramètres](#)

[Résultats de la recherche...](#)

fenêtre publicitaire intempestive a été bloquée. Pour afficher cette fenêtre publicitaire intempestive ou des options supplémentaires, cliquez ici...


[Image non réduite](#) [Supprimer ce cadre](#)
[fderad.club.fr/bartitre.gif](#) [Résultats d'images](#)
 571 x 41 - 2 ko
 Il est possible que l'image soit réduite et protégée par les droits d'auteur.

dans son **contexte original**, sur la page fderad.club.fr/DEJ.htm.

de d'emploi : Calculez le nombre d'heures que vous passez par jour à chaque type d'activité, en réalisant une moyenne à partir de la durée de ces activités comptabilisée sur 1 SEMAINE. Plus votre estimation sera précise, plus le niveau d'activité physique calculé sera proche de la réalité.

Tableau 2 - Estimation du NAP moyen à partir des durées (moyennes sur une semaine) des différentes activités de la vie courante réparties en 6 catégories

Activités A	Activités B	Activités C	Activités D	Activités E	Activités F	Total heures =
6 h/j	1 h/j	0 h/j	0 h/j	0 h/j	0 h/j	7 /24

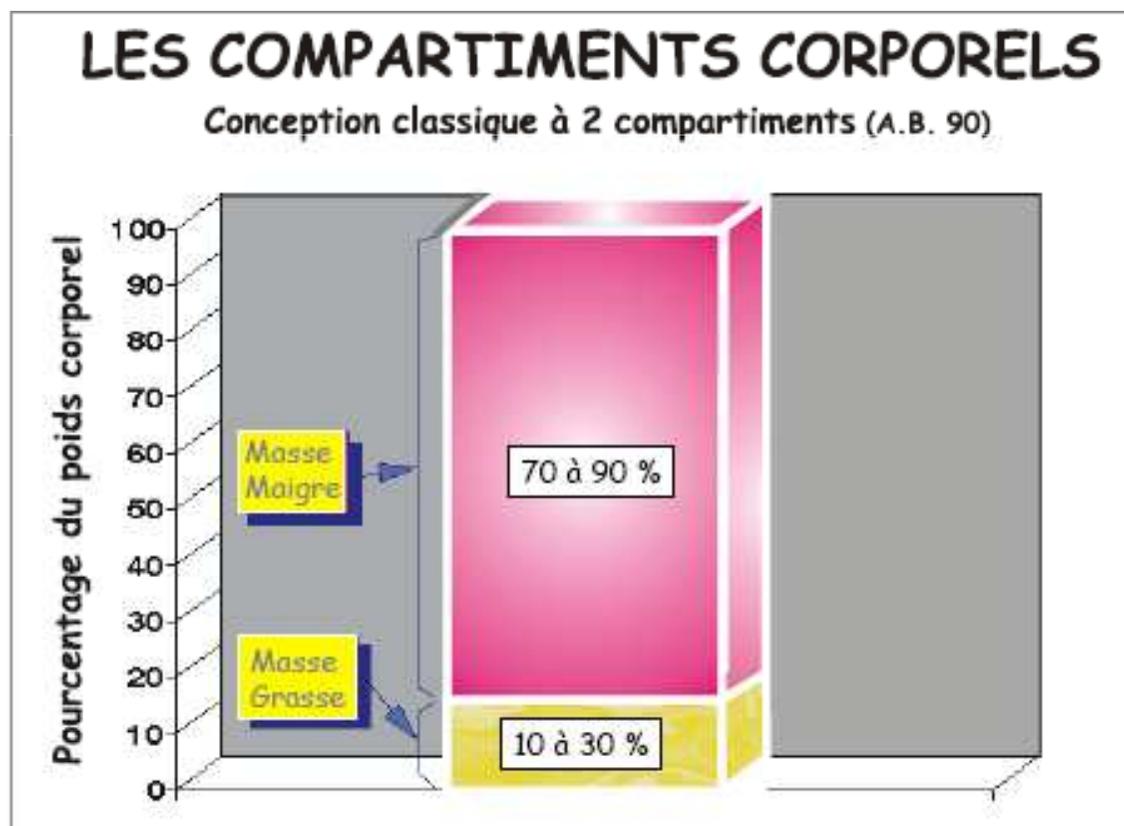
Pour calculer la dépense énergétique journalière d'une personne, procédez d'abord au calcul de son métabolisme basal à l'aide du [calculateur automatique](#) situé plus haut.

Pour un poids stable l'individu assimilé à un système thermodynamique

Perte de poids, il faudra introduire la notion de différence entre

poids réel et poids visé

pour calculer la quantité d'E à supprimer pour induire une perte de poids, sans créer de carence.



la MASSE MAIGRE, riche en eau (72.5 %)

métaboliquement consommatrice d'énergie

la plus importante physiologiquement.

–sa diminution signe la dénutrition

–son augmentation peut être normale

(muscultation) ou pathologique (hyperhydratation hormonale)

la MASSE GRASSE,

virtuellement anhydre, Triglycérides

Réserve énergétique de l'organisme: 9 kcal/g

–Isolant thermique

–protection contre les chocs

–synthèses hormonales et protéiques

$$\text{IMC} = P / T^2$$

Des courbes statistiques de variation de l'IMC la population en fonction du sexe et de l'âge

**Chez l'adulte, la zone de poids corporel
de "forme" pour une taille donnée correspond à
un IMC compris entre 20 et 25**

IMC < 17

IMC entre 17 et 20

IMC entre 20 et 25

IMC entre 25 et 30

IMC entre 30 et 35

IMC entre 35 et 40

IMC > 40

dénutrition

maigreur

normal

surpoids

obésité

obésité sévère

obésité morbide

Ration Alimentaire

**Equilibre thermique
Et
Thermorégulation**

La thermorégulation a pour fonction de maintenir la **température interne constante** lorsque la **température externe varie** dans de larges limites.

Il s'agit soit d'une production soit d'une perte de chaleur.

La chaleur est un déchet du métabolisme cellulaire produit de façon permanente

ENDOTHERMES

Température centrale **indépendante du milieu** ambiant. Elle est obtenue par production de chaleur interne
= **HOMEOTHERMES**

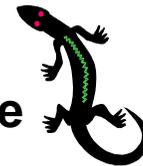


H
I
B
E
R
N
A
N
T

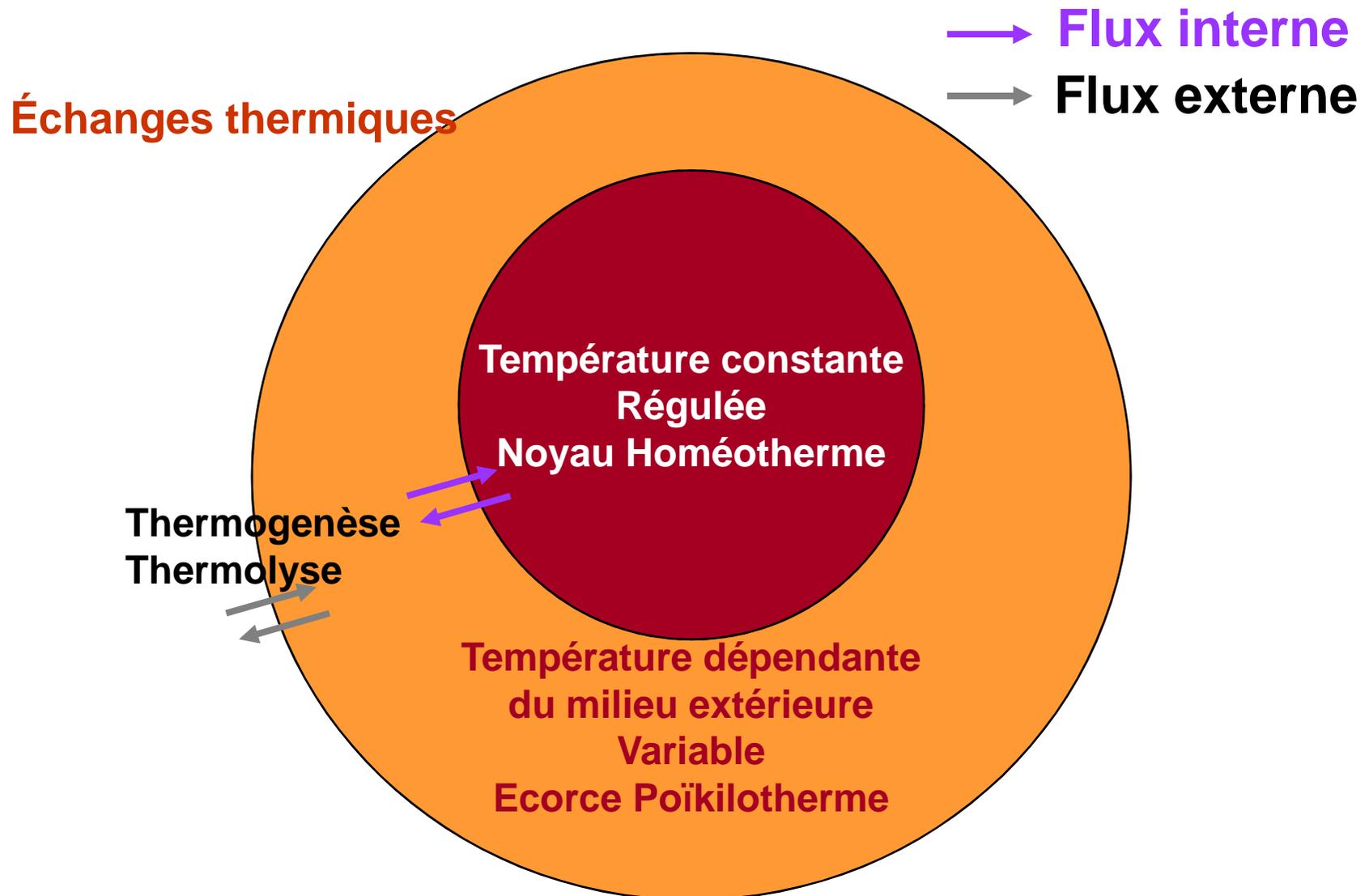


ECTOTHERMES

Température centrale dépendante du milieu ambiant
= **POIKILOOTHERMES**

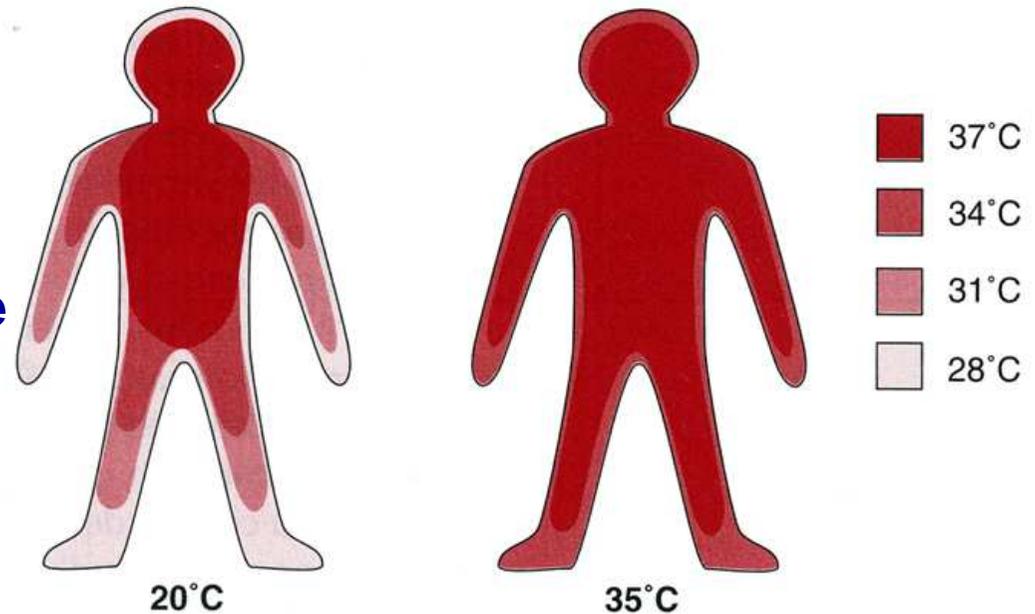


I/ La température corporelle

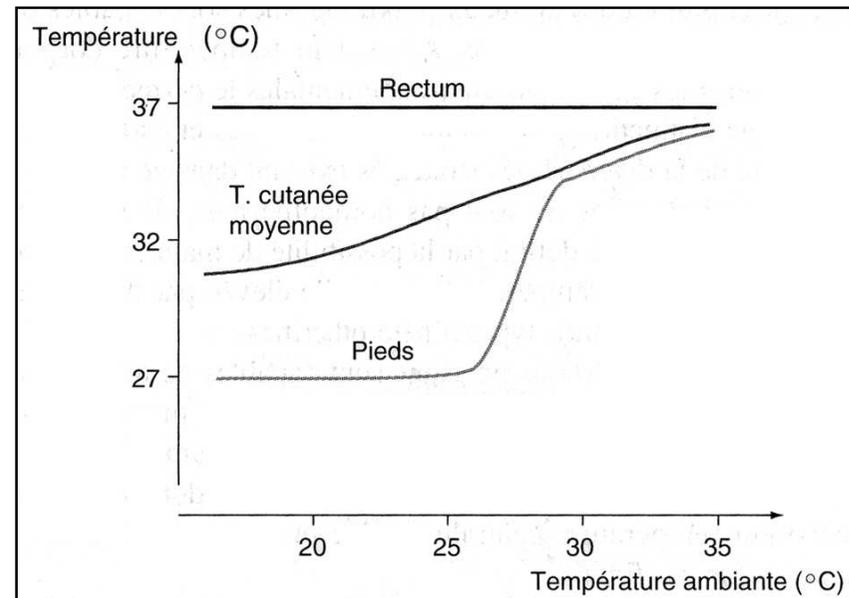


1/ Répartition de la température chez les endothermes

La répartition de la température n'est pas homogène



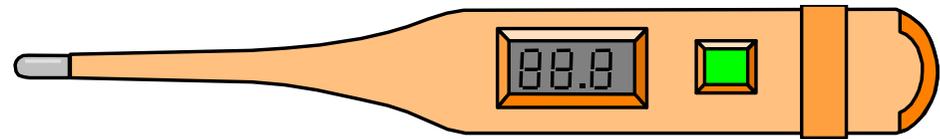
Le **Noyau thermique** correspond aux régions du corps où la température est maintenue à 37°C
L'**enveloppe thermique** subit des variations de températures dépendant de la température ambiante.



2/ Mesure de la température

- **TEMPERATURE CENTRALE**

- Buccale
- Rectale
- Oesophagienne
- Tympanique



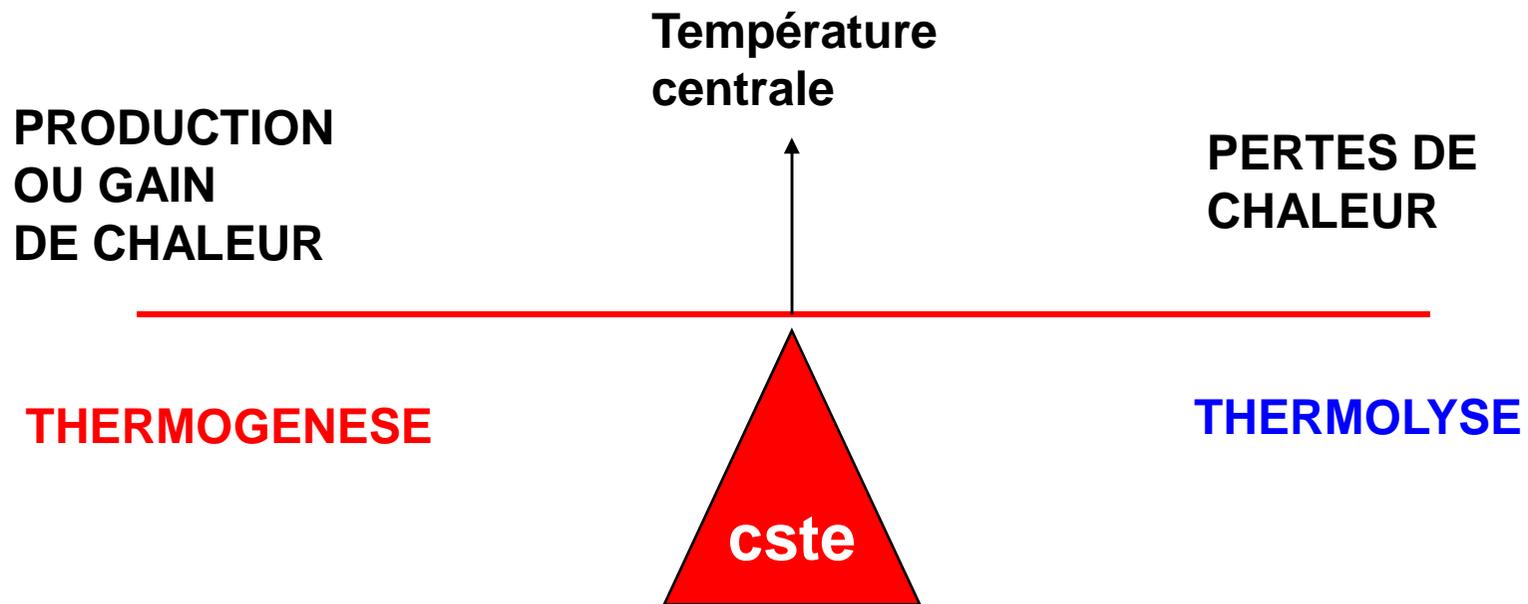
- **TEMPERATURE PERIPHERIQUE**

- Cutanée moyenne
- différence périphérie/centrale = reflet de l'enveloppe

3/ La condition d'une température constante

Equilibre des échanges pour maintenir une température constante

La température corporelle est le résultat de l'équilibre entre la production et la perte de chaleur

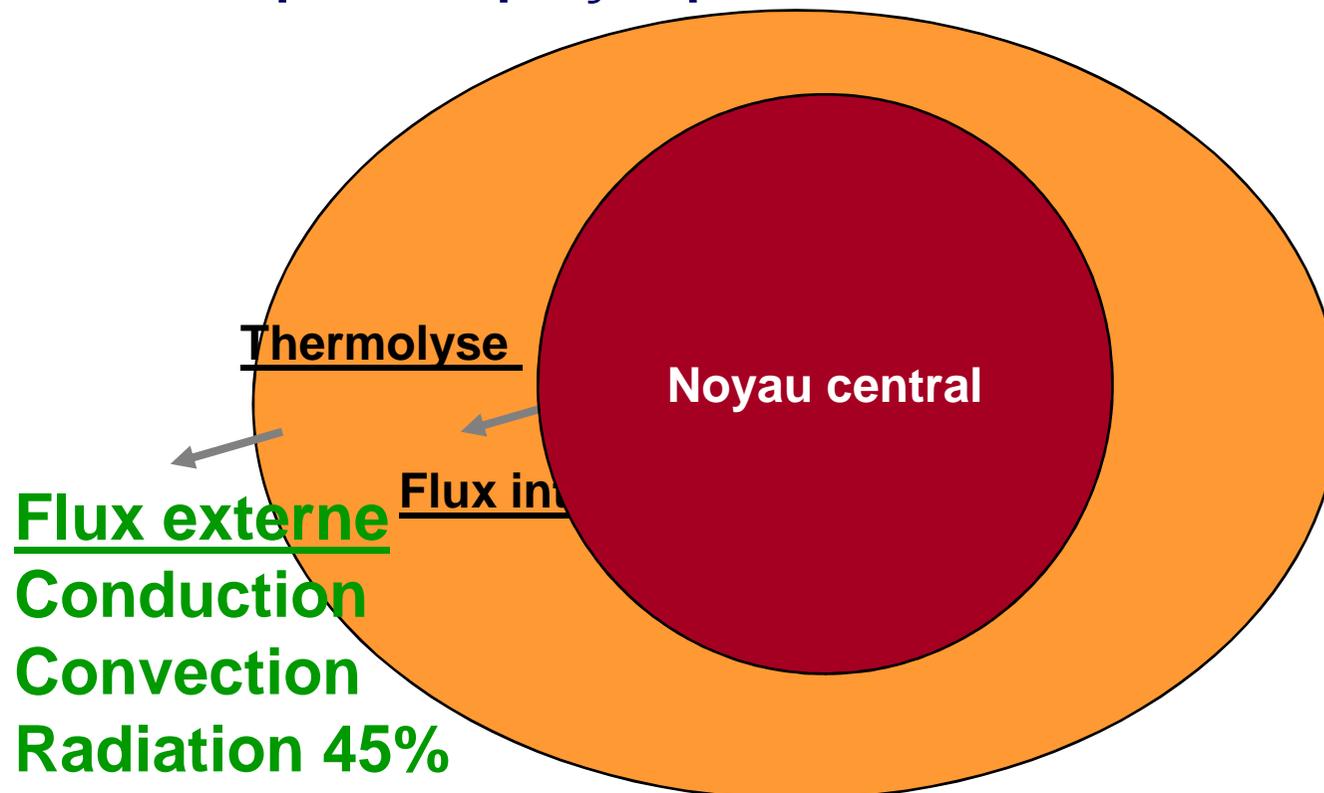


II/ La déperdition de chaleur

2 types de chaleur mesurés par calorimétrie directe

A/ Déperdition de la chaleur sensible

Chaleur patente: perçue par le thermomètre: 75 à 80 %

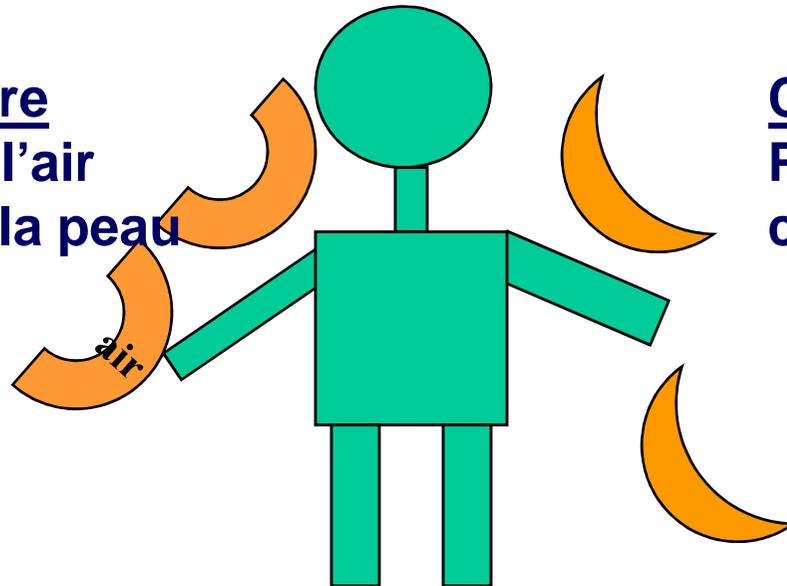


1- Conduction: surface d'appui

2- Convection:



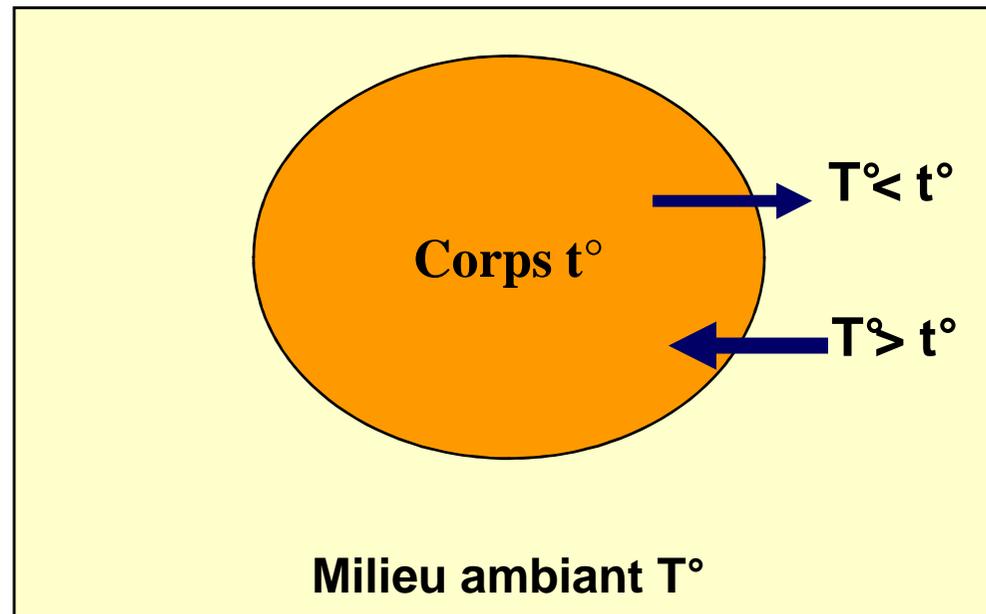
Convection libre
Circulation de l'air
Au contact de la peau



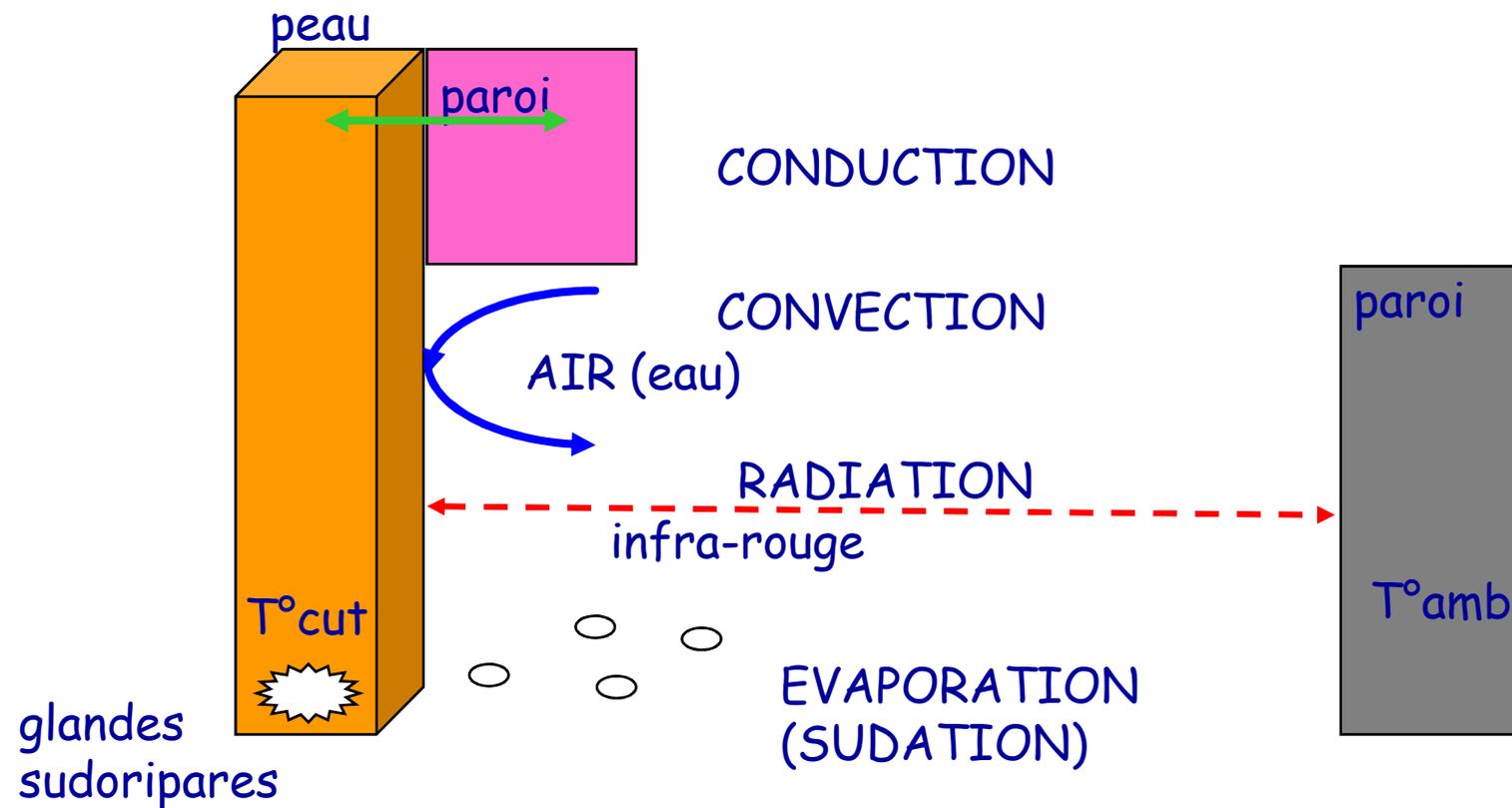
Convection provoquée
Pertes plus importante de
chaleur

3- Radiation:

40 à 45 % du flux thermique externe
Emission de la chaleur sous forme de
RAYONNEMENT infra-rouge



- **ECHANGES THERMIQUES**
= MECANISMES PERMETTANT LES PERTES (ou GAINS) DE CHALEUR



B/ Déperdition de la chaleur latente

Dépend de la température ambiante et de l'activité du sujet

1- Au repos et à neutralité thermique:

Perspiration insensible: évaporation de l'eau
à travers la peau et la muqueuse respiratoire

Sans production de sueur !

1 litre d'eau \longrightarrow 580 Cal
37° de température ambiante

2- A l'exercice et/ou à température ambiante élevée

Transpiration: sudation glandulaire

Présence de sueur ! efficace uniquement si elle s'évapore

La déperdition de Chaleur se fait par évaporation

L'évaporation de 125 grammes de sueur abaisse la température centrale du corps de 1 degré.

→ Au maximum des capacités on produit 4l/h de sueur correspondant à une dépense énergétique de 2000 Cal/h

L'évaporation est

Proportionnelle à la T° ambiante

Inversement proportionnelle au degré d'hygrométrie (l'humidité relative)

Energie
dépensée

Radiation convection
conduction

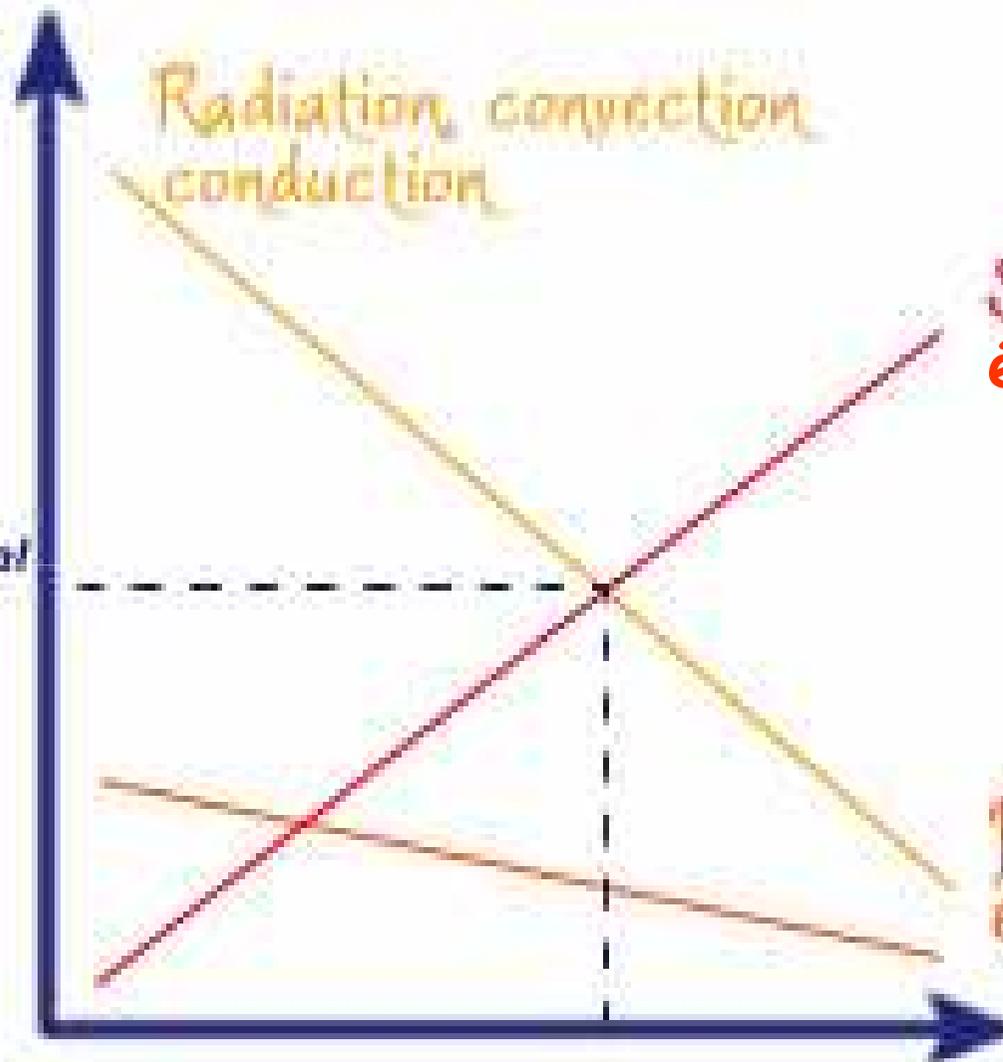
Sudation
évaporation

1000 Kcal

Pertes fécales
et pulmonaires

25°C

Température
extérieure



III/ Neutralité thermique

Valeur de la température ambiante

t° centrale constante

sans dépense énergétique

sans mécanismes de thermorégulation

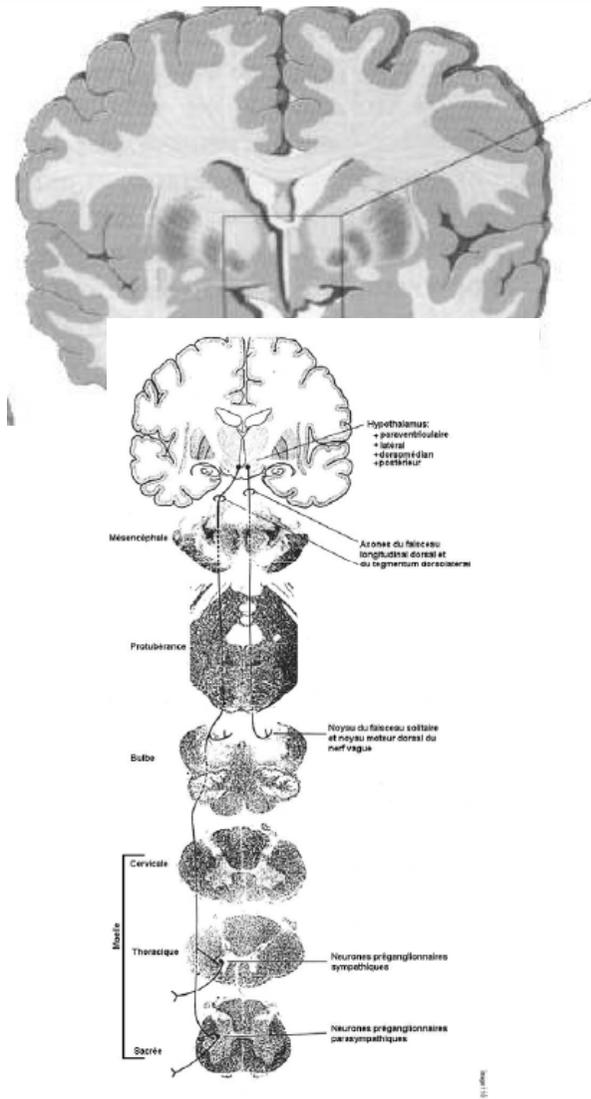
Situation	T° de neutralité thermique
Sujet habillé	20 à 22° C
Sujet nu	28° à 30°C
Sujet au repos dans l'eau	35° C

La variation du métabolisme d'un sujet humain en fonction de la température extérieure montre un minimum autour de 30° C pour un sujet nu et autour de 20° C pour un sujet moyennement habillé.

Ce sont les températures de **neutralité thermique**.

Production = pertes de chaleur **sans mécanismes correcteurs**.

IV/ Mécanismes de thermorégulation



t° centrale consigne: 37°C

Thermogenèse

Thermolyse

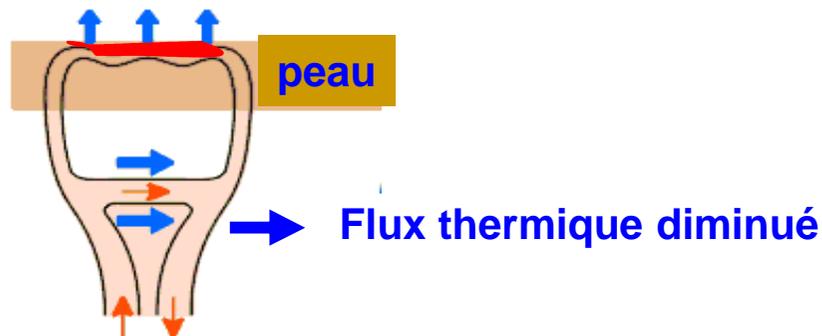
**Diminution
T° ambiante**

**Augmentation
T° ambiante
Stress**

A/ Thermogenèse

Augmentation de la dépense énergétique: **Energie thermique**

- ↑ du métabolisme cellulaire
convertit l'énergie **chimique** en chaleur
- Frisson thermique: Thermogenèse involontaire
convertit l'énergie **mécanique** en chaleur
- Vasoconstriction réflexe des vaisseaux cutanés
réduction du flux interne et externe



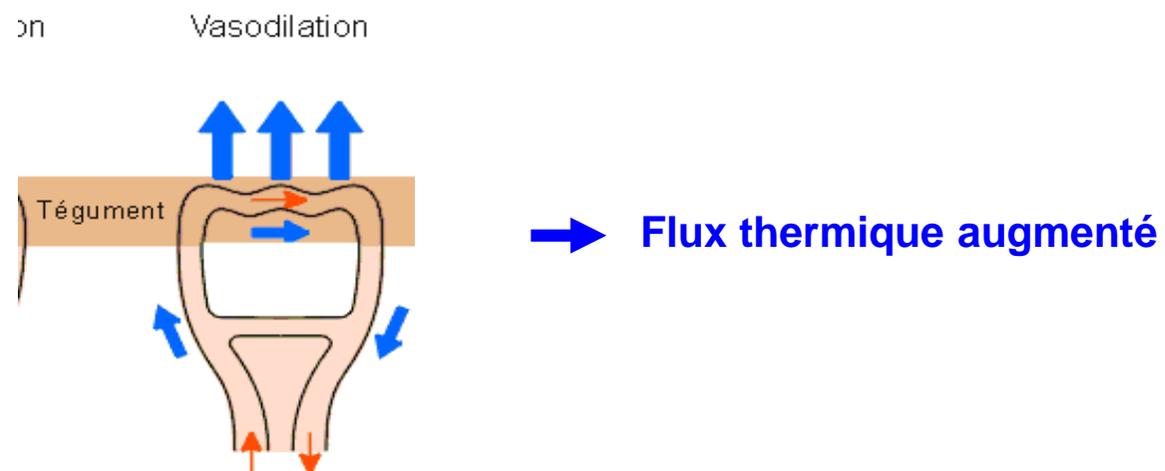
- Thermogenèse sans frisson: tissu adipeux brun
- Activité comportementale volontaire: habitat, habit...

B/ Thermolyse

Augmentation de la dépense énergétique: **Energie thermique**

→ Production et évaporation de la sueur

→ Vasodilatation reflexe des vaisseaux de la peau
Augmentation du flux interne et externe



C/ Mécanismes

Afférences

Récepteurs

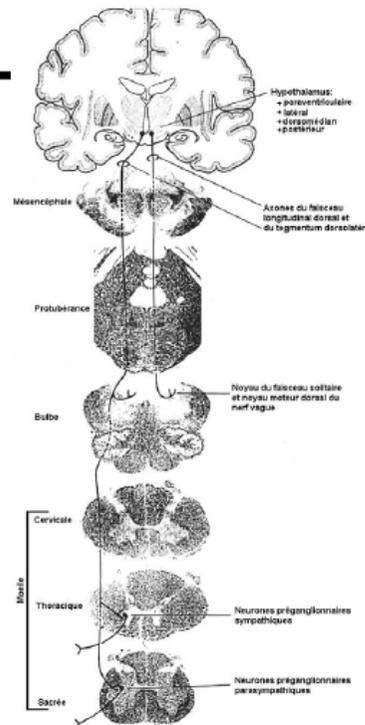
Afférentes
Surface de la peau
Partie internes du corps
Hypothalamus

Régions Nerveuses
Moelle épinière
Tronc cérébral
Hypothalamus

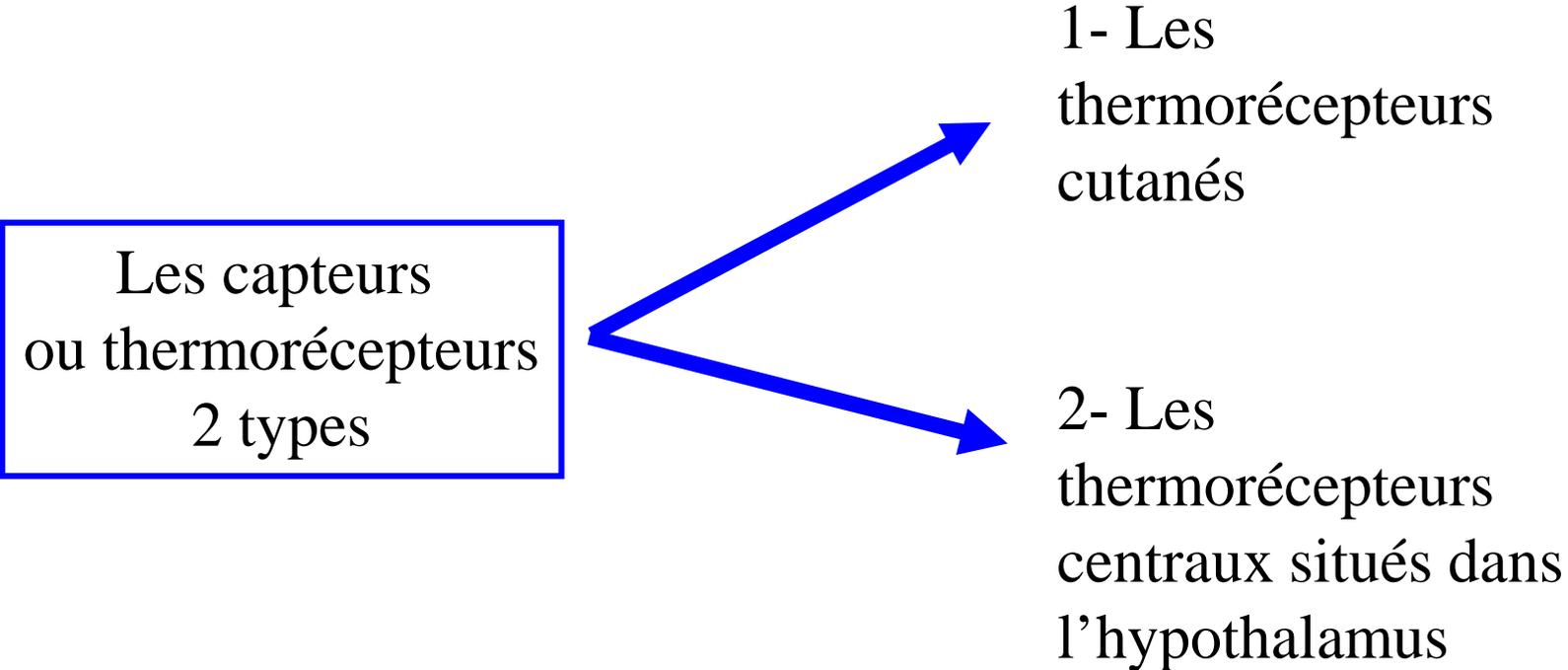
Effecteurs

Réponses du systèmes squelettique
Frissons
Comportements manifestes

Réponses du système autonome
Vasoconstriction/Vasodilatation
Transpiration
Respiration
Stimulation de la graisse brune
Sécrétion de l'hormone thyroïdienne



Les capteurs
ou thermorécepteurs
2 types



```
graph LR; A[Les capteurs ou thermorécepteurs 2 types] --> B[1- Les thermorécepteurs cutanés]; A --> C[2- Les thermorécepteurs centraux situés dans l'hypothalamus];
```

1- Les
thermorécepteurs
cutanés

2- Les
thermorécepteurs
centraux situés dans
l'hypothalamus

Centres thermorégulateurs de l'hypothalamus

Une variation de moins de 1°C du sang irriguant l'hypothalamus suffit à provoquer une réaction de thermolyse ou de thermogénèse importante.

Centre de la thermolyse : partie antérieure, dans l'aire pré-optique

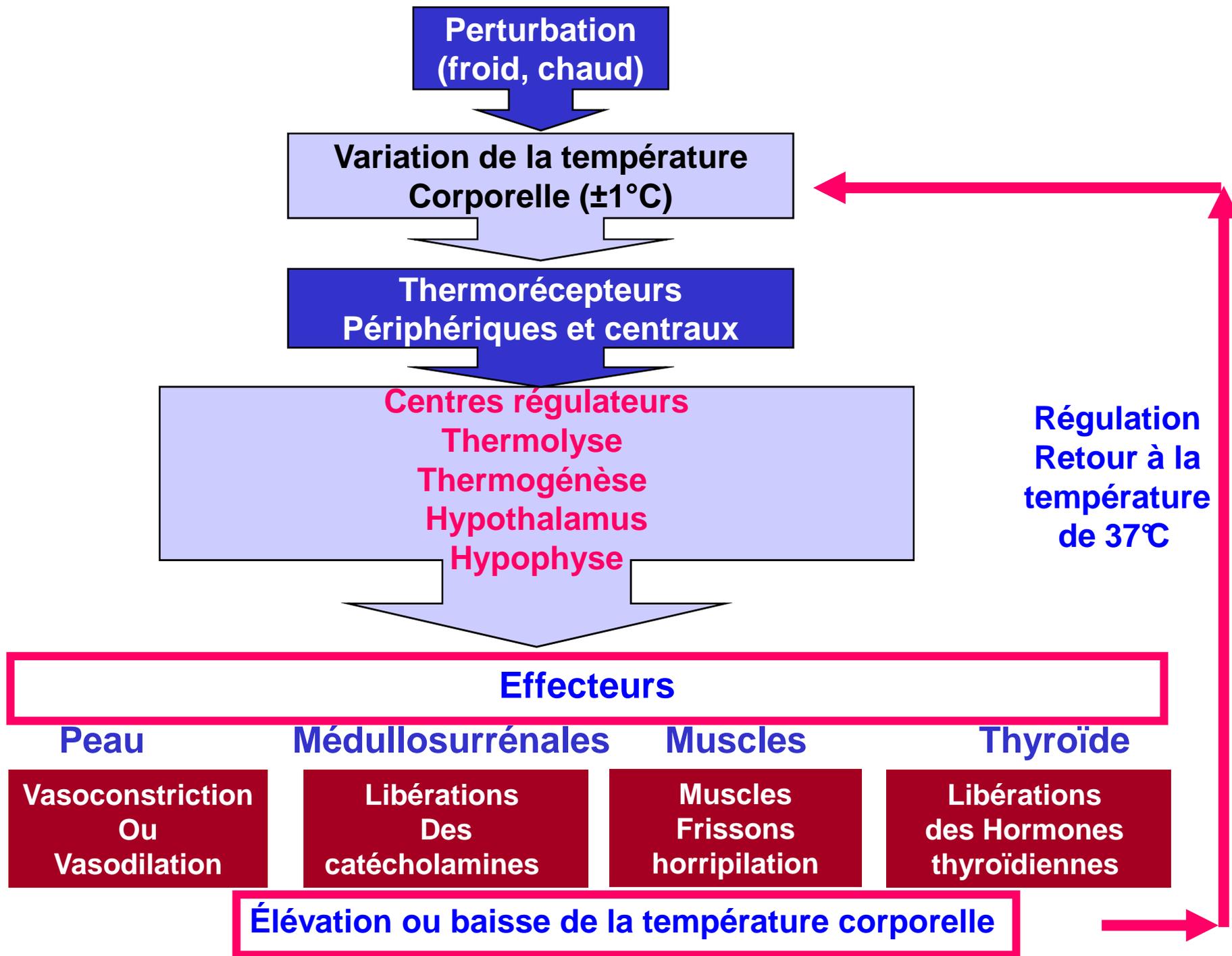


Neurones activés par une élévation de la température

Centre de la thermogénèse : partie postérieure des centres de la thermolyse de l'hypothalamus

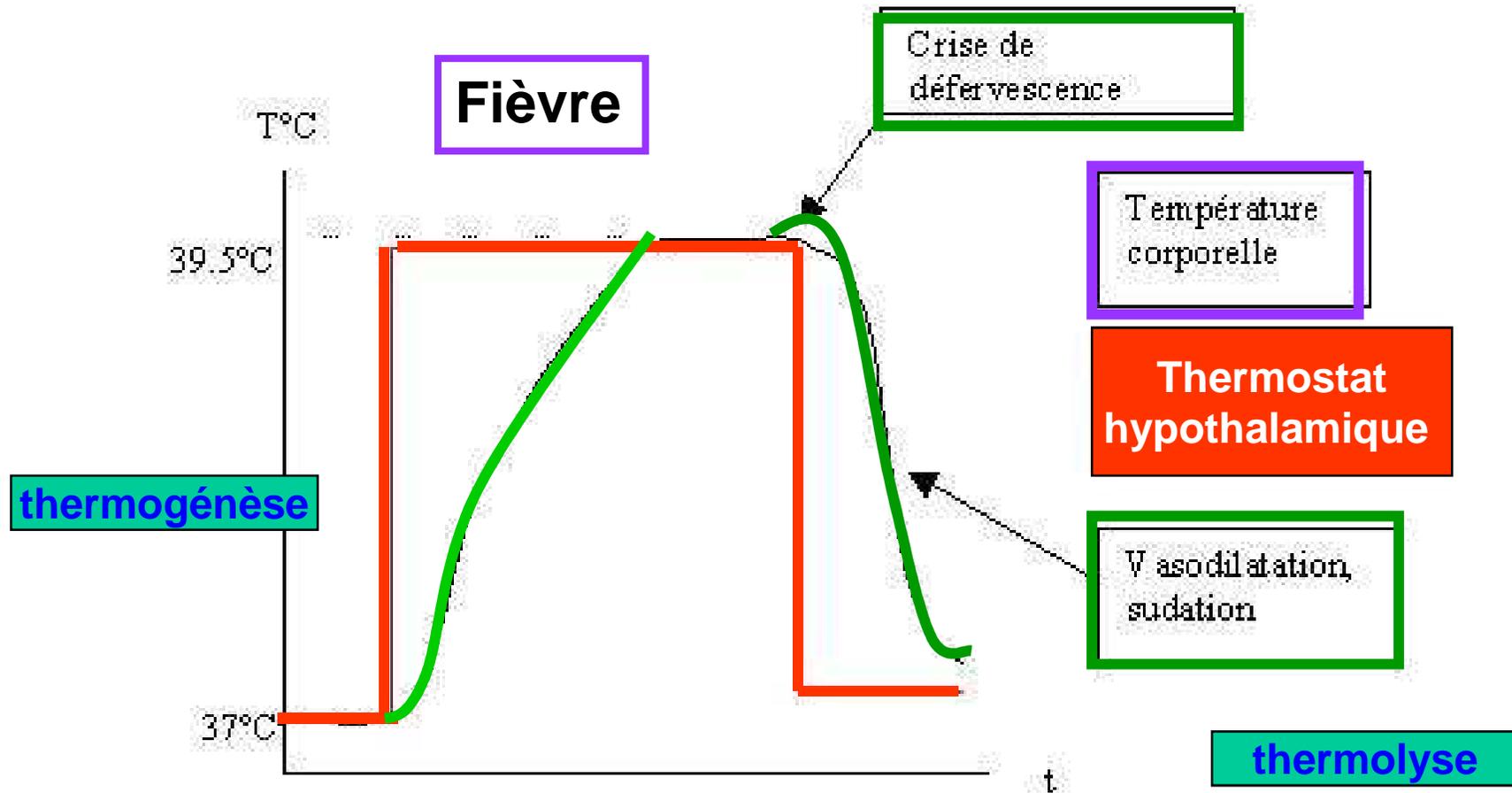


Neurones activés par une baisse de la température



V/ Trouble de la régulation thermique

A/ la fièvre



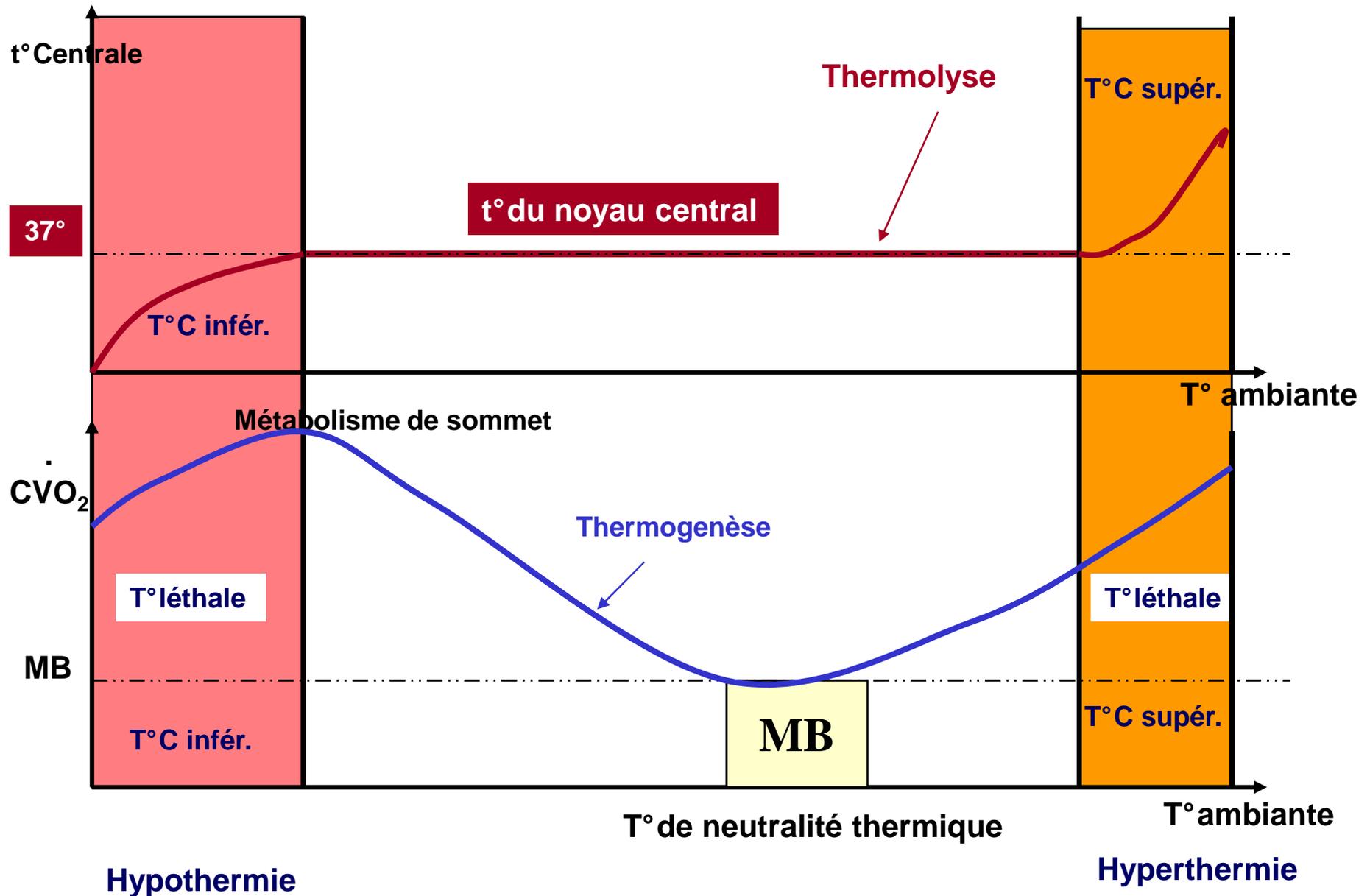
B/ Hypothermie

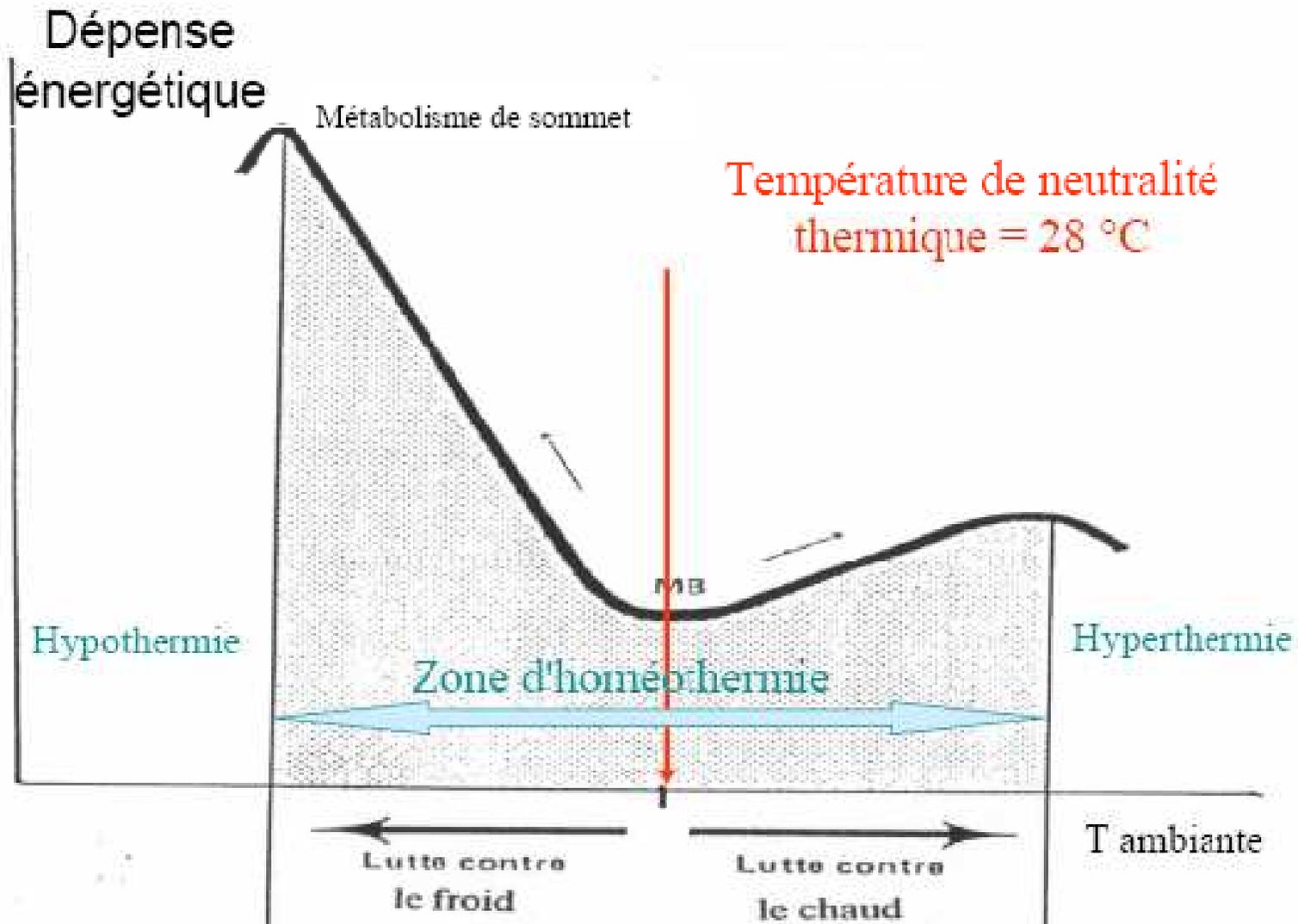
- **T°centrale < 35°C**
 - diminution de la force musculaire
 - frisson +++
 - diminution du métabolisme des agents pharmacologiques
- **T°centrale < 34°C**
 - confusion mentale
 - perte de connaissance
- **T°centrale < 28°C <**
 - Bradycardie
 - arythmie
 - fibrillation ventriculaire
- **ETIOLOGIES :**
 - conditions extrêmes, anesthésie, sujet âgé, hypothyroïdie
- **TRAITEMENT**
 - Réchauffement progressif : perfusion
 - utilisation clinique : CEC

C/ Hyperthermie

- **T°centrale > 38°C maximum 43°C**
- **Coup de chaleur = perte de thermorégulation**
 - réduction de la sudation
 - augmentation de T°centrale
 - hypotension artérielle
 - abolition/diminution des réflexes
 - convulsions et mort cérébrale (T°centrale >42°)
- **ETIOLOGIE**
 - Pathologie héréditaire
 - déshydratation
 - hyperthyroïdie, infection,...
- **TRAITEMENT**
 - refroidissement progressif
 - réhydratation

VI/ Dépense énergétique de thermorégulation





Métabolisme de sommet :

**Dépense énergétique maximale
quand lutte contre le froid**

Situation transitoire :

Exposition longue : MB x 2

Exposition courte : MB x 4

PROTEINES DE CHOC THERMIQUE

- **Synthèse par les cellules exposées à des températures subléthales de Protéines (30 à 110 KD) : HSP (Heat Shock Proteins)**
- **= classe des Protéines de stress (anoxie, froid, osmotique..)**
- **Rôle physiologique ?**
 - **Amélioration des performances cellulaires et tolérance ?**

CONCLUSIONS

- **Fonction dont aucun organe n'est vraiment spécialisé**
- **Adaptation de l'humain plutôt à la chaleur**
- **Régulation par le SNC**
- **Importance en clinique :**
 - **Contrôle de l'hyperthermie et de la fièvre**
 - **Effets des agents anesthésiques sur la thermorégulation**
- **Adaptation (acclimatisation)**

A lire : Physiologie appliquée à la médecine, Samson-Wright, pp 398