



**Intitulé de la matière :**  
**Sciences des aliments**

□ Dr DAIRI Sofiane  
 sofianedairi@yahoo.fr

□ 2<sup>ème</sup> année Master Contrôle de qualité

UNIVERSITÉ DE JIJEL /O/G/O




**Objectif de l'enseignement**

- L'étudiant acquerra bcp de notions sur:
  - La **relation** entre la **composition** des aliments et l'**équilibre nutritionnel**

↓

Pouvoir se prononcer sur la qualité de n'importe quel type d'aliment

UNIVERSITÉ DE JIJEL /O/G/O

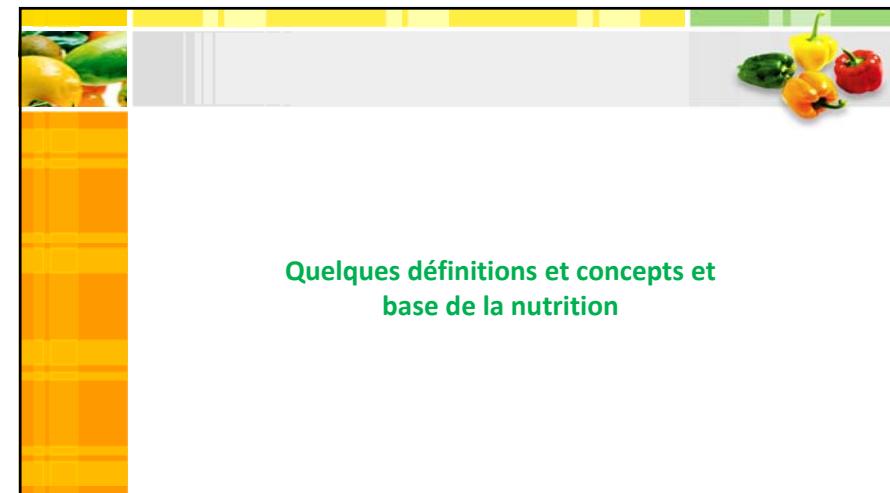



**Contenu de la matière**



1. Les bases nécessaires à l'établissement des apports nutritionnels conseillés (ANC) et des apports quotidiens recommandés,
2. Les notions de besoins et d'apports en glucides, lipides, protides, vitamines, sels, minéraux et eau (ration alimentaire)
3. Les connaissances des six grands groupes d'aliments et leurs valeurs Nutritionnelles respectives
4. Les données sur le rôle des divers nutriments dans la prévention et la survenue des grandes pathologies humaines (obésité, maladies cardiovasculaires, ostéoporose, cancer, allergie)
5. Les principaux éléments concernant les procédés technologiques mis en œuvre lors de la fabrication des principaux aliments de l'homme

2



**Quelques définitions et concepts et base de la nutrition**



**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Entre aliment et nutriment ?**

**Aliment ?**

- Substance ingérable apportant des nutriments assimilables par l'organisme :
  - Viande, poissons, œufs
  - Produits laitiers
  - Matières grasses
  - Fruits, légumes
  - Céréales, légumineuses
  - Sucre
  - Boissons

**Nutriment ?**

- Constituant
  - Issu de la fragmentation digestive des aliments
  - Assimilables par l'organisme
- Classes
  - Glucides, lipides, protides
  - Sels minéraux, vitamines
  - OH
- Rôles
  - Energétique, structural, fonctionnel...etc

4

**Rappels sur quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Types de nutriments**

Il existe de **deux grandes catégories** de nutriments:

**Macronutriments (de l'ordre du gramme dans l'organisme):**

Glucides, lipides, protides = **nutriments énergétiques**.

**Micronutriments ou éléments traces ou nutriments non énergétique**

- **Vitamines** (hydro B, C et liposolubles, ADEK)
- **Éléments minéraux:**
  - \* macroéléments: minéraux majeurs (Na, K, Cl, Ca,P, Mg)
  - \* Oligoéléments (trace): Fe, Zn, Cu, Mn, I, Se, Cr, Co, F...)

**N.B. les fibres alimentaires** ne sont pas considérées comme des nutriments car ne sont indigestibles

**C'est quoi la nutrition ?**

**La nutrition ?**

- Ensemble des systèmes de l'organisme (respiration, digestion) transformation et utilisation des aliments

**Quels sont les objectifs de la nutrition ?**

- Assurer les besoins nutritionnels pour couvrir les besoins énergétiques (liés au sexe, à l'âge, au poids, à l'activité physique et socio- professionnelle, thermorégulation).
- Apporter les nutriments indispensables à la vie (acides aminés essentiels, acide gras essentiels, sels minéraux et vitamines).

D'où la notion du **BESOIN NUTRITIONNEL**

**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Le besoin nutritionnel ?**

Est la quantité nécessaire pour **maintenir** des **fonctions physiologiques** et un état de santé normaux et **faire face** à certaines périodes de la vie telles que la croissance, la gestation, la lactation.

**Les besoins sont fonction des dépenses :**

Apports alimentaires = Dépenses  
→ poids stable

**Les besoins varient en fonction de :**

- l'âge, le sexe
- l'activité physique
- l'état physiologique : croissance, grossesse, maladie...

7

**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Le besoin nutritionnel (suite)**

- On peut distinguer **differents** notions et **appellations** pour exprimer le besoin nutritionnel

**Apports Quotidiens Recommandés – AQR**

**Apport Journalier Recommandé – AJR**

**Apport Nutritionnel Conseillé – ANC**

**Dietary Reference Intakes (DRI)**

**Estimated Average Requirement – EAR**

**Recommended Dietary Allowance – RDA**

**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Le besoin nutritionnel (suite)**

**A. Besoin minimum**

**Définition:** besoin physiologique correspond à la plus faible quantité d'un nutriment à apporter à l'organisme afin de maintenir ses fonctions ainsi qu'un état de santé normal.

**Sa couverture assure:**

- Une croissance satisfaisante chez l'enfant
- Un poids stable
- Prévention d'une déficience, voire d'une carence

**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Détermination du besoin minimum**

- Se fait pour chaque **nutriment**
- Correspond aux **quantités** à ingérer pour compenser les pertes et maintenir la stabilité de l'organisme

**DONC**

**Besoin minimum = somme des différentes pertes (urinaires, fécales, pertes respiratoires, pertes cutanées, pertes spécifiques en cas de croissance, grossesse, lactation activité sportive)**

- Il est le plus souvent exprimé en **grammes** par **kilogramme de poids corporel** et par **jour (g/Kg/jour)**

**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Le besoin /Apport Nutritionnel Conseillé (ANC) ?**

**Au delà du besoin minimum**

- ✓ ANC = quantité pour couvrir **130 %** du **besoin minimum moyen**
- les ANC > BMM mesure de sécurité
- ✓ L'ANC est une norme pour une population et non pour un individu
- ✓ ANC est une référence scientifique sur les besoins nutritionnels de la population
- ✓ ANC peut différer d'un pays à un autre

**ANC = Besoin moyen  $\pm$  2 écarts types**

**Quelques définitions et concepts sur la nutrition**

**Apports Journalier Recommandés (AJR)**

- ❑ Valeurs utilisées pour l'étiquetage de certains Produits
- ❑ Valeurs uniques pour chaque nutriment, qui ne prennent **pas en compte les différences** liées à l'âge ou au sexe.
- ❑ Un individu dont les apports sont équivalents aux AJR a peu de risque de ne pas couvrir son besoin.
- ❑ Harmonisés au niveau européen et ont valeur réglementaire.





12

**Différence entre ANC et AJR**

**ANC / Besoin**

- **Besoin nutritionnel**
  - Individus
  - Objectif médical
- **ANC**
  - Population = ensemble d'individus en bonne santé
  - Santé publique

13



**Utilisation digestive des nutriment**

**Aliment** → **Nutriment**

Passage des nutriments par la paroi intestinale  
= utilisation digestive = biodisponibilité

➤ **Utilisation digestive dépend:** **nature** de chaque nutriment, **qualité** de l'alimentation (acides phytiques présent dans les céréales freinent l'absorption des cations), **maladies** (malabsorption)

➤ Utilisation digestive est évaluée par le calcul du Coefficient d'utilisation digestive (CUD)

➤ **Nutriment une fois absorbés:** catabolisme, anabolisme et réserve

**Les bases de la détermination des besoins en énergie**

**1. Bioénergétique**

**Notion d'énergie et ses formes.**

- Organisme tire l'**énergie** de son fonctionnement des aliments
- Energie des aliments se trouve dans les **liaisons chimiques** des constituants

= oxydation des substances= **rupture** des liaisons → **libération** d'énergie

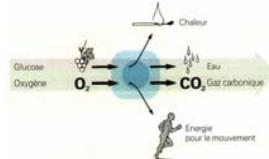
« Cette énergie est appelé: énergie chimique potentielle des aliments »

**Energie**

Energie mécanique → Energie chimique des nutriments → Energie thermique ou chaleur

## Les bases de la détermination des besoins en énergie

### Forme d'énergie



**Energie mécanique**, libérée sous forme d'un travail:

- contraction musculaire, déplacement, activités professionnelles...
- Se mesure par sa puissance, exprimé en watts (1 watt = 1 joule/seconde)

**Energie chimique**

- libérée sous forme de la chaleur et ATP
- ATP est réservoir énergétique cellulaire

ATP → ADP

Energie chimique libérée

**Energie thermique**

- Energie ni stockée ni transformée
- Utilisée pour maintenir la température corporelle

## Les bases de la détermination des besoins en énergie

### Valeur énergétique

**VE d'un aliment** = quantité d'E libérée après la dégradation de tous les macronutriments présent dans l'aliment par l'organisme

- E libérée : utilisée directement ou stockée (ATP)
- VE est exprimée: Kcal par jour ou KJ par jour

(1 cal = 4,18 joule)

**Alors** pour déterminer la VE d'un aliment, il faut connaître :

- la quantité de chaque nutriment
- la quantité d'énergie libérée par chaque nutriment

VE = E des protéines (g) + E des lipides (g) + E des sucres (g)

**Question posée:** 1 g d'un nutriment oxydé, combien libère t-il d'énergie ?

## Les bases de la détermination des besoins en énergie

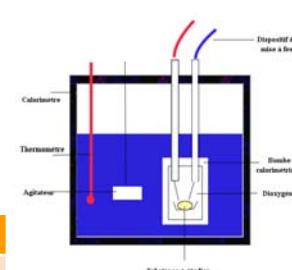
### Valeur énergétique

□ Energie contenue dans un nutriment

➤ bombe calorimétrique de Berthelot

- Berthelot (1879)
- mesure le **pouvoir calorifique** après combustion (J/g de substance)

Nutriment (g)	Energie (Kcal, KJ)
Glucide	4,1 soit 17,1
Protéine	4,1 soit 17,1
Lipide	9,4 soit 39,3
Alcool	7,1 soit 29,7



## Les bases de la détermination des besoins en énergie

### Valeur énergétique (suite)

➤ Pour un aliment de 100 g contenant x glucides, y protéines et z lipides

La **VE théorique ou brute de cet aliment** =  $x * 17,1 + y * 17,1 + z * 39,3$

La VE est exprimé en KJ pour 100 g

**Mais: notre organisme n'absorbe pas à 100 % ce que nous ingérons**

➤ Pour cela, la VE réelle = VE théorique à laquelle on applique un coefficient d'utilisation digestive (CUD)

CUD des glucides = 99 %	VE réelle
CUD des protéines animales= 97%	1 g glucide = 4 Kcal; 1 g lipide = 9KCal, 1 g protéine=4 Kcal, 1g éthanol=7 Kcal
CUD des protéines végétales=85%	
CUD des lipides=95%	
CUD de l'éthanol= 99%	

## Les bases de la détermination des besoins en énergie

### Valeur énergétique (suite)

➤ Pour un aliment de 100 g contenant x glucides, y protéines et z lipides

**La VE théorique ou brute de cet aliment =  $x * 17,1 + y * 17,1 + z * 39,3$**

La VE est exprimé en KJ pour 100 g

**Mais: notre organisme n'absorbe pas à 100 % ce que nous ingérons**

➤ Pour cela, la VE réelle = VE théorique à laquelle on applique un coefficient d'utilisation digestive (CUD)

**CUD des glucides = 99 %**  
**CUD des protéines animales= 97%**  
**CUD des protéines végétales=85%**  
**CUD des lipides=95%**  
**CUD de l'éthanol= 99%**

**VE réelle**  
 1 g glucide = 4 Kcal; 1 g lipide = 9Kcal, 1 g protéine=4 Kcal, 1g éthanol=7 Kcal

## Les bases de la détermination des besoins en énergie

### Exercices

**Exercice :**  
 L'apport calorique journalier d'un adulte est d'environ 2500 kcal. Il doit se répartir entre lipides (30%), protéines (15%) et glucides (55%).

a) Déterminez les kcals apportées respectivement par les lipides, les protéines et les glucides.  
 b) Déterminer la quantité en g des différents nutriments ?

**Exercice :**  
 Une part de pizza contient 63 % de glucides, 23 % de protéines et 14 % lipides.

- Quels sont les pourcentages d'énergie (kcal) apportés par chacun de ces trois nutriments ?

## Quels sont les Besoins nutritionnels de notre organisme ?

### Définition des besoins → Estimation des dépenses

□ Les postes de la dépense énergétique DE se découpe en 3 fractions :

**DE Repos**  
 • Quantitativement 60-70%  
 • Fonctions vitales  
 • Tonus musculaire de repos  
 • Transports ioniques actifs

**DE Thermogénèse**  
 • Température corporelle  
 • Thermogénèse post-prandiale (10 - 15% DE)

**DE Activité physique**  
 • Poste important de la régulation de la DE  
 • Le plus variable  
 • Sédentaires 20-25% DE  
 • Sportifs haut niveau 60-70%

Ca varie en fonction de :  
 • l'âge, le sexe  
 • l'activité physique  
 • l'état physiologique (croissance, grossesse, maladie..)

## Rappels sur quelques définitions et concepts sur la nutrition

### Les types des Besoins nutritionnels de notre organisme ?

**3 niveaux**

Besoins non énergétiques  
 Vitamines, minéraux

Besoins énergétiques  
 • Protéines (4 Kcal/g)  
 • Lipides (9 Kcal/g)  
 • Glucides (4 Kcal/g)

Comment le déterminer ?  
 Besoins hydriques: eau (entre 25 et 35 ml/kg/j)

**Apports Nutritionnels Recommandés:**  
 Adulte de 20 à 40 ans dans le cadre de ses activités habituelles  
**Homme : 2700 kcal/jr et Femme : 2200 kcal/jr**  
**L 30-35%, G 50-55%, P 11-15%**

**anses** Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**Méthodes de mesure de la dépense énergétique journalière**

➤ **Principe de la mesure de la dépense énergétique (DE)**

Énergie reçue = énergie dissipée = énergie libérée  
(Apportée par les aliments) (énergie thermique + mécanique)

Une personne consommant autant d'énergie qu'il dépense présente forcément un poids constant

Besoin = dépense

➤ Différentes méthodes existent : calorimétrie directe et indirecte...

**Méthodes de mesure de la dépense énergétique journalière**

**Calorimétrie directe**

**Définition d'une calorie:** 1 Kcal est la quantité d'énergie qui permet d'élever la température d'un 1 Kg d'eau de 15 à 16° C.

- **Calorimétrie directe**

**Principe:** dépense énergétique = production de chaleur

➤ Mesure de la quantité de chaleur cédée par l'organisme

**Les méthodes d'évaluation de la dépense énergétique**

**A. Calorimétrie directe (suite)**

➤ La réalisation de la mesure nécessite une **enceinte de taille réduite et hermétique**

➤ Cela permet la quantification de la perte de chaleur.

➤ Cette méthode est actuellement peu utilisée en raison de ces **limitations** (temps de mesure long) et du nombre réduit d'institutions disposant de l'équipement nécessaire (très onéreux)

C'est une méthode de laboratoire (recherche)

➤ **Techniques**

- calorimètre de glace de Lavoisier
- calorimètre d'Awarter et de Benedict

**Calorimètre de glace de Lavoisier**

➤ Basé sur la fonte de la glace

Figure 7. Calorimètre de Lavoisier et Laplace.  
L'animal est enfermé dans une chambre parcourue par un courant d'air, placée dans une enceinte contenant de la glace, l'ensemble étant rendu isolant par une épaisse paroi de liège. La chaleur métabolique dégagée par la souris fait fondre la glace ; l'eau est recueillie et pesée.

Glace → eau : 0.33 kJ / g

**Calorimètre d'Atwater et Benedict**

- Personne dans une enceinte close
- $H_2O$  et  $CO_2$  dégagés sont capté par la potasse ( $KOH$ ) et la chaux ( $H_2SO_4$ )
- Le tuyau d'eau se réchauffé grâce à la chaleur  $Q$  dissipée par l'organisme

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$Q_1$  = chaleur sensible = quantité de chaleur directement perdue par le sujet

$Q_1 = (T_2 - T_1) \times V \times 4,18$ ,  $Q_1$  en  $KJ$   
 $T$  = température de tuyau d'eau  
 $V$  = volume d'eau réchauffé (L)

$Q_2$  = chaleur latente = chaleur perdue par évaporation  
- vase absorbant la vapeur d'eau  
- 1 g d'eau rejeté sous forme de vapeur par les poumons et la peau nécessite la dépense de 2,45  $KJ$ :  $Q_2 = m \times 2,45$

$Q_3$  = énergie mécanique = énergie dépensé lors d'un effort physique  
Selon le principe de conservation d'énergie:  $BE = Q$

### B. Calorimétrie indirecte (plus utilisée en pratique)

\* à partir des apports (aliments) ← Thermochimie alimentaire

Thermochimie respiratoire

\* à partir de l'oxygène consommé pour oxyder les substrats



\* à partir des déchets thermiques ou chimiques

**B. Calorimétrie indirecte**

1- Thermochimie alimentaire (méthode des bilans)

- Basée sur l'oxydation des substrats (glucides, lipides et protides) donc sur la consommation d' $O_2$  et la production de  $CO_2$  et d'énergie
- Consiste à mesurer (par ~~l'enquête alimentaire~~) la quantité d'E apportée par les aliments ingérés ainsi que celle contenue dans les aliments excrétés

Bilan E = E aliments ingérés - E aliments excrétés = E utilisable par l'organisme pour obtenir une stabilité pondérale

➤ Bilan E équilibré : apport E = dépense E

- poids constant

➤ Bilan E positif : apport E > dépense E

- Constitue des réserves (masse grasse)
- Prise de poids et obésité

➤ Bilan E négatif : apport E < dépense E

- Utilise les réserves (masse grasse, maigre)
- Perte de poids, dénutrition

Valeur calorique pratique des aliments

1g de Glucides = 4 Kcal  
1g de Lipides = 9 Kcal  
1g de Protides = 5 Kcal

Après absorption intestinale

**B. Calorimétrie indirecte**

▪ Thermochimie respiratoire

- Cette technique est la plus utilisée mais nécessite un état stable et du repos pendant au moins 15 à 30 min avant de procéder aux mesures

➤ Principe: organisme tire son énergie de l'oxydation des nutriments qu'il absorbe

$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + 2840 \text{ kJ}$

Consommation d' $O_2$

Relation

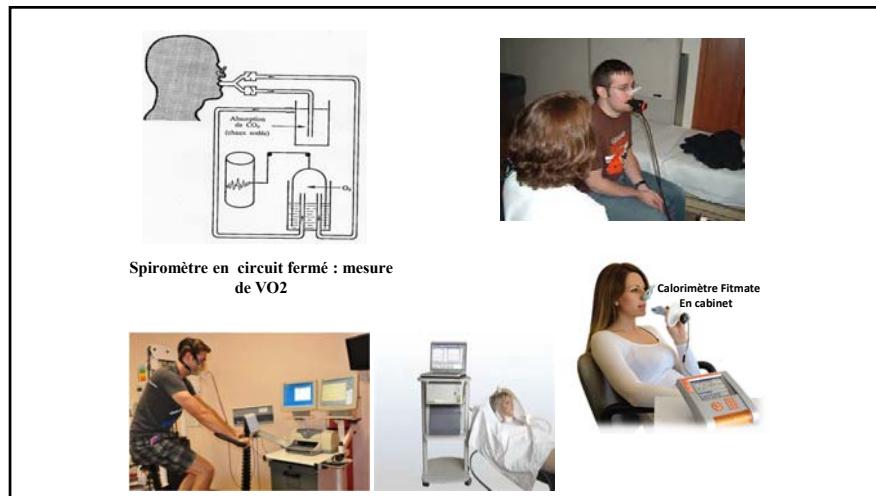
Production d'E

➤ Donc, on peut mesurer la dépense E en se basant sur la consommation  $O_2$

➤ Le matériel utilisé: spiromètre de Bénédict

- Le sujet respire par un embout buccal relié à une cloche d'air pur
- Le  $CO_2$  et  $H_2O$  rejetés et absorbés

8



Spiromètre en circuit fermé : mesure de VO<sub>2</sub>

## B. Calorimétrie indirecte

- Thermochimie respiratoire (suite)
- 02 facteurs sont évalués pour calculer la dépense énergétique

- Coefficient thermique de l'O<sub>2</sub> (CT):** la quantité d'E libérée par consommation d'1 litre d'O<sub>2</sub> consommé

$$CT = \text{quantité d'énergie libérée (KJ)}/\text{VO}_2 \text{ consommé (L)}$$

On définit ainsi l'équivalent thermique des nutriments:

$$CT_{\text{Glucides}} \longrightarrow 21,3 \text{ KJ/LO}_2$$

$$CT_{\text{Lipides}} \longrightarrow 20,1 \text{ KJ/LO}_2$$

$$CT_{\text{Protides}} \longrightarrow 19,6 \text{ KJ/LO}_2$$

- Vu qu'on connaît pas la part respective de chaque nutriment, on utilise un CT moyen qui est de: 20,3 KJ/L O<sub>2</sub>

$$DE = V(O_2) \times \text{équivalent thermique standard (20 KJ/LO}_2)$$

## B. Thermochimie respiratoire (suite)

### 2. Quotient respiratoire

- Lors de la **dégradation des aliments (nutriments)**, la quantité de CO<sub>2</sub> produite varie en fonction de la **nature de chacun d'eux**
- On définira ainsi le **quotient respiratoire (VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>)** rapport qui correspond au nombre de litre de CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> utilisés par g de substrat
- QR nous permet de connaître la nature des substrats utilisés par le sujet

$$QR = V_{CO_2} / V_{O_2}$$

V : volume en CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub> par unité de temps

Glucides ----> 1  
Lipides ----> 0,7  
Protides ----> 0,8

## 2- Thermochimie respiratoire (suite)

Le quotient respiratoire (VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>) peut nous renseigner sur le type nutriment oxydé

Qr	Energie Kcal/LO <sub>2</sub> /mn	% Kcal	
		Glucides	Lipides
0,71	4,60	0,00%	100,00%
0,75	4,74	15,60%	84,40%
0,8	4,8	33,40%	66,60%
0,85	4,86	50,70%	49,30%
0,9	4,92	67,50%	32,50%
0,95	4,99	84,00%	16,00%
1	5,05	100,00%	0,00%

(\* on ne tient pas compte de la filière protidique !!! Communément appelé Qr non-protéique.

- Cette méthode présente certaines limites:
  - Tous l'**oxygène absorbé** n'oxyde pas forcément les aliments
  - Mais elle reste la plus utilisée en clinique car elle peut aider à la détermination du **métabolisme de base**

**3- Métabolisme de base et dépense énergétique**



- Métabolisme (MB)= dépense énergétique de repos (DER)
- Correspond aux dépenses basales: dépense minimale d'un organisme au repos pour assurer ses fonctions vitales:
  - la vie cellulaire indispensable au fonctionnement de divers organes: cœur, tractus digestif, le foie, le cerveau, rein...
  - réparation des tissus
  - croissance
  - gestation (femme enceinte)
  - lactation
- MB représente 60 % de la DET mais:
  - 70 % personne très sédentaire
  - 45-50 % personne très active

Méthode de mesure: Le sujet doit être:

- couché,
- Au repos (30 min), éveillé
- Température 22° C
- À jeun plus de 12H
- Calme émotionnel : 10 matin

Technique: thermochimie respiratoire

**Calcul du métabolisme de base**



Hommes :

- Différentes méthodes permettent de prédire la DER
- Métabolisme de base ou DER estimation selon la formule de Harris & Benedict

homme :  $E = 66,5 + (13,8 \times m) + (5 \times h) - (6,8 \times a)$   
 femme :  $E = 655,1 + (9,6 \times m) + (1,9 \times h) - (4,7 \times a)$

**m en Kg, H en cm  
a en année  
E en Kcal/j**

- Métabolisme de base selon l'équation de Black et al. (1996)

- **Méthode de référence** (sujet en surpoids et personnes âgées)

MB homme =  $1,068 \times P^{0,48} \times T^{0,50} \times A^{-0,13}$   
 MB femme =  $0,963 \times P^{0,48} \times T^{0,50} \times A^{-0,13}$

**P en Kg, T en m  
A en année  
E en MJ**

Sujet de référence: femme 1,78 m, 70 Kg, 25 ans = 1750 Kcal/j (7,3 MJ/j)  
 homme 1,65 m, 60 Kg, 25 ans = 1400 Kcal/j (5,8 MJ/j)

**Calcul du métabolisme de base**



- **MB à partir de la thermochimie respiratoire**

On utilise la formule qui suit:

$$MB(KJ/m^2/h) = (VO_2 \times 10 \times CT \times 273) / (273+T) \times S$$

**VO<sub>2</sub>**: volume d'O<sub>2</sub> consommé (L/h)  
**T** est la température en ° C  
**CT** est le coefficient thermique moyen  
**S** est la surface corporelle en m<sup>2</sup>

$$S (m^2) = 0,202 \times P^{0,425} \times T^{0,725}$$

(Kg) (m)

- **DET à partir de MB: DET = MB \* NAP**

**Activité Physique (NAP)** = 1,4, 1,6, 1,8, ou 2,0 quand l'activité physique est respectivement faible, moyenne, forte, intense).

**DET= DER \* NAP**



- **Activité faible: 1,4** (sédentarité totale, personne ne se déplaçant pas, non autonome)
- **Activité moyenne: 1,6** (personne est autonome pour s'habiller, se déplacer, aller chercher son alimentation)
- **Activité forte : 1,8** (travailleur physique, activité de loisir ou sportive régulière, quotidienne)
- **Activité très forte : 2,0** (travailleur de force, sport de compétition)

### Exercices d'application ?



Pour des adultes jeunes (moins de 40 ans), la dépense énergétique de repos d'un individu, ou métabolisme de base est égale à :

**Hommes :  $66,5 + (13,6 \times \text{masse}) + (5,0 \times \text{taille}) - (6,8 \times \text{âge})$**   
**Femmes :  $665,1 + (9,6 \times \text{masse}) + (1,8 \times \text{taille}) - (4,7 \times \text{âge})$**

Où la masse s'exprime en kg, la taille en cm, l'âge en années et la dépense énergétique de repos en kcal/jour.

a) **Calculez** votre dépense énergétique de repos  
b) Le métabolisme de base est responsable d'environ 60 % de la dépense énergétique journalière d'un individu.  
Calculez alors votre dépense énergétique journalière.

C) Supposons que vous faites une activité physique intense, quelle est la dépense énergétique totale ?

### Facteurs de variation du métabolisme de base ?



- \* **le sexe**  
**Homme > Femme (environ 10%)**  
Pourquoi cette différence: rapport masse maigre/masse grasse plus faible chez la femme
- Masse maigre augmente, MB augmente (maigre métaboliquement plus active)
- \* **l'âge : MB ↑ de la naissance ---> 2 an (après diminution tout au long de la vie):**  
Avec l'âge, il y a diminution du MB (diminution de la masse maigre avec le vieillissement): ↓MB 2-4 % par décennie à partir de 20 ans
- \* **État physiologique (grossesse, allaitement)**  
Femme enceinte: MB+40% (surtout pdt le 3<sup>ème</sup> trimestre)

### Facteurs de variation du métabolisme de base ?



- **Action de certains enzymes**
- Certains hormones peuvent **augmenter** MB: noradrénaline, thyroïdienne (personne présentant un **dysfonctionnement de la thyroïde**: hyperthyroïdie)
- **Facteurs environnementaux**
- Activité sportive régulière: MB ↑
- Température extérieure: Froid: MB ↑  
Chaleur: MB ↓
- Tabagisme, caféisme ↑ MB
- AET de l'alimentation: ↑ AET ↑ MB  
↓ AET ↓ MB (jeune: phénomène d'épargne)
- Moment de journées: sommeil : MB diminue  
(tonus musculaire, relaxation des muscles et activité d'organisme)

### Dépense liée à la thermorégulation

*Lutter contre le froid ou le chaud, ça coûte cher*



- La température corporelle doit être maintenue autour de 37° C (**homéothermie**): **fonction essentielle** de l'organisme humain
- 2 mécanismes antagonistes
- Thermogénèse**  
Production de chaleur pour l'organisme, libérée grâce à la transformation des nutriments (importance de la prise alimentaire)
- Thermolyse**  
Perte de chaleur par l'organisme
- Thermorégulation: **10 % de la dépense énergétique** journalière d'un individu

**Thermogenèse= lutte contre le froid**

**Le froid**

- Provoque une **augmentation** de la thermogenèse
- **Diminution** de la thermolyse
- **Augmentation** de la dépense énergétique

N.B. Mécanisme de thermorégulation insuffisants, la température centrale diminue ce la peut entraîner la mort par hypothermie

➤ Froid + activité physique: maintien de la température centrale du corps en raison de la production de chaleur (travail musculaire)

**Comment augmenter sa thermogénèse ?**  
frisson, l'activité musculaire, l'alimentation (protides)

**Comment diminuer la thermolyse ?**  
vasoconstriction cutanée

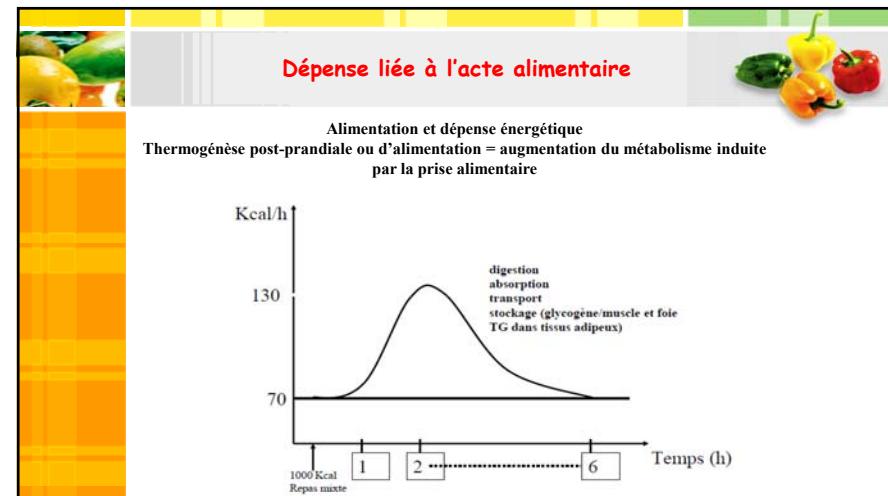
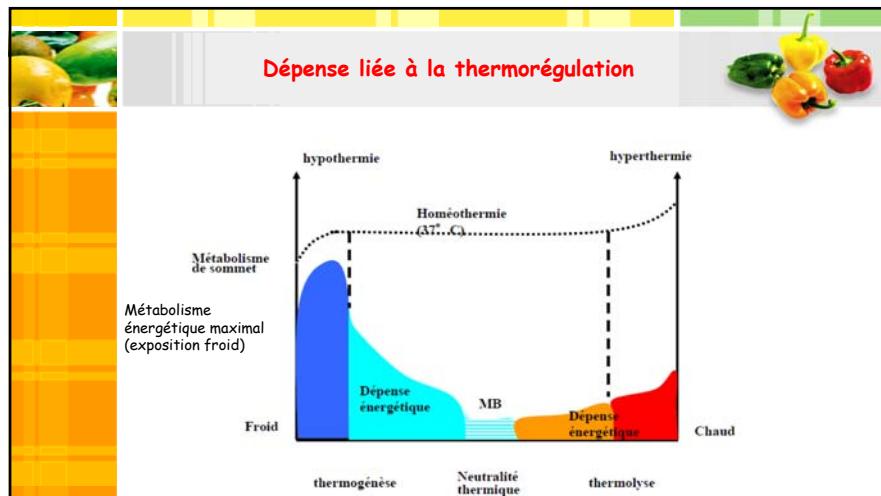
**Thermolyse= lutte contre le chaud**

**Lutte contre la chaleur**

- Diminution de la thermogenèse
- Augmentation de la thermolyse
- Risque de déshydratation (être vigilant pour les couvertures hydriques surtout pour les personnes âgées, nourrissons)

**Comment augmenter sa thermolyse ?**  
vasodilatation cutanée (perte par conduction et convection) efficace sudation (évaporation): 1g d'eau → évaporation = 0.58 Kcal

**Comment diminuer sa thermogénèse ?**  
l'activité musculaire, alimentation ( protides)



**Dépense liée à l'acte alimentaire**



- Prise d'un repas = dépense énergétique (8-10 % de la DEJ)
- La dépense est liée en deux :
  - Dépense énergétique lié au travail du tube digestif

Identique pour tous les nutriments  
Dépense est très faible (considérée comme négligeable)

- Dépense énergétique spécifique liée à l'utilisation cellulaire de chaque catégorie de nutriments : **action dynamique spécifique (ADS)** ou **extra chaleur postprandiale (ECPP)** car il y a perte de chaleur vers le milieu extérieur suite à la prise alimentaire

**ADS**= cout énergétique engendré par : absorption, stockage, transformation  
ADS glucides=5-10% (signifie que 5-10 % de l'E contenue dans les glucides est dispensée pour leur propre absorption et utilisation)  
ADS lipides (0-2%) , ADS protéines (20-30%).

**Dépense liée à l'acte alimentaire**



Ce qui affecte l'ADS ?

- Une ration alimentaire riche en protéines : ↑ dépense énergétique
- ADS est proportionnel à la quantité d'énergie ingérée

**Suralimentation = ADS augmente**

- 20% glucides, 3-10% lipides, 30-40% protéines  
Pourquoi ?

✓ **Trop d'énergie**: glucides et protéines s'orientent vers la lipogenèse  
✓ ADS faible pour lipides : dépôt direct dans le tissu adipeux

**Sous alimentation = ADS diminue**

**Dépense liée à l'acte alimentaire**



Varie en fonction de la nature de l'aliment et de la voie métabolique empruntée

Glucose -----> glycogène (réserve) : 0,2 Kcal/g

Glucose -----> acide gras (catabolisme): 0,96 Kcal/g

Lipides -----> 0,18 à 0,36 Kcal/g

Protides-----> 1 Kcal/g (transamination, désamination)

**Dépense liée à l'activité physique**



- 20-25% de la dépense énergétique
- Variable selon les individus
- Concerne : activités professionnelles, sociales et sportives

**Dépense liée à l'état physiologique**

**croissance**

**Grossesse**

**allaitement**

Certaines pathologies (insuffisance d'organes)

**Besoins nutritionnels en protéines**

52

**Besoins nutritionnels en protéines**

**Protéines**



✓ **Protides/Protéines** : En nutrition, on a souvent tendance à parler de «protéines» et moins de «protides». Les **protéines** sont des macromolécules faisant partie de la famille des protides ; les **protides** sont, en quelque sorte, une «famille» regroupant les protéines, les acides aminés et les peptides.

- Les protéines sont de **macronutriments** constituées d'un enchainement **d'acides aminés**.
- L'homme incapables de **biosynthétiser** la totalité de ces aminoacides.
- Certains sont qualifiés **d'indispensables** ; ils doivent être apportés par la ration alimentaire.
- A ceux-ci, on peut ajouter des aminoacides essentiels que **l'organisme synthétise** à une vitesse trop lente.

53

**Besoins nutritionnels en protéines**

- Les acides aminés **ramifiés** (leucine, valine...) sont capables de stimuler **la synthèse protéique**.
- Les aliments les plus **riches** en leucine sont le lactosérum et les isolats de protéines solubles du **lait**.

**(Ou Conditionnellement indispensables)**

AA essentiels	AA semi-essentiels	AA non essentiels
Tryptophane	Proline	Alanine
Valine	Tyrosine	Serine
Thrénanine	Cystéine	Acide glutamique
Isoleucine	Glutamine	Asparagine
Leucine	Glycine	Acide aspartique
Lysine	Arginine*	
Phénylalanine		
Méthionine		
Histidine*		

\* Essentiels durant la croissance.

54

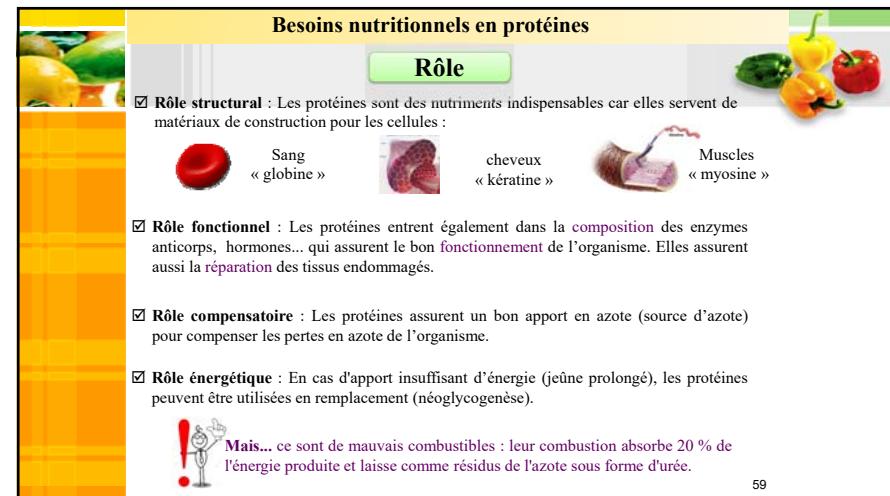
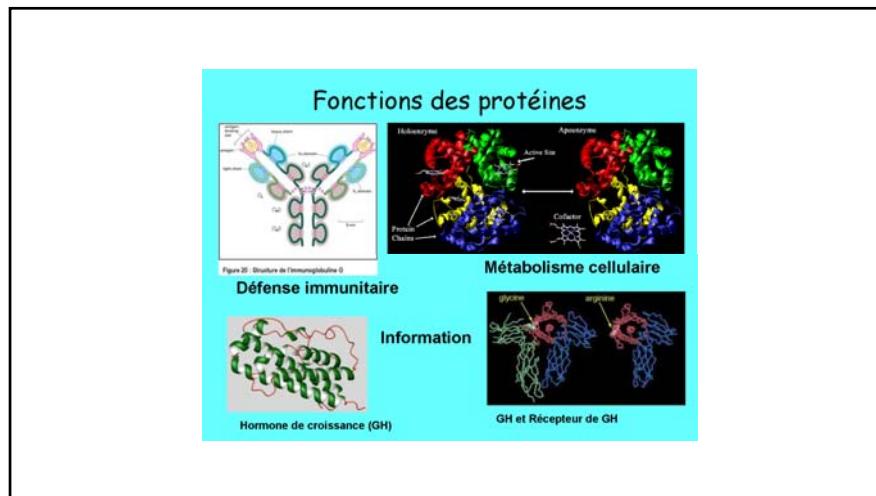
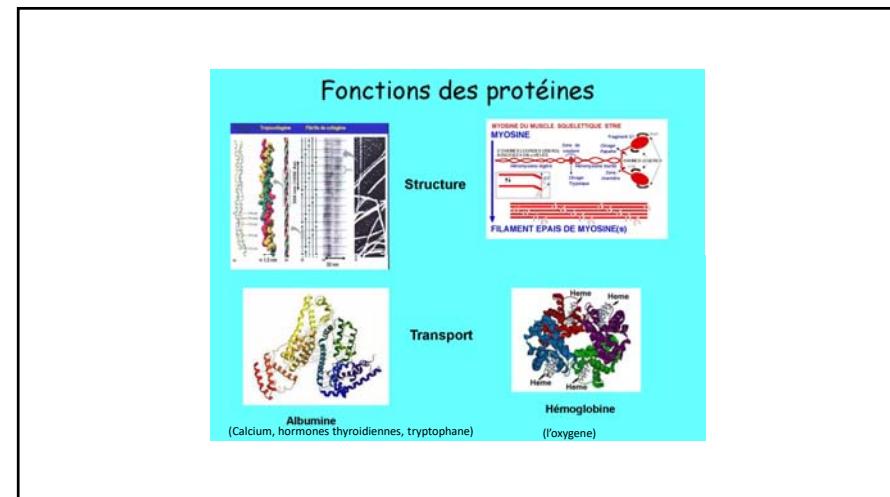
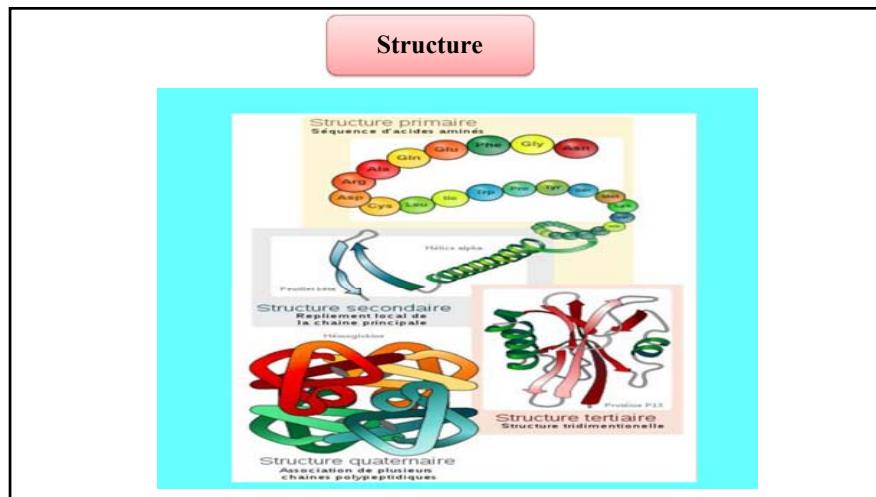
**Besoins nutritionnels en protéines**

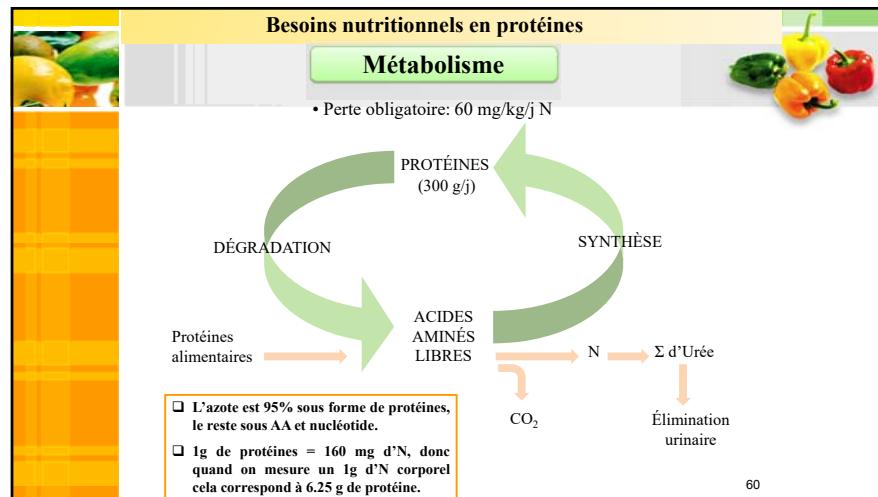
**Structure**

Fonction amine → Amino acid (1) → Peptide bond → Amino acid (2) → Fonction acide  
 Chaîne latérale (Variable) → Chaîne latérale (Variable)

Plusieurs peptides (polypeptide) donnent une protéine

55





- Besoins nutritionnels en protéines**
- Urée urinaire : un reflet des apports alimentaires**
- 
- 30 grammes d'urée urinaire (500mmol) correspondent à 90g de protéines ingérées
  - Soit 360 calories d'origine protéiques (90 x 4 = 360).
  - Les calories protéiques représentant de façon à peu près constante et chez la majorité des individus 1/6ème des apports caloriques totaux, on peut en déduire une estimation de la consommation énergétique sur les 24 heures
  - Exemple : 30 g d'urée urinaire sur 24h, soit 90g de protéines ingérées, soit 360 x 6 = 2160 kcal/24h.
- 61

- Besoins nutritionnels en protéines**
- Besoin protéique**
- ✓ Les experts de la FAO/OMS (1965) ont défini les besoins en protéines d'un individu comme :
  - « La **valeur minimale** de l'apport protéique alimentaire qui **équilibre les pertes azotées** de l'organisme chez un sujet dont l'équilibre énergétique est assuré dans l'hypothèse d'une activité physique modérée. Chez l'enfant et la femme enceinte ou allaitante, les besoins en protéines englobent les besoins associés à la croissance tissulaire ou à la sécrétion lactée à un rythme compatible avec une bonne santé ».
  - Le besoin moyen en protéines est calculé à partir de l'équilibre entre les pertes et les apports d'azote (estimé à **0,66 g/kg/j**).
  - Un coefficient de variation de 12% (variations inter-études et interindividuelles) appliqué deux fois au besoin moyen, selon le principe de calcul des ANC.
  - Il en résulte un **ANC en protéines de 0,82-0,83 g/kg/j pour l'adulte en bonne santé**.
- 62

**Besoins nutritionnels en protéines**

**ANC Protéines**

Individu	Protéines (g/kg/j)
Adulte en bonne santé	0,8
Enfant 2-10 ans	0,9
Adolescents	0,8-0,9
Femmes enceintes	0,9
Femmes allaitantes	1,4
Personnes âgées	1
Sportifs d'endurance	1,5 - 1,7
Sportifs de force	1 - 1,2

Il s'agit de la population pour laquelle le plus grand nombre de données est disponible.

Quantitatif

Jusque 2 - 3 g/kg/jour pour des périodes n'excédant pas 6 semaines, dans le but de développer la masse musculaire

Il s'agit de valeurs **seuils** qu'il ne faut pas franchir vers le bas et qui doit être dépassée en cas de situation de catabolisme accru ou de dénutrition.

63

### Besoins nutritionnels en protéines

❑ L'aptitude d'une protéine alimentaire à assurer les besoins de l'organisme se décompose en deux étapes :

- ✓ **La biodisponibilité** : la sensibilité des protéines à l'hydrolyse enzymatique et à l'efficacité de l'absorption des AA et peptides libérés ; pour être accessible aux phénomènes métaboliques.
- ✓ **L'efficacité** avec laquelle les acides aminés ainsi mis à disposition sont utilisés pour répondre aux besoins spécifiques de l'organisme.

❑ La **composition en acides aminés indispensables** est un critère de qualité pour une protéine.

❑ Les protéines végétales représentent 65 à 70% des apports en protéines pour l'alimentation humaine au niveau mondial.

❑ Une protéine d'origine animale possède toujours les huit A.A. essentiels en quantité suffisante, contrairement aux protéine d'origine végétale.

❑ Il faudra donc utiliser « la supplémentation » et associer les protéines quand il le faut : riz + lentilles, riz + lait, maïs + haricots secs, semoule de blé + pois chiches.

 Qualitatif

64

### Besoins nutritionnels en protéines

❑ **Besoin moyen en acides aminés indispensables**  
(Valeurs proposées par l'Afssa)

❑ **L'insuffisance** de données sur la **variabilité** des besoins en AA indispensables dans la population pour l'établissement de telles valeurs.

❑ De plus elle ferait **double-emploi** avec les ANC en protéines.



Donc, il préférable de prendre en compte **l'ANC en protéines** et leur **qualité** définie sur la base de leur composition en AA indispensables.

Individu	AA (mg/kg/j)
histidine	11
isoleucine	18
leucine	<b>39</b>
lysine	<b>30</b>
acides aminés soufrés	15
acides aminés aromatiques	27
thréonine	16
tryptophane	<b>4</b>
valine	18

### Besoins nutritionnels en protéines

❑ **Evaluation de la qualité nutritionnelle des protéines**

❑ **L'indice chimique des protéines (I.C.)**

$$I.C. = \frac{\text{AA essentiel/limitant (mg/g protéine étudiée)}}{\text{AA essentiel/limitant (mg/g protéine de référence)}} \times 100$$

■ La notion d'acide aminé limitant : est l'acide aminé le **moins présent** dans la protéine et pouvant limiter la synthèse protéique.

■ La protéine de l'œuf (**Ovalbumine**) est la protéine de référence car elle est parfaitement équilibrée (contient tous les acides aminés essentiels dans des proportions relatives idéales). **Lactalbumine** (protéine du lait maternel) peut être aussi considérée comme protéine de référence.

**IC < 100 : consommer plus**

**IC > 100 : consommer moins**

66

### Indice chimique des protéines: exemple

$I.C. = \frac{[AA] \text{ protéine étudiée}}{[AA] \text{ protéine de référence}} \times 100$

IC pour le blé dans le cas des besoins d'un enfant d'âge préscolaire ?

	Nourrisson	Enfant d'âge préscolaire	Enfant d'âge scolaire	Adulte
His	26	19	19	16
Ileu	46	28	28	13
Leu	93	66	44	19
Val	55	35	25	13
Lys	66	58	44	16
Met + Cys	42	25	22	17
Phe + Tyr	72	63	22	19
Thr	43	34	28	9
Trp	17	11	9	5

Composition des « protéines de référence » proposées par la FAO 1985. Les valeurs sont exprimées en mg par g de protéines.

	oeuf	Lait de vache	viande	blé	pois	Soja
His	22	27	34	30	23	25
Ileu	54	47	48	40	43	48
Leu	86	95	81	<b>69</b>	68	78
Val	66	64	50	<b>47</b>	52	
Lys	70	78	89	<b>35</b>	75	61
AAs	57	33	40	40	20	31
AAA	93	102	80	76	73	88
Thr	47	44	46	33	41	43
Trp	17	14	12	11	9	15

**Indice chimique des protéines: exemple**

**Ce qu'il faut faire pour calculer IC ?**

- Chercher la composition de protéine de référence selon le cas (la catégorie d'âge)
- Voir la composition de la protéine de l'aliment étudié et la comparer à la composition de la protéine de référence
- Déterminer le facteur ou l'acide aminé limitant et relever sa concentration
- Appliquer la formule de calcul

**Dans notre cas:**

Par comparaison des deux compositions:

**AA limitant** est la lysine= **35 g/100 de la protéine** →  $IC = (35/58) * 100 = 60\%$   
 Dans la protéine référence [lysine]= **58 g/100g**

**Combien faut-il manger pour avoir 58 g de lysine ?**

IC < 100: consommer plus	IC > 100: consommer moins
--------------------------	---------------------------



**Indice chimique des protéines**

➤ Indice Disco

- l'indice chimique ne prend pas en compte la digestibilité des aliments**

Un autre indice plus précis qui tient compte de la digestibilité doit être utilisé:  
**indice DiScO = Digestibility Score)**

Ou

PDCAASC (protein digestibility corrected amino acid Score = indice chimique de la protéine corrigée par la digestibilité

Indice DiScO = IC du facteur limitant (%) \* CUD (%) / 100

➤ Indice permet de déterminer la quantité minimale d'aa indispensables utilisables par l'organisme



**Besoins nutritionnels en protéines**

□ **Le Coefficient d'Utilisation Digestive (CUD)**

- Pour être utilisables par les cellules, les protéines doivent être **hydrolysées** en acides aminés libres au cours de la digestion.
- Ici, la digestion se définit comme la capacité du tube digestif à **absorber efficacement l'azote ingérée**.
- On exprime cette notion de la **digestibilité** au moyen du CUD.
- Le CUD représente la part de protéines réellement absorbées et donc utilisables par les cellules. Il correspond au **rendement** protéique.

$$CUD = \frac{N_{\text{ingéré}} - N_{\text{excéré}}}{N_{\text{ingéré}}} \times 100$$

• La protéine animale : 95-98 %  
 • La protéine végétale : 75-85 % (céréales)



**Besoins nutritionnels en protéines**

□ **Le CUD d'un aliment dépend de :**

- Sa composition (Les **fibres** diminuent le CUD) : On remarque que le CUD des protéines d'origine animale est généralement plus important que le CUD des protéines d'origine végétales, à cause de la présence de fibres.
- Des **traitements technologiques** que l'aliment subit (les traitements technologiques peuvent diminuer ou augmenter le CUD. Exemple la mouture du blé (élimination des assises riche en fibres)
- Les **traitements hydrothermiques et culinaires** ↑ digestibilité des protéines (enzymes) destruction des facteurs antinutritionnels (antitrypsiques)
- La **réaction de Maillard** abaisse le CUD, en diminuant les acides aminés en particulier la **Lysine** : réaction de Maillard peut réduire la disponibilité de la lysine 10-40 % (selon les conditions de la cuisson).
- La **présence des polyphénols** (tannins) dans l'aliment



**Besoins nutritionnels en protéines**

**La valeur biologique (VB)**

- La valeur biologique d'une protéine est une mesure de la proportion de celle-ci qui est incorporée dans les protéines de l'organisme.
- VB résume la manière dont une protéine décomposée peut être plus ou moins facilement utilisée par le processus de biosynthèse des protéines dans les cellules de l'organisme.
- Permet plus ou moins la mesure de degré d'utilisation de la protéine=utilisation métabolique ou tissulaire des protéines

$$VB = \frac{(N \text{ absorbé} - N \text{ urinaire})}{N \text{ absorbé}} \times 100$$

↓

- 100 % : Protéine idéale (tous les AAE).
- 50 % : Consommation de 2 fois plus que la protéine de références pour un bilan azoté équilibré.
- 0 % : Un AAE manquant.

72

**Besoins nutritionnels en protéines**

**Utilisation protéique nette (UPN)**

- UPN permet = estimation de l'utilisation globale d'une protéine puisqu'elle rend compte de la **digestibilité** (CUD) et la **VB**
- UPN exprimé en pourcentage (%)**

$$UPN = \frac{\text{Quantité d'azote retenu}}{\text{Quantité d'azote ingéré}} \times 100$$

- ON peut aussi exprimer UPN autrement:

$$UPN = (CUD \times VB) / 100$$

**Besoins nutritionnels en protéines**

**Coefficient d'efficacité protéique (CEP)**

- Le **CEP** est défini par Osborne et Mendel en 1917
- Apprécie la **capacité** d'un aliment protéique à assurer **la croissance** et l'entretien de l'organisme
- Méthode** facile, reproductible et couramment utilisée: on mesure pendant 28 jours le gain de poids de rats en croissance ayant un apport protéique constant

gain de poids obtenu par des rats en croissance (g)

$$CEP = \frac{\text{gain de poids obtenu par des rats en croissance (g)}}{\text{quantité de protéine ingérée (en g)}}$$

- CEP **dépend** de la **qualité des protéines, mode de préparation (soja cru ou cuit)**

**Protéines**

\* **Sources**

- **Animales**
  - Viande
  - Poisson
  - Oeufs
  - Produits laitiers
- **Végétales**
  - Céréales
  - Légumineuses

**Besoins nutritionnels en protéines**

VB d'origine animale	VB d'origine végétale
	
• 95 %	• 50 %
	
• 95 %	• 30 %
	
• 75-93%	• 40%
	
• 80 %	• 60%

76

**Aliments riches en protéines**

**Aliments riches en protéines**

**Protéines d'origines animales**

	Viandes et volailles	Charcuteries	Œufs	Poissons	Crustacés (partie comestible)	Lait	Fromages
Protéines	16-22 %	15-25 %	12,8-14 %	15-20 %	13-23 %	3-3,7 %	10-33 %

✓ Les viandes apportent une grande quantité de protéines riches en **AA essentiels**. Lorsque cette source présente **40% AJR** en protéines : 35% des apports en **fer**, 60 % des apports en **zinc** et 66% des apports en vitamine **B12** sont couverts.

✓ L'œuf renferme tous les **AA essentiels** en des proportions **optimales** et à une **valeur biologique** (100%) de référence (ovalbumine). Le jaune d'œuf contient de la vitamine A (principalement des caroténoïdes) et 1 à 2 % du cholestérol.


77

**Aliments riches en protéines**

✓ La chair des **poissons** a un profil en **AA équilibré** et elle contient une forte teneur en protéine (14 à 28%) de bonne **valeur biologique**.

✓ En plus d'un apport en protéines, le **lait et ses produits dérivés** sont une source de calcium. Le lait apporte des protéines (riches en lysine) mais surtout de la vitamine B, A et D.

**Protéines d'origines végétales**

✓ Les **céréales** sont une bonne source protéines (riches en **méthionine** et pauvre en **lysine** comme AA essentiels), elles sont riches en amidon et en vitamines du **groupes B** à l'exception de la vitamine **B<sub>12</sub>**.

✓ Les **légumineuse** sont riches en **lysine** et pauvre en **méthionine**. Donc elles peuvent se compléter pour l'apport en AA essentiels. Mais ! Il n'y a pas d'apport en Vit **B<sub>12</sub>**.


78

**Aliments riches en protéines**

✓ La teneur en protéines des fruits oléagineux dépasse largement celle des fruits frais : 8 à 11%. Cependant elle sont **déficitaires en lysine** (comme les céréales). L'arachide par exemple contient 25g de protide pour 100g.

✓ Les **graines** (courge, tournesol, citrouille, sésame) apportent aussi de **19 à 27%** de protéines, pour un apport en lipides de 50g.

✓ Les **protéines nouvelles** : Les **protéines du soja** sont utilisées sous forme de tourteaux pour l'alimentation animale. Actuellement, elles sont utilisées pour l'alimentation humaine (en substitution à certaines viandes). Les protéines du soja sont de bonne valeur biologique. Elles ont en particulier une bonne teneur en lysine (6.4 g/100g). La teneur en **Méthionine est un facteur limitant**, mais elle est compensée par une bonne teneur en cystéine (1.9 g/100g).


79

**Phénomène de complémentation**

- Protéines ingérées de nature animale:  
France 70% , Pays en voie de développement 15-25%
- Phénomène de complémentation :  
La consommation simultanée en quantités égales ( x grammes) de 2 protéines alimentaires de valeur biologique A et B équivaut, si les 2 protéines n'ont pas le même acide aminé limitant, à la consommation d'une protéine dont la valeur biologique est supérieure à  $(A+B)/2$

Ex: Riz + soja  
Semoule + pois chiches  
Maïs + haricots rouges

N.B. inter complémentation de l'œuf : VB globale est 97% (jaune d'œuf 94%, blanc 93%)

**Phénomène de complémentation**

Tableau présentant les 3 acides aminés facteurs limitants le plus souvent rencontrés dans l'alimentation :

	Présents	Facteur Limitant
Méthionine	Céréales Graines Oléagineuses (ex : noix, noisettes...)	Légumes secs Viandes Poissons
Lysine	Produits laitiers Légumes secs Viandes Poissons	Céréales Graines Oléagineuses
Tryptophane	Céréales	Légumes secs

On sait ainsi, que par exemple pour compenser l' absence de lysine dans les céréales, il faut consommer un produit laitier type yaourt

**Besoins nutritionnels en Lipides**

82

**Besoins nutritionnels en lipides**

**Rappel sur les lipides**  
Lipides = molécules organiques **insolubles** dans l'eau ( solubles dans les solvants organiques apolaires comme benzène, chloroforme, éther,...)

Les lipides s'organise sous différentes formes ?

micelle inverse

**Besoins nutritionnels en lipides**

**Lipides**

*Lipos* (grecque) = gras.

Il y a environ 25 milliards d'adipocytes dans l'organisme qui valent 90 000 kcal de réserves énergétiques, de l'ordre de six semaines de dépense.

Les lipides sont de grandes molécules biologique **apolaires**, elles forment diverses groupes de molécules **hydrophobiques**.

On peut diviser les lipides en trois grande groupes :

Les lipides simples : (C,H,O)

- Glycérides (**Triglycéride**)
- Cérides (esters d'alcool gras et d'un AG)
- Stérides (stérol → cholestérol, stéroïdes)

Les lipides complexes : (C,H,O, P, sucre...):

- Glycérophospholipides (glycérol)
- Sphingolipides (sphingosine)

84

**Besoins nutritionnels en lipides**

Les principaux lipides alimentaires sont les **triglycérides** (ils comportent un **glycérol** et trois **acides gras**) et **phospholipides**

**Mais**

**Lipides visibles**

Corps gras alimentaires (beurre, margarine, Huile, crème: sont utilisés directement pour la cuisson, assaisonnements et pour tartiner

**Lipides cachés**

Repartis en quantité plus ou moins importante dans les aliments

Pas facilement identifiable (partie intégrante dans les aliments)

Exemple: charcuterie, viandes, poissons, patisserie, gateaux, biscuits

**Rôle des lipides ?**

**Lipides**

**1. Lipides de structure**

- localisation: tissu adipeux
- Stockés sous forme de TG dans les adipocytes
- Réservoir énergétique
- Tissu adipeux joue le rôle d'un isolant thermique (homéothermie)
- Fonction endocrine: régulation de la prise alimentaire (sécrétion d'hormone)
- 15 – 20% pour l'homme, 20-25% femme

**Rôle des lipides ?**

**1. Lipides de réserve**

- localisation: tissu adipeux
- Stockés sous forme de TG dans les adipocytes
- Réservoir énergétique
- Tissu adipeux joue le rôle d'un isolant thermique (homéothermie)
- Fonction endocrine: régulation de la prise alimentaire (sécrétion d'hormone)
- 15 – 20% pour l'homme, 20-25% femme

**2. Lipides de structure**

- représente par les phospholipides, cholestérol, sphingolipides
- fluidité membranaire = échange cellulaire

**3. Lipides fonctionnels**

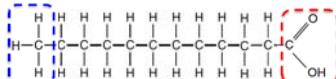
- vecteurs d'vit liposolubles (ADEK): absorption et transport dans le sang
- Précuseur de substances indispensables (hormone)
- Prévention des maladies CV, inflammatoires, cancers...



### Acides gras: définition et structure

- Le radical est constitué par une chaîne linéaire de **Carbone C** (4 à 30 C), sur chacun sont fixés des **Hydrogènes H**. La chaîne se termine à un bout par un groupe **Méthyle CH<sub>3</sub>**, sur l'autre bout, elle se termine par un **Carboxyle COOH** (porteur de la fonction acide).
- La formule chimique générale des acides gras saturés est : **CH<sub>3</sub> – (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> – COOH**
- La plupart des acides gras retrouvés à l'état naturel sont à nombre pair de carbones et à chaîne linéaire.

Exemple : Acide laurique



- La textures solides/liquide dépend de la longueur des AG : les **AG courts** (jusqu'à C10) sont **liquides**, et ceux à partir de C12 sont **solides**.
- Les Triglycérides à Chaîne Moyenne TCM (**AG ≤ C12**) sont liquides au-dessous de C10 et insolubles au-dessus.

88



### Besoins nutritionnels en lipides

#### Les types d'acides gras (selon la longueur de la chaîne carbonée)

Principaux Acides gras retrouvés à l'état naturel	
<b>saturés</b> C4:0 C6:0 C8:0 C10:0 C12:0 C14:0 C16:0 C18:0 C20:0 C22:0 C24:0 <b>monoinsaturés</b> C12:1 C14:1 C16:1 C18:1 C20:1 C22:1 C24:1 <b>polyinsaturés</b> C18:2 C18:3 C20:4 C20:5 C22:5 C22:6	<b>butyrique</b> <b>caproïque</b> <b>caprylique</b> <b>caproïque</b> <b>laurique</b> <b>myristique</b> <b>palmitique</b> <b>stéarique</b> <b>arachidique</b> <b>behénique</b> <b>lignocéique</b> <b>lauroleique</b> <b>myristoleique</b> <b>palmitoleique</b> <b>oléique</b> <b>gadoleique</b> <b>éénique</b> <b>stéaroleique</b> <b>linoléique</b> <b>α-linolénique</b> <b>arachidonique</b> <b>éicosapentaénoïque</b> <b>docosapentaénoïque</b> <b>docosahexaénoïque</b>

- AG à chaîne courte (4 à 6 C)**
- AG à chaîne moyenne (8 à 12 C)**
- AG à chaîne longue (14 à 20 C) : les + abondants dans tissus humains**
- AG à chaîne très longue (≥ 22 C)**



### Besoins nutritionnels en lipides

**AG saturés**

**Exogènes**  
Apport alimentaire (viandes, lait...)

**Endogène**  
Biosynthèse par la voie malonique

↓



- Les trois AG les plus **athérogènes** (provoque *athérosclérose*) sont : acide Laurique (C12:0), Myristique (C14:0) et Palmitique (C16:0)
- Il sont structurellement liés au cholestérol dans le sang.



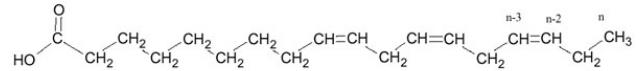
### Besoins nutritionnels en lipides

**AG insaturés**

- Les acides gras insaturés peuvent contenir entre 1 et 6 **doubles liaisons** et sont dits, selon le cas, monoinsaturés ou polyinsaturés.
- La nomenclature/classer : en mentionnant le nombre d'atomes de C, le nombre de doubles liaisons et la position de la première double liaison à partir du C terminal :

Nombre d'insaturations  
 $C\ 18:3\ \omega 3$   
 Nombre de carbones Position de la 1<sup>re</sup> insaturation à partir du méthyl terminal

Exemple :  
 L'acide  $\alpha$ -linoléique (C 18:3 ω3)



HO<sup>+</sup> C=O CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH=CH – CH<sub>2</sub> – CH=CH – CH<sub>2</sub> – CH=CH – CH<sub>2</sub> – CH<sub>3</sub>  
 n-3 n-2 n  
 n-1

La présence de la double liaison introduit une possibilité d'**isoméries** :  
 Configuration *cis* ou Configuration *trans*

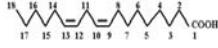
91

## Acides gras insaturés (suite)

Les acides gras insaturés sont classés, en diététique, par série et non par la longueur de leur chaîne. Il existe 4 séries principales :  $\omega 3$ ,  $\omega 6$ ,  $\omega 7$  et  $\omega 9$ .

Les acides gras monoinsaturés se rencontrent aussi bien dans le monde animal. Leur meilleur représentant dans le monde végétal est l'huile d'olive : l'acide oléique (C18:1,  $\omega 9$ ).

Les acides gras polyinsaturés (2 à 6 doubles liaisons par molécule) ; les plus importants et les plus répandus sont l'acide linoléique (C18:2,  $\omega 6$ ) et l'acide  $\alpha$ -linolénique (C18:3,  $\omega 3$ ). Ces derniers sont dit **essentiels**.

  
Acide linoléique (C18:2,  $\omega 6$ )

  
Acide  $\alpha$ -linolénique (C18:3,  $\omega 3$ )

92

## Besoins nutritionnels en lipides

**Les AG « essentiels »**

- Essentiels car ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme. Ils doivent donc être obtenus par l'alimentation. En fait, notre organisme sait fabriquer un bon nombre d'acides gras insaturés sauf deux types :

**On les trouve**  
essentiellement dans : l'huile de tournesol, d'arachide, de maïs et dans certaines viandes.

**On les trouve**  
principalement dans : l'huile de colza, de noix, de soja ou dans le poisson.

Les plus courants sont :

- AL (acide linoléique)**
- AGA (acide gamma-linolénique)
- AA (acide arachidonique)

Les plus courants sont :

- ALN (acide  $\alpha$ -linolénique)**
- EPA (acide eicosapentaenoique)**
- DHA (acide docosahexaenoique)**

**Seul l'acide  $\alpha$ -linolénique pour les  $\omega 3$  et l'acide linoléique pour les  $\omega 6$  sont Essentiels!**  
Il sont les *précurseurs* pour leurs familles

93

## Acides gras polyinsaturés (AGP)

**Acide linoléique**

Élongase, désaturase

**Acide arachidonique (C20:4 w 6)**

Lipoxygénase, cyclooxygénase

**Diverses hormones (prostaglandines)**

- inflammation, contraction muscles lisses ,
- Signalisation cellulaire
- Régulation de métabolisme
- rôle hypcholestérolémiant.

## Acides gras essentiels

**Acide alpha linolénique**  
 $\Delta 5$ -désaturase (Zn, Mg, vit. B6, B8)

**Acide stéaridionique**  
Elongase

**EPA**

**DHA**

**LT 5 / PGE 3**  
Modulation allergies et inflammations  
PGIS / TXA3  
Modulation agrégation plaquettaire

**Développement cerveau et rétine**

**Poissons gras**  
(Anchois, sardine, saumon sauvage...)  
Algues

**Métabolisme des AGPI  $\omega 3$**

- L'acide eicosapenta-énoïque (EPA): C20:5w3
- L'acide docosahexaénoïque ou DHA: C22:6 w3

95

## Besoins nutritionnels en lipides

### EFFETS SUR LA SANTE...!

- ✓ **L'inflammation** : Les  $\omega 3$  ont une action anti-inflammatoire ; diminution de la douleur chez des patients atteints de polyarthrite rhumatoïde , arthrose...
- ✓ **Les Maladies cardio-vasculaires** : Etude mis en place avec consommation régulière de poissons gras : résultat, une diminution de moitié du taux de mortalité cardiovasculaires. Ils limitent aussi la formation de la plaque d'athérome et ont un rôle antiagrégant plaquettaire
- ✓ **Grossesse** : les  $\omega 3$  sont essentiels pour le développement du système nerveux du fœtus et du nourrisson ; agit sur les fonctions neuronales.
- ✓ **La vision** : Une étude a démontré que les nourrissons ayant reçus un apport supplémentaire d'  $\omega 3$  dans leur lait ont une acuité visuelle supérieure l'âge de 2 mois.
- ✓ **Santé mentale « dépression »** : Les AGPI sont indispensables à la structure et au fonctionnement des cellules nerveuses. Etude sur patients déprimés a montré que qu'ils ont des réserves plus faibles en  $\omega 3$  qu'un sujet normal

**Besoins nutritionnels en lipides**

❑ Composition des matières grasses en acides gras saturés (AGS), monoinsaturés (AGMI), polyinsaturés (AGPI) en % des acides gras totaux.

Matières grasses	% AGS	% AGMI	% AGPI
<b>Huiles</b>			
Olive	15	76	9
Tournesol	11	24	65
Noix	10	18	72
Colza	8	62	31
<b>Beurre</b>	67	30	3
Margarine de tournesol	18	32	50
Margarine allégée	32	21	43

❑ L'**EPA** (acide eicosapentaénoïque) et le **DHA** (acide docosahexaénoïque), deux acides gras polyinsaturés de la série des w3 :

- ✓ Sont des AGPI à longue chaîne ; acide alpha linolénique est leur précurseur.
- ✓ Ils sont apportés en *faible quantité* par notre alimentation.
- ✓ Ils sont présents en abondance dans la **chair des poissons** des mers froides. Ils entrent également dans la composition de certaines huiles comme l'huile de colza ou l'huile de noix.



## Types de lipides ?

- Les lipides se trouvent généralement liés
- Peu d'acides gras libres

**1. Les lipides simples (glycérides et stérides)**

- Ce sont des esters alcool (glycerol+ acide gras)

$\text{a. 1 CH}_3\text{OH}$

$\text{b. 2 CH}_3\text{OH}$

$\text{c. 3 CH}_3\text{OH}$

Glycérol

$\xrightarrow{+ 3 \text{ AG}}$

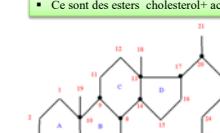
$\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO} - \text{R}_1$

$\text{R}_2 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH} \quad \text{II}$

$\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO} - \text{R}_3$

Triglycérides

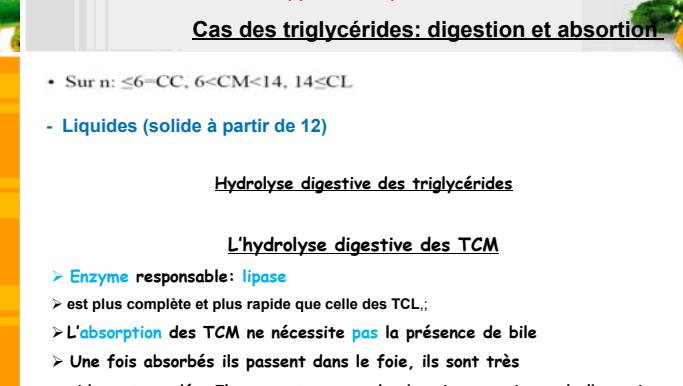
- Ce sont des esters cholesterol+ acide gras



Site d'estérification

**Lipides les plus importants**  
**Reserve énergétique importante**  
**Lipase pancréatique: monoglycéride + 2 AG**





## Types de lipides ?

### Cas des triglycérides: digestion et absorption

- Sur n:  $\leq 6 = \text{CC}$ ,  $6 < \text{CM} < 14$ ,  $14 \leq \text{CL}$
- Liquides (solide à partir de 12)**

#### Hydrolyse digestive des triglycérides

#### L'hydrolyse digestive des TCM

- **Enzyme responsable: lipase**
- est plus complète et plus rapide que celle des TCL;
- **L'absorption** des TCM ne nécessite **pas** la présence de bile
- **Une fois absorbés** ils passent dans le foie, ils sont très rapidement oxydés. Ils peuvent assurer les besoins organiques de l'organisme



# Types de lipides ?



## Cas des triglycérides a longue chaîne

➤ Se produit principalement au **niveau intestinal**

➤ les enzymes intervenant: **lipase, colipase, cholestérol esterase, phospholipase A2**

➤ Les produits absorbables: acides gras, mono glycérides, cholestérol

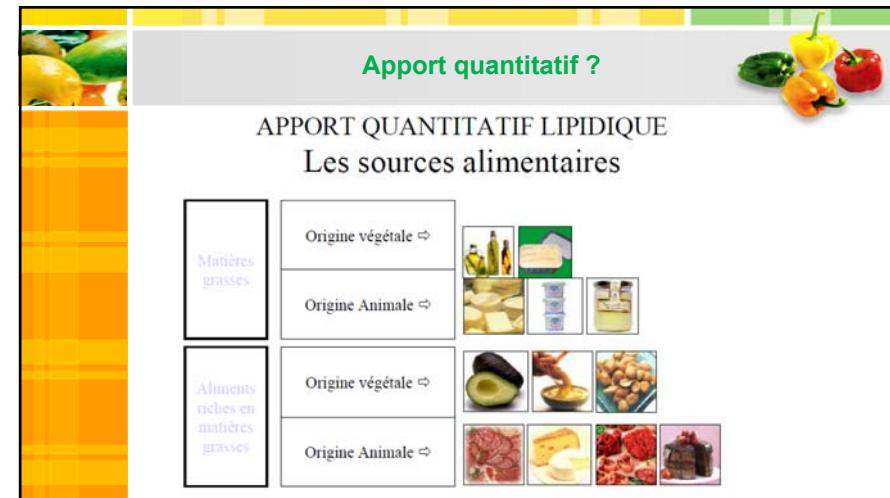
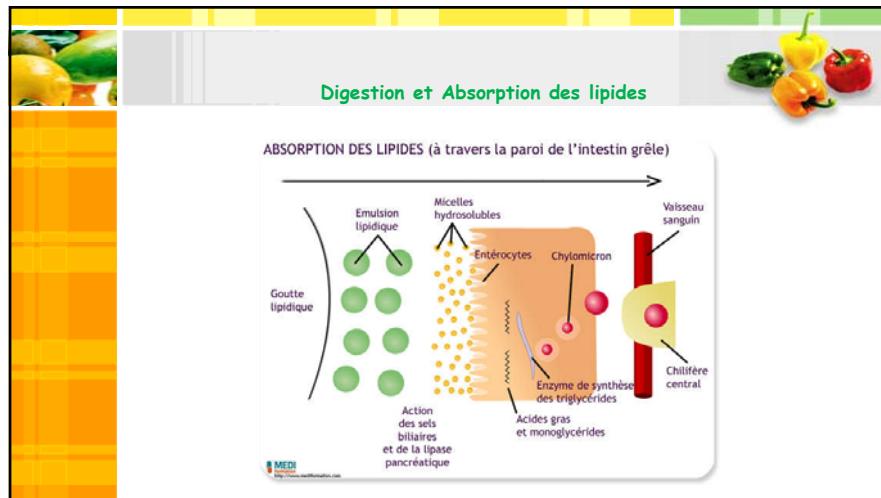
➤ Les grandes étapes de la digestion des lipides

1. **Emulsification des graisses (avec les sels biliaires)** ;

2. **Hydrolyse des lipides** ;

3. **Formation des micelles** ;

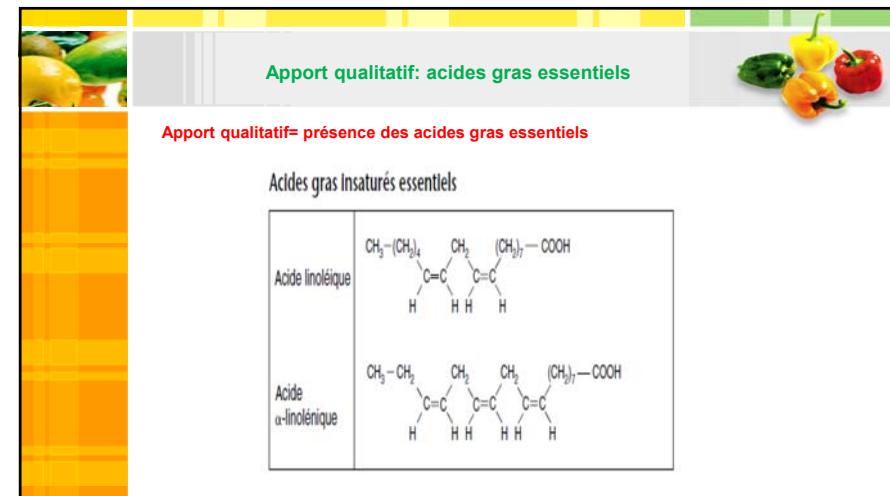
4. **Absorption par endocytose du contenu micellaire**.



**Equivalences en lipides**

**10 g de lipides**

⇒ 1 c à s. d'huile (10g)	⇒ 1 noix de beurre (15g)
⇒ 1 noix de margarine (15g)	⇒ 1 c à s. et ½ de crème fraîche à 30 % MG
⇒ 1 poignée de chips	⇒ 3 c à s. de crème fraîche à 15 % MG
⇒ ½ avocat	⇒ 30 g de camembert
⇒ 3 noix ou 5 noisettes	⇒ 20 g de gruyère
⇒ 10 olives ou 30 cacahuètes	⇒ 1 tranche de rillettes (20g)
⇒ 60g de frites	⇒ 3 tranches de saucisson



## Apport qualitatif: acides gras essentiels

### Sources alimentaires

Teneur de corps gras en acide linoléique et acide alphalinolénique

Corps gras alimentaire	Acide linoléique (C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> )	Acide $\alpha$ linolénique (C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> )
<i>Huiles et graisses végétales</i>		
Huile d'arachide	20 à 29	Traces
Huile de colza	12 à 16	7 à 9
Huile de coprah	2,5	Traces
Huile de noix	69 à 78	3 à 13
Huile d'olive	7	Traces
Huile de palme	10	"
Huile de soja	50 à 60	6 à 10
Huile de tournesol	55 à 65	Traces
Huile de maïs	45 à 50	Traces
Huile de pépins de raisins	$\geq 60$	Traces

## Apport qualitatif: acides gras essentiels

### Sources alimentaires

Graisses animales	DHA	EPA
Poisson	8 %	9 %
Graisses de porc (saindoux)	8	Traces
Graisse d'ole	6,5	"
Graisse de bœuf	2	0,5
Beurre	3 à 5	Traces
Jaune d'œuf	9	Traces
Graisse du lait	4 à 8	Traces

### Besoins nutritionnels en lipides

Besoins lipidiques

- ANC en AG : 35 - 40% de l'AET (1/4 AGS, 1/2 AGMI, 1/4 AGPI)
- ANC en  $\omega 3$  et  $\omega 6$  pour un adulte « moyen » (2000 kcal/j) :



Rapport :  $\omega 6/\omega 3 \leq 5$

C'est mieux pour la prévention du cancer et des maladies cardiovasculaires.

ANC en EPA et DHA sont pour les deux 250 mg/j (250 mg/j au total)

AL et ALN utilisent les mêmes enzymes pour la synthèse des acides gras dérivés.

Compétition

Le taux AL, précurseur des  $\omega 6$ , peut limiter la synthèse des EPA et DHA par leur précurseur ALN

Respecter !

110

### Lipides et maladies

Excès de lipides

surpoids      obésité      hypercholestérolémie...

## Besoins nutritionnels en Glucides



112

### Besoins nutritionnels en glucides

#### ☒ Définition et généralités

**Glucide** ! vient du mot grec « *glukus* » qui signifie « doux » pour sa saveur sucrée.

☒ Du fait qu'ils contiennent du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène, ces nutriments sont également nommés « hydrates de carbone » (soit carbohydrates en anglais).

☒ Plus communément, ils peuvent aussi être appelés tout simplement « sucres ».

**Dans l'organisme les glucides ont deux origines :**

- ☒ **Alimentaire directe**
- ☒ **Métabolique (par néoglucogenèse à partir des acides aminés)**

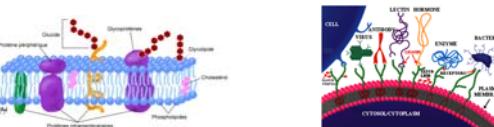
113

## Besoins nutritionnels en glucides

### Rôle

**☒ Rôle structural :**

- Éléments de soutien de la matrice extracellulaire
- Constituants de molécules complexes : A. nucléiques, nucléotides, Vitamine C...
- Les glucides liés aux protéines et aux lipides sont des molécules de reconnaissance



**☒ Rôle énergétique :**

- 40 à 50 % des calories apportées par l'alimentation humaine sont des glucides.
- Ils ont un rôle de réserve énergétique dans le foie et les muscles (glycogène).

**Contrairement** aux protéines et aux lipides, ce ne sont pas des nutriments essentiels, puisque notre corps sait les fabriquer à partir des autres nutriments.

114

## Besoins nutritionnels en glucides

### Classification chimique

**☒ Monosaccharides**

- Sont les hydrates de carbone qui ne peuvent plus être dédoublé par l'**hydrolyse**.
- Ils sont **solubles** dans l'eau, et sont pratiquement directement **assimilables**.
- Glycosylation avec la fonction amine des protéines (réaction de **Maillard**).
- Selon le nombre de carbone 3, 4, 5, 6... on nomme :

**« Trioses »**

**D-Glycéraldéhyde**

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H}=\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$$

**« Tetroses »**

**D-Ribofuranose**

$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{O} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

**« Pentoses »**

**D-Ribose**

$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{O} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

**« Hexoses »**

**D-Galactose**

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{O} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

**D-Fructose**

$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{O} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

**D-Glucose**

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{O} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

115

**Besoins nutritionnels en glucides**

**Disaccharides**

- Sont formés de deux monosaccharides de type **Hexoses**.
- La liaison entre ces deux glucoses est appelée liaison **Glycosidique**.
- Pour que la liaison se fait, une molécule d'**eau** doit être créée.
- On appelle la liaison entre deux monomères et la formation d'eau : **Condensation**.
- Trois types pouvant être produit par la combinaison de deux hexoses :

**Lactose**

**Saccharose**

**Maltose**

116

**Besoins nutritionnels en glucides**

**Synthèse du saccharose :**

Glucose + Fructose → Saccharose +  $H_2O$

Le saccharose n'est pas **réducteur** car l'union des deux oses se fait par les 2 fonctions réductrices et toute forme ouverte **aldéhyde** ou **cétone** est de fait impossible contrairement au **maltose** et au **lactose** qui sont réducteurs grâce à la liaison 1-4 qui laisse une fonction **réductrice libre**.

**Maltose**

**Saccharose**

117

**Besoins nutritionnels en glucides**

**Polysaccharides**

- Sont des longs polymères de sous-unités identiques
- Il sont peu solubles dans l'eau.
- Ils permettent le stockage de glucose (amidon et glycogène par exemple)
- Ou ils jouent un rôle structural (cellulose dans la paroi des végétaux).

**L'amidon :**

- Composé de l'**amylose** (glucose reliées linéairement) et l'**amylopectine** (ramifiée).
- L'**amylases** salivaires et pancréatiques décompose l'amidon en maltose.

**Glycogène :**

- Est un **polymère** de glucose.
- Il permet de stocker le glucose dans le foie (réserve globale) et les muscles (activités physiques).

**Amylopectine** (chaîne ramifiée)

**Amylose** (chaîne linéaire)

**La cellulose :**

- Est un **polymère** de glucose. Mais les liaisons sont différentes (**béta 1-4**). Ces dernières ne peuvent pas être brisées par les sucs digestifs.
- Ils s'assemblent les unes aux autres pour former des **fibres**.

118

**Glucose: le sucre privilégié**

La **glycogénolyse** (hydrolyse du glycogène) s'effectue dans le foie pour libérer du glucose dans le sang. La production de glycogène dans l'organisme est stimulée par l'**insuline** et sa dégradation en glucose est stimulée par le **glucagon** et l'**adrénaline**.

**Glucose**

- Il est l'élément énergétique **privilégié** des cellules.
- Sont absorption est **particulièrement rapide** : en solution lorsque le sujet est à jeun, plus des trois quarts sont absorbés en moins de 45min.
- Il existe **peu de source alimentaire** pour le glucose tant que tel ; on le trouve dans le miel et dans les fruits en petite quantité.

119



**Source de fibres alimentaires**

**Principales sources de Fibres**

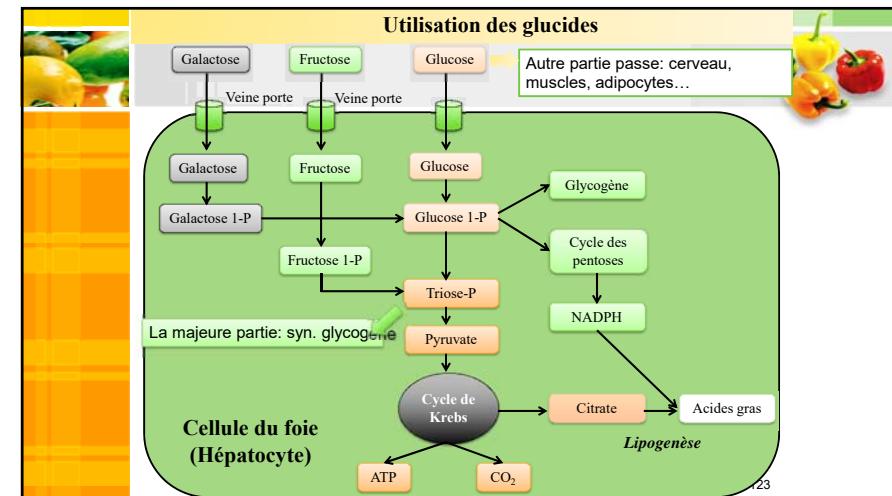
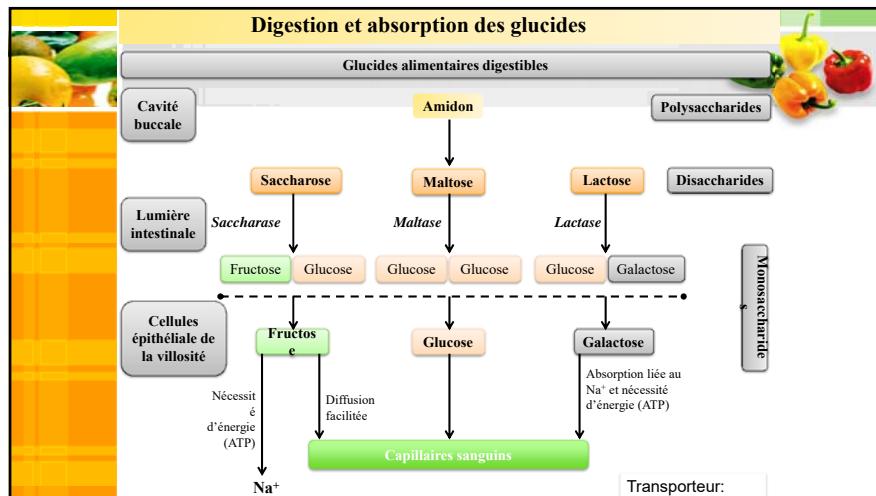
Aliments	Quantité de fibres %
Son	45
Céréales	30
Cacao en poudre	30
Farine complète	10
Fruits secs	10
Graines oléagineuses	8
Légumes secs cuits	7
Pomme de terre confiture	1,5
	1

**F. Insolubles :** céréales, légumes secs  
**F. solubles:** légumes et fruits

**Exception**

- Riz source fibre solubles
- Pruneau, pomme, poireau et figue source de fibres insolubles

**Apports recommandés: 25-30 g/jour (moitié Fibres solubles)**



**Besoins nutritionnels en glucides**

**Besoins Glucidiques**

- En règle générale, il devraient représenter **50-55 %** des apports des AET.
- Les besoins sont évalués à **5 g.kg<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>**.

 C'est rarement le cas ! Les apports **spontanés** sont souvent suffisants.

Il est préférable de consommer des aliments contenant des glucides complexes : ils sont riches en **fibres** et souvent riches en **micronutriments** (oligo-éléments et vitamines)

 Les régimes **hyperglucidiques** (> 55 % des AET) peuvent avoir des effets métaboliques défavorables en augmentant la concentration plasmatique des **triglycérides** et baissant celle du **cholestérol-HDL**. Cela provoque l'**obésité androïde**, qui fait partie du syndrome **plurimétabolique** (insulino-résistance).

124



**APPORT QUANTITATIF GLUCIDIQUE**  
**Les sources alimentaires**

- Pain, céréales et dérivés, pomme de terre et légumes secs**
- Fruits**
- Lait**
- Sucres et produits sucrés**





**Sources des glucides ?**

En pourcentage approximatif en g/100 g d'aliments avant cuisson

<i>0 % de glucides</i>	Artichaut
Fromages	Betterave
Graisses	Carotte
Œufs	Céleri
Poissons	Navet
Viandes	Petits pois
<i>5 % de glucides</i>	<i>15 % de glucides</i>
Lait	Fruits frais
Laitages	<i>20 % de glucides</i>
Légumes verts	Banane
<i>10 % de glucides</i>	Légumes secs



**Sources des glucides ?**

Pâtes	<i>55 % de glucides</i>
Pomme de terre	Pain
	Riz
	<i>75 % de glucides</i>
	Biscotte



**Production hépatique de glucose : glycogénolyse et néoglucogenèse**

➤ A distance des repas (en phase post-absorptive): manque d'apport

**Le foie :** produit du glucose (maintenir la glycémie, glucose aux organes gluco-dépendant)

**1. Glycogénolyse**

➤ **G. hépatique**

- maintien de la glycémie pendant environ **12 heures**: glycogène → hépatique glucose libéré dans la circulation sanguine
- **Réduction** de consommation de glucose: foie, muscles, tissu adipeux

➤ **G. Musculaire**

- Energie pour uniquement le muscle
- Catabolisme du glycogène musculaire

**2. Néoglucogenèse hépatique**

➤ **Commence**: épuisement des stocks en glycogène

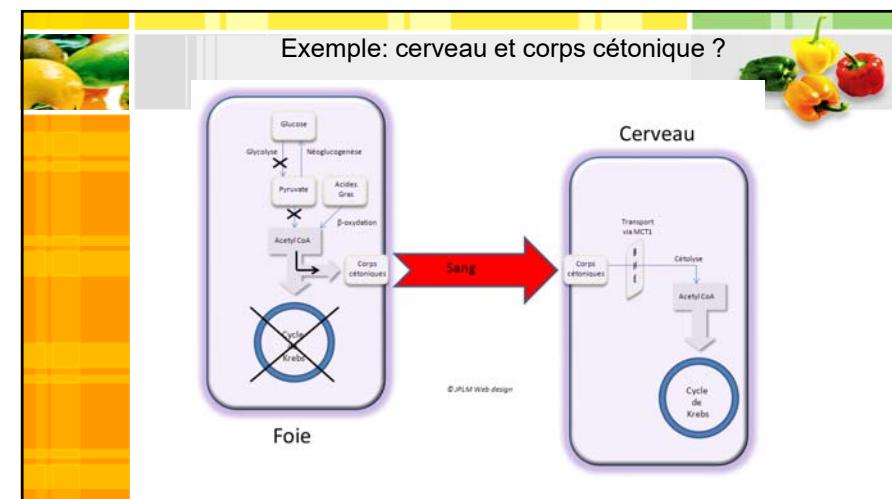
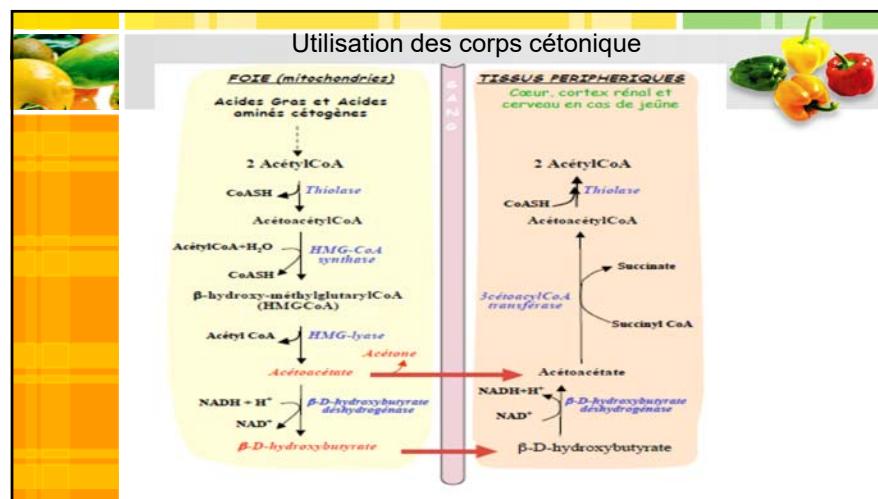
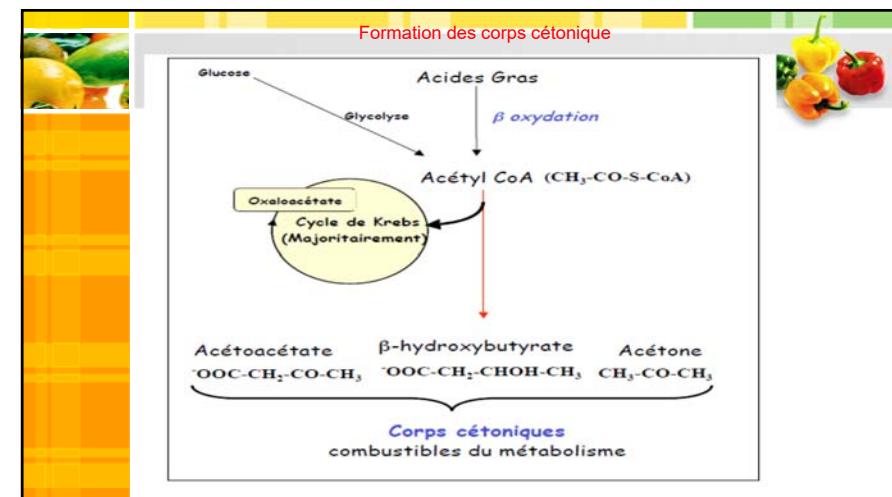
➤ **La néoglucogenèse**: la synthèse du glucose à partir de précurseurs non glucidiques: acides aminés à hauteur de 45%, lactates (30%) et glycéról (25%)

➤ Glycémie stable, organes gluco-dépendants

➤ Diminue **après 2 jours**: autre source d'énergie = **acides gras**

Pour les organes gluco-dépendant: **cétogenèse** « production des corps cétoniques »

N.B. néoglucogenèse continue faiblement



## Aspect qualitatif des glucides Notion de l'index glycémique




### Index glycémique

- est un critère de classement des aliments contenant des glucides: basé sur leurs effets sur la glycémie (taux de glucose dans le sang) après leur ingestion.
- Il permet de comparer le pouvoir glycémiant de chaque aliment, mesuré directement lors de la digestion.
- est donné par rapport à un aliment de référence, auquel on attribue l'indice 100 (glucose, pain blanc)

## Notion de l'index glycémique





- Pour les diabétiques, il faut une alimentation à IG faible
- L'Index glycémique varie selon l'aliment, en fonction du mode de cuisson et du reste du repas

## Aspect qualitatif des glucides Calcul de l'index glycémique



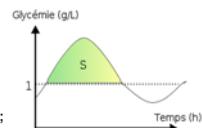

Afin de calculer l'indice glycémique d'un aliment, on rapporte la surface sous la courbe correspondant à l'aliment étudié, avec celle de l'aliment de référence :

$$IG = S \text{ aliment}/S \text{ référence} \times 100$$

- : indice glycémique de l'aliment considéré;
- : surface sous la courbe glycémie/temps de l'aliment considéré;
- : surface sous la courbe glycémie/temps de la référence.

Généralement calculé sur un temps de 2 heures

Europe: glucose comme référence  
Etats unis: pain blanc comme référence

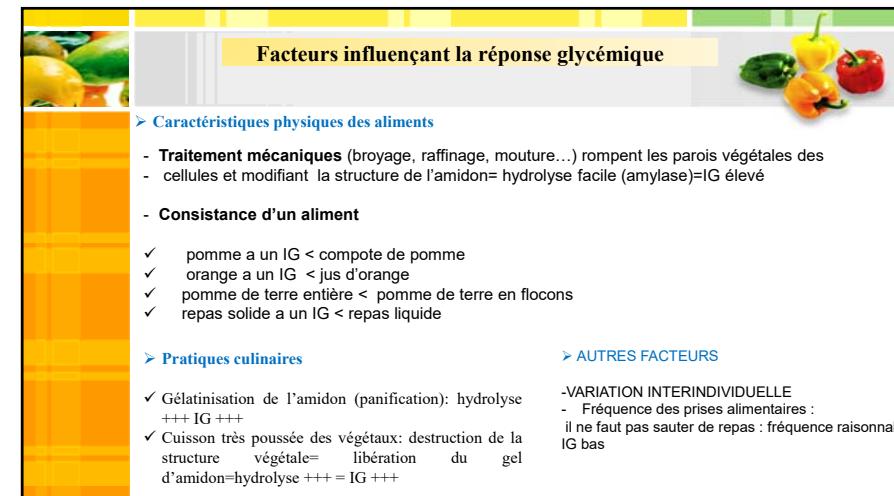
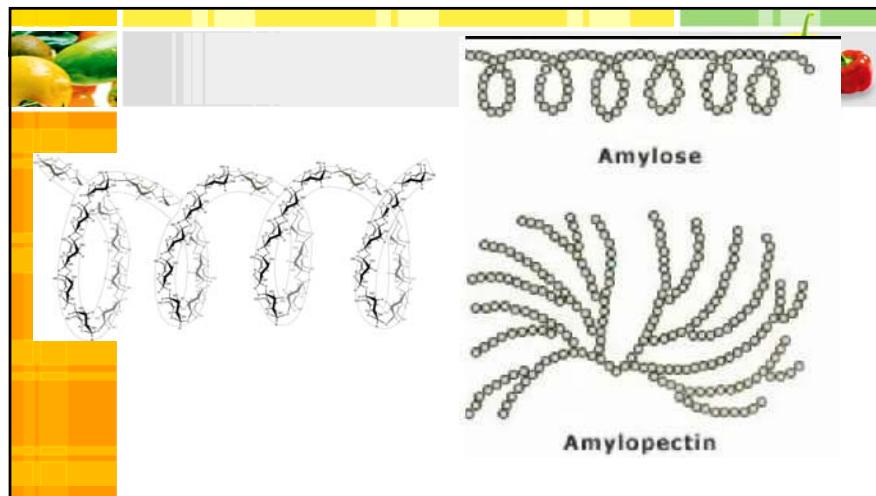
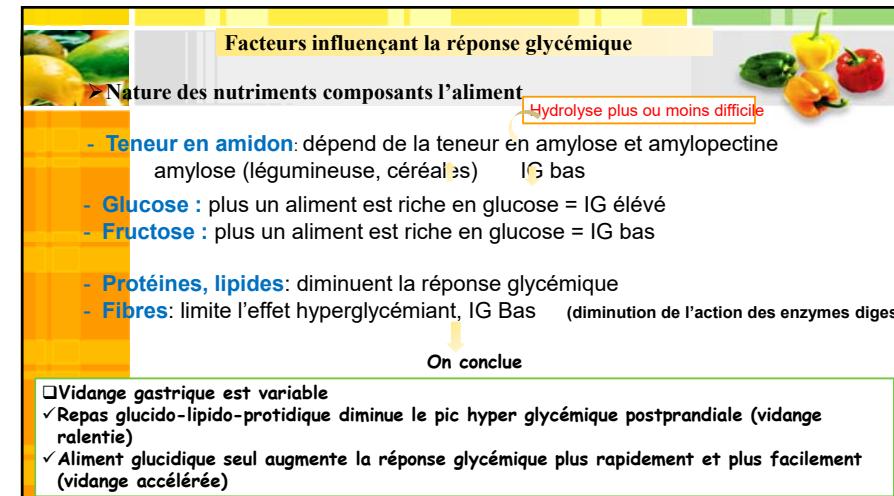
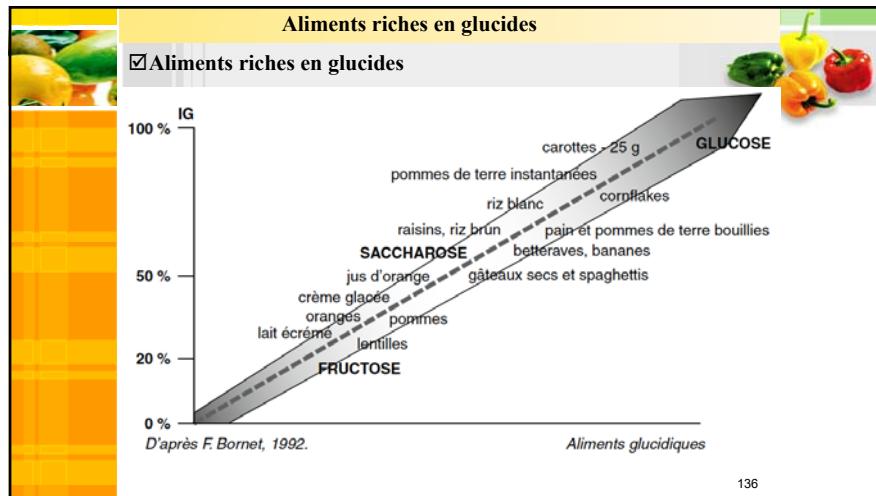


## Aspect qualitatif des glucides Notion de l'index glycémique




Glucose	100
Baguette	95 ± 15
Purée instantanée	85 ± 3
Corn flakes	81 ± 3
Pain de mie blanc	70 ± 0
Saccharose	68 ± 5
Riz blanc	64 ± 7
Soda au cola	58 ± 5
Banane	52 ± 4
Jus d'orange	50 ± 4
Spaghetti	44 ± 3
Orange	42 ± 3
Pomme	38 ± 2
Lentilles vertes	30 ± 4
Haricots blancs	29 ± 9

Source : American Journal of Clinical Nutrition



**Aliments riches en glucides**

❑ **Aliments riches en sucres simples**

- ✓ **Le sucre blanc** : On entend par sucre blanc, le **saccharose** purifié et cristallisé obtenu à partir de la **betterave** ou de **cannes** à sucre. Il contient au moins 99,6% de saccharose, avec une teneur en **sucre inverti**  $\leq 0,04\%$ .
- ✓ **Le Miel** : Par définition le miel est le denrée alimentaire produite par les **abeilles** à partir du nectar des fleurs ou de leurs sécrétions. Grâce à l'*invertase* l'abeille transforme presque tout le **saccharose** en **glucose** et **fructose**. Le miel a un **pouvoir sucrant** plus élevé (120 à 135) que le saccharose puisqu'il est très riche en fructose.
- ✓ **Les produit riches en saccharose** : Confitures (60 à 65 % de sucre) ; confiseries (bonbons, pâtes de fruit, nougats...) ; boissons douces (jus de fruit et dérivées, nectars, sodas, smoothies...) ; glaces ( $>20$ g de glucides) et sorbet (15% de saccharose minimum) ;



140

**Aliments riches en glucides**

❑ **Aliments riches en sucres complexes**

- ✓ **Les céréales et les produits céréaliers** : les **céréales** (le blé, le riz, l'orge, le maïs...) comportent en moyenne de glucides sous forme d'amidon. **Le pain complet** et le **pain blanc** contiennent respectivement 50 et 55g de glucide par 100g de pain. **Les pâtes** est une association de blé et d'eau (100kg de semoule/20 à 25L d'eau) soumise des traitement physique (tréfilage, laminage et séchage).
- ✓ **Autres céréales** : Le **Riz** est l'une des céréales les plus digestes du fait de la finesse de ses **grains d'amidon**. Le **Maïs**, malgré qu'il est carenté à la fois en lysine et en tryptophane, sont utilisation semble augmentée (farine pour le sans gluten).
- ✓ **Légumineuses** sont composées essentiellement d'amidon. Leur **IG** est bas d'où leur intérêt pour l'alimentation diabétique. **La pomme de terre** est un **fécule** en raison de sa richesse en amidon (19g/100g de glucides dont  $\approx 15$ g d'amidon).



141

**Apport recommandé en Eau , Sels minéraux et Vitamines**



142

**L'EAU**  
**La Vie**

➤ L'eau est le plus indispensable de tous les nutriments : la suppression d'apports provoque la mort (jeune hydrique 2-3 jours).

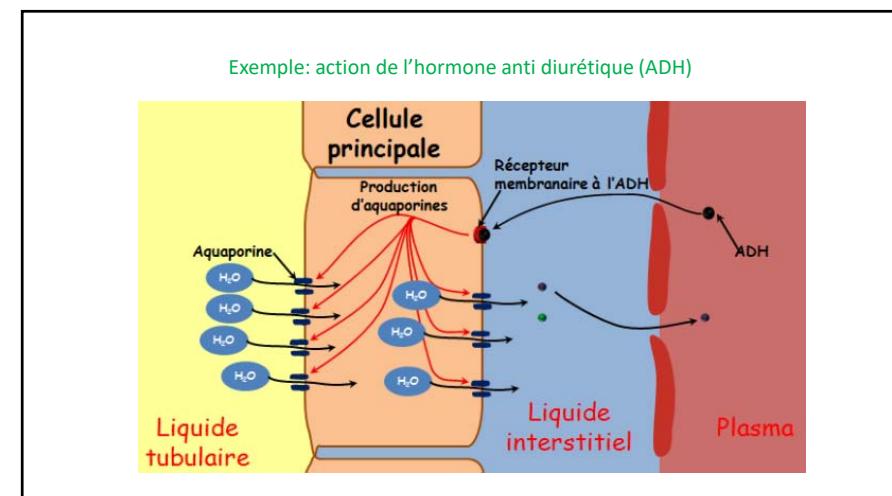
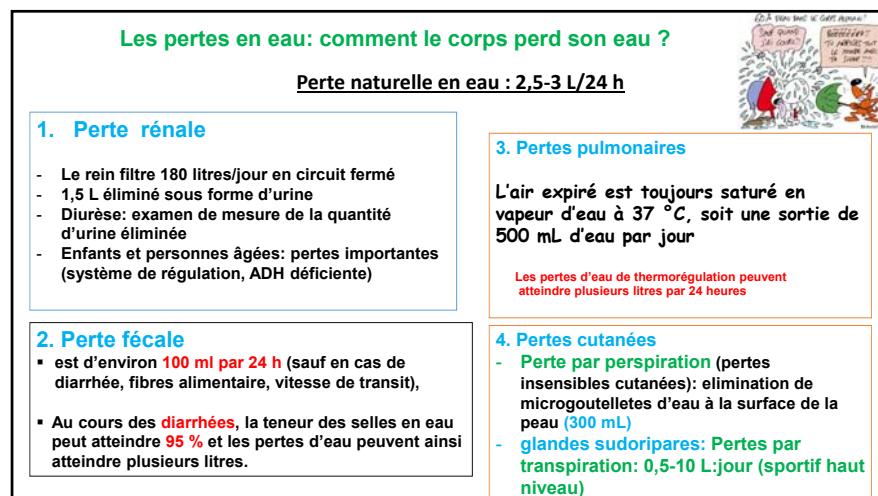
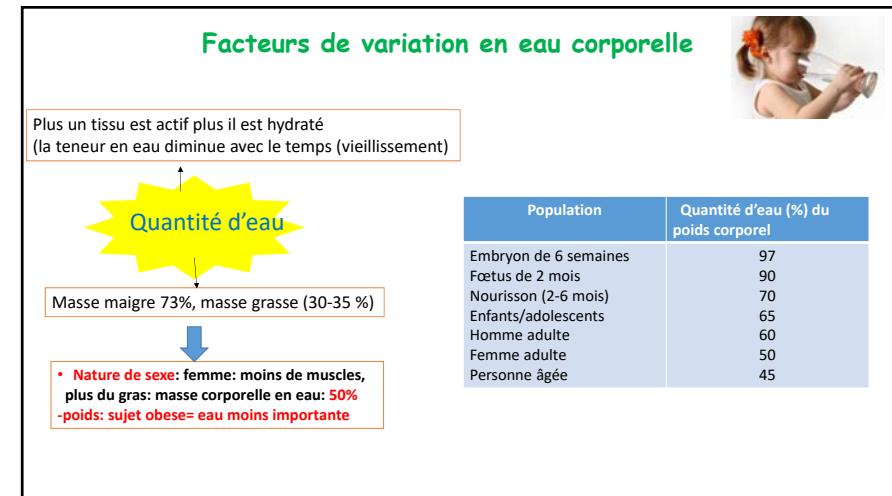
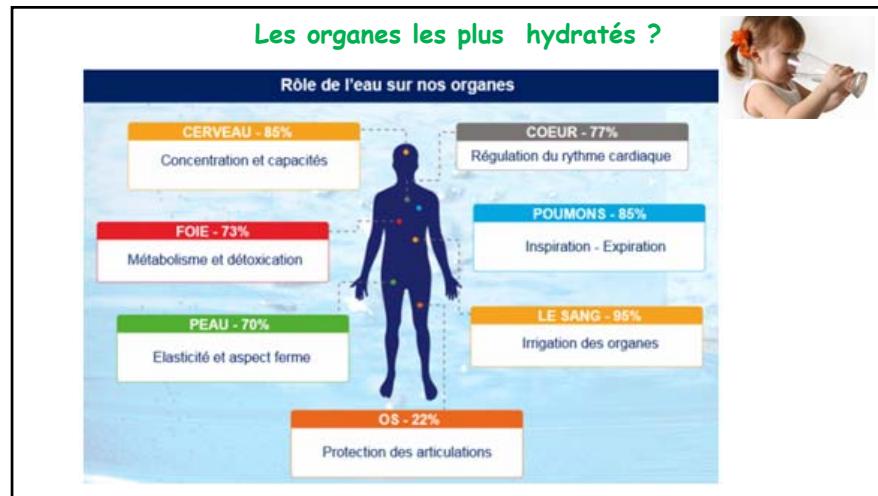
Perte  $>15\%$  de son poids en eau = possibilité de la mort

➤ % d'eau dans l'organisme : moyenne 60% (42 L pour un adulte 70 kg)

➤ Eau arrive dans le sang dans 5 min

**Répartition de l'eau dans l'organisme ?**

Eau plasmatique	3	Eau extracellulaire	19
Eau interstitielle	8,5	Eau intracellulaire	23
Eau des tissus de soutien	7,5	Eau totale	42 kg



### Facteurs de variation des pertes en eau ?

Facteurs environnementaux: sécheresse de l'air, température

Facteurs physiologiques: activité physique (travail musculaire=chaleur, la croissance, allaitement, grossesse)

Facteurs pathologiques: fièvre, diarrhées, vomissements, polyurie

N.B. Une **polyurie** consiste en une augmentation du volume quotidien des urines, généralement au-delà de 50 ml/ kg/ 24 heures ou 3 l/ 24 heures, obligeant fréquemment le patient à se lever la nuit (nycturie)

➤ **Polyurie:**

- Diabète insipide: manque de sécrétion d'ADH, résistance à l'ADH
- Diabète sucré (type I et II): au dessus d'une glycémie de 1,8 g/l, les reins ne peuvent pas réabsorber le sucre, alors le sucre est éliminé dans les urines (glycosurie augmente), mais cela crée une pression osmotique qui cause l'augmentation du volume d'urine.

Comme conséquence: pour compenser cette perte; les centres de soif interviennent= dyspie

Syndrome polyuro-polydispie

### Besoins en l'eau

#### Besoins

- Les besoins en eau chez un sujet placé dans une atmosphère à 20 °C à moitié saturée de vapeur d'eau sont de l'ordre d'1 mL/kcal, soit approximativement 2 L/j.

Pour des nourrissons et enfants: 1,5 ml/Kcal

- Ils augmentent si le sujet est fébrile, s'il effectue un travail intense, si la température extérieure est plus chaude, si l'air est plus sec.

### Besoins en eau ?

➤ L'eau est le plus indispensable de tous les nutriments : la suppression d'apports provoque la mort (jeune hydrique 2-3 jours).

Perte >15% de son poids en eau = possibilité de la mort

#### Apport: L'apport à une triple origine

eau de boissons : en moyenne de 1 à 1,5 l par 24 h

Eau métabolique ou eau de synthèse :

- 1 g de glucides : 0,6 ml d'eau,
- 1 g de protéines 0,4 ml,
- 1 g de lipides 1,07 ml.

Au total, approximativement 120 ml par 1 000 calories métabolisées, soit 200 à 300 ml par 24 h.

### Teneur en eau de quelques aliments

FRUITS .....	LAITAGES ET ŒUFS .....
Avocat, banane, olive .....	70 à 75 %
Abricot .....	75 à 80 %
Citron et melon .....	90 %
Moyenne autres fruits .....	80 à 85 %
.....	87 %
.....	75 %
.....	51 %
.....	35 %
.....	15 %
LÉGUMES .....	AUTRES .....
Pomme de terre, petits pois.....	75 %
Moyenne autres légumes .....	90 à 95 %
VIANDES .....	.....
En moyenne .....	60 %
.....	35 %
.....	33 %
.....	6 %
.....	2 %
.....	0 %

## Pourquoi doit-on boire de l'eau ?

L'eau dissout et véhicule toutes les substances en les transportant à l'intérieur et à l'extérieur de chaque cellule et d'une cellule à l'autre. = **rôle de solvant et transporteur**

Toutes les réactions cellulaires ont besoin d'eau .= **rôle métabolique**

glucose + eau  $\longrightarrow$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + énergie

L'eau contribue à la régulation thermique : quand la température du corps s'élève, la transpiration le rafraîchit= **rôle thermique** .

L'eau élimine une grande partie des déchets métaboliques dans les urines: Le sang passe en permanence dans les reins où il est filtré : la plus grande partie de l'eau est réabsorbée, retournant ainsi dans le circuit général mais une petite quantité entraîne les éléments qui sont à éliminer : ce sont les urines.

L'eau est la principale composante du liquide céphalorachidien qui protège le cerveau, et du liquide amniotique qui protège le fœtus: **rôle de protecteur**

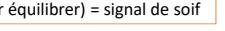
L'eau contribue à la construction de l'organisme (enfant): **rôle plastique**

## Alerte besoin d'eau: soif ?

➤ Besoin d'eau est exprimé par la sensation de soif = **comportement dipsique**

Mécanisme de la soif

1. Soifs primaires ou vitales
  - Origine intracellulaire :

perte d'eau  Concentration en sel dans le milieu extracellulaire augmente  Déshydratation intracellulaire (pour équilibrer) = signal de soif  Besoin en eau douce faiblement minéralisée
- Origine extracellulaire : qdt perte simultanée en eau et en sel : un autre détecteur et déclencheur se met en place afin de remplir l'espace extracellulaire **Besoin en eau fortement minéralisée**
2. Soifs secondaires reflexe: sans stimulus du corps

N.B. sensation du soif = début de déshydratation

## Besoin en oligoéléments: cas des vitamines

Les Vitamines : amines nécessaires à la vie (mais pas toutes des amines)

- Les **vitamines** sont des nutriments indispensables jouant un rôle fonctionnel.
- **Présentes** dans les aliments
- elles ne subissent **pas de modifications** notables dans le TD.
- l'homme **ne** peut pas les **synthétiser** (les végétaux et microorganismes)
- les vitamines n'ont aucune **valeur** ni protéique, ni **énergétique** et doivent être présentes dans la ration alimentaire à doses faibles.

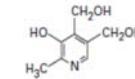
## Besoin en oligoéléments: cas des vitamines

➤ **Structure chimique différente et spécifique pour chaque vitamines**  
= **spécificité de leur action métabolique**

➤ **présence dans leur structure des noyaux hétérocycles:** ce qui rend leur biosynthèse difficile

➤ **Selon leur solubilité:**

- les **vitamines hydrosolubles**, avec le groupe des **vitamines B**, sont présentes dans certains fruits et légumes, les levures et des produits animaux (foie, lait, etc.) ;
- les **vitamines liposolubles** accompagnent habituellement les corps gras, mais sont aussi présentes dans des produits animaux et/ ou végétaux.ex.**A.D.E.K.**



 **Sensibilité et fragilité des Vit: chaleur, UV, oxydation**

**Exemples de vitamines hydrosolubles**

Nicotinamide (vitamine B<sub>3</sub>)

Pyridoxine (vitamine B<sub>6</sub>)

Acide L ascorbique (vitamine C)

Pterine

Acide para-aminobenzoïque

Acide glutamique

Acide folique (vitamine B<sub>9</sub>)

**NOMENCLATURE**

Molécule	Abréviation
<b>VITAMINES HYDROSOLUBLES</b>	
Thiamine	Vitamine B1
Riboflavine	Vitamine B2
Acide pantothénique	Vitamine B5
Pyridoxine	Vitamine B6
Niacine	Vitamine PP ou B3
Acide folique	Vitamine B9
Cobalamine	Vitamine B12
Acide ascorbique	Vitamine C
Biotine	Vitamine H ou B8
<b>VITAMINES LIPOSOLUBLES</b>	
Rétinol	Vitamine A
Calciférol	Vitamine D
Tocophérol	Vitamine E
Phytométhadione	Vitamine K1

**Source exogène**

**ORIGINE**  
Essentiellement **exogène** = alimentaire

- Vitamines hydrosolubles**

B<sub>12</sub> (cobalamine)

B<sub>8</sub> (biotine)

B<sub>1</sub> (thiamine)  
B<sub>3</sub> (niacine ou PP)  
B<sub>5</sub> (acide pantothénique)  
B<sub>6</sub> (pyroxidine)

B<sub>2</sub> (riboflavine)

B<sub>9</sub> (acide folique)

C (Acide ascorbique)

**Source exogène**

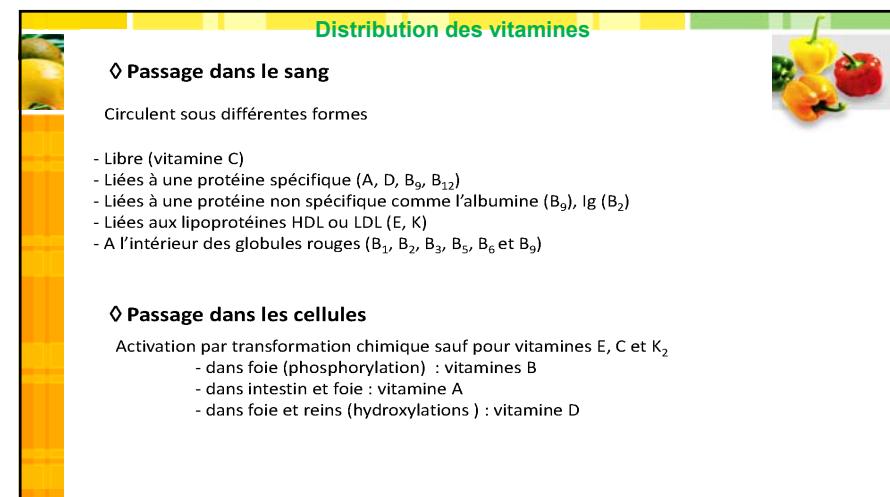
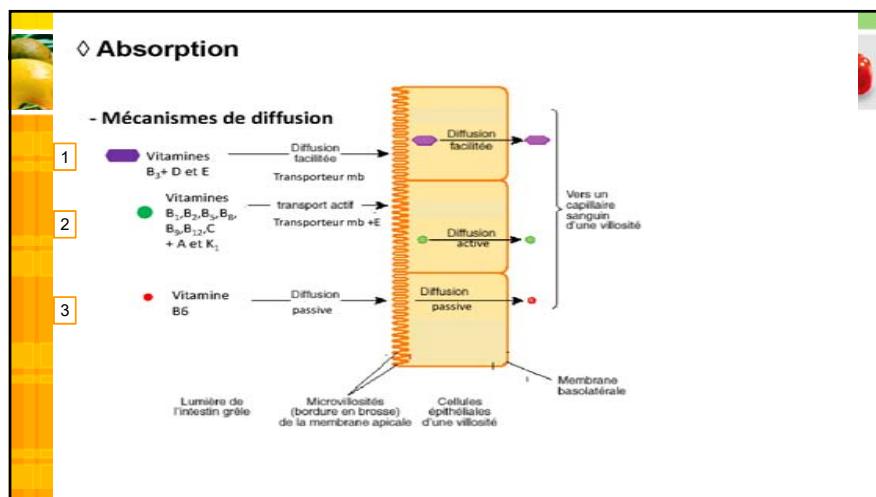
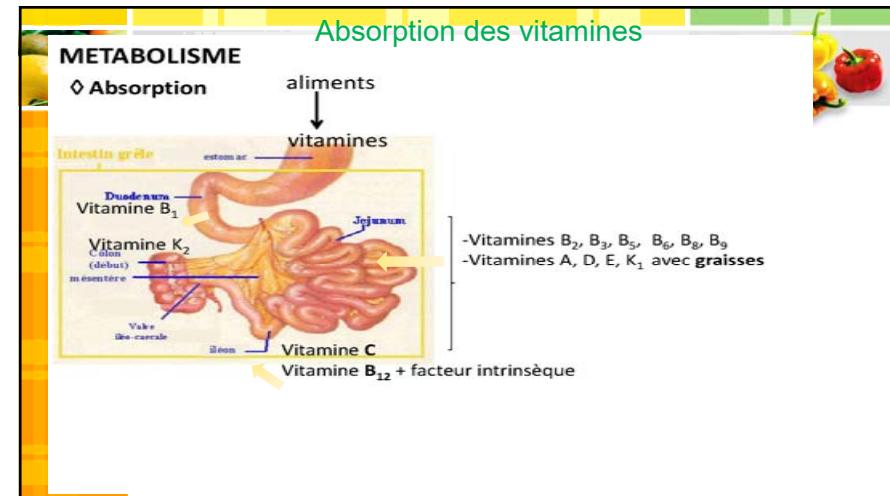
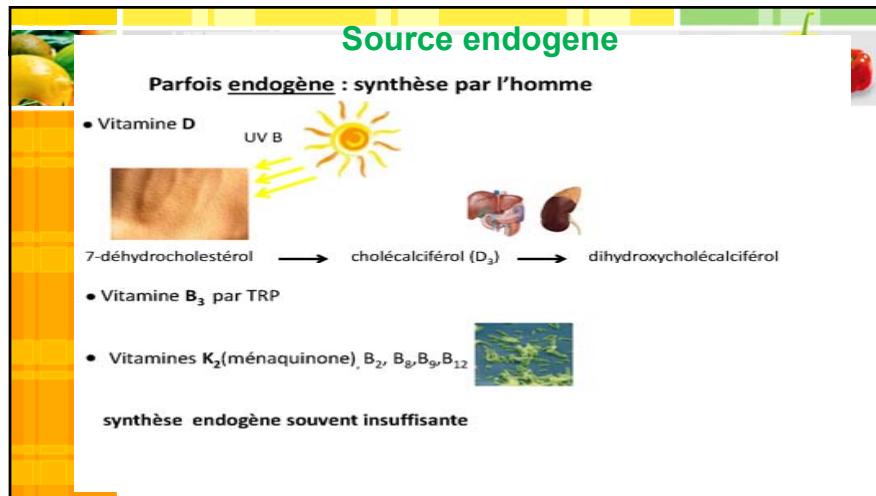
- Vitamines liposolubles**

D (cholécalciférol)  
30-40% des apports

A (esters de rétinol) (β-carotène)

E (tocophérol)

K<sub>1</sub> (phyloquinone)



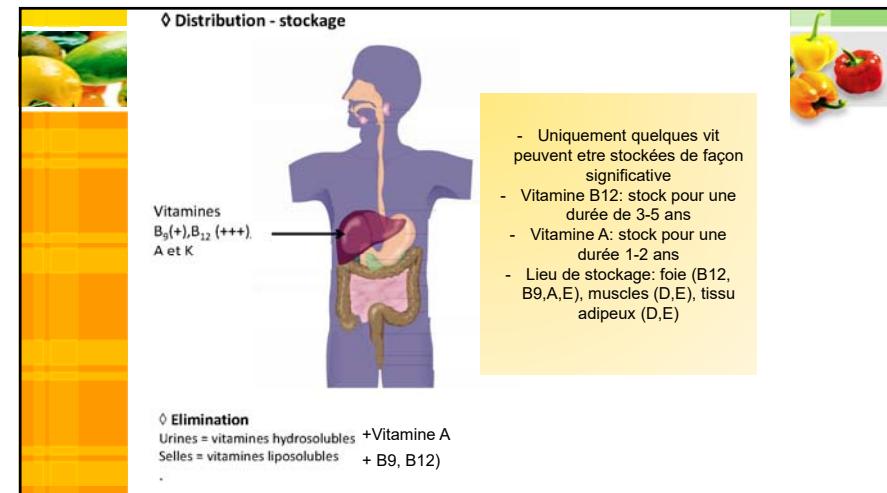
Exemple de transformation des vitamines dans les cellules	
molécules vitaminiques	Formes actives
Thiamine (B1)	Thiamine DP, ou PP de Thiamine Thiamine triphosphate (TPP)
Riboflavine	Flavine (FMN), (FAD)
Niacine ou Acide Nicotinique	NAD <sup>+</sup> / NADP <sup>+</sup>
Acide Pantothénique	Coenzyme A, acyl carrier protein
Pyridoxine	Phosphate de pyridoxal (PP)
Biotine	Enzyme à carboxybiotine
Acide Folique	Tétrahydrofolate (THF)
Cobalamine	Méthylcobalamine et Déoxyadénosylcobalamine

19

Exemple de transformation des vitamines dans les cellules	
Molécules vitaminiques	Formes actives
Acide Ascorbique	Acide Ascorbique
Réthanol (et ses esters)	Réthanol (régulation expression génique) Réthinal (rhodopsine) Acide réthinoïque (glycosylation)
Calciférol	1,25-dihydroxycholécalciférol 1,25(OH)2D3
Tocophérol	D-alpha-tocophérol + autres dérivés
Phylloquinone ou Phytoménaïdine	Hydroquinone (vitamine K réduite)



Exemple de transformation des vitamines dans les cellules	
Molécule	Formes actives
Thiamine (Vit B <sub>1</sub> )	Thiamine diphosphate (Thiamine pyrophosphate)
Riboflavine (Vit B <sub>2</sub> )	Flavine Mononucléotide (FMN) Flavine Adénine Dinucléotide (FAD)
Acide pantothénique (Vit B <sub>5</sub> )	Coenzyme A
Pyridoxine (Vit B <sub>6</sub> )	Phosphate de pyridoxal
Niacine (Vit B <sub>3</sub> )	Nicotinamide Adénine Dinucléotide (NAD <sup>+</sup> ) NAD Phosphate (NADP <sup>+</sup> )
Acide folique (Vit B <sub>9</sub> )	Tétrahydrofolate
Cobalamine (Vit B <sub>12</sub> )	Méthylcobalamine Déoxyadénosylcobalamine
Acide ascorbique (Vit C)	Acide ascorbique
Biotine (Vit B <sub>7</sub> )	Enzyme à carboxybiotine
Réthanol (Vit A)	Réthanol (régulation expression génique) Réthinal (rhodopsine) Acide réthinoïque (glycosylation)
Calciférol (Vit D)	1,25-dihydroxycholécalciférol 1,25(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
Tocophérol (Vit E)	D-alpha-tocophérol + autres dérivés
Phytoménaïdine (Vit K <sub>3</sub> )	Hydroquinone (vitamine K réduite)



### Rôle des vitamines

✓ Fonction Co enzymatique : vitamine sont impliqués dans pas mal de réactions métaboliques

Enzyme = coenzyme + partie protéique (apoenzyme)

Enzyme active

Si le coenzyme est lié par une liaison covalente, il sera dénommé « groupement prosthétique »

Rappel des enzymes: oxydoréductases, transférases, ligases, hydrolases,

substrat  $\xrightarrow[\text{coenzyme}]{\text{enzyme}}$  produit

Substrate

Apoenzyme (protein portion, inactive)

Cofactor (nonprotein portion, activator)

Coenzyme

Holoenzyme (whole enzyme), active

### Rôle des vitamines

✓ Fonction Co enzymatique : vitamine sont impliqués dans pas mal de réactions métaboliques

Enzyme = coenzyme + partie protéique (apoenzyme)

Enzyme active

EXEMPLE: PYRUVATE CARBOXYLATE (coenzyme = biotine = partie prosthétique) (métabolisme des glucides)

pyruvate  $\xrightarrow[\text{Mg}^{++}]{\text{ATP}, \text{biotin}, \text{CO}_2}$  oxaloacétate

Glucose 6 phosphate  $\rightarrow$  Glucose

Glycolyse

Pyruvate

Acetyl CoA

Oxaloacétate

Glucose 6 phosphate

Néogluco-génèse

Acides gras

Corps cétoniques

Citrate

Cycle de Krebs

Biotine: joue le rôle de transport de CO<sub>2</sub>

E. Jazrawi (2008)

Liaison covalente (entre -COOH de la chaîne latérale de la biotine et -NH<sub>2</sub> d'une lysine de l'apoenzyme) à un résidu lysine

Biotine en rouge

### Rôle de coenzymes

Transfert de groupements

- Aldéhydes : Vitamine B<sub>1</sub>
- Acyles = Vitamine B<sub>5</sub>
- Méthyles = Vitamines B<sub>9</sub> et B<sub>12</sub>
- Carboxyles = Vitamine B<sub>8</sub>
- Amines = vitamine B<sub>6</sub>

Métabolisme énergétique

Transfert de protons et d'électrons

- Vitamine B<sub>2</sub> (FAD)
- Vitamine B<sub>3</sub> (NAD)

Action sur le métabolisme cellulaire

- Métabolisme glucidique
- Métabolisme des AG
- Synthèse des nucléotides + maturation des érythrocytes
- + synthèse de la méthionine à partir de l'homocystéine
- Métabolisme des AA + AG + néogluco-génèse
- Métabolisme des AA + synthèse des neurotransmetteurs
- Métabolisme des AA et purines
- Métabolisme des glucides, lipides et protéines

**Rôle des vitamines ?**

**Stabilisation des membranes:** il s'agit notamment de la vitamine E qui protège les AGPI membranaires de l'oxydation

**Fonction antioxydante:** A, C, E

Chemical structures and reactions:

- Alpha Tocopherol (Vitamin E): CC[C@H]1[C@H](CC[C@H]1O)[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O
- Vitamin C: O=C[C@H]1OC(O)=C[C@H]1O
- Reaction:  $\text{Ascorbic acid} + 2 \text{H}^+, 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Dehydroascorbic acid}$
- Chemical structures: Acide L-ascorbique ou vitamine C, Acide L-dehydroascorbique, Tocopheroxyl Free Radical (Oxidized Vitamin E)
- Credit: E. Jaspard (2009)

**Rôle des vitamines ?**

**Fonction hormonale: vitamine D = minéralisation des tissus osseux**

- homéostasie du calcium et des phosphates
- Active la transcription du gène codant pour le **calcium building protein**, protéine captant calcium dans le duodénum

Chemical structures:

- Vitamine D<sub>2</sub> (Ergocalciferol): CC[C@H]1[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O
- Vitamine D<sub>3</sub> (Cholecalciferol): CC[C@H]1[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O
- 1,25 dihydroxycholecalciferol (Calcitriol): CC[C@H]1[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O

(Origine végétale) (Origine animale) (Forme active)

**Rôle physiologique de quelques vitamines**

**Vitamin A**

Chemical structures and sources:

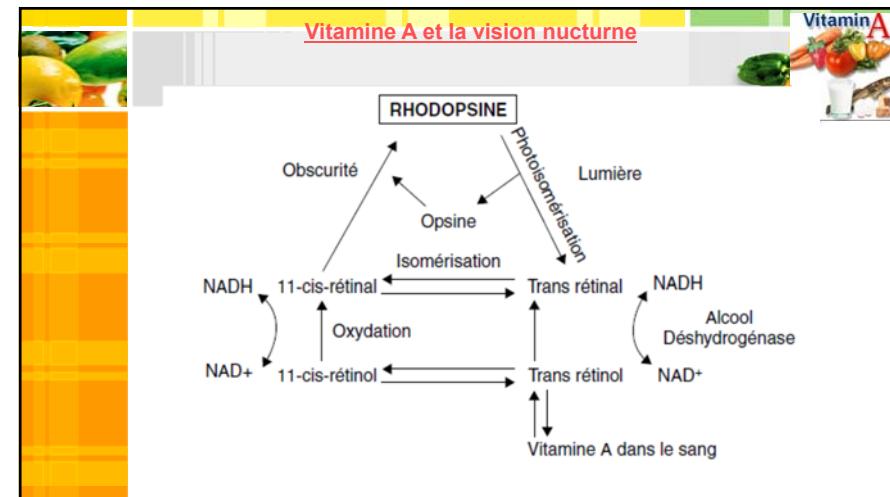
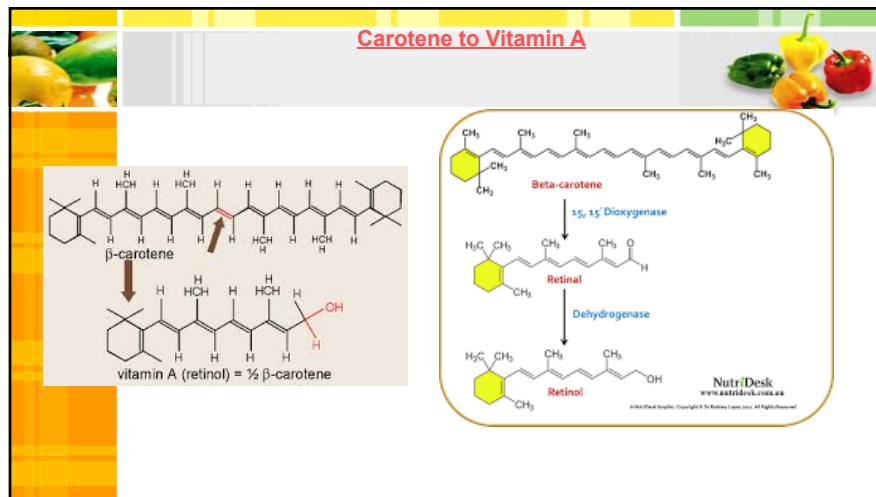
- Vitamin A: CC[C@H]1[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O
- Carotenoïdes (végétal) (Provitamine): CC[C@H]1[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O
- Retinol (Vitamin A): CC[C@H]1[C@H]2[C@H]3[C@H]2[C@H]4[C@H]3[C@H]5[C@H]4[C@H]6[C@H]5[C@H]7[C@H]6[C@H]8[C@H]7O

Sources alimentaires: pour le **rétinol** (Foie et huile de foie, lait et produits laitiers gras, beurre, poissons gras, œufs) pour les **carotenoïdes** (carotte, abricot...)

**Vitamin A**

**Rôle:**

- une bonne **vision**, en particulier en situation de lumière crépusculaire: participe à la transmission de l'influx nerveux par le nerf optique jusqu'au cerveau
- Elle participe également au maintien en bon état de la **peau** et des muqueuses.
- elle a une action sur le **système immunitaire**, la **différenciation** et la **croissance** cellulaire.
- Protection** des membranes (carotenoïdes peuvent agir comme **antioxydant**)



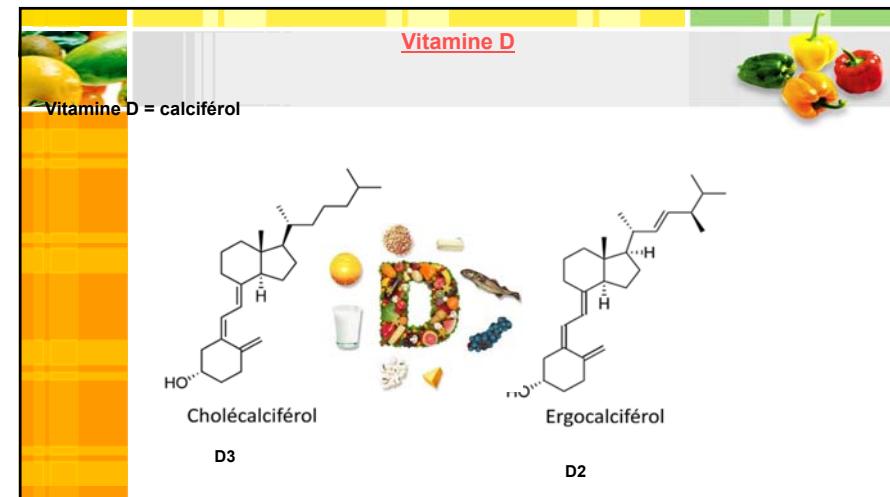
**Vitamine A et besoin**

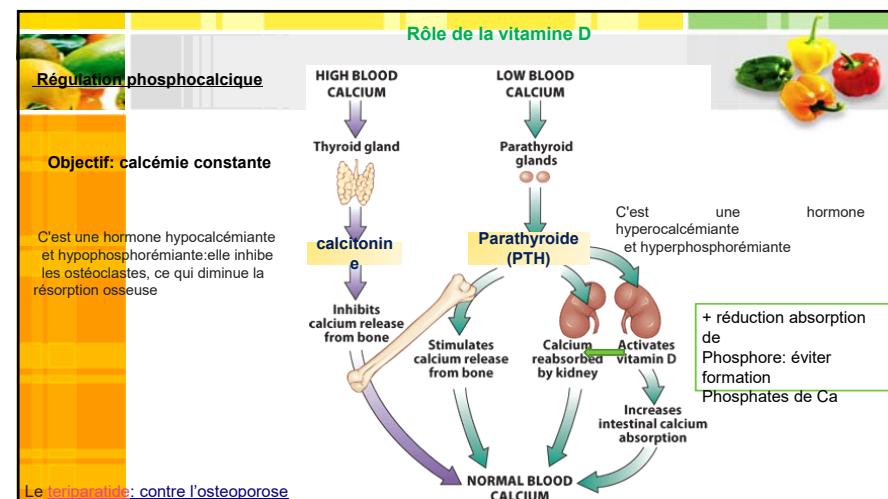
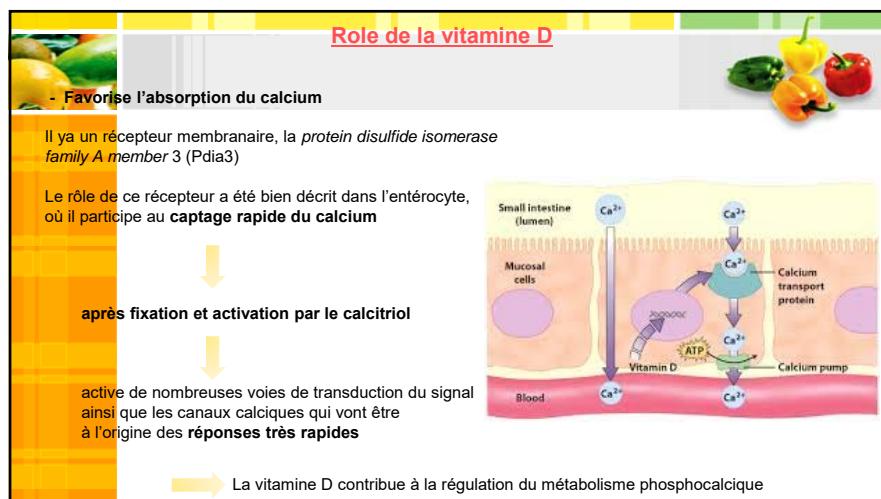
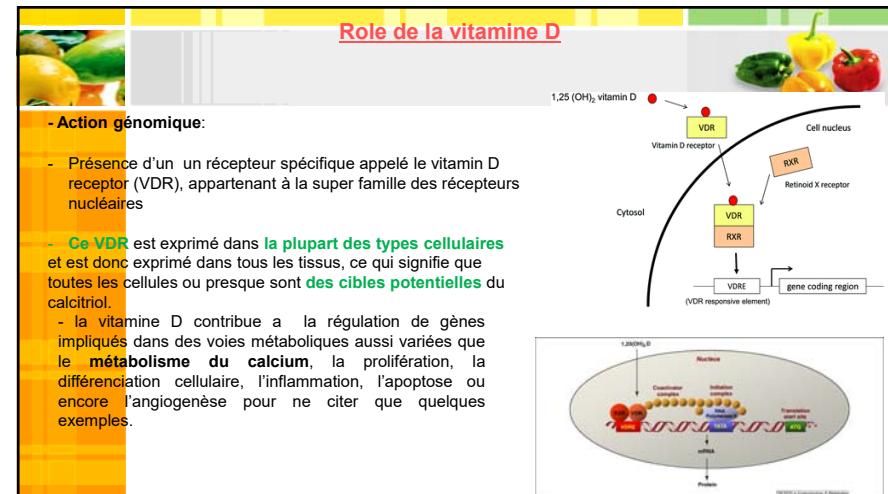
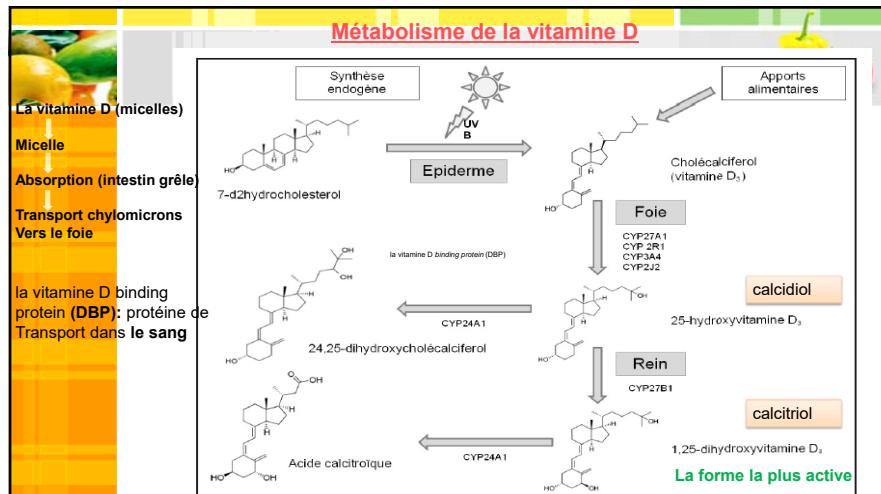
**ANC:** l'activité vitaminique est exprimé en  $\mu\text{g}$  ou équivalent rétinol (ER) ou unités internationales

**Besoins en vitamine A**

Nourrisson jusqu'à 3 ans	400 ER/j
4 ans à 9 ans	600 ER
Adolescent	8 00 à 1 000 ER
Homme	1 000 ER
Femme	800 ER
Femme enceinte, allaitante	1 200 à 1 400 ER

1 ER = 3,3 UI

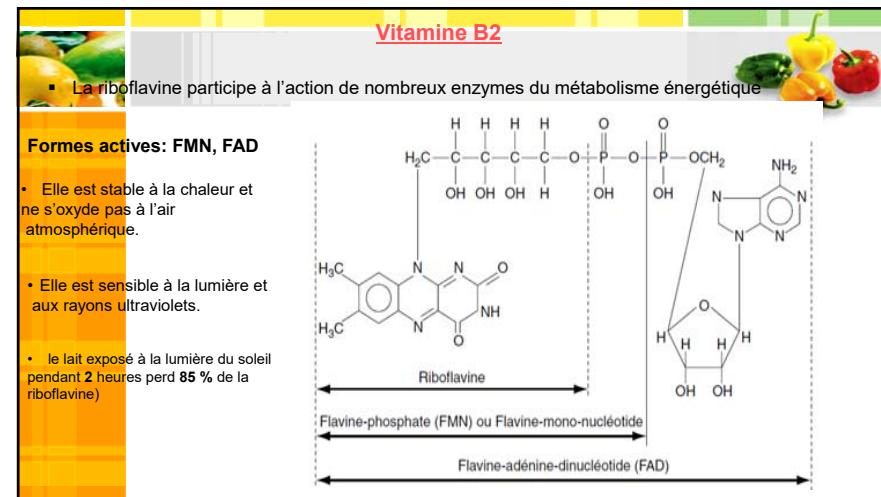




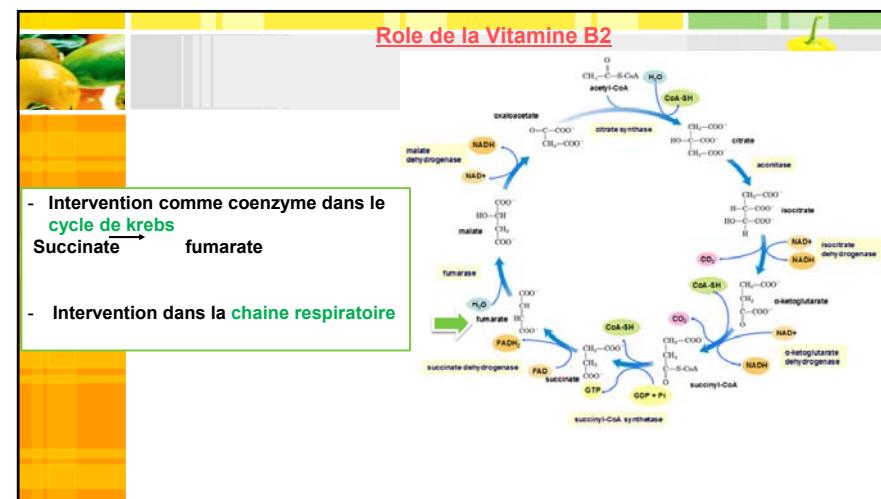
Besoin vitamine D		
Tranche d'âge	ANC (µg/jour)	ANC (UI/jour)
Enfants (1 à 3 ans)	10	400
Enfants (4 à 12 ans)	5	200
Adolescents (13 à 19 ans)	5	200
Adultes	5	200
Personnes âgées	10 à 15	400 à 600
Femmes enceintes et allaitantes	10	400

Source alimentaire de la vitamine D		
Aliments	Vitamine D <sub>3</sub> (µg/100 g)	Vitamine D <sub>3</sub> (UI/100 g)
Huile de foie de morue	250	10 000
Saumon, Hareng, Anchois	12-20	480-800
Sardine, Maquereau	8-12	320-480
Thon	4-7	160-280
Foie de veau	2-3	80-120
Jaune d'oeuf	2-3	80-120
Laitages enrichis	1,25	50
Beurre	0,6-1,5	24-60



Vitamine B2		
Teneur en vitamine B <sub>2</sub> en mg/100 g de substance comestible		
<b>Besoins en riboflavine (en mg/j)</b>		
Homme	1,2	
Femme	1,5 (grossesse: 2; allaitement: 2,5)	
Enfant (selon l'âge)	0,6 à 2,5	
<b>Fruits</b>		
Avocat	0,13	Lait de brebis
Datte séchée	0,10	Fromage (camembert)
Figue	0,08	Lait de vache
Abricot	0,05	Levures et farines
<b>Légumes</b>		
Persil	0,28	Levure de boulanger
Lentilles	0,25	Grain de blé
Haricots blancs secs	0,22	Germe de blé
Épinards	0,20	Farine de blé
Endive	0,20	Veau (foie)
Asperge	0,19	Bœuf (foie)
		3,12
		2,9



**Role de la Vitamine B2**

- Intervention dans l'oxydation des acides gras

- Intervention dans la désamination oxydative des acides aminés

**CYTOPLASME**

Acide gras + CoA → Acyl-CoA

Acyl-CoA + FAD → Acyl-carnitine + FADH<sub>2</sub>

Acyl-carnitine → trans-2-Enoyl-CoA

**MITOCHONDRIE**

Acyl-carnitine → Acyl-CoA

Acyl-CoA → Acetyl-CoA

Acetyl-CoA → Béta-hydroxyacetyl-CoA + NAD<sup>+</sup> → Béta-cetoacetyl-CoA + NH<sub>3</sub> + NADH

Béta-cetoacetyl-CoA → Acetyl-CoA + FAD → Acyl-CoA

Déshydroacetyl-CoA → H<sub>2</sub>O + NADH → Béta-hydroxyacetyl-CoA

www.takween.com

**Vitamine B8 = vitamine H = Biotine**

**Structure :** double noyau. Il existe deux isomères de formule

- La  $\beta$  biotine possède une activité vitaminique
- Biotine stable à la chaleur, sensible à l'O<sub>2</sub> et UV
- Dans la nature: soit libre, soit liée à la lysine (biocytine)
- ou a des apoprotéines
- ANC: difficile à déterminer (la flore intestinale synthétise également)
- Cette vitamine// mais approximativement de l'ordre de 50 µg/jc

**Notre alimentation apporte 100-300 µg/jour**

- **Aliments:** foie, rognons, œufs, viandes, poissons...
- Pas de **stockage** pour cette vitamine: apport suffisant journalier

**$\beta$  Biotine**

**biocytine**

**Pourquoi l'organisme a besoin de la biotine ?**

- Biotine est un coenzyme de certaines enzymes (carboxylases) métaboliques très importantes:

**Synthèse d'AG**

E:Acétyl COA carboxylase

**Néoglucogenèse**

Bicarbonate + Pyruvate → Oxaloacetate

pyruvate carboxylase + ATP → ADP + Pi

**Pourquoi l'organisme a besoin de la biotine ?**

**(Formés à partir d'acides aminés)**

Propionyl - CoA + CO<sub>2</sub> + ATP → (S) - Methylmalonyl - CoA

Propionyl - CoA - Carboxylase + Biotine

(S) - Methylmalonyl - CoA → (R) - Methylmalonyl - CoA

Methylmalonyl - CoA - Racemase

(R) - Methylmalonyl - CoA + Vitamine B12 + Methylmalonyl - CoA - Mutase → Succinyl - CoA

Succinyl - CoA → Synthèse de l'hème

### Vitamine B12 ou cobalamine

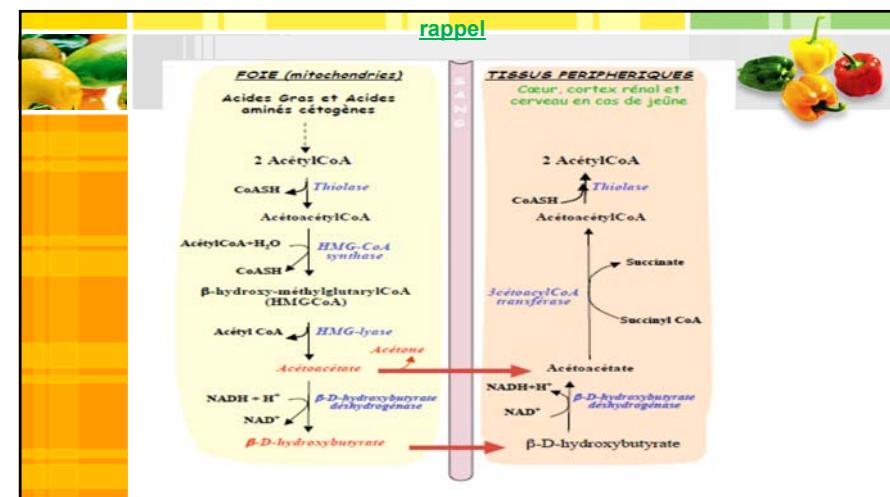
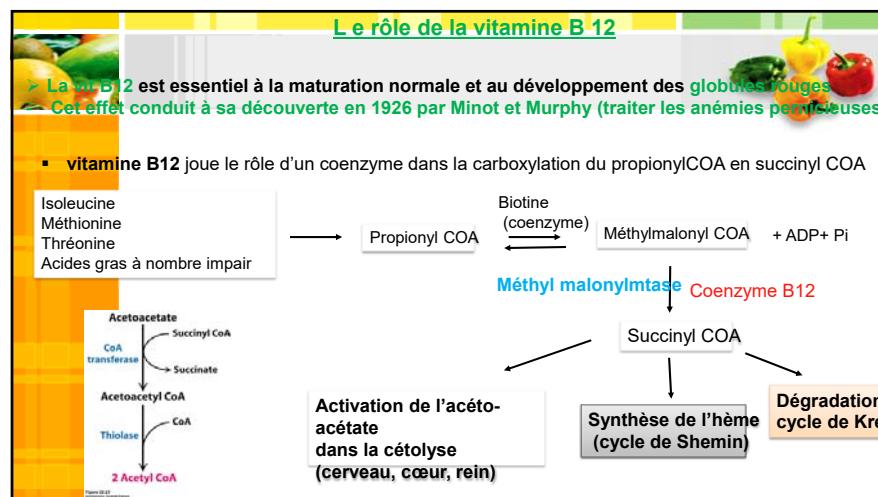
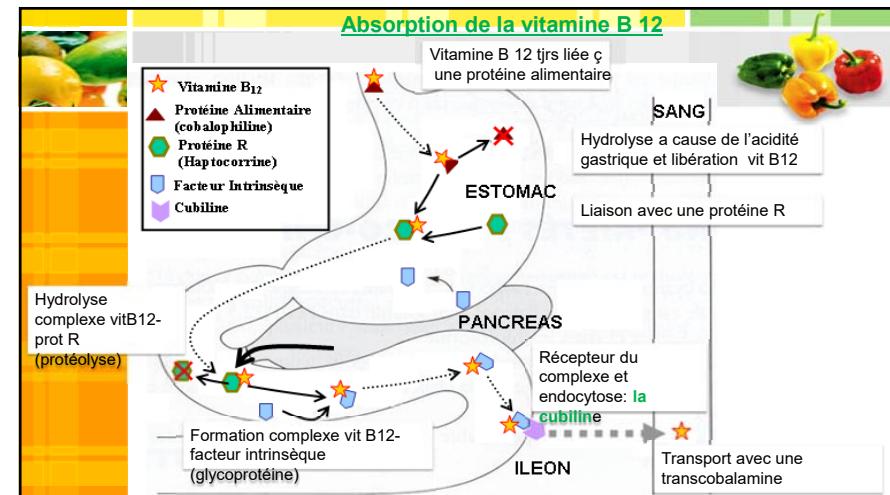
➤ **Structure complexe:** cobalt au centre (liaison de coordinence)

➤ Vit B12 est exclusivement présente dans les aliments d'origine animale

➤ **Absorption intestinale**

- fait appel à une **glycoprotéine** (estomac)
- absorption au niveau de l'iléon distal
- dans le plasma: transport par des **transcobalamines** (permettant aussi son entrée dans les cellules)

➤ **La durée d'absorption est lent**



**Le rôle de la vitamine B 12**

- **Synthèse de la méthionine:** vit B12 joue le rôle de CoE dans une réaction du transfert d'un groupement méthyle sous forme de méthylcobalamine

le transfert mis en jeu l'acide folique: interdépendance entre acide folique et vit B12

- **Synthèse de désoxyribose**

En présence d'un agent réducteur, CoE « vit B12 » convertit le ribose en désoxyribose dans les ribonucléotides triphosphates

→ Essentiel dans la **synthèse d'ADN**

**Rappel sur les ribonucléotides triphosphates**

**Source alimentaire de la Vitamine B12**

**ANC en Vit B12 (d'après AFSSA, 2000)**

Populations	ANC ( $\mu\text{g}/\text{j}$ )
Enfant de 1-3 ans	0,8
Enfant de 4-6 ans	1,1
Enfant de 7-9 ans	1,4
Enfant de 10-12 ans	1,9
Adolescent (e) s 13-15	2,3
Adolescent (e) s 16-19	2,4
Adultes hommes/femmes	2,4
Femmes enceintes	2,6
Femmes allaitantes	2,8
Personnes âgées > 75 ans	3

**Teneur en vitamine B<sub>12</sub> des aliments ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )**

Aliments	$\mu\text{g}$
Foie de veau	60
Poissons (maquereaux, harengs)	10
Viandes	0,7 à 1
Lait	0,6
Céréales	0
Légumes	0
Fruits	0

**Vitamine C ou acide ascorbique**

➤ **Formule brute:**  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  existe sous **02** formes (sont actives sur le plan biologique)

- une lactone

➤ Très soluble dans l'eau (30 g/100 mL)

➤ L'acide ascorbique est détruit par oxydation. Il est particulièrement sensible à la chaleur et à la lumière

➤  $\text{pK}_a$  4.17, 11.57. Au pH physiologique, vit C sous **forme d'ascorbat**

➤ Méthode de dosage: **2,6 DICHLOROPHENOL-INDOPHénol (DCPIP)**

**Propriétés biochimiques et métaboliques Vitamine C ou acide ascorbique**

**Chose à savoir:** Vit C intervient dans deux types de réactions: oxydoréduction et hydroxylations

**1. Oxydoréductions**

**Vit C est un réducteur:** l'équilibre entre la forme oxydée et réduite dépend des conditions d'oxydation du milieu

- Adjonction d'acide ascorbique dans l'amélioration de la qualité du pain: **consolider les ponts disulfures** de la gluténine, rendant la pâte plus élastique
- Un certain nombre d'enzymes font intervenir la séquence suivante:

**2 cystéine ou glutathion**  $\xrightarrow{\text{Acide déhydroascorbique (Oxydant)}}$  **cystine**  $\xrightarrow{\text{Acide ascorbique réducteur}}$   $\text{R-SH} \rightarrow \text{R-S-S-R}$

**Fe<sup>2+</sup>  $\rightarrow$  Fe<sup>3+</sup>**

**Pont disulfure dans les protéines**

**Glutation:** puissant antioxydant, détoxiquant, stimulant le système immunitaire

**Structure d'une particule de lipoprotéine**

**3**

**2**

**1**

**Propriétés biochimiques et métaboliques Vitamine C ou acide ascorbique**

- La vitamine C **piège** les radicaux libres et **retarde** l'oxydation des lipoprotéines du plasma

**Effet synergique entre vit C et vitamine E**

**Structure d'une particule de lipoprotéine**

**3**

**2**

**1**

**Propriétés biochimiques et métaboliques Vitamine C ou acide ascorbique**

**2. Hydroxylations**

- Les enzymes font partie des oxygénases (**hydroxylases**):  $\text{R-H} \rightarrow \text{R-OH}$

**Quelques exemples:**

**Métabolisme du collagène**

Le collagène est une **famille de protéines**, le plus souvent présente sous forme **fibrillaire**. Elle est présente dans la **matrice extracellulaire** des organismes **animaux**. Ces protéines ont pour fonction de conférer aux **tissus** une **résistance mécanique** à l'éirement. Il est sécrété par les cellules des **tissus conjonctifs**

- La vitamine C est indispensable à la synthèse de l'hydroxyproline, d'hydroxylysine : **a minuscule spécifique du collagène**

**X= PROLINE**

**Y= Hydroxy Proline Hydroxy Lysine**

**Propriétés biochimiques et métaboliques Vitamine C ou acide ascorbique**

**2. Hydroxylations**

- **Carence en vit C:** scorbut (fragilité des tissus, lésions)

**Proline hydroxylase**

**2-Oxoglutarate**  $\xrightarrow{\text{O}_2, \text{Fe}^{2+}}$  **Proline**  $\xrightarrow{\text{O}_2, \text{Fe}^{3+}, \text{CO}_2}$  **Hydroxyproline**

**Dehydroascorbate**  $\xrightarrow{\text{Vitamin C (ascorbic acid)}}$  **Ascorbate**

**ZOOM**

**Propriétés biochimiques et métaboliques Vitamine C ou acide ascorbique**

2. Hydroxylations

**Réaction d'hydroxylation hépatique**

**L vitamine C peut intervenir dans les réactions de détoxications hépatiques**  
(intervient dans l'activité du cytochrome P450 qui permet de métaboliser les xenobiotiques)

Diagram illustrating the hepatic metabolism of xenobiotics. It shows a toxic substance (X) entering a cell. Phase I involves enzymes of phase 1 (green arrow) to make the substance hydro-soluble ("On rend hydro-soluble"). Phase II involves P450 (blue arrow) to add a hydroxyl group (XOH). Phase III involves XOR (grey arrow) to conjugate the hydroxylated substance with a group (ROH) to form a conjugate (XOR). Phase IV involves XOR (grey arrow) to expel the conjugate ("On élimine") or the original substance (X) if it is not conjugated ("Expulsion des métabolites hydro-solubles"). The final outcome is "Élimination" (Elimination) or "Expulsion du xénobiotique inchangé (ex : mdr)" (Expulsion of unchanged xenobiotic (ex: mdr)).

**Comment le cytochrome réalise son action ?**

The diagram shows the reduction of cytochrome P450 (CYP) by NADPH. NADPH is reduced to NAD<sup>+</sup> and provides electrons (2e<sup>-</sup>) to the cytochrome. The cytochrome P450 is embedded in a lipid bilayer membrane, with its heme group (Heme) interacting with molecular oxygen (O<sub>2</sub>). The reduced cytochrome (CYP) then reduces a substrate (XH) to a hydroxylated product (XOH) and releases a water molecule (H<sub>2</sub>O). The NADPH cytochrome P450 reductase is shown on the left, with FAD/FMN and a cytosolic environment. The membrane is labeled with "Lumière" (Light) on the right.

**Cytochromes : hémoprotéines, mono-oxygénases, car elles incorporent un atome d'oxygène à partir d'oxygène moléculaire**

**Propriétés biochimiques et métaboliques Vitamine C ou acide ascorbique**

2. Hydroxylations

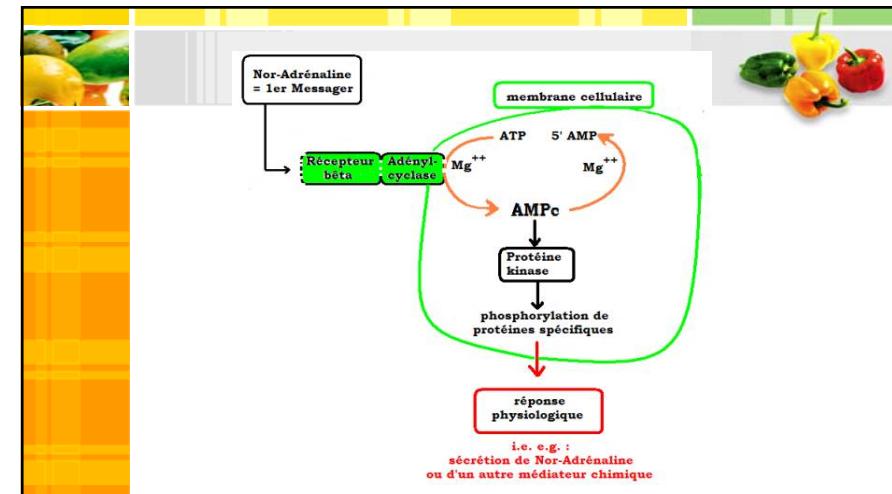
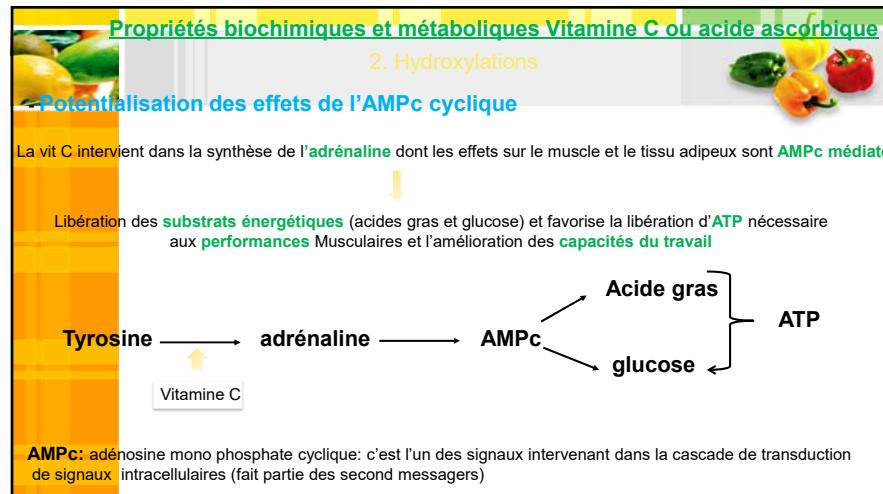
**Réaction d'hydroxylation hépatique (suite)**

- La vitamine C intervient dans la transformation du cholestérol en acides biliaires (chose connu chez les indiens, qui guérissaient les maladies cardiovasculaires avec des jus de fruits concentrés avant la découverte de la vitamine C)
- synthèse des glucocorticoïdes: hormones contre le stress à partir du cholestérol
- Métabolisme de la tyrosine : précurseur des neurotransmetteurs (dopamine) et catécholamines (adrénaline)
- Résistances aux infections bactériennes et virales:  
En réponse à une infection: synthèse anticorps riche en ponts disulfures (maintien est assuré par la vit C). La vit C abaisse la cohésion des sous unités des capsides virales: permettant une meilleure action des nucléases de l'organisme sur l'acide nucléique viral (une meilleure activité antivirale)

**Explication sur la formation de l'adrénaline**

The diagram shows the synthesis of catecholamines from tyrosine. Tyrosine is converted to L-Dopa by tyrosine hydroxylase. L-Dopa is then converted to Dopamine by dopamine  $\beta$ -hydroxylase. Dopamine is converted to Norepinephrine (nor-adrenaline) by dopamine  $\beta$ -hydroxylase. Norepinephrine is converted to Epinephrine (adrenaline) by SAMe. Tyrosine is also converted to Phenylalanine by Thyroid hormone. Phenylalanine is converted to Tyrosine by Tyrosine hydroxylase. Dopamine is converted to Norepinephrine by Copper and Vitamin C. Norepinephrine is converted to Epinephrine by SAMe. Dopamine is converted to noradrenaline by dopamine  $\beta$ -hydroxylase. Noradrenaline is converted to adrenaline by phenylethanolamine N-methyl transferase. The final products are noradrenaline (noradrenalin) and adrenaline (adrenalin). The diagram also notes that tyrosine hydroxylation is a rate-limiting step.

**Vitamine C**



**Teneur des aliments crus en vitamine C (mg/100 g)**

Fruits	Légumes (fragilité à la cuisson)		
Cassis	140	Raifort	120
Kiwi	50 à 100	Choux de Bruxelles	100
Fraise	60	Cresson	75
Citron	50	Chou-fleur	70
Orange	50	Épinards	60
Pamplemousse	40	Chou	50
Groseille	30	Chou-rave	50
Poire	4 à 15	Pissenlit	35
Raisin	4 à 15	Tomate	30
Pomme	4 à 15	Petits pois frais	26
abricot	4 à 15	Mâche	20
Airelle	4 à 15	Pomme de terre	17

**ANC DE LA VITAMINE C (AFSSA, 2000)**

Populations	ANC en vitamines C (mg/l)
Nourrissons	50
Enfants 1 à 3 ans	60
Enfants 4 à 6 ans	75
Enfants 7-9 ans	90
Enfants 10 à 12 ans	100
Adolescents (e) s 13 à 19	110
Adultes	110
Femmes enceintes	120
Femmes allaitante	130
Personnes âgées (> 75 ans)	120

**BESOINS**

**ANC chez l'adulte (2011)**

Population / vitamine	C mg	B1 mg	B2 mg	B3 mg	B5 mg	B6 mg	B8 µg	B9 µg	B12 µg	A µg	E mg	D µg	K µg	
Nourrissons	50	0.2	0.4	3	2	0.3	6	70	0.5	350	4	20-25	5-10	
1-3 ans	60	0.4	0.8	6	2.5	0.6	12	100	0.8	400	6	10	15	
4-6 ans	75	0.6	1	8	3	0.8	20	150	1.1	450	7.5	5	20	
7-9 ans	90	0.8	1.3	9	3.5	1	25	200	1.4	500	9	5	30	
10-12 ans	100	1	1.4	G	10	4	1.3	35	250	1.9	550	11	5	40
13-15 ans (G)	110	1.3	1.6	13	4.5	1.6	45	300	2.3	700	12	5	45	
13-15 ans (F)	110	1.1	1.4	11	4.5	1.5	45	300	2.3	600	12	5	45	
16-19 ans (G)	110	1.3	1.6	14	5	1.8	50	330	2.4	800	12	5	65	
16-19 ans (F)	110	1.1	1.5	11	5	1.5	50	300	2.4	600	12	5	65	
<b>Hommes adultes</b>	110	1.3	1.6	14	5	1.8	50	330	2.4	800	12	5	45	
<b>Femmes adultes</b>	110	1.1	1.5	11	5	1.5	50	300	2.4	600	12	5	45	
Personnes âgées > 75 ans	120	1.2	1.6	14	H	5	2.2	60	330-	700	H	20-50	10-15	70
										400				
Femmes enceintes	120	1.8	1.6	16	5	2	50	400	2.6	700	(3e t)	12	10	45
Femmes allaitantes	130	1.8	1.8	15	7	2	55	400	2.8	950	12	10	45	

Besoin en oligoéléments: les besoins nutritionnels			
Vitamine	Nom chimique	AJC pour homme adulte (mg/jour)	Aliments riches (taux en mg/100 g)
B <sub>1</sub>	thiamine	1,3	Levures (3) Germen de blé (3)
B <sub>2</sub>	riboflavine	1,6	Levures (3) Foie (3) Fromage (0,5)
B <sub>3</sub> (PP)	niacine	14 (14 EN)	Levures (3) Foie (17) Farine complète (5)
B <sub>5</sub>	acide pantothénique	5	Foie (6) Jaune d'œuf (3) Champignons (2)
B <sub>6</sub>	pyridoxine	1,8	Levures (1,2) Soja (0,6) Viandes (0,5)
B <sub>7</sub>	biotine	0,05	Foie gras (0,08) Jaune d'œuf (0,05) Levures (0,03)
B <sub>9</sub>	acide folique	0,33	Foie (0,2) Jaune d'œuf (0,15) Lég. verts (0,1)
B <sub>12</sub>	cobalamines	0,002 4	Foie (0,05) Poissons gras (0,01)
C	acide ascorbique	110	Kiwi, Oranges (50 à 100) Lég. frais (50)
A	rétinol	0,8 (800 ER)	Foie (4 à 10) Carottes (10) Beurre (0,6)
D	calciférol	0,005	Poissons (0,02) Œufs (0,002)
E	tocophérols	12	Huiles (20 à 100) Fruits et Légumes (1 à 2)
K	phylloquinone menaquinones	0,045	Légumes verts (0,1 à 1)

Besoins en minéraux ?	
■ De très nombreux minéraux indispensables à l'équilibre nutritionnel sont fournis par l'alimentation :	
-Macroéléments :	
■ électrolytes, calcium, phosphore, magnésium	
-Organisme adulte contient plus d'1 Kg de calcium	
-Oligoéléments (OE) ou Eléments traces (ET)	
■ Fer, Zinc, Cuivre, Iode etc...	
-Fer 3 à 4 g, Zinc 1 à 2.5 g pour les plus abondants.	

La teneur approximative en divers éléments dans le corps humain	
Macroéléments (g/70 kg)	Oligoéléments
Oxygène	45 500
Carbone	12 600
Hydrogène	7 000
Azote	2 100
Calcium	1 050
Phosphore	700
Soufre	175
Potassium	140
Sodium	105
Chlore	105
Magnésium	35
Fer	4,2
Fluor	2,59
Zinc	2,33
Silicium	1,4
Rubidium	1,1
Zirconium	0,3
Strontium	0,14
Niobium	0,1
Plomb	0,08
Antimoine	0,07
Cadmium	0,03
Étain	0,03

Oligoéléments (OE) ou Eléments traces (ET)	
■ Définition (1): Oligoéléments	
-Nutriments sans valeur énergétique	
-0,01% du poids corporel	
-10 éléments sont essentiels au métabolisme chez l'être humain.	
■ Eléments métalliques	
-Fer (Fe), Chrome (Cr), Cobalt (Co), Cuivre (Cu) Molybdène (Mo), Manganèse (Mn), Zinc (Zn)	
■ Eléments métalloïdiques	
-Fluor (F), Iode (I), Sélénium (Se)	

**Sous quelle forme se trouvent les oligoéléments dans l'organisme**

**La liaison métal-protéine : Phénomène fondamental**

-Les OE se fixent aux protéines (enzymes)  
 -Les métaux sont absorbés, transportés, stockés et agissent liés à des protéines  
**-Deux types de liaisons :**

- Liaison ioniques** : métaux alcalins ou alcalino-terreux  
 -Na, K, Ca  
 -chargés positivement  
 -formation de liaisons ioniques dissociables avec les groupements acides chargés négativement de la protéine
- Liaison de coordination** : Oligo-éléments  
 -proche de la liaison covalente  
 -complexes de force variable  
 -difficilement dissociables  
 -rôle dans le **maintien** de la **structure des protéines**

**Exemple d'une liaison de coordination**

**Superoxyde dismutase (SOD)**

**Manganèse**

**Métabolisme des oligoéléments**

**ABSORPTION**

**Sa complexité** relève de formes chimiques différentes sous lesquelles le métal est apporté par l'alimentation: sels minéraux, complexes organiques (métalloprotéines, organométalliques, acides aminés, vitamines,

- **Les mécanismes impliqués**
- - variable selon **la forme du métal** et relèvent soit:
  - la diffusion simple qui est un mécanisme peu efficace
  - un **transport actif (transporteur protéique)** ou **passif (transporteur de molécules organiques)**

**Métabolisme des oligoéléments**

**Transport sanguin**

**Le transport sanguin :**

à de rares exceptions près on ne retrouve jamais les oligo-éléments sous forme d'ions libres mais liés à divers types de transporteurs :

- des petites molécules** (acides aminés, vitamines) avec lesquels ils forment des complexes ;
- des protéines non spécifiques** telle l'albumine qui grâce à ses sites de fixation peut non seulement transporter des acides gras libres, la bilirubine etc., des médicaments mais aussi de nombreux métaux ;
- des protéines spécifiques** telles les transferrine, transcobalamine, nickeloplasmine, transmanganine

## Métabolisme des oligoéléments stockage

- Le stockage : s'il est le plus souvent hépatique, il est aussi possible dans d'autres tissus
- les tissus les plus riches peuvent contenir le métal sous une forme métaboliquement non utilisable, ce qui est souvent le cas du tissu osseux
- Dans les tissus, le métal peut aussi se fixer sur des protéines dites de stockage, soit spécifiques comme la ferritine, soit non spécifiques comme les métallothioneines qui par leurs nombreux groupes thiols (elles contiennent 50 % de cystéine) retiennent de nombreux métaux (cuivre, zinc, manganèse, cadmium, plomb ou mercure).
- La lyse des cellules contenant les protéines de stockage explique l'augmentation plasmatique de certains oligoéléments dans des syndromes dits de cytolysé.

Figure 5 : Structure des métallothioneines

Structure des métallothioneines (dans le cas de la molécule représentée les groupes thiols des cystéines sont saturés par des atomes de cadmium).

## Métabolisme des oligoéléments L'EXCRETION

L'excrétion :

- bien que de nombreux tissus puissent participer à l'excrétion des métaux (le poumon pour les méthyl-métaux, la peau par la sueur), l'essentiel du rôle excrétoire reste l'apanage du rein et de la bile.

Éléments à excrétion essentiellement biliaire : Cu, Fe, Mn, Ni, Sr, V  
 Éléments à excrétion essentiellement urinaire : Cr, CO, Se, Mo  
 Éléments à excrétion possible par la sueur : Cr, Cu, Zn, Se, Sr

La majorité des oligo-éléments a une excrétion biliaire et possède un cycle entéro-hépatique, les éléments sécrétés par les sécrétions biliaires, intestinales, pancréatiques, très riches en zinc, cuivre, manganèse seront en grande partie réabsorbés dans le duodénum

## Principales fonctions des Oligo-éléments

## Sodium

- Le sodium est le principal cation extra-cellulaire et du milieu interstitiel (95 %)
- Dans les aliments, il est associé au chlore sous la forme de chlorure de sodium (NaCl)
- 1g de sel = 0,4 g
- Sa concentration est régulée de telle sorte qu'elle demeure constante: pompe Na-K ATP-dépendante
- La concentration de Na= natrémie
- Sa concentration dans le sang est contrôlée par plusieurs hormones, notamment l'aldostéron et l'hormone anti-diurétique

Explanations sur les transporteurs de sodium :

- ① Primary active transport: The ATP-driven Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump stores energy by creating a high concentration gradient for Na<sup>+</sup> into the cell.
- ② Secondary active transport: As Na<sup>+</sup> diffuses back across the membrane through a membrane cotransporter protein, it drives glucose against its concentration gradient into the cell.

2 K<sup>+</sup> qui entrent pour 3 Na<sup>+</sup> qui sortent

- Excrétion cutanée (transpiration), urinaire
- Régime désodé: fort hyperaldostéronie

## Rôle de Sodium dans l'organisme

- Le sodium est indispensable à la transmission de l'influx nerveux et à la contraction musculaire.
- Sa concentration dans le sang et le liquide interstitiel conditionne la quantité d'eau présente dans les cellules et le volume sanguin: maintien de la pression osmotique
- Chez les personnes sensibles à l'apport de sel, l'excès de sodium peut augmenter le volume sanguin et ainsi favoriser la survenue d'une hypertension artérielle<sup>1</sup>.

## Rappel

### Polarisation de la membrane des neurones

(b)

21

## Rappel

### Dépolarisation de la membrane des neurones

- Les neurones peuvent réagir à des stimuli différents : lumière, son, pression, neurotransmetteur (synapse) ...
- La présence de ces stimuli induit une réaction de dépolarisation de la membrane par ouverture des canaux à sodium

## Sources de sodium

### Sources de sel

Apport nutritionnel: 6-8 g par jour (selon AFSSA)

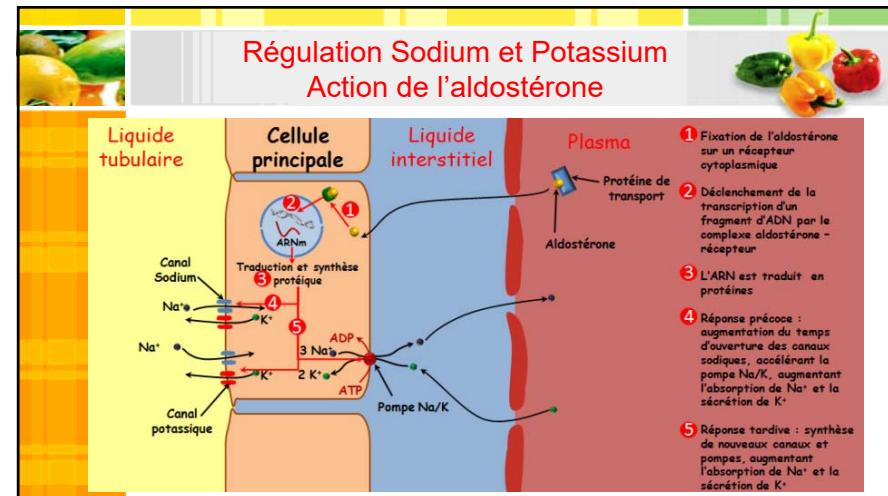
Sources de sodium (mg/100 g)		
Viandes	Foie de veau	80
Jambon fumé	Mouton	80
Saucisse	Bœuf	70
Cervelle de veau	Poulet	70
Porc	Chou-fleur	24
Lapin	Chou	15
Poissons	Radis	14
Sardine à l'huile	Choux de Bruxelles	10
Thon (conserve)	Endive	10
Homard frais	Oignon	7
12 huîtres	Poireau	5
Aiglefin	Lentilles	5
Colinot (bouilli)	Tomate	3
Cabillaud	Asperge	3
Truite	Courge	3
Saumon frais	Haricots verts (frais)	2
Brochet	Matières grasses	

## Potassium



- Potassium est le cation majeur du liquide intracellulaire (97,5%)
- La **kalicystie**: concentration intracellulaire en potassium
- Kalémie : concentration plasmatique en potassium
- Le potassium est ubiquitaire, on en trouve de fortes concentrations aussi bien dans la **viande** que dans les **légumes**. La carence d'apport n'existe pas ;
- L'excréition est presque exclusivement urinaire et elle est liée à la régulation de l'élimination du sodium :

  - l'aldostérone augmente la **réabsorption tubulaire** du sodium et **diminue** celle du potassium
  - Au cours des régimes désodés très stricts l'organisme économise le sodium par **hyperaldostéronisme**, il y a **fuite urinaire de potassium** et donc augmentation du besoin.



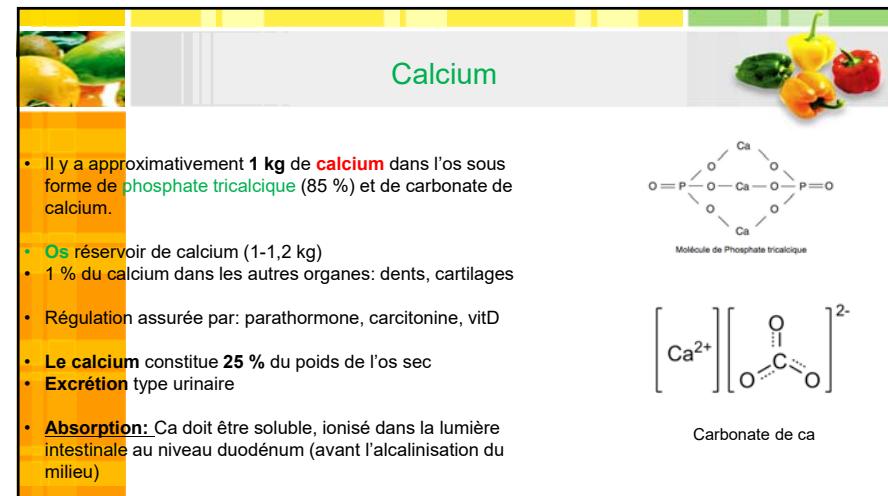
## Rôle et apport en potassium



- Le potassium agit à l'intérieur des cellules, en association avec le sodium, qui intervient à l'extérieur des cellules :
  - Cette action a pour effet d'envoyer les **transmissions nerveuses aux muscles**, qui peuvent ainsi se contracter. Le potassium est donc essentiel à la santé cardiovasculaire.
  - Il a également un rôle au niveau des **protéines et des glucides**.
  - il contribue aussi à l'**équilibre hydroélectrolytique**

**Apport en K+**

- 390 mg et 585 mg par jour
- sources: viandes, végétaux (légumes et fruits), lait, cacao



**Facteurs influençant l'absorption du calcium**

a. **Insolubilisant freinant l'absorption du calcium**

- **Acide phytique**

Présent dans les graines, plus précisément dans l'enveloppe ou le **son** de nombreuses **céréales** et **légumineuses**: **céréales complètes**

Chélate pas mal de métaux (cations bivalents) et forme des **phytates (insolubles)**: **Fer, calcium, zinc...**

Chose à savoir: pdt la germination, il y a libération des minéraux des phytates

Comment détruire ces phytates: milieu acide, phytases, laisser sejourner dans l'eau, Chauffage...

- **La mouture** des céréales élimine 75% de l'acide phytique

**Acide phosphorique**

**inositol**

**Phytic acid**

**Facteurs influençant l'absorption du calcium**

a. **Insolubilisant freinant l'absorption du calcium**

- **Le rapport calcium/phosphore**

- Rapport calcium/phosphore actuel est 0,4 alors il devrait être 1-1,5 ➔ bcp de phosphore conduit aux troubles osseux, déficiences en calcium mais aussi magnésium

- **Acide oxalique** se lie au calcium pour former l'**oxalate de calcium** (insoluble)

Source: épinard, haricot vert, betterave, cacao, bette

- **Fibres alimentaires** peuvent entraîner dans les fèces une partie de calcium

- **Apport important en magnésium** limite l'assimilation de Ca (absorption compétitive): (rapport idéal calcium/magnésium de 2).

- **Acides gras longues chaînes** non digérés (absorbés) forment des sels calciques d'acides gras insolubles

- **Tabac, alcool** diminue la biodisponibilité du calcium

- Au cours des malabsorptions lipidiques, l'**excrétion est augmentée par formation de sels calciques d'acides gras**.

**Calcium oxalate**

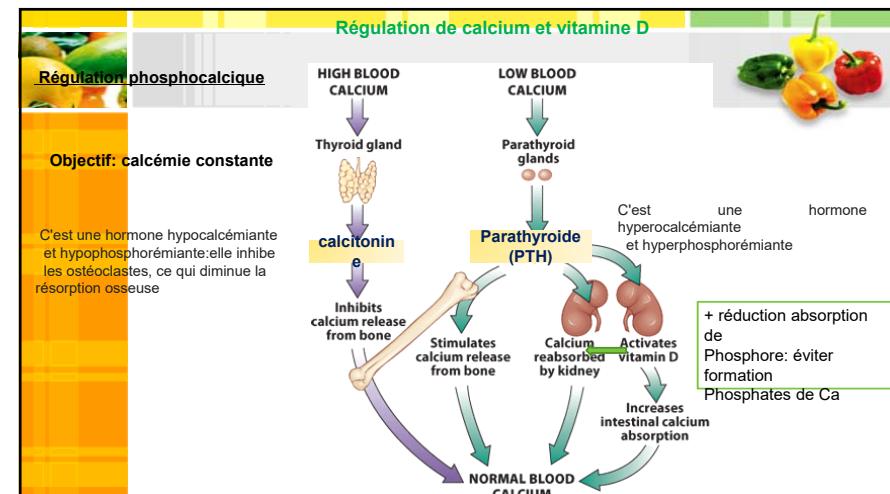
Ca2+ [O=C=O]2-

**Facteurs influençant l'absorption du calcium**

B. **Solubilisant l'absorption du calcium**

Par exemple:

- **Acides organiques** contenus dans les végétaux frais: acide tartrique, citrique, succinique citrique et lactique
- **Acides aminés** (caséines du lait)
- **Certains oses**: glucose, lactose
- **Acide chlorhydrique** gastrique qui dissous le calcium et le libère des complexes inutilisables
- **Vitamine D** intervient dans l'absorption du calcium



## Rôle du calcium

**Le rôle du calcium:**

**1. Rôle structural:** il assure la solidité du squelette ainsi que la rigidité des dents

**Dans l'os:**

La matrice de l'os est synthétisée par: ostéoblastes qui assurent la calcification  
ostéoclastes: résorption osseuse et libère le calcium dans le milieu extracellulaire

OS: organe à perpétuel renouvellement et sert de réservoir important de calcium

## Rôle du calcium

**2. Rôle fonctionnel :** en participant:

- À la transmission de l'influx nerveux
- À l'excitabilité neuromusculaire
- À la coagulation du sang
- À l'activation de nombreuses réactions enzymatiques
- À la sécrétion d'hormones
- À la conservation et au bon fonctionnement des membranes cellulaires
- À la division cellulaire

## Sources et ANC en calcium

**L'apport en calcium de quelques aliments**

Feuilles de choux environ 100mg/100g	Lait 1 200 mg/11
Un yaourt 125 mg	Fromage blanc de 90 à 100 mg/100 g
Beurre Traces	Fruits 40 mg/100 g au maximum
Fromage à pâte molle 300 mg/100 g	Fromage à pâte ferme 1 000 mg/100 g

Besoin: 400 mg à 1 g/j pour un adulte jeune

## Le fer

**Le fer est un oligo-élément.** Ainsi, le corps d'un homme de 70 kg en renferme environ 4 g et celui d'une femme de 60 kg, 2,5 g. Il est principalement absorbé dans l'intestin grêle.

**Role:** constitution hémoglobine: échange gazeux  
constitution myoglobine: réserve d'O<sub>2</sub>  
constitution enzymes métaboliques (cyt)

**Le fer dans l'organisme:**

- Fer héminal (70%): est incorporé dans la structure de l'hème et ainsi dans la composition des hémoglobine (90%), myoglobine; enzymes hémoprotéines (cytochrome). Il est bien absorbé que le fer non héminal
- Fer non héminal (30%): est présent dans certaines enzymes et correspond aux formes de transport (tranferrine) et de stockage (ferritine)

(a) L'hémoglobine est composée de globine (quatre chaînes polypeptidiques: deux alpha et deux beta) et de quatre groupements hème.

(b) Molécule d'hème contenant du fer

## Le fer dans les aliments

**Fer non héminique**

**Fer héminique**

Se trouve hémoglobine (transport d'O<sub>2</sub>) et myoglobine (stockage de l'O<sub>2</sub>) dans les viandes, poissons, abats, fruits de mer

Biodisponible: 15-35%

- Se trouve dans **les céréales**, légumes secs, fruits, œufs, produits laitiers

- Absorption est assez variable: 2-10% (type de repas)
- présence des acides organiques (acide ascorbique, acide Citrique), tissus animaux (viande) **Augmente l'absorption** de 10 fois
- Présence des tanins, polyphénols, phytates, **calcium** Acide oxalique, zinc **réduisent** l'absorption.

Exemple d'aliments (2<sup>ème</sup> cas): thé, vin, café, son, œufs (phosphate ferrique insoluble)

**ANC en fer:** le métabolisme se fait en circuit fermé: le fer est récupéré après destruction des globules rouges pour être réutilisé, de ce fait le besoin réel est de 1 mg/j. MAIS, vu que l'absorption est très faible, il faut une grande quantité pour couvrir l'ANC.

## ANC en Fer

ANC en fer (D'après AFSSA, 2000)

populations	ANC en fer (mg/jour)
Enfants 1-9	7
Enfants 10-12	8
Adolescent 13-19	12
Adolescent 13-19	14
Hommes adultes	9
Hommes réglées	16
Femmes ménopausées	9
Femmes enceintes	25-35
Femmes allaitant	10
Personnes âgées > 75 ans	10

## Quelques notions récentes: liens fer-calcium

➤ Trop de calcium gène l'absorption du fer

Trop Calcium

Niveau de la ferritine bas = reflète apport en fer insufficient = risque d'anémie

➤ Hormone hepcidine et le fer

Syndrome du lait et des alcalins (SLA): caractérisé par la triade: hypercalcémie, alcalose (trop de bicarbonates), insuffisance rénale

## Oligo-éléments et métabolisme intermédiaire

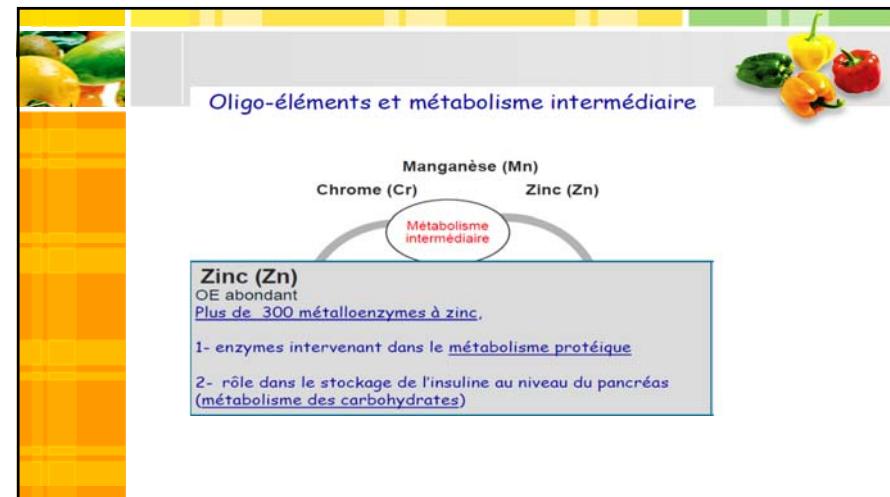
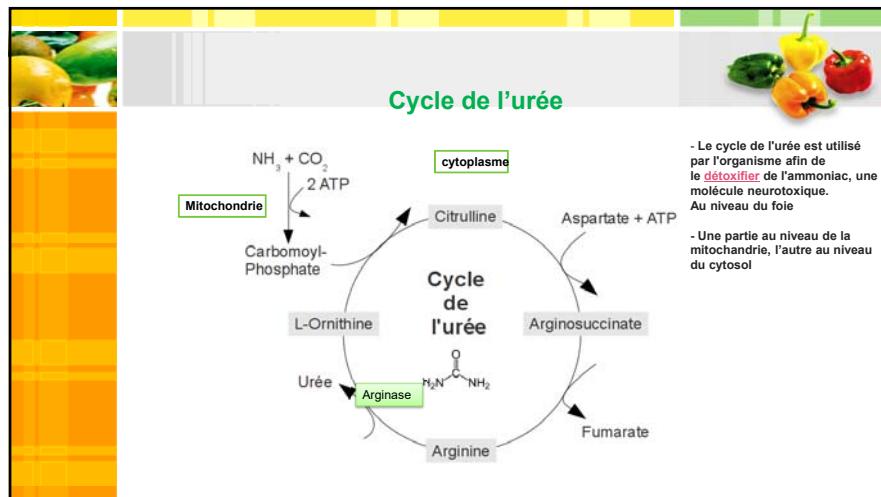
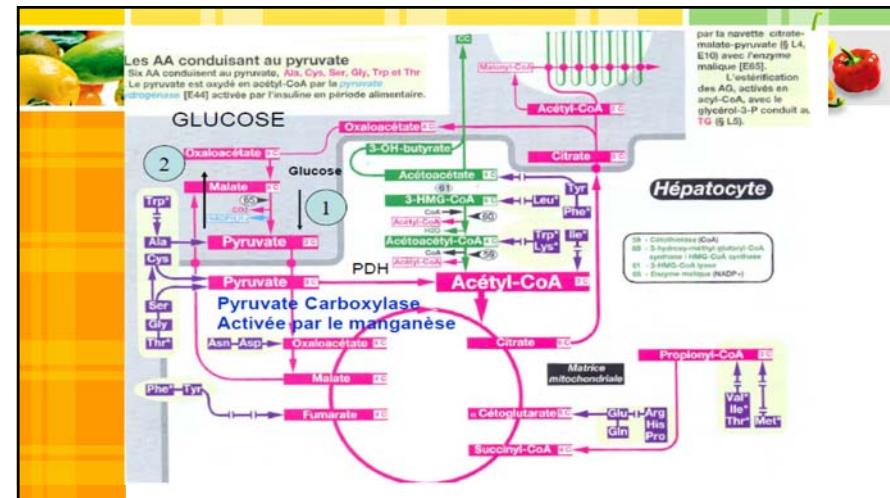
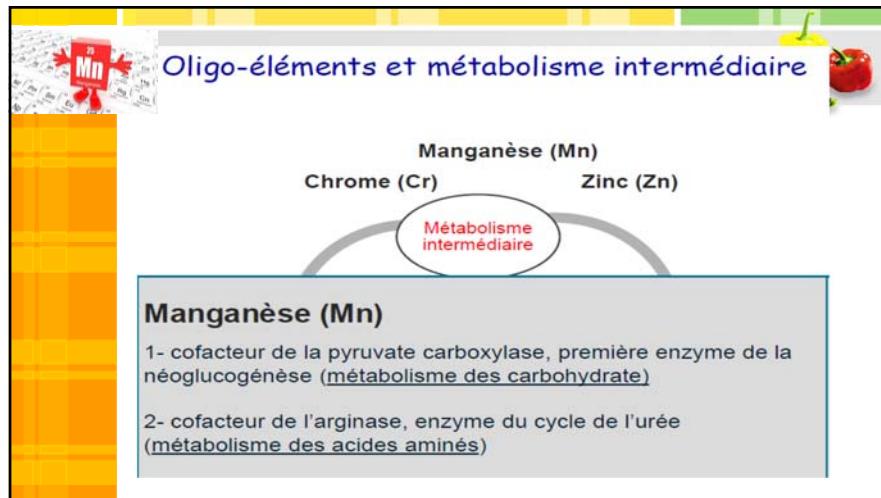
Manganèse (Mn) Zinc (Zn) Chrome (Cr)

**Oligoéléments**

**Chrome (Cr)**

- 1- cofacteur de l'insuline, il favorise sa fixation à son récepteur
- 2- rôle dans le métabolisme des carbohydrates
- 3- favorise l'anabolisme des protéines

Le besoin quotidien serait de 125 µg/j; source: le thym, la levure de bière, le foie et le jaune d'oeuf.

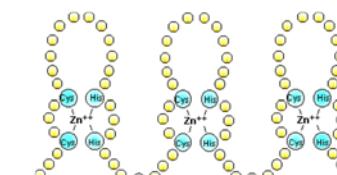


**ZINC : Rôle dans l'expression génique**



- **Le zinc** module l'activité des enzymes clés de la synthèse des acides nucléiques
  - ADN polymérase (rôle catalytique/Zn)
  - ARN polymérase (rôle catalytique/Zn)
- **Le zinc** fait partie intégrante d'une famille de protéines
  - « Zinc finger proteins » ou protéines à doigt de zinc
  - Facteur de transcription avec des séquences riches en cystéine et histidine régulièrement espacées fixant le zinc
  - Régulation de l'expression des gènes

**Zinc (Zn)**



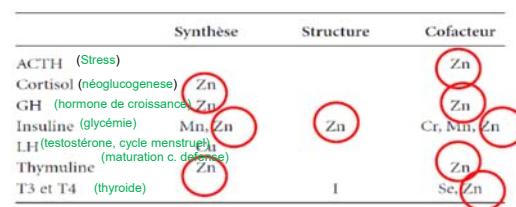
Une série de trois doigts de zinc (exemple : le facteur de transcription SP1).



**Principales fonctions des Oligo-éléments**




**Implication des OE dans le système endocrinien**



Le zinc est particulièrement impliqué dans la synthèse, la structure et le fonctionnement de nombreuses hormones



**Implication des OE dans le système endocrinien**

	Synthèse	Structure	Cofacteur
ACTH		Zn	
Cortisol	Zn		
GH	Zn		Zn
Insuline	Mn, Zn	Zn	Cr, Mn, Zn
LH	Cu		
Thymuline	Zn		Zn
T3 et T4	I		Se, Zn

1- Les hormones thyroïdiennes activent tous les métabolismes, lipidique, protéique et glucidique, Effet calorigène et favorisent le développement du SNC

2- Les hormones thyroïdiennes dépendent de 3 OE : I, Se et Zn

■ Iode à un rôle structural et fait partie intégrante des hormones thyroïdiennes

**T4**  
Pro hormone

**T3**  
Triiodothyronine ou Liothyronine

1- L'iode établi des liaisons covalentes avec les autres atomes

2- Le déficit en zinc et sélénium perturbe l'activité des déiodinases, enzymes responsables de la conversion de la T4 en T3 (hormone active)

3- Zone de goitre endémique en Afrique = sol pauvre en iode et sélénium, l'apport d'iode seul ne corrigeait pas l'hypothyroïdie = importance du sélénium

■ Iode à un rôle structural et fait partie intégrante des hormones thyroïdiennes

**T4**

**Déiodinases (Zinc, sélénium)**

**Hormone active =T3**

1- L'iode établi des liaisons covalentes avec les autres atomes

2- Le déficit en zinc et sélénium perturbe l'activité des déiodinases, enzymes responsables de la conversion de la T4 en T3 (hormone active)

■ Iode à un rôle structural et fait partie intégrante des hormones thyroïdiennes

**T4**  
déiodinases

**T3**  
Triiodothyronine ou Liothyronine

1- L'iode établi des liaisons covalentes avec les autres atomes

2- Le déficit en zinc et sélénium perturbe l'activité des déiodinases, enzymes responsables de la conversion de la T4 en T3 (hormone active)

3- Zone de goitre endémique en Afrique = sol pauvre en iode et sélénium, l'apport d'iode seul ne corrigeait pas l'hypothyroïdie = importance du sélénium dans le métabolisme thyroïdien

**Principales fonctions des Oligo-éléments**

**Zinc (Zn)**

1- Le zinc est impliqué dans l'immunité cellulaire et humorale  
 2- Activation de la thymuline (métallopeptide thymique) secondaire à la fixation du zinc favorisant la prolifération lymphocytaire  
 3- Le déficit en zinc est associé à une lymphopénie et à une augmentation de l'incidence des infections bactériennes

**Principales fonctions des Oligo-éléments**

**Oligoéléments**

Fer (Fe)      Sélénium (Se)      Zinc (Zn)      Cuivre (Cu)      Manganèse (Mn)

Ces 5 OE sont cofacteurs d'enzymes anti-oxydante  
 = Métaux enzymes anti-oxydante

**Stress Oxydant**

**STRESS OXYDANT**

**SYSTÈMES ANTIOXYDANTS**

- Enzymatiques : SOD, catalase, GPx
- Non-enzymatiques : vit E, vit C, GSH, caroténoïdes...

**ERD ET ERN**

- O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, OH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NO, HOCl, ONOO<sup>•-</sup>...

**OXYDATION DES CONSTITUANTS CELLULAIRES**

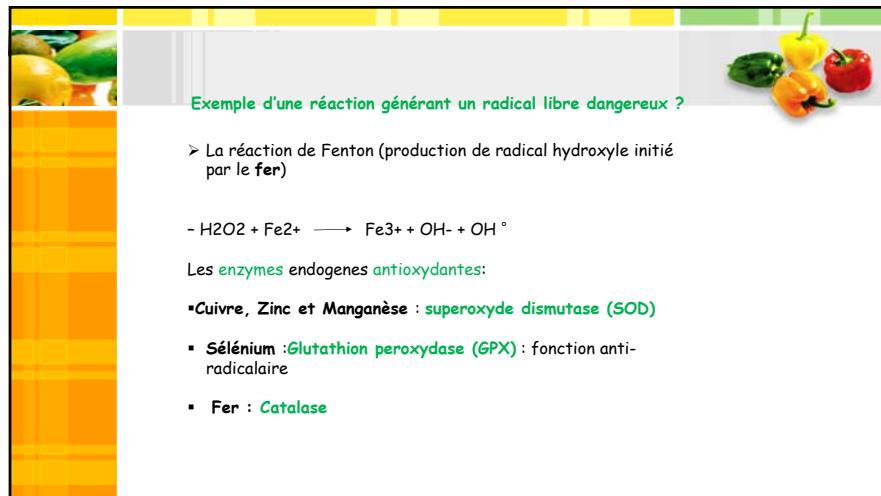
**Stress oxydant et vieillissement**  
 Remerciements à J. P. BOURGEOIS et al. modifié

**Conséquences Biochimique du Stress Oxydant**

**Radical hydroxyle (HO•)**

- puissant oxydant
- provoque des lésions directes des biomolécules

**Lipoperoxides**  
 Vit E, GSHPx  
 Protéines oxydées  
 GSHPx  
 ADN oxydé



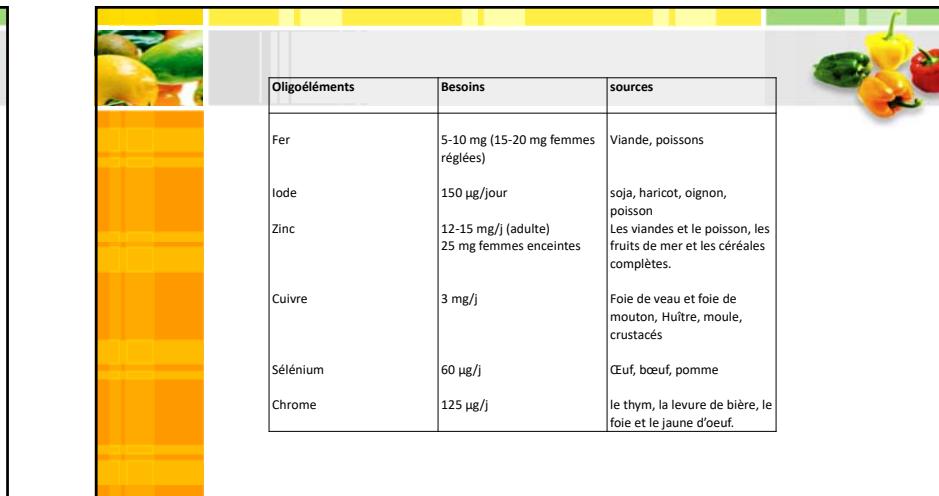
**Exemple d'une réaction générant un radical libre dangereux ?**

➤ La réaction de Fenton (production de radical hydroxyle initié par le **fer**)

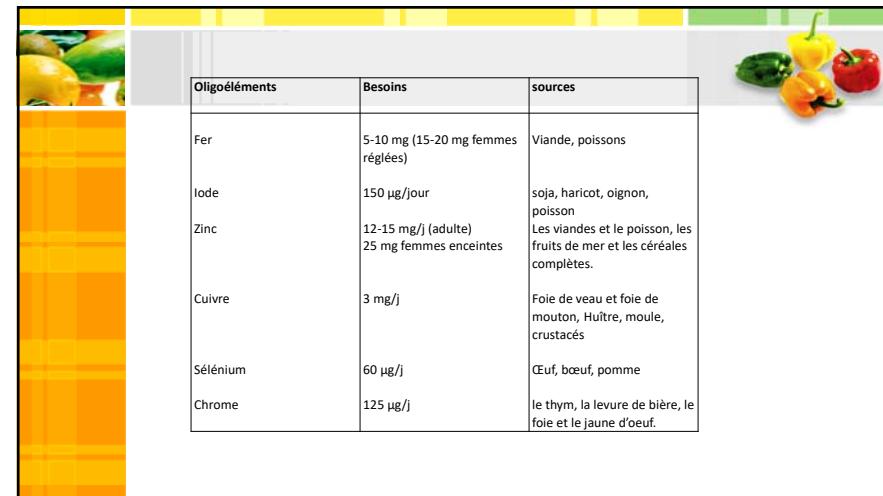
-  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- + \text{OH}^\circ$

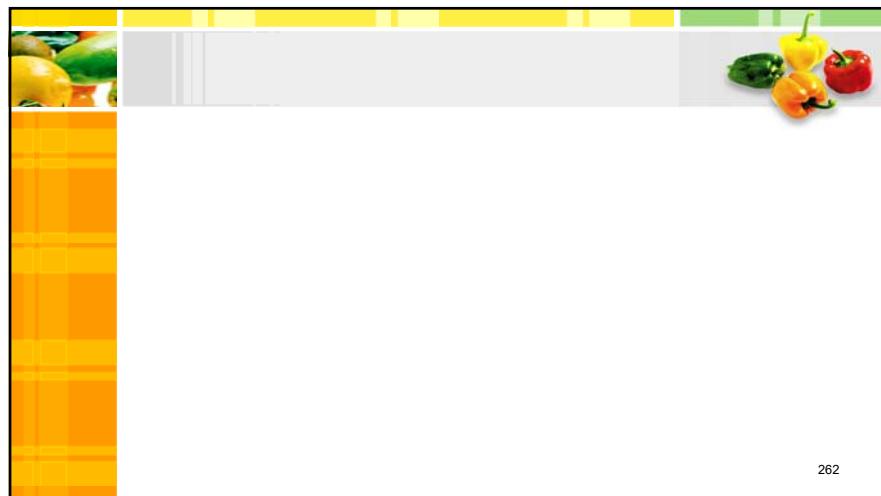
Les **enzymes endogènes antioxydantes**:

- **Cuivre, Zinc et Manganèse** : **supéroxyde dismutase (SOD)**
- **Sélénium** : **Glutathion peroxydase (GPX)** : fonction anti-radicalaire
- **Fer** : **Catalase**



Oligoéléments	Besoins	sources
Fer	5-10 mg (15-20 mg femmes régliées)	Viande, poissons
Iode	150 µg/jour	soja, haricot, oignon, poisson
Zinc	12-15 mg/j (adulte) 25 mg femmes enceintes	Les viandes et le poisson, les fruits de mer et les céréales complètes.
Cuivre	3 mg/j	Foie de veau et foie de mouton, Huître, moule, crustacés
Sélénium	60 µg/j	Œuf, bœuf, pomme
Chrome	125 µg/j	Le thym, la levure de bière, le foie et le jaune d'œuf.





262

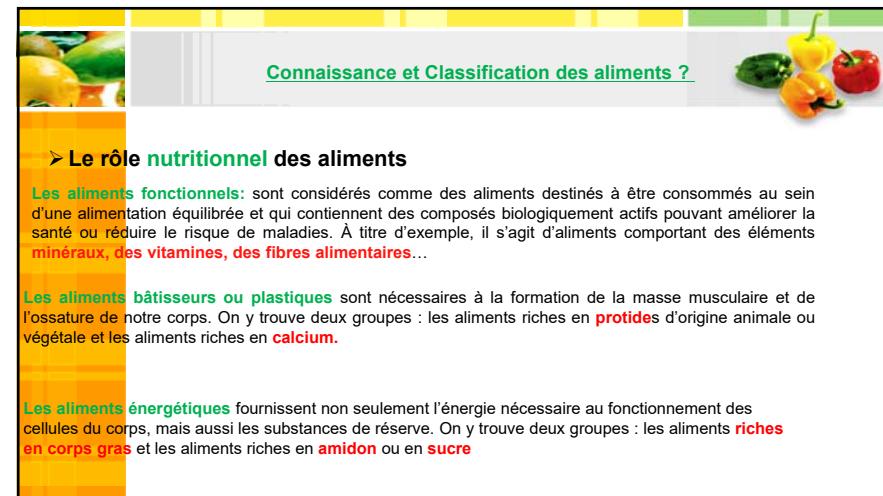
**Connaissance et Classification des aliments ?**

➤ **Le rôle nutritionnel des aliments**

**Les aliments fonctionnels**: sont considérés comme des aliments destinés à être consommés au sein d'une alimentation équilibrée et qui contiennent des composés biologiquement actifs pouvant améliorer la santé ou réduire le risque de maladies. À titre d'exemple, il s'agit d'aliments comportant des éléments minéraux, des vitamines, des fibres alimentaires...

**Les aliments bâtisseurs ou plastiques** sont nécessaires à la formation de la masse musculaire et de l'ossature de notre corps. On y trouve deux groupes : les aliments riches en **protides** d'origine animale ou végétale et les aliments riches en **calcium**.

**Les aliments énergétiques** fournissent non seulement l'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules du corps, mais aussi les substances de réserve. On y trouve deux groupes : les aliments **riches en corps gras** et les aliments riches en **amidon** ou en **sucré**



**Connaissance et Classification des aliments ?**

Classification pratique des aliments: les aliments sont divisés en 6 groupes :

**Groupes I et II – Aliments protéiques**      **Groupe I : Viandes, Poissons, Œufs**

➤ Source **d'apport protéique** important (acides aminés essentiels)

➤ Ils sont **riches en phosphore et en fer héminique (viande); iodé (poissons)** et pauvres en calcium (mauvais rapport calcium/phosphore)

➤ Apport en vitamine groupe B (surtout le foie), également et A et D (surtout le foie, poissons gras)

➤ Contrairement à la viande, le poisson est **riche en acides gras insaturés** (anti-athérogènes).

➤ pratiquement pas de vitamine C

➤ Apport **en cholestérol**

**N.B. La présence d'acides gras saturés et de cholestérol dans la viande et les œufs: pour cela, il faut une consommation limitée (périodique)**

**Groupes I et II – Aliments protéiques**

**Groupe I : Viandes, Poissons, Œufs**

Tableau 1 : Composition lipidique de quelques aliments du groupe des viandes, poissons, œufs

Aliment	Lipides Totaux (g/100 g)	Acides gras (% des AG totaux)		
		Saturés	Monoinsaturés	Polyinsaturés
Agneau*	15	53	41,9	5,1
Bœuf*	8,5	45,7	50	4,3
Porc*	12	41,2	48,9	9,9
Cheval	4,6	39,5	34,9	25,6
Œuf	10,5	36	48,8	15,1
Orge	17,5	43,7	47,2	15
Poulet	4	35,1	48,6	16,2
Dinde	2,9	36,7	35,5	27,8
Thon au naturel	1,6	37,8	28	34,1
Sardine	9	34,2	31,6	34,2
Saumon	10,1	21,1	40	38,9
Hareng	14,6	23,1	32,1	44,8

➤ **Pas de sucres:** apport en glucides Il est négligeable car il n'y a pratiquement plus de glycogène dans la viande au stade de sa commercialisation.

**Groupes I et II – Aliments protéiques**

**Groupe I : Viandes, Poissons, Œufs**

Tableau 2 : Teneur en cholestérol des viandes, poissons et œufs

Aliments	Cholestérol (mg/100 g)
Cervelles	2 000 à 2 200
Rognons	365 à 380
Foie	265 à 555
Cœur	150 à 170
Langue	110 à 140
Jaune d'œuf	1 480
1 jaune d'œuf (20 g)	300
Charcuteries	100 à 380
Viandes en général	65 à 80
Viandes de porc	100
Crustacés (crevettes, homard)	140 à 182
Œuf de "lump", caviar	300
Coquillages (moules, coquille St Jacques)	50 à 70
Poissons (moyenne)	50 à 70

Toutes les viandes, même maigres sont **sources de cholestérol**, en particulier les **abats**

**Classification des aliments ?**

**Groupe II : Lait et Produits laitiers**

➤ Le lait est **l'aliment de choix** pour le petit enfant.

➤ Il contient des **protéines de bonne qualité**, des **glucides** et des **lipides (cholestérol)**, des **vitamines**.

➤ Apport en Vitamines : **B2 – A et D** dans les produits non écrémés

➤ Pas de vitamine C

➤ Contrairement aux aliments du groupe I, il est **riche en calcium** mais pauvre en fer.

➤ Les fromages contiennent moins de calcium et surtout peu de **sucres (lactose)**

**Groupe II: lait et produits laitiers**

Tableau 3 : Apports nutritionnels moyens des différents laits/100 g

	Kcal	KJ	P (g)	L (g)	G (g)	Ca (mg)
Lait entier	63	263	3,2	3,5	4,6	120
Lait 1/2 écrémé	46	195	3,2	1,6	4,6	114
Lait écrémé	34	142	3,3	0,2	4,6	112
Lait en poudre écrémé*	351	1467	35,5	0,8	50	1300
Lait concentré entier non sucré	130	544	6,4	7,5	9,2	255
Lait concentré sucré	325	1358	8,4	9,1	55,8	280

- Protéines:** caséine, de lactalbumine et de lactoglobuline, CUD = 95 à 98).
- Lipides:** pauvre en AGE, AGS (65%) , AGMI (35%)
- Le lait contient également du **cholestérol** (lait entier 140 mg/litre, lait 1/2 écrémé : 90 mg/litre).
- Le lactose**, glucide essentiel du lait, favorise l'absorption du calcium. Mais [intolérance au lactose](#)
- [Source de calcium, bonne absorption \(rapport Ca/P=1,4, présence vit D, graisses...\)](#)
- [Vit A, D absentes des laits écrémés](#)

**Groupe II: lait et produits laitiers**

Tableau 5 : Apports nutritionnels moyens des principaux produits laitiers et des différentes classes de fromages/100g

	kcal	kJ	P (g)	L (g)	G (g)	Ca (mg)
Yaourt nature	50	213	4,3	1,2	5	173
Fromage blanc à 40 % MG	120	498	7,7	8	3,4	111
Fromage blanc à 20 % MG	80	335	8,5	3,4	3,6	117
Fromage à pâte molle : Camembert 45 % MG Munster	284 333	1178 1380	21,2 19	22 28,5	0,2 0	400 430
Fromages persillés : F. bleu Roquefort	370	1532	18,7	32,8	0	600
Fromages à pâte pressée : Saint-Paulin Emmental Fromage fondu	298 378 292	1236 1572 1213	23,3 29,4 16,8	22,7 28,8 22,7	0,2 0,2 2,8	780 1185 492

- Protéines:** principalement caséines  
La teneur en protéines est variable : 8 à 10 % dans un fromage frais, **20 à 24 %** dans les fromages à pâte molle et **28 à 30 %** dans les fromages à pâte pressée
- Le **lactose** est presque totalement éliminé (l'égouttage, transformation acide lactique)
- Minéraux:** dépend mode de fabrication
- La teneur en **vitamine A** des fromages est proportionnelle à leur teneur en matières grasses
- Les **fromages bleus** sont de bonnes sources de vitamines du groupe B (les moisissures en réalisent la synthèse).

**Classification des aliments ?**

**Groupe III – Corps gras**

- les graisses animales qui contiennent beaucoup **d'acides gras saturés** (hypercholestérolémiant),
- des graisses végétales riches en **acides gras insaturés (AGE)** il est préférable de cuisiner avec des huiles végétales (tournesol, maïs, olive) plutôt qu'avec du beurre.
- Ce groupe est une source importante de **vitamines A, D et E**.
- [Pas de minéraux](#)

**Groupe III – Corps gras**

Tableau 6a : Composition de quelques corps gras solides

Aliment	Lipides Totaux (g/100 g)	Acides gras (% des AG Totaux)		
		Saturés	Monoinsaturés	Polyinsaturés
Beurre	83	67,3	30,1	2,6
Crème	33,5	67,3	30,1	2,6
Saindoux	99	45,7	44,6	9,6
Graisse d'oie	99	28,6	59,8	11,5
Végétaline	100	99,3	0,7	tr.
Margarine tourne-sol	82,5	18	39,7	42,3
Margarines maïs	82,5	17,5	42,1	40,4

**La crème et le beurre**

- La crème** comporte environ 30 à 35 % de lipides et le beurre 82 à 84 %
- Les **acides gras** saturés représentent plus de **60 %** des acides gras totaux (en particulier acide palmitique C16:0, acide myristique C14:0 et acide stéarique C18:0).

une excellente source de **vitamine A**, **Un peu de vit D, pas de calcium**

**Groupe III – Corps gras**

Tableau 6c : Composition en acides gras de quelques lipides alimentaires d'après Grundy et Denke (% des acides gras totaux)

Acides gras	Beurre	Bœuf	Porc (lard)	Poulet	Mouton	Beurre de cacao
4 à 10:0 Chaîne courte	9,2	0,1	0,1		0,2	
12:0 Laurique	3,1	0,1	1,5	0,2	5,2	
14:0 Myristique	26,2	3,3	24,8	1,3	23,6	
16:0 Palmitique	1,9	25,5	3,1	23,2	2,5	0,1
16:1 Palmitoléique	12,5	3,4	12,3	6,5	24,5	25,8
18:0 Stéarique	28,2	21,6	45,1	6,4	33,3	0,3
18:1 Oléique	2,9	38,7	9,9	41,6	4	34,5
18:2 Linoléique	0,5	2,2	1,1	18,9	1,3	35,3
18:3 Linolénique		0,6	3,0	1,3	5,1	2,9
Autres		4,6		0,6		1,1

**Groupe III – Corps gras**

**Tableau: Composition de quelques huiles**

Aliment (g/100 g)	Lipides	Taux Acides gras (% des AG Totaux)		
		AGS	AGMI	AGPI
Huile d'arachide	100	20,8	47,5	31,7
Huile d'olive	100	15,2	74,3	10,5
Huile de colza	100	6,5	64,3	26,5
Huile de noisette	100	7,3	76,3	16,4
Huile 'Isio 4	100	12	41	47
Huile de maïs	100	12,9	27,4	59,6
Huile de soja	100	14,8	21,6	63,6
Huile de tournesol	100	12,2	23,5	64,3
Huile de noix	100	9,8	17,1	72,3

Sources : Répertoire général des aliments, Ciqual, 1995. Répertoire général des aliments, Corps gras, Ciqual, 1987

**LES HUILES ET MARGARINES**

- Origine végétale
- Pas de cholestérol
- 100 % lipides
- Chaque huile présente une composition particulière

**Les huiles concrètes (ou graisses végétales solide à T° ambiante**

- L'huile de palme comporte 50 % à 60 % d'AGS et 5 % à 10 % AGPI
- L'huile de coprah (végétaline) comporte plus de 90 % d'acides gras saturés (dont 50 à 60 % à chaîne courte)

**Groupe III – Corps gras**

**- Les margarines**

- La margarine est constituée par l'émulsion d'une phase aqueuse dans une phase grasse qui représente 82 % du produit final
- Le type d'huile ou de graisse entrant dans la composition d'une margarine est très variable et les caractéristiques nutritionnelles du produit final en dépendent.
- Elle comprend, selon les cas, des huiles ou des graisses végétales et animales.
- Elles sont composées en partie de graisses animales (saindoux), de graisses de poisson ou de beurre associées à des huiles et comportent surtout des acides gras saturés et monoinsaturés. Elles contiennent en outre du cholestérol
- On distingue les margarines classiques vendues en emballage papier qui sont solides à température ambiante.

**Classification des aliments ?**

**Groupe IV - Féculents, Céréales et Produits sucrés**

- Les **féculents** contiennent des glucides complexes qui n'ont pas de goût sucré. Exemple: le pain, les pommes de terre, le riz et les pâtes alimentaires.
  - Ils sont riches en **amidon** (sucre complexe - amylose ou amylopectine (ramifié).
  - apport calorique, source de **minéraux**, de **vitamines** et de **fibres**
- Les **céréales** contiennent également beaucoup de **sels minéraux** et autres éléments essentiels.
- Produits sucrés fait référence au goût de ces aliments qui contiennent des **sucres simples**.
- Les **produits sucrés** sont utilisés à 100 % par l'organisme.
  - Consommés isolément: des **pics** importants de sécrétion insulinique, orienter le métabolisme vers la formation de **graisses de réserve**.

**Classification des aliments ?**

**Groupe V et VI – Légumes et fruits**

**Groupe V : Légumes et Fruits crus**

➤ Ils contiennent 90 % d'**eau** en moyenne, des sucres sous forme d'**amidon** dans les légumes et sous forme de **fructose** et de **glucose** dans les fruits, beaucoup de **minéraux** et de **vitamines**. Ils ne contiennent pas de lipides: **Leur richesse en fibre limite parfois leur absorption.**

**Groupe VI : Légumes et Fruits cuits**

La cuisson déshydrate en partie ces aliments, les rend **plus digestibles**, mais diminue leur contenu en vitamines.

**Synthèse des groupes d'aliments**

Groupe d'aliments	Constituants alimentaires principaux	Rôle(s) nutritionnel(s)
Viandes poissons œufs	Protéines, vitamines B, lipides	Bâtisseur
Produits laitiers	Calcium, protéines, vitamine D	Bâtisseur, fonctionnel
Féculents et céréales	Glucides complexes, fibres, vitamines B, protéines	Énergétique
Fruits et légumes	Vitamines hydrosolubles, éléments minéraux, fibres	Fonctionnel
Corps gras	Lipides, vitamines liposolubles	Énergétique
Sucres et produits sucrés	Glucides simples	Énergétique
Boissons	Eau, éléments minéraux	Fonctionnel

**Synthèse des groupes d'aliments**

Aliments	Apports principaux	
Groupe I	Lait et dérivés	Protéines et calcium
Groupe II	Viande, œuf, poisson	Protéines et lipides
Groupe III	Matières grasses :	
	- Animales	Acides gras saturés
	- Végétales	Acides gras poly-insaturés
Groupe IV	Féculents, céréales,	Glucides énergétiques, Protéines, sels minéraux, vitamines et fibres
	Produits sucrés	Glucides « rapides »
Groupe V	Légumes et fruits	Minéraux, vitamines, glucides
Groupe VI	- Crus	
	- Cuits	Minéraux, vitamines et fibres