

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Université Abderrahmane Mira Bejaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département Tronc Commun des Sciences de la Nature et de la vie**

**Polycopié de cours**

**Au profit des étudiants en deuxième année de Licence "L2" en Sciences Alimentaires**

**Département des Troncs Communs**

***Alimentation et systèmes alimentaires***

**Préparé par :**

**Dr. TAZRART Karima**

# Sommaire

	Liste des figures	
	Liste des tableaux	
<b>Chapitre I</b>	<b><i>Evolution de l'alimentation humaine</i></b>	
	1. Rappels sur les périodes de l'histoire	1
	1.1. La préhistoire	1
	1.2. L'Antiquité	2
	1.3. Le Moyen Âge	2
	1.4. La période moderne	2
	1.5. La période contemporaine	3
	2. Etapes décisives de l'histoire de l'alimentation	3
	2.1. Le paléolithique : les chasseurs-cueilleurs	3
	2.2. Le néolithique : la naissance de l'agriculture et de l'urbanisation	4
	2.3. L'antiquité et la période historique	5
	2.4. L'époque moderne : L'alimentation industrielle	5
	3. Maladies liées à l'alimentation	6
	3.1. Surcharge pondérale et obésité	7
	3.2. Le diabète	7
	3.3. Les maladies cardiovasculaires	7
	3.4. Les accidents vasculaires cérébraux	7
	3.5. Les cancers	8
<b>Chapitre II</b>	<b><i>La sécurité alimentaire</i></b>	
	1. Définition de la sécurité alimentaire	9
	2. Dimensions de la sécurité alimentaire	10
	2.1. La disponibilité physique des aliments	10
	2.2. L'accès économique et physique des aliments	10
	2.3. L'utilisation des aliments	10
	2.4. La stabilité des trois autres dimensions dans le temps	10
	3. L'insécurité alimentaire	11
	3.1. L'insécurité alimentaire chronique	11
	3.2. L'insécurité alimentaire transitoire	11
	4. Relation entre la pauvreté et l'insécurité alimentaire	12
	5. Sécurité sanitaire des aliments	13
	6. Conseils de prévention	16
<b>Chapitre III</b>	<b><i>Les besoins énergétiques</i></b>	
	1. Les substrats énergétiques	17
	2. Composantes de la dépense énergétique	17
	2.1. Le métabolisme de repos	18
	2.2. La thermogénèse alimentaire (Action dynamique spécifique)	20

	2.3. Dépenses liées à l'activité physique	20
	3. Variabilité des la dépense énergétique	20
	3.1. Variabilité avec l'âge	20
	3.2. Variabilité avec le sexe	21
	3.3. La thermorégulation	21
	3.4. Variabilité avec la grossesse	21
	3.5. Variabilité avec l'allaitement	21
	3.6. Variabilité avec la ration alimentaire	21
	3.7. Variabilité d'origine génétique	22
	4. Le bilan énergétique	22
	5. Estimation de la dépense énergétique au repos (DER)	23
	6. Estimation de la dépense énergétique totale (DET)	23
<b>Chapitre IV</b>	<b><i>Le système alimentaire conventionnel</i></b>	
	1. Définition du système alimentaire	25
	2. Sources conventionnelles de nutriments	25
	2.1. Les macronutriments	26
	2.2. Les micronutriments	28
<b>Chapitre V</b>	<b><i>Les systèmes alimentaires non conventionnels</i></b>	
	1. Définition	32
	2. Ressources alimentaires non conventionnelles	32
	2.1. Les algues	32
	2.2. Les champignons macroscopiques	34
	2.3. Les végétaux sauvages	35
	2.4. Les insectes	37
	2.5. Les protéines d'organismes unicellulaires	38
	3. Le concept d'alimentation durable	38
	4. Valorisation de la biomasse et des coproduits	39
	4.1. Les coproduits de l'industrie laitière	39
	4.2. Les coproduits de l'industrie de la viande et du poisson	40
	4.3. Les coproduits de la filière céréalière	40
	4.4. Les coproduits issus de la trituration des oléagineux	40
<b>Références bibliographiques</b>		

## Liste des figures

<b>Numéro de la figure</b>	<b>Titre de la figure</b>	<b>Page</b>
1	Périodisation de l'histoire	2
2	Illustration de la chasse, la pêche et la cueillette au paléolithique	4
3	Illustration de l'agriculture et l'élevage au néolithique	4
4	Illustration de la période antique	5
5	Illustration de l'alimentation industrielle	6
6	Composantes des la sécurité alimentaire	11
7	Lien entre la pauvreté et l'insécurité alimentaire	13
8	Composantes de la dépense énergétique totale	15
9	Contribution des différents organes au métabolisme de base	16
10	Effet de la variation des apports et dépenses d'énergie sur le poids	19
11	Dépenses énergétiques (Kcal/h) relatives à quelques activités quotidiennes	21
12	Photographie de la kombu	30
13	Photographie de la spiruline	30
14	Photographie de la girolle	31
15	Photographie de la fougère aigle	32
16	Photographie de la punaise d'eau géante	33

## Liste des tableaux

<b>Numéro</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
I	Apports énergétiques des macronutriments	14
II	Types d'activités physiques et leur NAP correspondant	21
III	Rôles des différents nutriments dans l'organisme	22
IV	Fonctions et sources des vitamines hydrosolubles	25
V	Sources et fonctions des vitamines liposolubles	27
VI	Sources et fonctions des éléments majeurs	27
VII	Sources et fonctions des oligo-éléments	28

## 1. Rappels sur les périodes de l'histoire

Les historiens ont déterminé des périodes majeures de l'histoire (**Figure 1**) :

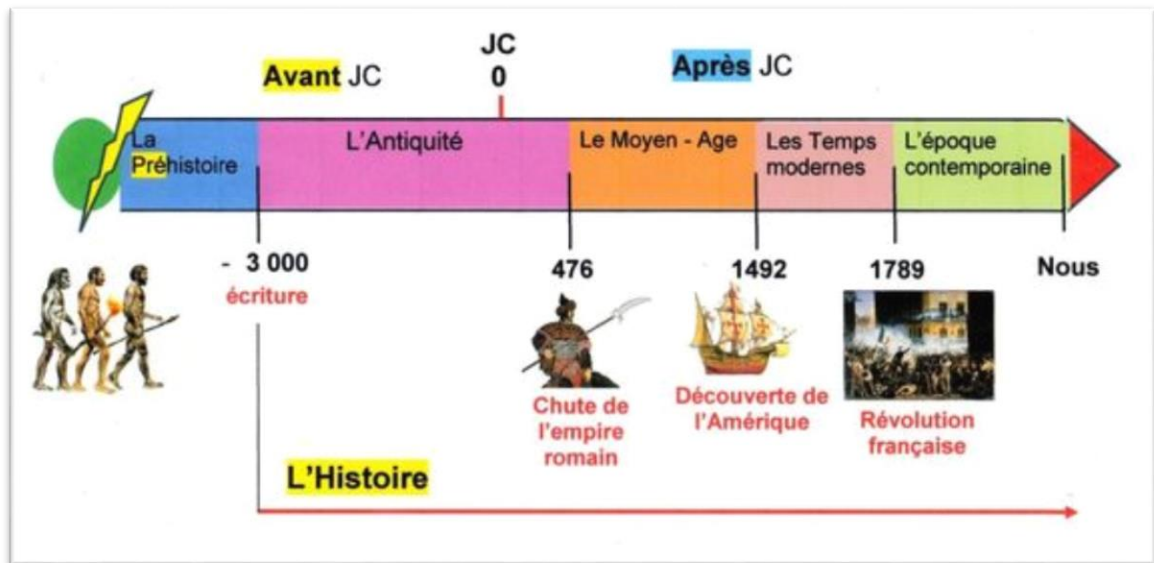
### 1.1. La préhistoire

Elle commence avec l'apparition de l'homme il y a 3 millions d'années et se termine par l'apparition de l'écriture en 3000 ans Av J-C. La préhistoire est divisée en différentes périodes caractérisées par des techniques particulières et qui sont au nombre de trois :

- a. **Le Paléolithique** (3MA – 12 000 ans) : C'est la plus ancienne et la plus longue période de la préhistoire. Cette période est caractérisée par l'apparition de la première espèce du genre Homo qui est *Homo habilis* (homme habile), mais aussi par la technique de la pierre taillée et un mode de vie nomade ignorant l'élevage ou l'agriculture.
- b. **Le Mésolithique** ou l'Épipaléolithique (12 000 – 7500 ans) : Le mésolithique est caractérisé par la vie en plus grandes communautés, la réduction des territoires de chasse (territoires de vie limités) et le développement de l'arc et des flèches. Ces changements sont fortement liés aux modifications de l'environnement qui sont une des conséquences du réchauffement climatique post-glaciaire. Les conditions de vie étaient de ce fait plus favorables.
- c. **Le Néolithique** (7500 – 2500 ans) appelé préhistoire récente : Le mode de vie a commencé à changer : les hommes sont peu à peu devenus sédentaires, c'est-à-dire qu'ils se sont installés dans des lieux précis et ont cessé de se déplacer pour trouver leur nourriture. Des villages ont commencé à se former et la vie en groupe s'est organisée. L'Homme s'est mis à produire lui-même sa nourriture en cultivant la terre et en pratiquant l'élevage (porcs, moutons, bœufs, etc.).

### 1.2. L'Antiquité

Elle débute vers -3000 lorsqu'apparaît l'écriture et se termine avec la chute de l'empire romain d'occident en 476. En l'espace de ces millénaires, plusieurs grandes civilisations ont marqué leur époque autour de la Méditerranée : les Mésopotamiens, les Égyptiens, les Perses, les Hébreux, les Grecs et les Romains.



**Figure 1** : Périodisation de l'histoire

### 1.3. Le Moyen Âge

Il s'étend de 476 à 1492, date de la découverte de l'Amérique. La période médiévale se caractérise par le morcellement de l'autorité politique et le recul de la notion d'État.

Par ailleurs, les institutions religieuses, et en particulier l'église catholique, exerçaient un pouvoir politique majeur dans la société, faisant partie des rares classes ayant accès à l'éducation. L'économie était essentiellement basée sur l'agriculture, avec une classe paysanne fortement exploitée et démunie de droits.

### 1.4. La période moderne

Elle commence en 1492 par la découverte du nouveau monde : l'Amérique, et marque une grande pause entre le moment de l'intégration de deux mondes humains: l'Amérique – ou Nouveau Monde – et l'Afro-Eurasie – ou vieux Monde.

Le 18<sup>ème</sup> siècle, aussi appelé le Siècle des Lumières, est le théâtre de mouvements de contestation qui vont mener aux révolutions américaine et française. C'est d'ailleurs la révolution française, en 1789, qui sert de repère historique pour marquer la fin des Temps modernes.

L'Époque moderne est celle où triomphent les valeurs de la modernité (le progrès, la communication, la raison).

### 1.5. La période contemporaine

Elle commence à la fin de l'époque moderne et se poursuit jusqu'à nos jours. C'est durant cette période qu'a lieu l'industrialisation, qui naîtra d'abord en Grande-Bretagne. L'industrialisation va modifier grandement la société et faire naître le syndicalisme de même que des mouvements sociaux et politiques tels que le socialisme. On assiste également à la naissance des États républicains, l'abolition de l'esclavage et les guerres mondiales.

## 2. Etapes décisives de l'histoire de l'alimentation

La recherche de la nourriture a été une constante préoccupation pour l'homme car l'aliment est indispensable pour le maintien de la vie.

L'homme, omnivore par excellence, est capable d'exploiter une large variété de ressources alimentaires qui ont naturellement varié au gré des changements climatiques. Ces ressources se sont enrichies au fil du temps suite aux innovations techniques qui ont marqué son histoire.

On peut distinguer 3 principaux modes d'alimentation à travers l'histoire de l'humanité :

- L'alimentation préhistorique du chasseur-cueilleur ;
- L'alimentation agricole traditionnelle :
  - Le néolithique
  - L'antiquité et la période historique
- L'alimentation industrielle moderne.

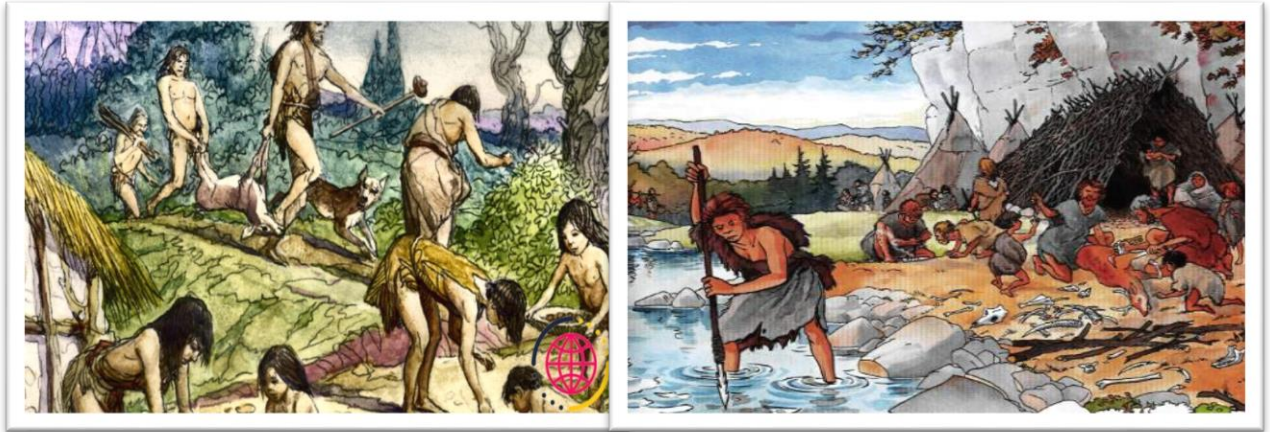
### 2.1. Le paléolithique : les chasseurs-cueilleurs

L'alimentation paléolithique est basée sur la chasse, la pêche et la cueillette au hasard des déplacements (**Figure 2**). La viande était essentiellement constituée de gibier et de nombreux végétaux sauvages étaient consommés.

Vivre des ressources offertes par la nature sauvage, sans rien produire et avec peu de capacités de stockage nécessite un vaste territoire, des groupes nomades avec un nombre limité à quelques dizaines de personnes.

La maîtrise du feu, vers 400 000 ans est une étape capitale de l'histoire de l'humanité. Elle a grandement contribué à améliorer la santé des hommes préhistoriques. En effet, la viande cuite, par exemple, permet d'obtenir un meilleur apport énergétique que la viande crue et la digestion fut grandement améliorée.



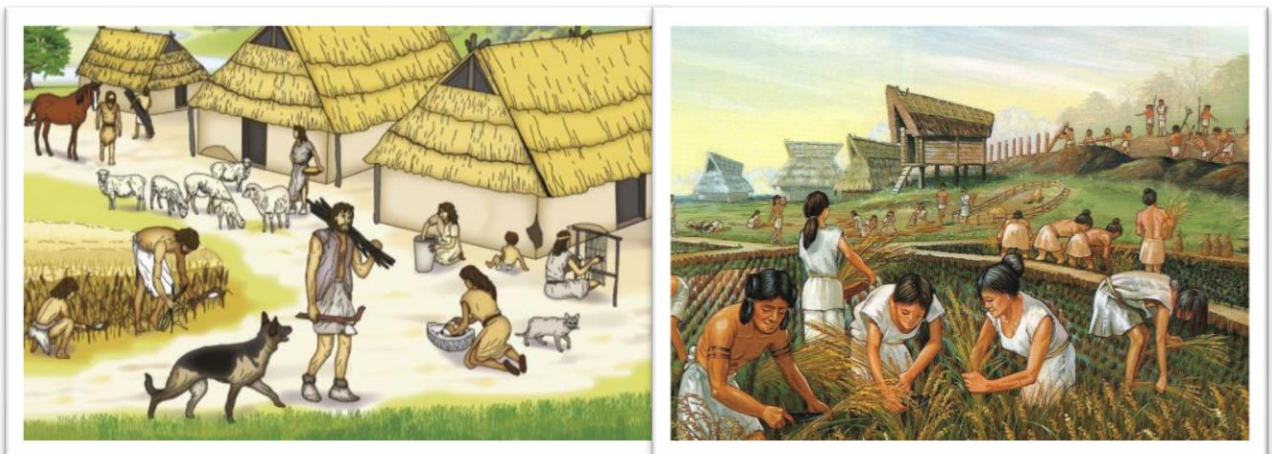


**Figure 2** : Illustration de la chasse, la pêche et la cueillette au paléolithique

## 2.2. Le néolithique : la naissance de l'agriculture et de l'urbanisation

En devenant progressivement plus sédentaire à partir du néolithique (vers 10 000 ans avant notre ère), l'Homme va connaître les premiers changements alimentaires de son histoire, suite à l'invention de l'agriculture et de l'élevage. Cette transition est appelée révolution néolithique. Cette révolution a été favorisée par le réchauffement climatique qui débute vers 12 000 ans avant J-C et qui a permis la pousse des céréales qui ont largement contribué à nourrir les Hommes.

Le développement de l'élevage d'animaux (**Figure 3**) lui permettra de continuer à manger de la viande (animaux d'élevage à la place du gibier), mais aussi d'obtenir des œufs, du lait et de la laine. De plus, le gros bétail lui servait à travailler les champs. En développant l'agriculture, il va produire des céréales (blé, seigle, orge), puis des légumineuses (pois, lentilles, ...) et ultérieurement des légumes et fruits.



**Figure 3** : Illustration de l'agriculture et l'élevage au néolithique

### 2.3. L'antiquité et la période historique

L'antiquité est dominée par les grandes civilisations qui ont permis le développement d'une riche diversification alimentaire avec des différences liées aux spécificités culturelles et au degré de productivité agricole de chaque contrée (**Figure 4**). Le lait et laitages étaient largement utilisés.

C'est aussi l'âge d'or de la médecine, où de nombreux médecins se sont intéressés à la nutrition, perçue comme un élément capital pour la santé des Hommes, qu'ils soient sains ou malades ; d'où la fameuse citation: "Que l'aliment soit ton premier médicament" du célèbre médecin Hippocrate (né vers 460 avant J-C en Grèce).



**Figure 4** : Illustration de la période antique

### 2.4. L'époque moderne : L'alimentation industrielle

Aux temps modernes, l'expansion démographique a entraîné un besoin grandissant en aliments pour nourrir une population en constante évolution, d'où l'expansion de l'agriculture, qui a eu pour conséquence une augmentation de part des céréales dans l'alimentation populaire, qui de ce fait, devenait de moins en moins variée et de plus en plus carencée en protéines.

L'introduction du sucre dans l'alimentation est devenue très abondante depuis la découverte de la betterave sucrière, qui a permis de produire du sucre en grandes quantités et à un moindre coût par rapport à la canne à sucre. La consommation de sucre par habitant et par an est ainsi passée de 8kg en 1880 à 40kg en 1960.

La découverte de procédés de conservation (appertisation et surgélation) a permis de conditionner beaucoup d'aliments frais sous forme de conserves ou de surgelés (fruits, légumes, viandes, poisson).

L'époque contemporaine est caractérisée par la révolution industrielle qui a entraîné une industrialisation considérable de l'alimentation (**Figure 5**). Aujourd'hui, notre alimentation quotidienne est à l'image de notre rythme de vie effréné; le temps destiné à la préparation et à la consommation des repas se réduit de plus en plus. Les plats préparés vendus dans les grandes surfaces, souvent contenant beaucoup de sucre, de sel et d'additifs, connaissent un bond spectaculaire. Les fast food marquent une très grande expansion à travers le monde et de plus en plus de jeunes adoptent cette façon de s'alimenter.

La composition du panier d'épicerie reflète bien les rapides modifications de nos habitudes alimentaires. En effet, le budget octroyé aux produits de boulangerie et céréaliers, aux boissons non alcoolisées et aux mets préparés augmente, alors que l'achat de produits de base est en déclin.



**Figure 5:** Illustration de l'alimentation industrielle

### 3. Maladies liées à l'alimentation

L'alimentation industrialisée, qui a permis de nourrir en quantité suffisante l'Occident, a poussé ses habitants à la « surconsommation » et à fermer les yeux sur la qualité de ce qu'ils ingèrent.

Une mauvaise alimentation constitue l'un des principaux facteurs de risque d'un éventail de maladies chroniques, telles que: l'obésité, le diabète sucré, les maladies cardiovasculaires, l'hypertension artérielle, les accidents vasculaires cérébraux et certains cancers. Ces maladies,

non contagieuses et pour la plupart évitables, constituent la première cause de mortalité dans le monde.

La surconsommation de sel, sucre et viande, des apports insuffisants en céréales complètes et fruits présentent des facteurs de risque pour l'émergence de ces maladies.

Les principales pathologies engendrées par l'alimentation sont expliquées ci-dessous :

### **3.1. Surcharge pondérale et obésité**

Le surpoids et l'obésité sont définis par l'OMS comme « une accumulation anormale ou excessive de graisse, qui présente un risque pour la santé ». L'obésité est une maladie chronique qui peut induire le développement d'autres pathologies telles que le diabète ou les maladies cardiovasculaires. Une mauvaise alimentation et la sédentarité sont les causes majeures de la prise de poids.

### **3.2. Le diabète**

Le diabète regroupe différentes pathologies présentant des symptômes communs, à savoir la polyurie (augmentation du volume urinaire) et la polydipsie (sensation de soif excessive). L'excès de glucose dans le sang peut affecter la paroi des vaisseaux sanguins et provoquer leur dégénérescence, pouvant entraîner de sérieuses complications, notamment la cécité, l'insuffisance rénale, les maladies cardiaques et les attaques cérébrales.

Les modes de vie sédentaires et le surpoids augmentent le risque de survenue du diabète de type II, particulièrement lorsque l'excès de graisse est stocké au niveau de l'abdomen.

### **3.3. Les maladies cardiovasculaires**

Les maladies cardiovasculaires se manifestent par un trouble de l'irrigation du cœur par les artères coronaires. On estime qu'un tiers des décès à travers le monde est dû aux maladies du cœur et des vaisseaux sanguins. Les facteurs de risque pouvant conduire aux maladies cardiovasculaires sont multiples et la plupart sont liées à l'alimentation.

### **3.4. Les accidents vasculaires cérébraux**

L'accident vasculaire cérébral (AVC) correspond soit à l'obstruction, soit à la rupture d'un vaisseau sanguin dans le cerveau, provoquant la mort d'une partie du tissu cérébral du fait de la perte de son apport sanguin.

On estime aujourd'hui que plus de la moitié des AVC sont associés à une mauvaise alimentation. En effet, une consommation excessive de sel, de sucre et de graisses saturées est associée à un risque accru d'AVC. Le sel fait augmenter la tension artérielle, ce qui est le principal facteur de risque de cette affection. Le sucre et les boissons sucrées sont liés à l'obésité et au diabète, deux facteurs de risque d'AVC. Par conséquent, en réduire la consommation aide à prévenir cette pathologie.

### **3.5. Les cancers**

Il est estimé qu'environ 30% des cancers dans les pays industrialisés sont d'origine alimentaire. L'implication de l'alimentation concerne certains types de cancers ; ainsi, il a été rapporté que l'incidence du cancer du col de l'utérus et du cancer du sein post-ménopause augmente en cas de surcharge pondérale. De plus, il a été démontré que le risque de cancer colorectal augmente avec la consommation abondante de charcuteries.

## 1. Définition de la sécurité alimentaire

Le concept de sécurité alimentaire est apparu en 1974 lors d'une conférence mondiale de l'alimentation, organisée par l'Assemblée Générale des Nations Unies (ONU). L'objectif de la rencontre était de faire face à une situation critique, liée à une hausse immense des prix des céréales et autres denrées alimentaires de première nécessité sur les marchés internationaux et l'apparition de la famine en Afrique (50 000 à 200 000 personnes décédées en Ethiopie). Cette situation était le résultat d'une succession de catastrophes climatiques dans diverses régions de la planète.

La définition donnée fut : « Capacité de tout temps d'approvisionner le monde en produits de base, pour soutenir une croissance de la consommation alimentaire tout en maîtrisant les fluctuations et les prix».

En 1983, la FAO a donné une autre définition, qui met l'accent sur l'accès à l'alimentation comme facteur déterminant de la sécurité alimentaire : «Assurer à toute personne et à tout moment un accès physique et économique aux denrées alimentaires dont elle a besoin».

En 1986, un intérêt s'est porté sur l'accessibilité directe de l'individu à la nourriture. La définition a ainsi été révisée comme suit : «Accès par chaque individu, à tout instant à des ressources alimentaires permettant de mener une vie saine et active».

En 1996, la FAO et l'OMS ont défini, lors du Sommet Mondial de l'Alimentation réuni à Rome la notion de sécurité alimentaire comme suit : «L'accès physique et économique de tous les êtres humains, à tout moment, à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active».

Aujourd'hui, la définition la plus consensuelle est celle adoptée lors du Sommet Mondial de la Sécurité Alimentaire en 2009 :

«La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active».

## 2. Dimensions de la sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire comprend quatre composantes principales (**Figure 6**):

**2.1. La disponibilité physique des aliments :** La disponibilité en quantités suffisantes de nourriture de nature et de qualité appropriée ; elle porte sur le « côté de l'offre » de la sécurité alimentaire et est déterminée par le niveau de production alimentaire, les niveaux de provisions, et le commerce net.

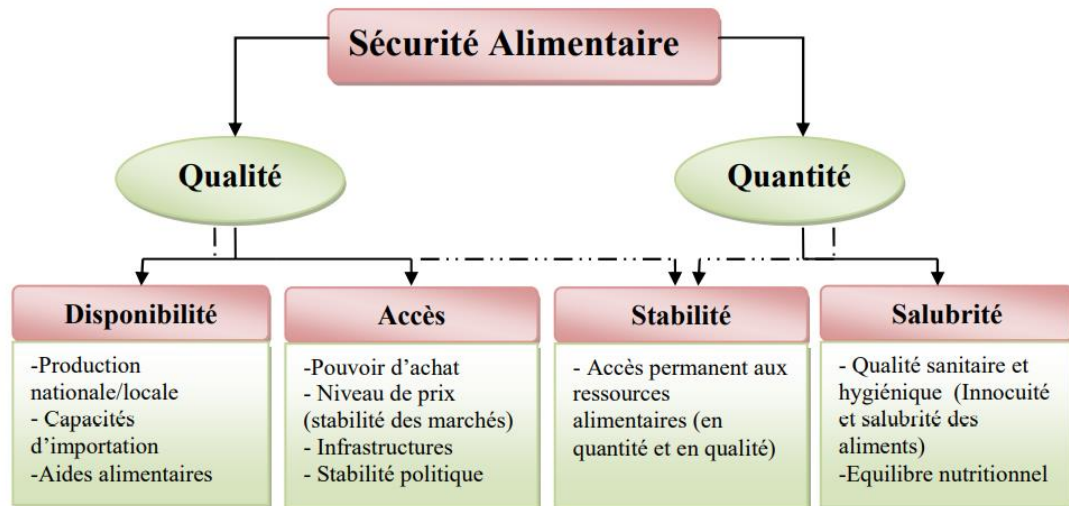
**2.2. L'accès économique et physique des aliments :** L'accès fait référence à la capacité d'un ménage de se procurer suffisamment de nourriture nécessaire à un régime alimentaire nourrissant à tous ses membres. L'accès à la nourriture de la population ne doit pas être mis en cause par des catastrophes naturelles ou des problèmes économiques.

De bonnes provisions alimentaires au niveau national ou international ne garantissent pas en soi la sécurité alimentaire des ménages. En effet, de nombreux facteurs influencent l'accès aux aliments, notamment le prix des denrées alimentaires proposées, les opportunités de travail ainsi que l'accès aux lieux de vente qui peut être difficile physiquement.

**2.3. L'utilisation des aliments :** L'utilisation porte sur la façon dont le corps tire profit des différents nutriments contenus dans les aliments dont il a accès et détermine ainsi l'état nutritionnel des individus. Elle inclut également les formes de préparation des aliments ainsi que les conditions d'hygiène au long de la chaîne de préparation, qui s'avèrent être des facteurs décisifs de la qualité sanitaire des aliments consommés au sein des ménages.

De plus, la diversification du régime alimentaire permet d'assurer un apport adéquat d'énergie et de nutriments, ce qui mène à la promotion d'un bon état de santé et aide à la prévention de certaines maladies.

**2.4. La stabilité des trois autres dimensions dans le temps :** Elle renvoie à la pérennité de la disponibilité des aliments pour tous les ménages et toutes les personnes, et ce en dépit de toute circonstance exceptionnelle qui peut survenir, telles que les conditions climatiques défavorables (sécheresses, inondations), l'instabilité politique (conflits, guerres), les facteurs économiques (chômage, baisse des revenus, augmentation du prix des aliments). Par ailleurs, l'utilisation des aliments ne doit pas être perturbée par des problèmes de santé.



**Figure 6:** Composantes des la sécurité alimentaire

### 3. L'insécurité alimentaire

L'insécurité alimentaire peut être divisée en deux types : l'insécurité alimentaire chronique et l'insécurité alimentaire transitoire.

#### 3.1. L'insécurité alimentaire chronique

Elle se manifeste par l'incapacité des personnes à satisfaire leurs besoins nutritionnels sur le long terme et elle découle de la pauvreté prolongée.

#### 3.2. L'insécurité alimentaire transitoire

Elle est caractérisée par une incapacité d'accès à une alimentation suffisante au maintien d'un bon état nutritionnel pour une courte durée. Elle résulte de l'instabilité en termes de disponibilité et de prix des denrées alimentaires.

- **La malnutrition**

Selon l'OMS, la malnutrition se définit par les carences, les excès ou les déséquilibres dans l'apport énergétique et/ou nutritionnel d'une personne. C'est un état nutritionnel qui est la conséquence d'une alimentation mal équilibrée en quantité et/ou en qualité. Ce terme regroupe trois grands groupes d'affections :



- La dénutrition : elle englobe l'émaciation (faible rapport poids/taille), le retard de croissance (faible rapport taille/âge) et l'insuffisance pondérale (faible rapport poids/âge).
- La malnutrition en matière de micronutriments (manque de vitamines et de minéraux essentiels) ou d'excès de micronutriments.
- Le surpoids, l'obésité et les maladies non transmissibles liées à l'alimentation (ex : cardiopathies, AVC, diabète et certains cancers).

La malnutrition a des origines diverses, à savoir la pauvreté, l'inaccessibilité de la nourriture, les maladies, les conflits, les bouleversements climatiques et le manque d'eau potable.

- **La famine**

La famine est la rupture absolue de nourriture pour des populations entières lorsque rien n'est fait pour interrompre le processus.

#### **4. Relation entre la pauvreté et l'insécurité alimentaire**

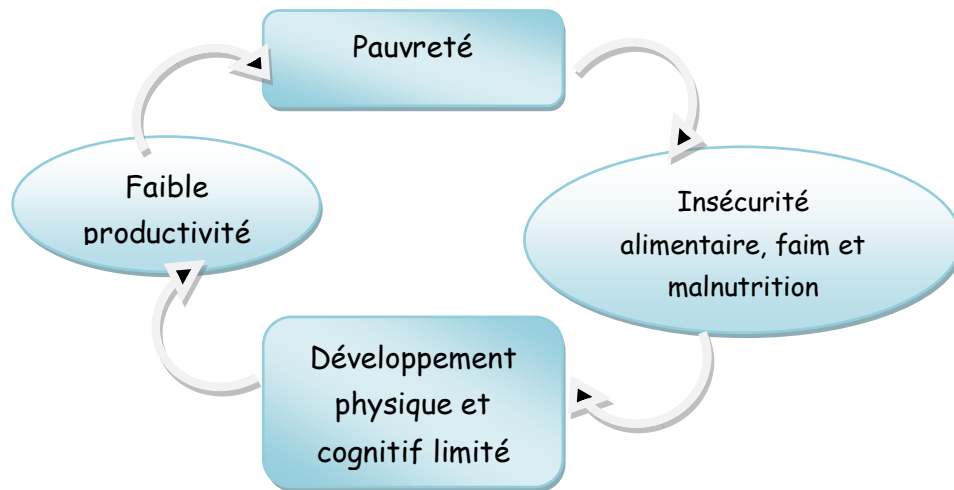
La relation entre insécurité alimentaire et pauvreté est très complexe et peut être considérée comme un cercle vicieux (**Figure 7**).

La faim, l'insécurité alimentaire, et la malnutrition empêchent les personnes pauvres d'échapper à la pauvreté car elles diminuent leur capacité d'apprendre, de travailler et de prendre soin d'eux-mêmes et des membres de leur famille. Les individus qui souffrent de faim chronique pourraient être incapables de gérer les biens nécessaires pour leur permettre d'échapper à la pauvreté.

Une personne a besoin d'un apport énergétique suffisant et d'un état nutritionnel adéquat, pour travailler et être productive. Les personnes qui souffrent de malnutrition n'ont pas la capacité de faire un travail continu, et ne peuvent donc pas mener « une vie saine et active ».

Une mauvaise nutrition est associée à une faible performance scolaire. Si l'enfant a faim, il est fatigué et ne peut pas maintenir son attention. Les capacités cognitives elles-mêmes sont affaiblies, des fois de manière irréversible, à cause de la malnutrition grave et prolongée. Par conséquent, les enfants ne réussissent pas à l'école, et gâchent ainsi leurs perspectives économiques pour le futur.

Les personnes qui souffrent d'insécurité alimentaire évitent les risques économiques, car les fluctuations du revenu pourraient être catastrophiques pour leurs moyens d'existence futurs. Comme les investissements à moindres risques ont tendance à avoir de moindres bénéfices, la tendance observée est que la mauvaise nutrition est associée à un moindre revenu.



**Figure 7:** Lien entre la pauvreté et l'insécurité alimentaire

## 5. Sécurité sanitaire des aliments

Il existe une relation étroite entre la sécurité sanitaire des aliments, la nutrition et la sécurité alimentaire. Les aliments insalubres créent un cercle vicieux de maladies et de malnutrition, touchant particulièrement les nourrissons, les jeunes enfants, les personnes âgées et les sujets malades.

Les maladies provoquées par la consommation d'aliments contaminés touchent près de 600 millions de personnes à travers le monde, soit environ une sur 10, dont il résulte 420 000 de décès chaque année.

Les maladies d'origine alimentaire sont habituellement de nature infectieuse ou toxique. Les agents responsables de ces affections peuvent être biologiques ou chimiques et sont introduits dans l'organisme par le biais d'aliments ou d'eau contaminés.

➤ Les agents biologiques sont représentés par :

### a. Les bactéries

Les bactéries telles que *Salmonella*, *Campylobacter* et *Escherichia coli* font partie des agents pathogènes d'origine alimentaire les plus courants; elles affectent des millions de personnes chaque année, et s'accompagnent de conséquences graves, voire mortelles. Fièvre, maux de

tête, nausées, vomissements, douleurs abdominales et diarrhée en sont les symptômes. Les œufs, les volailles et d'autres produits d'origine animale sont des exemples d'aliments impliqués dans les foyers de salmonellose. *Escherichia coli* est associée au lait non pasteurisé et à la viande insuffisamment cuite, tandis que les intoxications à *Campylobacter* sont principalement causées par le lait cru et la volaille crue ou insuffisamment cuite.

#### **b. Les virus**

Les gastro-entérites virales se déclenchent en règle générale entre 6 et 48h après un contact direct ou indirect avec un virus et sont généralement causées par des norovirus, avec des symptômes qui se manifestent sous forme de nausées, vomissements irrésistibles, diarrhée aqueuse et douleurs abdominales. L'infection à norovirus est souvent imputable à des produits agricoles et marins ayant été en contact avec de l'eau souillée et consommés crus ou après insuffisamment cuits.

#### **c. Les parasites**

Des parasites peuvent se retrouver dans notre alimentation et être à l'origine de pathologies, tels que *Echinococcus spp.* ou *Taenia solium* responsables d'infections via les aliments ou le contact direct avec les animaux. *Giardia lamblia* peut causer une intoxication alimentaire quand il est présent dans les fruits et légumes frais et l'eau. D'autres encore comme *Ascaris*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* pénètrent dans la chaîne alimentaire par l'eau ou le sol et peuvent contaminer les produits frais.

#### **d. Les prions**

Les prions sont agents infectieux composés de protéines. Les maladies à prion sont des troubles dégénératifs rares et fatals du cerveau qui se produisent dans le monde entier chez les humains et les animaux. Elles appartiennent à la catégorie générale de maladies cérébrales appelées protéinopathies, qui incluent la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson et la sclérose latérale amyotrophique. Bien qu'il y ait plusieurs formes de maladies à prion, la plus courante est la maladie de Creutzfeldt-Jakob.

- L'intoxication alimentaire peut aussi avoir une origine chimique ; on distingue les toxines d'origine naturelle et les polluants environnementaux.

### **a. Les toxines d'origine naturelle**

Les toxines naturelles sont des substances chimiques naturellement produites par des organismes vivants. Elles comprennent les mycotoxines, les biotoxines marines, les glycosides cyanogéniques et les toxines présentes dans certains champignons.

Parmi les aliments pouvant être affectés par les mycotoxines, on peut nommer les céréales, les noix, les fruits et les fruits secs, le café, le cacao, les épices, les graines oléagineuses et le lait. Il existe plus de 300 mycotoxines connues possédant des structures chimiques radicalement différentes. Elles s'attaquent aux reins, au foie ou au système immunitaire et certaines sont carcinogènes.

### **b. Les métaux lourds**

L'exposition toxique aux métaux lourds survient dans diverses circonstances incluant une contamination de l'environnement, un traitement médical, un accident industriel ou un acte criminel. Leur toxicité se développe par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire. Depuis de nombreuses années, certains métaux sont connus comme étant de puissants toxiques tels que le plomb, le cadmium et le mercure ; ils provoquent des lésions neurologiques et rénales.

### **c. Les polluants chimiques**

Les polluants organiques persistants sont des composés qui s'accumulent dans l'environnement et le corps humain. Les Dioxines et les polychlorobiphényles sont des produits de combustion incomplètes des substances organiques (déchets, cigarettes etc.) et industrielles (métallurgie, etc.). Ils sont très rémanents et très toxiques à très faible concentration ; ils peuvent entraîner des problèmes du système reproducteur, porter atteinte au système immunitaire, altérer les hormones et provoquer des cancers.

Les résidus de pesticides (fongicide, herbicides, insecticides) sont des substances chimiques, ou des mélanges de substances, présentant des risques de toxicité, qui peuvent rester dans les aliments destinés à l'Homme ou aux animaux par suite de traitements phytosanitaires. Ils peuvent provoquer une toxicité aiguë ou chronique avec des symptômes allant de l'irritation cutanée et oculaire, maux de têtes, nausées et étourdissements, aux cancers du foie, de la prostate, du sang et problèmes de fertilité.

## 6. Conseils de prévention

Le respect de certaines mesures préventives permet de réduire considérablement l'incidence des maladies d'origine alimentaires. Il est ainsi préconisé de :

- Évitez de manger certains aliments crus (œufs, volaille et viande) ou non pasteurisés (ex. fromage de lait cru) ;
- Respecter les conditions de stockage et de température indiquées sur l'emballage des produits;
- Minutieusement nettoyer les fruits et les légumes avant de les consommer;
- Jeter toute denrée alimentaire qui pourrait être contaminée. Ne pas conserver au réfrigérateur pour plus de 2 jours les mets préparés) à moins de les congeler ;
- Éviter de consommer un aliment dont la date de péremption est dépassée ;
- Éviter de recongeler un aliment déjà décongelé une première fois ;
- Faire cuire suffisamment les viandes ;
- Se laver régulièrement les mains lors de la manipulation de nourriture;
- Utiliser des planches à découper distinctes entre les légumes et la viande en cuisine ;
- Éviter de laisser trop longtemps les produits réfrigérés hors du réfrigérateur.

## 1. Les substrats énergétiques

Pour fonctionner correctement, le corps a besoin d'énergie (calories). Cette énergie provient de la dégradation des aliments que l'on consomme.

L'alimentation apporte des macronutriments (glucides, lipides, protéines), qui constituent l'unique source énergétique de l'Homme. La quantité d'énergie fournie par ces différents substrats est illustrée dans le tableau suivant :

**Tableau I:** Apports énergétiques des macronutriments

Substrats	Teneur énergétique des nutriments	Exemples d'aliments apportant le macronutriment
Lipides	9 Kcal/g (38 KJ/g)	Fromages, beurre, huiles
Glucides	4 Kcal/g (17 KJ/g)	Pain, pâtes, biscuits
Protéines	4 Kcal/g (17 KJ/g)	Viande, œufs, poisson, lait

La ration alimentaire a pour rôles de compenser les dépenses énergétiques (ER) de l'organisme et d'apporter les constituants chimiques nécessaires au fonctionnement de l'organisme.

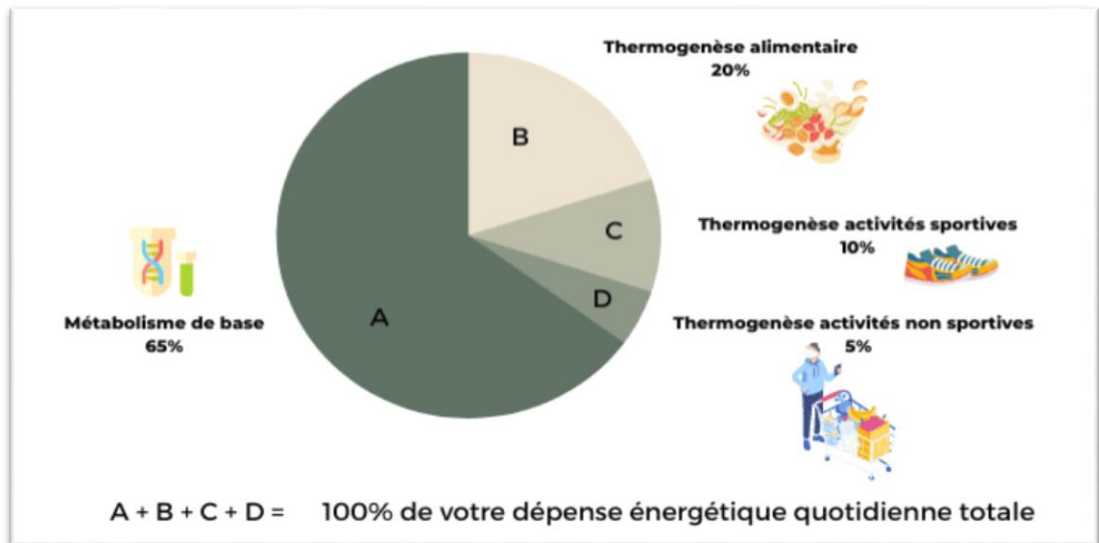
Le besoin en énergie d'un individu a été défini par la FAO (Food and Agriculture Organization) comme : « La quantité d'énergie nécessaire pour compenser ses dépenses énergétiques et assurer une taille et une composition corporelle compatibles avec le maintien à long terme d'une bonne santé et une activité physique adaptée au contexte économique et social ».

Outre les besoins en énergie, d'autres nutriments essentiels s'avèrent indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Ils englobent les vitamines, les minéraux, les oligoéléments, les graisses ou lipides (acides gras polyinsaturés), et les acides aminés essentiels.

## 2. Composantes de la dépense énergétique

La dépense énergétique totale (DET) est l'énergie dépensée en moyenne sur 24h par un individu ou un groupe d'individus (**Figure 8**). Les DET sont exprimées en kilojoules par unité de surface corporelle par heure et peuvent être subdivisées en 3 composantes principales :

- Le métabolisme de repos
- La thermogénèse alimentaire
- Dépenses liées à l'activité physique



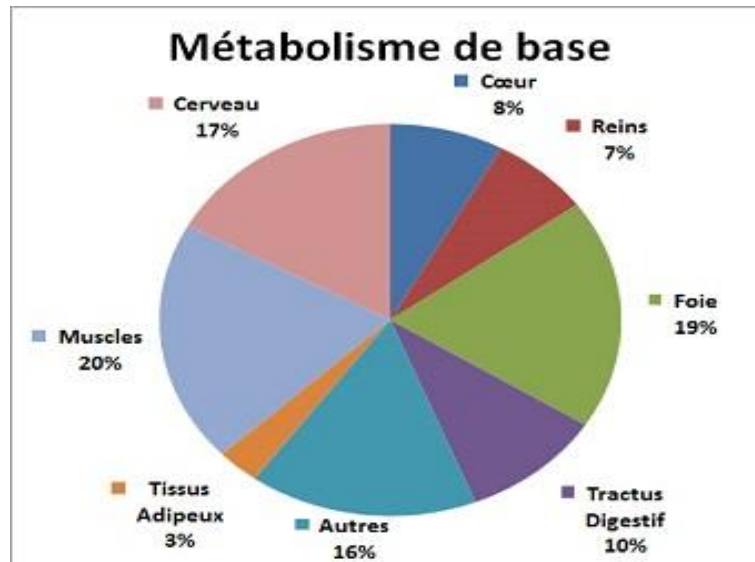
**Figure 8:** Composantes de la dépense énergétique totale

### 2.1. Le métabolisme de repos

Egalement appelé métabolisme de base ou métabolisme basal (MB). Il constitue 60 à 70% des dépenses totales et correspond à la dépense d'énergie minimale requise pour le maintien des fonctions vitales de l'organisme telles que :

- Les battements cardiaques
- Les mouvements respiratoires
- Le renouvellement cellulaire
- L'activité cérébrale et rénale
- Le transport intermembranaire et le maintien des gradients électrochimiques

La contribution des différents organes au MB est illustrée dans la figure suivante :



**Figure 9:** Contribution des différents organes au métabolisme de base

Le métabolisme de base est évalué par la méthode de calorimétrie indirecte dans des conditions particulières chez un sujet de morphologie normale et :

- A jeun depuis une douzaine d’heures afin d’éliminer les dépenses liées à la digestion ;
- Immobile et allongé afin d’éliminer les dépenses relatives à l’activité musculaire ;
- Moyennement vetu dans un climat thermoneutre pour éliminer les dépenses liées au maintien de la température corporelle à 37°C.

Les mesures du MB montrent une grande variabilité inter-individuelle. Cette variabilité est principalement attribuée à des différences de composition corporelle (poids et masse maigre). Pour un adulte moyen de 70Kg, le MB ou dépenses énergétiques au repos (DER) est d’environ 1600 Kcal/jour.

La masse maigre constitue l’ensemble des tissus non adipeux de l’organisme ; à savoir : la peau, les organes, les muscles, les os et la masse hydrique corporelle. Elle compte pour 70 à 85 % de poids du corps. La dépense énergétique journalière d’un individu varie de façon proportionnelle avec sa masse maigre, puisque celle-ci représente la proportion des tissus les plus métaboliquement actifs.

La masse grasse représente le tissu adipeux. Chez l’adulte bien portant, elle représente 15 à 20 % chez l’homme, et 25 à 30 % chez la femme. Le tissu adipeux ne nécessite que très peu d’énergie et ne participe qu’à 3 % du MB.



La dépense énergétique de repos augmente en fonction de la masse maigre. Ainsi, les personnes en surpoids ou souffrant d'obésité dépendent plus d'énergie au repos que les personnes de poids normal puisque la taille et le poids de leurs organes sont relativement plus importants.

## **2.2. La thermogénèse alimentaire (Action dynamique spécifique)**

Après un repas, la digestion, l'absorption et l'utilisation métabolique des aliments ingérés implique une dépense d'énergie. Cette dépense est proportionnelle à la quantité de la prise alimentaire et correspond à environ 10% des DET journalières d'un individu. L'ADS dépend du type de substrat alimentaire et constitue :

- 5 à 10% de l'énergie ingérée pour les glucides ;
- 3 à 4% de l'énergie ingérée pour les lipides ;
- 20 à 30% de l'énergie ingérée pour les protéines en faibles quantités et jusqu'à 50% en cas d'apport massif.

## **2.3. Dépenses liées à l'activité physique**

Elles constituent environ 20% des DET chez un individu sédentaire et englobent les dépenses journalières lors d'efforts physiques. Elles varient selon le type de l'activité, le poids corporel, l'intensité et la durée de l'exercice. Le terme activité physique fait référence à tous les mouvements accomplis en une journée.

# **3. Variabilité de la dépense énergétique**

## **3.1. Variabilité avec l'âge**

A la naissance, le nouveau-né a les mêmes dépenses énergétiques que sa mère. Ensuite, la dépense énergétique chez les nourrissons augmente de manière exponentielle. Les DE chez l'enfant sont importantes en raison des dépenses liées à la croissance ainsi qu'au niveau d'activité physique relativement élevé.

Entre 9 et 15 mois, un kilo de bébé "maigre" consomme 50% plus d'énergie que le même kilo "maigre" d'adulte. Autour de 15 mois, le pic est atteint, puis, le besoin en énergie va connaître une régression qui va se poursuivre jusqu'à l'âge de 20 ans.

Etant donné que le MB est proportionnel à la MM et que cette dernière a tendance à diminuer avec l'âge, donc les DE diminuent au fil du temps (chute d'environ 2% tous les ans), d'autant

plus que les personnes âgées sont moins actives que les jeunes, ce qui induit une réduction des dépenses relatives à l'activité physique.

### **3.2. Variabilité avec le sexe**

La composition corporelle diffère selon le sexe. A poids égal, la femme a une masse grasse plus importante que celle de l'homme et une moindre masse maigre, et puisque la DE est principalement attribuée à la masse maigre, l'homme requiert un besoin énergétique supérieur de 20 à 25 %.

### **3.3. La thermorégulation**

C'est le coût du maintien d'une température corporelle constante ( $\sim 37^{\circ}\text{C}$ ). La neutralité dans l'air est de  $20\text{-}22^{\circ}\text{C}$  et est de  $32\text{-}33^{\circ}\text{C}$  dans l'eau. En deçà d'une température dite de confort, c'est-à-dire sous les  $17^{\circ}\text{C}$  Celsius, l'organisme va brûler des calories pour conserver sa chaleur interne. Plus on est proche de la neutralité thermique, moins on dépense.

L'exposition prolongée au froid peut augmenter de 2 à 17% le métabolisme de base. Par ailleurs, lorsque la température corporelle augmente, en raison d'un effort physique intense par exemple, chaque degré au dessus de  $37^{\circ}\text{C}$  accroît la dépense énergétique de 10-13%.

### **3.4. Variabilité avec la grossesse**

Le coût énergétique supplémentaire imputé à la grossesse est estimé à environ 1500Kcal/jour pendant le premier trimestre et atteint les 3500 Kcal/jour aux deux trimestres restants.

### **3.5. Variabilité avec l'allaitement**

L'allaitement du nourrisson induit une dépense calorique supplémentaire qui est de l'ordre de 500 calories par jour ; une valeur assez significative puisqu'elle représente environ un quart des DE journalières.

### **3.6. Variabilité avec la ration alimentaire**

La thermogenèse adaptative est le changement de la dépense énergétique indépendamment du changement de masse grasse et de masse maigre. Elle est liée à une restriction calorique prolongée ou au contraire, une sur-alimentation.

Elle est considérée comme un mécanisme de défense du corps. En effet, en cas d'un jeûne prolongé, cette thermogenèse sera diminuée afin de préserver l'énergie ; c'est le phénomène

d'épargne. Dans le cas d'une nutrition excessive, l'excès de calories va tendre à être éliminé par une augmentation de la DE.

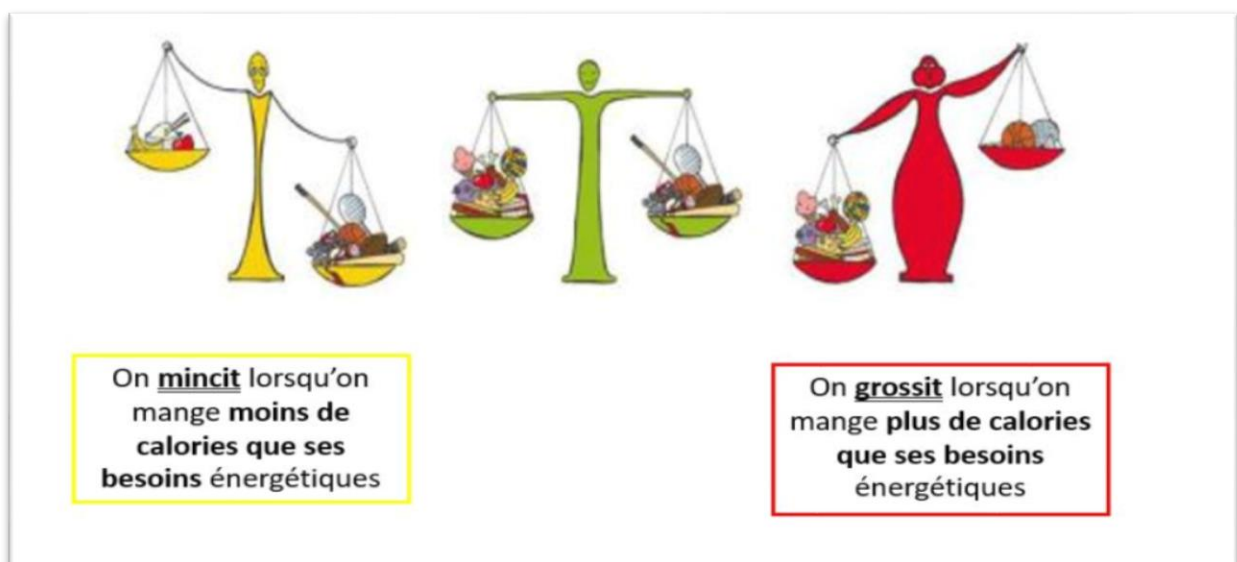
### 3.7. Variabilité d'origine génétique

Selon les études, on estime que la part génétique des variations de la composition corporelle se situe entre 20 et 45 %.

## 4. Le bilan énergétique

C'est la comparaison de gain d'énergie fournie par les aliments organiques consommés et la dépense d'énergie de l'organisme pour une durée déterminée. L'évolution du poids corporel dépend de l'équilibre entre les apports et les dépenses d'énergie (**Figure 10**).

- Si l'énergie reçue (ER) est supérieure à la dépense énergétique (DE) :  $ER > DE$ , il y aura un gain d'énergie qui sera mise en réserve et induira une augmentation du poids corporel.
- Si l'énergie reçue est inférieure à l'énergie dépensée, ( $ER < DE$ ), il y aura une perte d'énergie par oxydation des réserves de l'organisme, induisant une diminution du poids corporel.
- Si l'énergie reçue équivaut à l'énergie dépensée ( $ER = DE$ ), il y aura une stabilisation du poids corporel.



**Figure 10:** Effet de la variation des apports et dépenses d'énergie sur le poids

## 5. Estimation de la dépense énergétique au repos (DER)

Les formules représentent un outil assez précis et largement utilisé pour déterminer la DER. Il existe une multitude de formules avec une précision variable selon les individus. 3 équations sont proposées pour estimer la DER (en MJ.j<sup>-1</sup>) : à partir du poids (P en kg), de la taille (T en m), de l'âge (A en années) en fonction du sexe. Plus il y a de paramètres pris en compte, plus l'estimation est précise.

### Formule de Harris et Benedict (1919)

$$\text{Homme} = 13,7516 \times \text{Poids (kg)} + 500,33 \times \text{Taille(m)} - 6,7550 \times \hat{\text{Âge (an)}} + 66,473$$

$$\text{Femme} = 9,5634 \times \text{Poids (kg)} + 184,96 \times \text{Taille(m)} - 4,6756 \times \hat{\text{Âge (an)}} + 655,0955$$

### Formule de Harris et Benedict recalculée par Roza et Shizgal (1994)

$$\text{Homme} = 13,707 \times \text{Poids (kg)} + 492,3 \times \text{Taille(m)} - 6,673 \times \hat{\text{Âge (an)}} + 77,607$$

$$\text{Femme} = 9,740 \times \text{Poids (kg)} + 172,9 \times \text{Taille(m)} - 4,737 \times \hat{\text{Âge (an)}} + 667,051$$

### Formule de Black *et al.*, (1996)

$$\text{Femme : Kcal} = [0,963 \times \text{Poids (kg)}^{0,48} \times \text{Taille(m)}^{0,50} \times \hat{\text{Âge (an)}}^{-0,13}] \times (1000/4,1855)$$

$$\text{Homme : Kcal} = [1,083 \times \text{Poids (kg)}^{0,48} \times \text{Taille(m)}^{0,50} \times \hat{\text{Âge (an)}}^{-0,13}] \times (1000/4,1855)$$

La formule de Black *et al.* est actuellement la formule de référence, en particulier dans le cas des sujets en surpoids et des personnes âgées (de plus de 60 ans).

## 6. Estimation de la dépense énergétique totale (DET)

La DET peut être estimée en multipliant la DER par le facteur : Niveau d'Activité Physique (NAP), traduisant l'intensité de l'activité physique d'une personne comme suit :

$$\text{DET} = \text{DER} \times \text{NAP}$$

Le NAP a pu être déterminé pour de nombreuses activités de la vie quotidienne (**Figure 11**), sédentaire, professionnelle ou sportive. Plus l'activité physique est élevée, plus le NAP est

élevé.



**Figure 11:** Dépenses énergétiques (Kcal/h) relatives à quelques activités quotidiennes

Les NAP ont été établis grâce aux études incluant la mesure de la DET et la DER, chez de nombreux individus. En divisant la DET par la DER, on obtient le facteur NAP (**Tableau II**). Suite à cette division, on peut établir des classes d'activité physique (sédentaire, active, très active, etc.)

**Tableau II:** Types d'activités physiques et leurs NAP correspondants

Catégorie	NAP	Activités
A	1,0	Position allongée : sommeil, sieste et repos
B	1,5	Position assise : repos, bureau, télévision, lecture, ordinateur, écriture, couture, repas, transport...
C	2,2	Position debout : travail ménager, toilette, cuisine, activité professionnelle...
D	3	Femmes : marche, jardinage, gymnastique, yoga Hommes : activités manuelles d'intensité moyenne
E	3,5	Hommes : marche rapide, activités professionnelles intenses (bâtiment, mécanique...)
F	5	Sport, activités professionnelles très intenses (terrassiers, bûcherons...)

## 1. Définition du système alimentaire

Un système alimentaire est la façon dont les hommes s'organisent dans l'espace et dans le temps pour produire et consommer leur nourriture.

Le système alimentaire désigne donc l'ensemble des étapes nécessaires pour nourrir une population ; il est examiné à la lumière des liens entre les différents maillons de la chaîne, partant de la production, en passant par la transformation, la distribution, la consommation, jusqu'à la gestion des déchets.

## 2. Sources conventionnelles de nutriments

L'organisme demande pour son bon fonctionnement la satisfaction de trois types de besoins :

- ✓ Besoins énergétiques : l'individu dépense de l'énergie pour assurer son fonctionnement (fournir un travail, se déplacer, ..) même lorsqu'il est au repos ;
- ✓ Besoins structuraux : Pour fabriquer ou réparer des cellules lorsque l'organisme croît et se développe ;
- ✓ Besoins fonctionnels : Pour faire communiquer les cellules, pour assurer différentes fonctions.

L'ensemble de ces besoins est satisfait par les nutriments apportés par l'alimentation. Les nutriments sont toutes les substances alimentaires que l'organisme absorbe et utilise pour fonctionner. Les aliments deviennent des nutriments sous l'action des sucs digestifs. Chaque nutriment ayant une fonction distincte dans l'organisme (**Tableau III**).

**Tableau III:** Rôles des différents nutriments dans l'organisme

Constituant	Rôle
<b>Eau</b>	Assure l'équilibre hydrique, régule la température du corps
<b>Glucides</b>	Fournit l'énergie servant au travail et au maintien de la température
<b>Lipides</b>	Énergie et source d'acides gras essentiels
<b>Protéines</b>	Croissance et régénération
<b>Minéraux</b>	Formation des tissus, métabolisme et protection
<b>Vitamines</b>	Métabolisme et protection
<b>Eléments non digestibles, non absorbables dont les fibres</b>	Servent à transporter les autres nutriments, augmentent l'effet de satiété, abritent la flore bactérienne et favorisent la bonne élimination des déchets

## 2.1. Les macronutriments

Ils sont constitués de glucides, de protéines et de lipides. Ce sont des nutriments qui fournissent de l'énergie à notre corps et assurent le bon fonctionnement de ses fonctions vitales.

### 2.1.1. Les glucides

Les glucides sont des molécules organiques composées de carbone, hydrogène et oxygène. Ils tiennent une place majoritaire dans la couverture des besoins énergétiques de l'adulte : 50 à 55% de l'apport énergétique total. On distingue les glucides simples et les glucides complexes.

- Les glucides simples ou doubles : communément appelés sucres rapides (glucose, fructose des fruits, lactose du lait, saccharose ou sucre cristallisé). Ils ont un pouvoir sucrant plus ou moins intense et sont assimilés très vite par l'organisme ;
- Les glucides complexes, communément appelés sucres lents: ils n'ont pas de saveur sucrée et l'organisme les absorbe lentement, permettant de prolonger l'état de satiété, d'assurer une réserve d'énergie pour la journée et contribuent à la santé de la flore intestinale.

Les glucides sont stockés dans l'organisme soit sous forme de glycogène dans le foie ou dans les muscles. Ces réserves sont généralement utilisées pour libérer de l'énergie lors d'un effort physique.

### 2.1.2. Les protéines

Les protéines sont des macromolécules constituées d'un enchainement d'acides aminés dont la séquence est dictée par le code génétique. Ce sont des constituants fondamentaux de tous les tissus vivants et sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Les protéines agissent comme hormones, enzymes et anticorps. On les trouve également dans certaines structures du corps (tissu conjonctif, peau, cheveux, ...).

Les besoins en protéines sont exprimés en g/Kg de poids ; ils sont de 0,8 à 1g de protéines chez un sujet sain.

Les protéines ont des fonctions nutritionnelles liées à l'apport d'acides aminés essentiels et de peptides bioactifs. Il est à souligner que les acides aminés constitutifs des protéines sont classés en 3 catégories :

- Les acides aminés essentiels : le corps ne peut pas les synthétiser et doivent donc obligatoirement être apportés par l'alimentation. Ils sont au nombre de 9 : l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine ;
- Les acides aminés non essentiels : ce sont les 11 acides aminés restants et peuvent être synthétisés à partir d'autres acides aminés ;
- Les acides aminés conditionnellement essentiels : ce sont l'arginine, la cystéine et la tyrosine. Ils ont tendance à s'épuiser pendant la petite enfance ou dans des conditions de santé telles que la maladie, la blessure ou après une chirurgie.

Les protéines exercent également une fonction organoleptique puisqu'elles contribuent à la saveur, l'arôme, couleur et la texture des aliments (propriétés gélifiantes, moussantes, émulsifiantes, ...).

### **2.1.3. Les lipides**

Les lipides, aussi appelés graisses, sont des molécules composées d'acides gras, dont il existe de nombreuses sortes. Ils ont des fonctions majeures au sein de notre organisme : ils participent à la structure et à la fonction des membranes cellulaires, interviennent dans de nombreuses fonctions biologiques (hormones, vitamines, transport, réserve...) et facilitent l'absorption des vitamines liposolubles (A, D, E et K).

Ils se présentent dans l'alimentation soit sous forme solide (beurre, graisse de coco, ...) ou liquide (huiles végétales) et contribuent pour 20 à 40% de l'apport énergétique total.

On distingue différentes catégories d'acides gras :

- Les acides gras saturés
- Les acides gras mono-insaturés
- Les acides gras essentiels

Plus de la moitié des lipides sont consommés sous forme de matières grasses dissimulées dans le lait, les œufs, les viandes et certains fruits comme l'avocat, les olives et les fruits secs (noix, noisettes,...). L'autre partie représente les lipides résultants de traitements industriels tels que le beurre, les huiles végétales, la margarine et le saindoux.



## 2.2. Les micronutriments

Les micronutriments sont constitués des vitamines et des oligoéléments (minéraux). Ils sont apportés en petites quantités ( $\mu\text{g}$  à  $\text{mg}$ ) et sont indispensables à la vie. Ils n'ont pas de valeur énergétique et la majorité d'entre eux ne sont pas synthétisés mais apportés par l'alimentation.

### 2.2.1. Les vitamines

Les vitamines sont de petites molécules indispensables à l'homme pour de nombreuses activités métaboliques fondamentales et dont la carence conduit à des symptômes spécifiques qui ont souvent été à l'origine de leur découverte.

Certaines vitamines sont synthétisées par l'organisme mais cette synthèse est insuffisante. Ainsi, l'apport en vitamines est majoritairement assuré par l'alimentation.

Selon leur solubilité dans l'eau, les vitamines sont divisées en 2 groupes :

- Les vitamines hydrosolubles (**Tableau IV**): elles regroupent les vitamines C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub> et PP.
- Les vitamines liposolubles (**Tableau V**): ce sont les vitamines A, D, E et K.

**Tableau IV:** Fonctions et sources des vitamines hydrosolubles

Vitamines hydrosolubles	Fonctions	sources
<b>Vitamine B1 (Tiamine)</b>	Participe au bon fonctionnement du système nerveux et joue un rôle capital dans la production d'énergie	Levure de bière, viande de porc, germes de blé, légumes secs (pois, lentilles ou haricots), abats, noisettes, noix, amandes, céréales complètes et pommes de terre
<b>Vitamine B2 (Riboflavine)</b>	-Intervient dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines. -Améliore la qualité des organes et favorise la croissance. -Possède un pouvoir antioxydant.	Abats (foie, rognons), fruits secs et oléagineux (raisins secs), champignons, lait et fromages affinés (camembert, bleu d'Auvergne), pain complet
<b>Vitamine B3 (Niacine)</b>	-Indispensable au bon fonctionnement cellulaire. -Elle est bonne pour le foie, les nerfs et les hormones sexuelles	Abats (foie, rognons, cœur), viandes blanches, œufs, poissons et champignons
<b>Vitamine B5 (Acide pantothénique)</b>	-Participe au renouvellement de la peau et des cheveux Participe aux mécanismes de résistance au	Abats, champignons, viandes, jaune d'œuf, amandes, noix et noisettes

	stress -Métabolisme des glucides et des lipides.	
<b>Vitamine B6 (Pyridoxine)</b>	-Rôles multiples dans le système nerveux. -Intervient dans la synthèse de l'hémoglobine.	Abats, viande de porc et de mouton, œufs, poisson, légumes secs, céréales complètes.
<b>Vitamine B8 (Biotine)</b>	-Joue un rôle essentiel dans la production d'énergie à partir des nutriments -Intervient dans la synthèse des acides gras et des acides aminés.	Jaune d'œuf, foie, rognons, lait, soja, avoine, les graines germées, champignons, la levure de bière et la gelée royale.
<b>Vitamine B9 (Niacine)</b>	-Participe au fonctionnement du système nerveux et immunitaire -Indispensable pour prévenir certaines malformations congénitales chez l'embryon. - Joue un rôle majeur dans la synthèse de l'ADN en participant à la synthèse des purines entrant dans la composition des ADN et ARN.	Présente en grande quantité dans les légumes verts à feuille (Laitue, endives, choux, poireaux, artichauts, haricots verts), petits pois, melon, radis, asperges, betteraves, courgettes, avocats, lentilles, œufs, foie, fromages.
<b>Vitamine B12 (Cobalamine)</b>	-Antianémique. -Favorise la formation des globules rouges du sang. -Participe à la synthèse protéique.	Abats (foie, rognons, cervelle, cœur) et viande de bœuf, lait, produits laitiers, les œufs, poissons et crustacés.
<b>Vitamine C (Acide ascorbique)</b>	-Antioxydante et renforce les défenses naturelles de l'organisme -Participe à la synthèse du collagène et du tissu conjonctif, à la synthèse d'hormones. -Augmente l'absorption du fer d'origine végétale.	fruits (kiwi, agrumes, fraises, fruits rouges) Légumes (persil, poivron, oseille, chou-fleur, pomme de terre, épinard, fenouil)

Les vitamines ont plusieurs rôles biologiques:

- Elles sont souvent des cofacteurs enzymatiques
- Elles possèdent un potentiel antioxydant
- Ce sont des stabilisateurs de membranes
- Interviennent dans le transport d'électrons
- Certaines sont des hormones ou des facteurs de transcription

**Tableau V:** Sources et fonctions des vitamines liposolubles

Vitamines liposolubles	Fonctions	Sources
<b>Vitamine A et provitamine A</b>	Intervient dans les mécanismes de la vision, la croissance et sur la santé de la peau	Carottes, patate douce, citrouille, œufs, foie, abats, mangue, abricot
<b>Vitamine D</b>	-Elle agit comme une hormone. -Régule l'absorption du Ca et du P et joue un rôle essentiel dans la minéralisation des os	Les œufs, le beurre et le foie, les poissons gras et surtout les huiles extraites du foie de certains poissons (morue).
<b>Vitamine E</b>	-Elle est antioxydante. -Elle intervient dans la synthèse des globules rouges	Huiles de graines oléagineuses, germes de blé, margarine.
<b>Vitamine K</b>	Intervient dans la coagulation et la croissance des cellules	Légumes verts, huiles végétales, jaune d'œuf, bœuf, mouton, volaille.

### 2.2.2. Les minéraux

Les minéraux sont des micronutriments indispensables au fonctionnement de l'organisme, parmi eux on distingue deux catégories : les minéraux majeurs (macroéléments) et les oligoéléments. Ils diffèrent par la quantité présente dans le corps humain, les minéraux majeurs seront en quantité plus importante que les oligoéléments.

On les retrouve dans de nombreuses fonctions comme le métabolisme énergétique, le système nerveux, immunitaire, musculaire et jouent également un rôle structural au niveau osseux.

- **Les macroéléments** : ils sont constitués par le magnésium, le potassium, le phosphore, le calcium et le sodium. Le tableau VI illustre les sources de ces minéraux majeurs et leurs fonctions dans l'organisme.

**Tableau VI :** Sources et fonctions des éléments majeurs

Minéraux	Fonctions pour l'organisme	sources
<b>Calcium (Ca)</b>	-Rentre dans la composition de la matrice osseuse -Joue un rôle dans la contraction musculaire -Régule l'excitabilité nerveuse	Lait et produits laitiers, jaune d'œuf, légumes secs
<b>Sodium (Na)</b>	-Principal cation du milieu extracellulaire (95%) -Régule l'équilibre osmotique de la cellule -Régule la pression artérielle	Sel de table, œufs, viande, eaux minérales, poisson
<b>Potassium</b>	-Principal cation du milieu intracellulaire (95%) -Nécessaire à l'activité musculaire et au muscle cardiaque	Fruits, légumes secs, banane, poissons,

<b>(K)</b>	-Intervient dans le transport cellulaire	viande, chocolat
<b>Magnésium (Mg)</b>	-Prévient l'ostéoporose -Essentiel dans l'activation du système enzymatique -Intervient dans la contraction musculaire et le transfert de l'influx nerveux	Chocolat, légumes secs, fruits de mer, céréales
<b>Phosphore (P)</b>	-Rentre dans la composition du tissu osseux -Composant de l'ADP et l'ATP -Intervient dans l'équilibre acido-basique -Composant des cellules et membranes biologiques	Présents dans la plupart des aliments, notamment le lait, les œufs, le pain,...

- **Les oligo-éléments** : ces substances, présentes à l'état de traces, proviennent obligatoirement des aliments et les capacités de stockage de l'organisme sont très faibles, les apports doivent donc être réguliers (**Tableau VII**). On les retrouve surtout dans les céréales, les graines complètes, les légumes et les fruits de mer.

**Tableau VII:** Sources et fonctions des oligo-éléments

<b>Oligo-éléments</b>	<b>Fonctions pour l'organisme</b>	<b>sources</b>
<b>Fer (Fe)</b>	-Intervient dans le transport d'oxygène -Entre dans la composition des enzymes et intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques	Viande, certains végétaux, certains légumes
<b>Cuivre (Cu)</b>	-Entre dans la composition de plusieurs métalloenzymes -Assure la qualité des cartilages et la minéralisation des os -Intervient dans l'immunité	Les abats, le poisson, les crustacés et coquillages, les produits du cacao
<b>Zinc (Zn)</b>	-Intervient dans l'activité de plus de 200 enzymes et dans la synthèse protéique -Action antioxydante -Stabilisateur d'hormones telles que l'insuline	La viande, les crustacés, le hareng ; les légumes secs
<b>Molybdène (Mo)</b>	-Rentre dans le métabolisme des acides aminés soufrés et des purines -Essentiel pour la fixation de l'azote	Abats, lait, œufs, légumes à gousse, céréales
<b>Iode (I)</b>	Participe à la structure des hormones thyroïdiennes	Poissons de mer, sel de table, lait et produits laitiers, légumes
<b>Sélénium (Se)</b>	-Constituant principal de la glutathion peroxydase qui joue un rôle de défense contre les radicaux libres -Intervient dans l'action des enzymes	Presque tous les aliments. La teneur dans les produits végétaux dépend de la quantité dans le sol de culture

## 1. Définition

La notion de ressources alimentaires non conventionnelles fait références aux aliments qui ne rentrent pas dans les pratiques alimentaires courantes des humains mais peuvent composer le régime alimentaire de certaines sociétés à travers le monde.

Les aliments non conventionnels peuvent avoir une origine animale, végétale ou microbienne et contribuent à assurer la sécurité alimentaire des populations rurales, particulièrement chez les personnes aux revenus médiocres ainsi que pendant les périodes de sécheresse.

## 2. Ressources alimentaires non conventionnelles

### 2.1. Les algues

Les algues marines regroupent un ensemble d'organismes photosynthétiques dont l'appareil végétatif est appelé thalle et que l'on oppose aux végétaux supérieurs organisés en tiges, feuilles et racines. Elles peuvent être macroscopiques ou microscopiques.

D'un point de vue nutritionnel, ce sont des aliments très intéressants en raison de leur richesse en minéraux majeurs et en oligo-éléments (calcium, iode, magnésium et fer), ainsi qu'en protéines, vitamines (pro-A et C principalement), fibres solubles ou insolubles et en antioxydants (en particulier les algues rouges) ;

Elles sont très répandues dans la cuisine asiatique et elles commencent à faire leur entrée dans les restaurants gastronomiques un peu partout à travers le monde.

Les algues alimentaires macroscopiques les plus connues sont :

- La nori : c'est une algue rouge utilisée dans la préparation des sushis ;
- Le haricot de mer : c'est une algue brune qui peut être consommée crue ou cuite ;
- La laitue de mer : elle pousse sur tous les littoraux et est souvent consommée en salade ;
- Le wakamé : c'est l'ingrédient principal de la soupe japonaise wizo ;
- La dulce : consommée par les marins pour prévenir le scorbut vue sa richesse en vitamine C ;

- La kombu (**Figure 12**): c'est une algue brune caractérisée par une saveur sucrée et agréable en bouche.



**Figure 12:** Photographie de la kombu

En matière d'algues comestibles, on trouve également celles qui sont utilisées comme complément alimentaire ou comme additifs dans l'industrie agroalimentaire :

- **La spiruline (Figure 13)**, une cyanobactérie (microalgue) de couleur bleu verte. Elle est utilisée comme complément alimentaire en raison de sa valeur nutritionnelle exceptionnelle. Elle est très riche en protéines, acides aminés essentiels, acides gras essentiels, minéraux (surtout le fer), vitamines et substances antioxydantes ;



**Figure 13:** Photographie de la spiruline

- Le lithothamne, algue rouge marine très riche en calcium et magnésium ;
- L'agar agar, extrait de certaines algues rouges, est utilisé comme gélifiant alimentaire.

## 2.2. Les champignons macroscopiques

Les champignons, ou plus justement les mycètes, regroupent de nombreuses espèces, formant ensemble l'un des cinq règnes du vivant. La consommation des champignons est très ancienne; ils se récoltent depuis la préhistoire et ont fait partie du régime alimentaire du chasseur-cueilleur. La diversité des champignons macroscopiques comestibles varie selon les écosystèmes qui les hébergent.

Les champignons sont une bonne source de glucides, dont le glucane, qu'on peut apparenter aux fibres. Ils apportent une bonne teneur en minéraux (particulièrement le potassium, le phosphore et le sélénium qui joue un rôle protecteur dans le vieillissement cellulaire et contre certains cancers). Ils sont enfin une bonne source de vitamines B2 et B3.

De nos jours, dans les pays industrialisés, la cueillette des champignons relève principalement du loisir et les plus connus sont :

- La girolle (**Figure 14**): pousse généralement sous les hêtres et les charmes ;



**Figure 14:** Photographie de la girolle

- Le cèpe : retrouvé dans les forêts de chênes, de châtaigniers et de hêtres ;
- L'amanite des césars : pousse dans les forêts de chênes verts et de chênes pubescents ;
- Le coprin chevelu: retrouvé surtout à l'orée des bois, dans les prés, au bord des routes et des chemins de campagne ;
- Le rosé : retrouvé dans les pelouses plutôt âgées et les prairies pâturées.

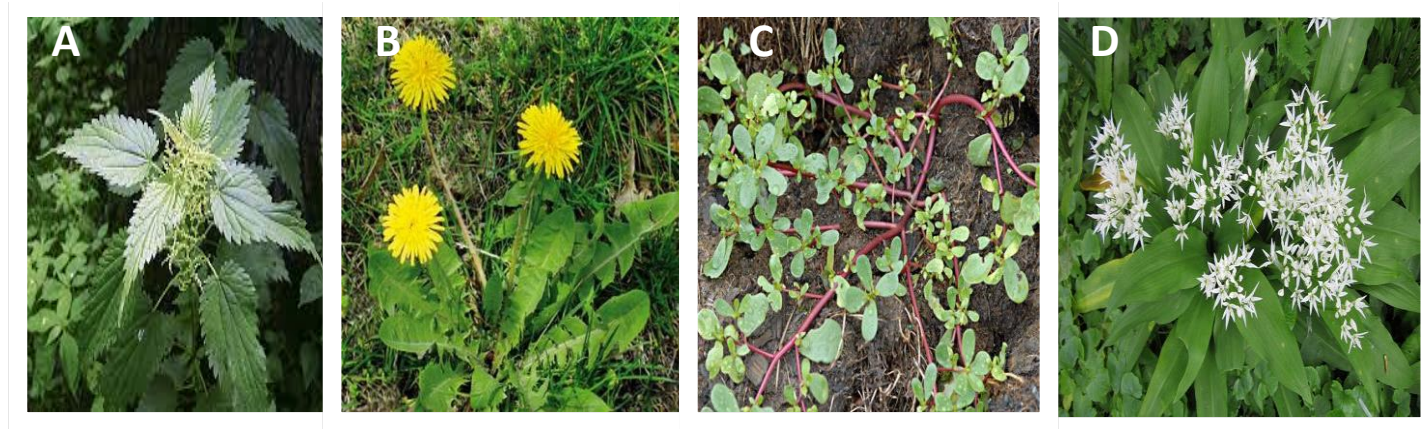
### 2.3. Les végétaux sauvages

Les plantes alimentaires sauvages poussent dans la nature sans aucune intervention de l'homme et sont plus intéressantes sur le plan nutritionnel que leurs homologues cultivées ou les légumes classiques ; car elles poussent aux endroits qui leur conviennent le mieux et sont soumises aux compétitions et coopérations de leurs niches écologiques. Elles jouent un rôle non négligeable dans la nutrition humaine et contribuent dans la vie socio-économique des populations périurbaines.

Parmi les plantes sauvages les plus consommées on peut citer les suivantes :

- L'ortie (**Figure 15**): elle a une composition protéique élevée et équilibrée (30% de MS) ; et une forte teneur en vitamines et minéraux. La composition protéique des feuilles d'ortie couvre largement les besoins en acides aminés, particulièrement les acides aminés essentiels. La fraction minérale peut aller jusqu'à 20 de la MS avec des concentrations élevées en Fe, Zn, Mg, Ca, P et K. Sa composition en minéraux est très variée et renferme à la fois des vitamines liposolubles et des vitamines hydrosolubles (Vitamine C et vitamines du groupe B). Elle est réputée soulager les douleurs de l'arthrose et de l'arthrite rhumatoïde ainsi que les symptômes de la rhinite allergique.
- Le pissenlit : c'est l'une des plantes sauvages les plus récoltées dans la nature et peut se consommer crue ou cuite. Elle est riche en Ca et en vitamines du groupe B, vitamine C et provitamine A. De plus, il est réputé pour son efficacité contre les problèmes de foie.
- Le pourpier : il pousse à l'état sauvage dans les jardins. Il est riche en acides gras oméga 3, en vitamine C,  $\beta$ -carotène et vitamine E. C'est également une bonne source de K, Mg et calcium. Il contient par ailleurs le glutathion qui joue un rôle majeur dans la détoxification des cellules.
- L'ail des ours : communément appelé ail sauvage en raison de son odeur d'ail. Toutes les parties de cette plante sont comestibles (feuilles, fleurs, boutons floraux). Comme toutes les plantes sauvages, l'ail sauvage est plus concentré en principes actifs que l'ail cultivé. En effet, c'est l'une des plantes les plus riches en vitamine C, sélénium, fer, manganèse et zinc. De plus, il est connu pour être un antibiotique naturel contre les infections virales et respiratoires.





**Figure 15** : Photographie de l'ortie (A), du pissenlit (B), du pourpier (C) et de l'ail sauvage (D)

Une autre plante qui présente un grand intérêt nutritionnel est le moringa (**Figure 16**); qui participe à la sécurité alimentaire en étant consommé en tant que légume ou comme complément alimentaire dans la prévention, la correction de la malnutrition et les maladies associées.

Le moringa est un arbre très résistant originaire d'Inde, aujourd'hui cultivé dans de nombreux pays tropicaux d'Asie et d'Afrique. Presque toutes les parties de l'arbre peuvent être consommées, y compris les feuilles, l'écorce, les racines, la sève et les fleurs, bien que ce soient les extraits de feuilles qui semblent offrir les meilleures propriétés protectrices et antioxydantes.

Les feuilles de moringa sont cuisinées de manières variées et font partie intégrante de l'alimentation des populations autochtones tandis qu'en Occident, le moringa est plutôt considéré comme un complément alimentaire, et consommé sous forme de poudre provenant des feuilles ayant été asséchées avant d'être réduites en une poudre fine.

Son atout principal est son spectre nutritionnel très large et bien équilibré. Il est extrêmement riche en minéraux (calcium, potassium, fer, magnésium), en vitamines A, C, E, en protéines de très bonne qualité (contenant les 9 acides aminés essentiels) et en antioxydants.

A poids égal, les feuilles fraîches de moringa contiennent deux fois plus de protéines que les yaourts, 4 fois plus de vitamine A que les carottes, 3 fois plus de potassium que les bananes, 7 fois plus de vitamine C que les oranges, 4 fois plus de calcium que le lait.



**Figure 16** : Photographie des feuilles de moringa

#### 2.4. Les insectes

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) qualifie les insectes de « source alimentaire saine et très nutritive à forte teneur en matières grasses, protéines, vitamines, fibres et minéraux ».

L'entomophagie (consommation d'insectes par l'être humain) se présente comme une solution d'avenir pour la durabilité des systèmes alimentaires vue leur haute valeur nutritionnelle. En effet, ils sont riches en minéraux (calcium, le fer, le zinc, ...), en vitamines : du groupe B (B1, B2, B3), mais aussi de la vitamine A et de la vitamine D. De plus, ils renferment des quantités intéressantes d'acides aminés et acides gras essentiels.

Les insectes font partie intégrante des pratiques culinaires dans de nombreuses régions du globe, notamment en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud. Parmi les insectes les plus consommés, on retrouve :

- Les coléoptères, principalement les scarabées ;
- Les lépidoptères comme les papillons qui sont consommés au stade de chenilles ;
- Les hyménoptères composés notamment de larves d'abeilles, de guêpes et de fourmis ;
- Les orthoptères, dont les sauterelles, criquets et grillons ;
- Les hémiptères tels que la punaise d'eau géante (**Figure 17**), la cochenille ou encore la cigale.



**Figure 17:** Photographie de la punaise d'eau géante

### **2.5. Les protéines d'organismes unicellulaires**

Les protéines d'organismes unicellulaires sont une source non conventionnelle de protéines, obtenues à partir de cultures de microorganismes, utilisant le plus souvent des substrats qui sont des produits de l'industrie agro-alimentaire et des productions agricoles afin de combler le déficit alimentaire en protéines au niveau mondial.

Les substrats utilisés sont les graines de céréales et de légumineuses (maïs, blé, riz, soja) et les produits végétaux comme les feuilles et les déchets organiques.

### **3. Le concept d'alimentation durable**

La FAO définit l'alimentation durable comme « ces régimes qui avec très peu d'impacts environnementaux qui contribuent à la sécurité alimentaire et nutritionnelle et à la vie saine pour les générations présentes et futures. Une alimentation durable est protectrice et respectueuse de la biodiversité et des écosystèmes, culturellement acceptable, accessible économiquement, équitable et abordable ; adaptée sur le plan nutritionnel, plus sûre et plus saine, tout en optimisant les ressources naturelles et humaines».

Un système alimentaire durable est un système qui assure la sécurité alimentaire et la nutrition pour tous, de manière à ne pas compromettre les bases économiques, sociales et environnementales de la sécurité alimentaire et de la nutrition des générations futures.

Il devient évident que l'humanité doit prendre des mesures immédiates pour s'assurer que les systèmes alimentaires qui nous nourrissent aujourd'hui, demain et dans l'avenir seront durables.

#### 4. Valorisation de la biomasse et des coproduits

La biomasse est définie comme l'ensemble des matières organiques directement issues du vivant, accessibles sur une base renouvelable et durable : cultures dédiées, co-produits et résidus de cultures ainsi que les résidus de diverses activités (papeterie, scieries, fraction organique des déchets industriels, ménagers et agricoles).

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques pouvant se transformer en énergie. On entend par matière organique aussi bien les matières d'origine végétales que celles d'origine animale :

- Végétale : résidus alimentaires, bois, feuilles.
- Animale : cadavres d'animaux, êtres vivants du sol.

On entend par le terme coproduit, la production de deux ou plusieurs produits à partir de la même matière première de base et séparés au cours d'une même opération de transformation nécessitant généralement une nouvelle transformation.

Notre planète entre dans une nouvelle ère, elle se réchauffe et cela est dû essentiellement aux activités humaines (industrie, pollution, surexploitation des terres, gaspillage et surutilisation de l'eau potable) et à leurs émissions de gaz à effet de serre mais aussi à l'augmentation de l'urbanisme qui atteint l'habitat naturel de certaines espèces.

Le gaspillage alimentaire est un problème éthique et économique, il épuise l'environnement et les ressources naturelles limitées. En réduisant les déchets et le gaspillage de nourriture, on soutient la lutte contre le changement climatique, on participe à la préservation des aliments afin de les redistribuer aux personnes nécessiteuses, permettant d'aider à éradiquer la faim et la malnutrition. Ça permet également de faire des économies d'argent pour les agriculteurs, les entreprises et les ménages.

La valorisation des déchets alimentaires est aujourd'hui un des leviers majeurs de la sobriété à laquelle nous sommes appelés. C'est un des ressorts de l'économie circulaire.

##### 4.1. Les coproduits de l'industrie laitière

L'industrie laitière génère un certain nombre de sous-produits qui s'avèrent avoir une valeur nutritionnelle et peuvent de ce fait être valorisés. Les poudres de lactosérum, de babeurre et de lait écrémé sont utilisées majoritairement comme matières premières pour la fabrication de

biscuits ou de lait infantile par exemple, mais sont également valorisées par les fabricants d'aliments du bétail.

#### **4.2. Les coproduits de l'industrie de la viande et du poisson**

Les coproduits marins sont constitués des parties de l'animal non consommées par l'humain directement (têtes, arêtes, peaux, coquilles...). Ils représentent près de la moitié du poids de l'animal et sont riches en protéines, lipides, minéraux et autres molécules d'intérêt et peuvent être transformés en différents produits: farine, hydrolysats, huile, chair, arômes, collagène, minéraux, fertilisant,...

Les coproduits de la viande sont nombreux et diversifiés, dont une bonne partie est composée des abats (18% du poids vif). On distingue les abats nobles (foie, cœur, cervelles, rognons, ...) qui sont essentiellement destinés à l'alimentation humaine en l'état et des abats moins valeureux (panse, museau, pieds,...) qui sont transformés en farines et orientés principalement vers l'aquaculture.

D'autres tissus animaux peuvent être utilisés pour produire de la gélatine (peaux de porc) ou des savons et lubrifiants (graisses animales). La farine de sang est une importante source de protéines digestibles de valeur biologique. Elle sert d'engrais riche en azote ou de nourriture pour animaux. Les farines d'os sont utilisées comme sources de minéraux (calcium et phosphore) dans l'alimentation animale.

#### **4.3. Coproduits de la filière céréalière**

Les coproduits de la filière céréalière sont composés des sons (enveloppe externe du grain), remoulages (deuxième farine tirée du son séparé du gruau) et farines basses (composées essentiellement de petites particules de son et de germe). Les sous-produits de l'amidonnerie de blé tendre et de maïs sont valorisés majoritairement en alimentation animale (pour les animaux de rente ou de compagnie). Les pulpes de féculerie sont en totalité valorisées dans l'alimentation animale. Les solubles sont en majorité valorisés par épandage ou en fertilisation.

#### **4.4. Coproduits issus de la trituration des oléagineux**

L'industrie de la trituration produit des huiles et tourteaux par pressage des huiles de graines d'oléagineux (tournesol, colza, soja). Les tourteaux générés peuvent être valorisés comme suit :

- Les tourteaux de colza : ce sont les coproduits de l'extraction de l'huile des graines de colza par pression puis par un solvant. Il peut être utilisé comme engrais en agriculture ;
- Les tourteaux de tournesol sont issus de la trituration des graines de tournesol. Le tourteau après séchage contient entre 10 et 12 % d'humidité. Le tourteau représente environ 55 % du poids de la graine et sa composition protéique en fait une bonne matière première pour l'alimentation animale;
- Les tourteaux de soja correspondent, après extraction de l'huile, à 80 % du poids des graines de soja. Les tourteaux de soja contiennent jusqu'à 47 % de matières protéiques riches en lysine; ils ont une bonne valeur énergétique, ce qui en fait une matière première très complète pour les animaux.

## Références bibliographiques

- ◆ Abekhti, A. (2017). Evolution du concept de la sécurité alimentaire et l'importance de l'intégration du bien-être du citoyen dans les systèmes alimentaires. Recherche dans le cadre du concours de recherche sur la sécurité alimentaire le confort du citoyen. Université de Adrar.
- ◆ Ainane, T. (2011). *Valorisation de la biomasse algale du Maroc: Potentialités pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes Cystoseira tamariscifolia et Bifurcaria bifurcata* (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences Ben M'sik Université Hassan II Casablanca).
- ◆ Aymard, M., Grignon, C., & Sabban, F. (1993). *Le temps de manger: alimentation, emploi du temps et rythmes sociaux*. Inra-Quae.
- ◆ Bennini, M., Boushaki, T., Asbik, M., Sarh, B., Koukouch, A., & Bakhattar, I. Valorisation énergétique de la biomasse: Etude expérimentale comparative de la combustion en lit fixe des grignons d'olives et la sciure de bois.
- ◆ Black, A. E., Coward, W. A., Cole, T. J., & Prentice, A. M. (1996). Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *European journal of clinical nutrition*, 50(2), 72-92.
- ◆ Bonneau, S. (2020). *Nourrir le monde de demain: avantages et risques de l'entomophilie* (Doctoral dissertation).
- ◆ Branger, A., Richer, M. M., & Roustel, S. (2007). *Alimentation et processus technologiques*. Educagri Editions.
- ◆ Caillavet, F., Castetbon, K., César, C., Chaix, B., Charreire, H., Darmon, N. N., ... & Vuillemin, A. (2014). *Inégalités sociales de santé en lien avec l'alimentation et l'activité physique* (Doctoral dissertation, Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM)).
- ◆ Costamagno, S. (2014). Histoire de l'alimentation humaine: entre choix et contraintes. In *Actes du 138ème Congrès national des sociétés historiques et scientifiques*. CTHS.
- ◆ Dahouda, M., Toleba, S. S., Senou, M., Youssao, A. K. I., Hambuckers, A., & Hornick, J. L. (2009). Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique: valeurs nutritionnelles et contraintes. In *Annales de médecine vétérinaire* (Vol. 153). ULg-Université de Liège, Liège, Belgium.

- ◆ Dilley, M., & Boudreau, T. E. (2001). Coming to terms with vulnerability: a critique of the food security definition. *Food policy*, 26(3), 229-247.
- ◆ Duconseille, A., Astruc, T., Quintana, N., Meersman, F., & Sante-Lhoutellier, V. (2015). Gelatin structure and composition linked to hard capsule dissolution: A review. *Food hydrocolloids*, 43, 360-376.
- ◆ Dupin, H., Abraham, J., Giachetti, I., Gueguen, L., Lemarchal, P., & Potier de Courcy, G. (1992). *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Editions Tec & Doc.
- ◆ Eloutassi, N., Louaste, B., Boudine, L., & Remmal, A. (2014). Valorisation de la biomasse lignocellulosique pour la production de bioéthanol de deuxième génération. *Journal of Renewable Energies*, 17(4), 600-609.
- ◆ Estellea, D., Rolanda, D., Catherineb, M., & Jacquesa, B. Valorisation énergétique des déchets issus de la biomasse.
- ◆ FAO. (2007). *Renforcement des systèmes nationaux de contrôle alimentaire: directives pour l'évaluation des besoins en renforcement des capacités*. Food & Agriculture Org.
- ◆ Favier, J. C., Ireland-Ripert, J., Toque, C., & Feinberg, M. (1995). Répertoire général des aliments: table de composition= composition tables. *INRA: Paris, France*.
- ◆ Ferraro, V., Carvalho, A. P., Piccirillo, C., Santos, M. M., Castro, P. M., & Pintado, M. E. (2013). Extraction of high added value biological compounds from sardine, sardine-type fish and mackerel canning residues—A review. *Materials Science and Engineering: C*, 33(6), 3111-3120.
- ◆ Flandrin, J. L. (1983). La diversité des goûts et des pratiques alimentaires en Europe du XVIe au XVIIIe siècle. *Revue d'histoire moderne et contemporaine (1954-)*, 30(1), 66-83.
- ◆ Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., Compher, C., & Evidence Analysis Working Group. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic association*, 105(5), 775-789.
- ◆ Freeland-Graves, J. H., & Nitzke, S. (2013). Position of the academy of nutrition and dietetics: total diet approach to healthy eating. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(2), 307-317.



- ◆ Goebel, F. R., Chopart, J. L., Poser, C., Braconnier, S., Martiné, J. F., & Gérardaux, E. (2017). Diversifying biomass uses through new cropping systems. In *Sustainable Development and Tropical Agri-chains* (pp. 187-200). Springer, Dordrecht.
- ◆ Gounin, Y. (2002). Sylvie Brunel. Famines et politique. *Politique étrangère*, 67(3), 805-806.
- ◆ Grieco, A. J. (1996). Alimentation et classes sociales à la fin du Moyen Age et à la Renaissance. *Histoire de l'alimentation. Paris: Fayard*, 479-90. De GARINE I. 1979, Culture et Nutrition (Alimentation et Adaptation), Communications, vol. 31, p. 70-92.
- ◆ Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste.
- ◆ Haziza, T. (2019). Alimentation et identité (s): de l'Antiquité à l'étude du fait alimentaire contemporain, un rapprochement heuristique. *Kentron. Revue pluridisciplinaire du monde antique*, (35), 17-48. Collin Bouffier S., Laurieux B. (2008), « Introduction. I. Les grandes voies de l'histoire de l'alimentation : un état de l'art », in Leclant et al. 2008, p. 2-22.
- ◆ Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brule, G. (2007). *Sciences des Aliments 2-Technologie des Produits Alimentaires* (pp. 456-p). Tec & Doc Lavoisier.
- ◆ Joyeux, J., Joyeux, L., & Joyeux, H. (2013). *Changez d'alimentation*. Éditions du Rocher.
- ◆ L'INSÉCURITÉ, A. C. L. I., & TRANSITOIRE, A. Introduction aux concepts de la sécurité alimentaire.
- ◆ Lam, Y. Y., & Ravussin, E. (2016). Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Molecular metabolism*, 5(11), 1057-1071.
- ◆ McARDLE, W., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2004). *Nutrition et performances sportives*. De Boeck Supérieur.
- ◆ mondiale de la Santé, O. (2019). *Plan d'action mondial pour promouvoir l'activité physique 2018-2030: une population plus active pour un monde en meilleure santé* (No. WHO/NMH/PND/18.5). Organisation mondiale de la Santé.
- ◆ Regales, A. (2004). La mentalité actuelle et la mentalité médiévale à la lumière de la littérature. Les communications Université de Valladolid.
- ◆ Rigaud, D., Melchior, J. C., & Apfelbaum, M. (1992). *Le métabolisme énergétique chez l'homme: méthodes de mesure et applications pratiques*. Editions médicales internationales.

- ◆ Signalet, J. (2012). *L'alimentation ou la troisième médecine*. Editions du Rocher.
- ◆ Sen, A. (1982). *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation*. Oxford university press.