

# Les indicateurs anthropométriques pour évaluer l'état nutritionnel des individus et des populations\*

MICHEL GARENNE

➔ Michel Garenne dirige des projets de recherche sur la population et la santé en Afrique. Il est Professeur honoraire à la *Wits Rural Public Health and Health Transitions Research Unit (Agincourt), School of Public Health, Faculty of Health Sciences, University of the Witwatersrand, Johannesburg*. Il a rejoint en 2002 l'unité d'Epidémiologie des Maladies Emergentes à l'Institut Pasteur et est également affilié à l'IRD, UMI Résiliences, Bondy, France. **Contact** [michel.garenne@pasteur.fr](mailto:michel.garenne@pasteur.fr)

## Résumé

Le document présente les principaux indicateurs anthropométriques mesurant l'état nutritionnel des individus et des populations. Il donne des éléments pour juger de leur pertinence, pour comparer deux populations et pour évaluer les grandes tendances de l'état nutritionnel. Il traite des questions de malnutrition (déficit nutritionnel) dans le Tiers-Monde, et des questions de l'obésité (excédent nutritionnel) devenue un problème de santé publique mondial. Il est illustré par des exemples tirés des pays européens, nord-américains, et africains. Le document vise un public de non-spécialistes, et tout particulièrement les économistes, les démographes, les statisticiens et les chercheurs de sciences humaines intéressés par la mesure de l'état nutritionnel.

**Mots-clés :** Etat nutritionnel ; Anthropométrie ; Malnutrition ; Dénutrition ; Obésité ; Développement

**Remerciements :** L'auteur remercie tout particulièrement la FERDI pour son soutien, le Dr. André Briend et M. Bernard Maire, nutritionnistes à l'IRD, pour leur relecture attentive du manuscrit.

## Introduction

L'état nutritionnel est un élément important de l'état de santé des individus comme de celui des populations. Son étude est complexe du fait de sa nature biologique et des nombreux facteurs qui y sont associés, qui peuvent être épidémiologiques, économiques, sociaux voire psychologiques. La mesure de l'état nutritionnel est donc elle-aussi complexe, et son interprétation délicate car elle fait appel à la diversité biologique, c'est-à-dire l'hétérogénéité entre les personnes et entre les groupes sociaux. De plus, au cours du dernier siècle, l'état nutritionnel des populations a connu des dynamiques très rapides, dont on ne fait que commencer à mesurer l'ampleur, et dont on apprécie encore mal les conséquences multiples. Ces dynamiques ont deux composantes : la disparition progressive des déficits, c'est-à-dire des différentes formes de malnutrition et l'apparition progressive des excédents, en particulier l'obésité, d'abord chez l'adulte puis maintenant chez l'enfant.

Ce document se veut une synthèse concise et simple sur la mesure anthropométrique de l'état nutritionnel chez l'enfant et chez l'adulte. Il ne couvre que les sujets principaux, renvoyant à la littérature spécialisée pour les sujets particuliers. Il a été préparé à l'attention des chercheurs en sciences sociales (économistes et démographes tout particulièrement), des décideurs, et des personnes non-spécialistes de ces questions intéressées par mesurer l'état nutritionnel (statique) et son évolution (dynamique). Le document traite à la fois des questions de malnutrition dans le Tiers-Monde et de la mesure de l'obésité dans les pays affluents.

L'auteur a travaillé plusieurs années sur la malnutrition chez l'enfant à Niakhar, un observatoire de population situé au Sénégal. Il a conduit de nombreuses études sur la relation entre malnutrition et mortalité, et plus récemment sur les tendances à long terme de l'état nutritionnel en Afrique. C'est pour cette raison que de nombreuses références sont faites aux situations africaines, le continent où les problèmes nutritionnels sont les plus aigus. [Garenne et al. 2000 ; Garenne, 2011]

Le document présente les principaux concepts relatifs à la mesure de l'état nutritionnel, les principaux indicateurs anthropométriques, la question des normes ou standards de référence, et donne enfin quelques éléments pour l'analyse des différentiels et des tendances à long terme.

### 1. Evolution de l'état nutritionnel au cours du cycle de vie

Ce paragraphe présente un survol des principaux éléments nécessaires pour aborder les données statistiques sur l'état nutritionnel.

L'état nutritionnel, défini comme la masse corporelle et sa composition, évolue considérablement au cours du cycle de vie, et ces changements sont documentés dès le 18<sup>ème</sup> siècle comme le rappelle Bogin [1999]. Après la phase intra-utérine, le corps connaît une augmentation considérable de la masse corporelle (poids et taille), associée au développement des organes et à la maturation sexuelle. La composition corporelle évolue aussi à l'âge adulte, avec en général une

augmentation du poids entre 20 et 60 ans, puis aux âges élevés une tendance à la diminution du poids, puis une diminution de la taille au-delà de 80 ans. Ces changements sont détaillés dans de nombreux documents [Bogin, 1999 ; Eveleth and Tanner, 1976 ; Frisancho, 1990 ; Falkner & Tanner, 1986 ; Tanner, 1966 ; Tanner & Whitehouse 1976 ; Tanner 1998 ; WHO, 1995a & b]

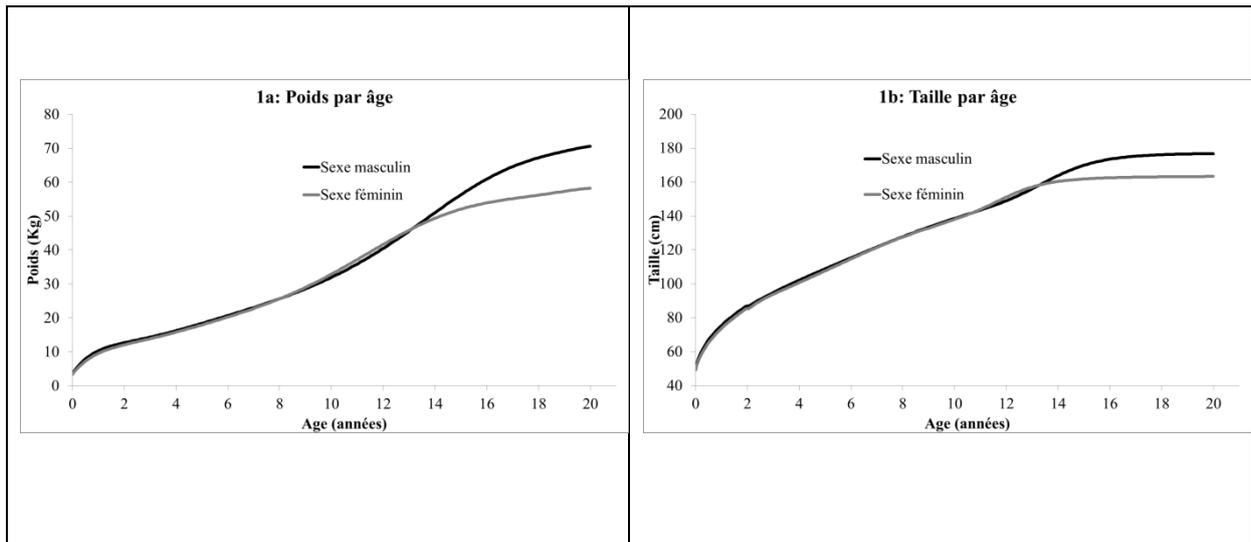
### **1.1. Bilan énergétique**

L'état nutritionnel est le résultat de forces contraires positives et négatives. Les forces positives (gains d'énergie) sont celles qui déterminent la croissance et la maturation (selon le sexe et l'âge), l'alimentation (en quantité, qualité et équilibre), et l'absorption des aliments. Les forces négatives (pertes d'énergie) sont celles qui sont associées au métabolisme, à l'exercice physique et aux maladies. De nombreuses maladies peuvent influencer l'état nutritionnel, en particulier les maladies infectieuses, les cancers, et les pathologies endocriniennes. L'état nutritionnel à une date donnée peut donc être influencé par de nombreux facteurs, et tout particulièrement par l'alimentation et par les infections. Les relations complexes entre infection et nutrition, synergiques et antagonistes, ont été bien documentées depuis près d'un demi-siècle, et ont fait l'objet de nombreuses études. [Scrimshaw et al., 1968 ; Scrimshaw & SanGiovanni, 1997]. En résumé, l'état nutritionnel est affecté par différents aspects comportementaux de l'alimentation (coutumes alimentaires, pratiques thérapeutiques, anorexie), par l'équilibre de la ration (énergie totale, protides, lipides, glucides), par les vitamines (A, B, C, D en particulier), par les minéraux (fer, zinc, cuivre, sélénium en particulier), par l'absorption intestinale, et par les réactions anaboliques et cataboliques aux infections. Les impacts des infections sur l'immunité sont particulièrement complexes, certaines étant de courte durée, d'autres probablement à long terme. L'état nutritionnel est le résultat de cet ensemble, et ne peut se résumer à l'alimentation et l'exercice physique.

### **1.2. Croissance chez l'enfant et l'adolescent (0-19 ans)**

La croissance de l'enfant est bien documentée sur le plan statistique depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, et de très nombreuses études fournissent l'évolution moyenne du poids et de la taille selon l'âge. [Quetelet 1835, 1871 ; Tanner 1998 ; Bogin 1999] Les figures 1a et 1b montrent l'évolution de ces deux principaux paramètres de l'état nutritionnel entre la naissance et l'âge de 20 ans aux Etats-Unis en l'an 2000. On peut y voir la croissance rapide chez le jeune enfant (surtout avant 2 ans), puis plus lente jusqu'à l'adolescence, puis la croissance rapide chez l'adolescent (*adolescent growth spurt*) pour atteindre la taille adulte un peu avant 20 ans, avec une forte différence selon le sexe à l'adolescence.

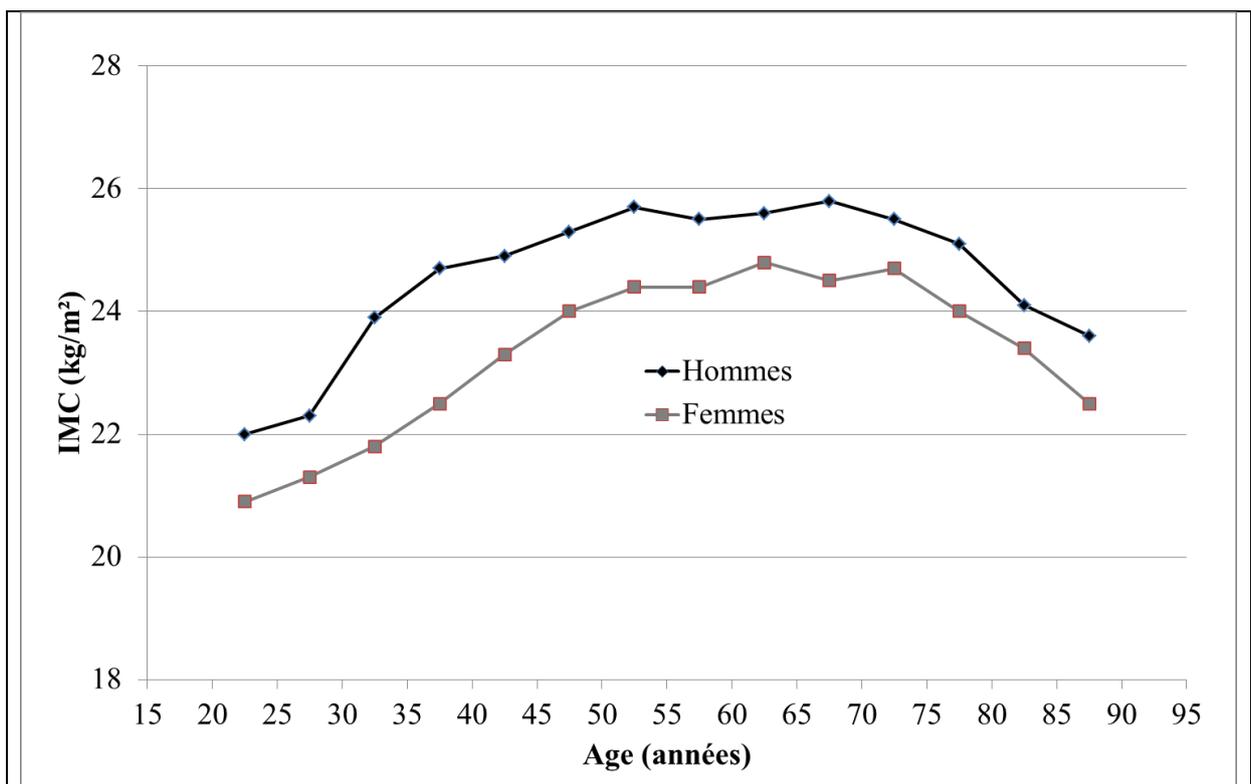
**Figure 1 :** Courbes de poids et de taille entre la naissance et l'âge de 20 ans aux Etats-Unis.



**Source :** CDC-2000

**Note :** Courbes basées sur la médiane du poids et de la taille, obtenues après lissage

**Figure 2 :** Indice de Masse Corporelle (IMC) moyen selon l'âge, France, 1980



**Source :** INSEE, 1980

Données observées en population générale

### **1.3. Changement de la composition corporelle chez l'adulte**

Chez l'adulte, la taille est normalement constante, hormis les effets de cohorte, c'est-à-dire les tendances séculaires à l'augmentation de la taille adulte, et le principal changement est l'augmentation du poids, et donc les variations du poids en fonction de la taille. La figure 2 montre l'évolution de l'Indice de Masse Corporelle (IMC) (voir la définition ci-dessous § 2.4f) en France dans les années 1980. Le rapport poids/taille<sup>2</sup> augmente assez régulièrement entre 20 et 60 ans, plus tend à diminuer au-delà de 70 ans, avec une petite différence selon le sexe.

### **1.4. Changements de l'état nutritionnel chez les personnes âgées**

Chez les personnes âgées, on observe une réduction de la taille au-delà de 80 ans. Au-delà de 70 ans on observe aussi souvent une baisse du poids, due à différentes formes de dénutrition. Ces phénomènes restent mal documentés au niveau statistique. [Burt & Harris 1994]

### **1.5. Composition corporelle**

Le corps se compose de fluides (eau, sang), des os du squelette, de tissus adipeux (la masse grasse) qui sert au stockage des lipides, et de muscles et autres organes (la masse maigre). [WHO, 1995b] Les principales variations de la composition corporelle viennent des variations de la masse grasse et dans une moindre mesure de la masse maigre. Les tissus adipeux sont principalement sous contrôle génétique et hormonal. Leurs dynamiques sont très sensibles à l'alimentation, à l'exercice physique et aux maladies. La masse musculaire est aussi sensible à l'exercice physique ainsi qu'aux pathologies. De nombreuses mesures de la composition corporelle sont possibles, mais demandent un outillage spécialisé. L'anthropométrie permet d'approcher la composition corporelle à l'aide d'indicateurs simples comme le rapport poids-par-taille, l'indice de masse corporelle, les périmètres (du bras, de la ceinture, des cuisses), et les plis cutanés (tricipital, sous-scapulaire), qui sont détaillés ci-dessous. Cependant, la corrélation entre anthropométrie et composition corporelle reste modérée et sujette à controverses. [Jensen et al., 2012]

### **1.6 Dimorphisme sexuel**

On note en général des différences plus ou moins grandes des paramètres anthropométriques selon le sexe dès la naissance, au moment de la croissance, surtout à l'adolescence au moment de la maturation sexuelle, puis chez l'adulte et chez les personnes âgées. De plus, la composition corporelle varie fortement lors de la grossesse, mais ce point ne sera pas abordé ici.

### **1.7. Facteurs génétiques et environnementaux**

L'anthropométrie et la composition corporelle varient aussi considérablement selon les groupes sociaux-économiques et selon les groupes ethnolinguistiques du fait de différents facteurs environnementaux (alimentation, santé) et génétiques (adaptation). On considère en général que la croissance est assez uniforme chez l'enfant d'âge préscolaire (0-5 ans), mais qu'elle diverge fortement au moment de l'adolescence. [Habicht, 1974] La taille des individus est héritée en

grande partie des parents, ce qui fait que, au niveau des individus, elle peut être relativement indépendante de l'alimentation et des conditions sanitaires. [Ollivier, 1971] Par contre, au niveau des populations, la taille tend à augmenter de génération en génération si l'alimentation et la santé s'améliorent, et elle ne tend à diminuer que dans les crises sévères et prolongées. Ces points sont importants à considérer lorsqu'on analyse les différences entre pays.

### **1.8. Principales mesures disponibles dans les enquêtes anthropométriques**

De nombreuses mesures peuvent être prises dans les examens cliniques au niveau des individus, et dans les enquêtes anthropométriques au niveau des populations. Ces mesures sont en général stratifiées par sexe et âge, et éventuellement par groupe ethnolinguistique, racial, ou socio-économique. En première approche, on prend tout d'abord le poids, mesuré en hectogramme et exprimé en kg avec une décimale (*weight*), et la taille, mesurée en mm et exprimée en cm avec une décimale (*height*). La taille se mesure en général debout (*standing height / stature*), mais pour les nourrissons, entre la naissance et deux ans, on utilise la taille couchée (*recumbent length*). Chez l'enfant on considère souvent aussi le tour de crâne ou périmètre crânien (*head circumference*), le tour de bras ou périmètre brachial (*arm circumference*), le tour de taille (*waist circumference*), le tour de poitrine (*chest circumference*) et les plis cutanés tricipital (*triceps skinfold*) et sous-scapulaire (*subscapular skinfold*). Chez l'adulte on considère souvent la taille assise (*sitting height*), le tour de taille (*waist circumference*) et le tour de hanches (*hip circumference*). Mais cette liste n'est pas limitative. Ainsi, les grandes enquêtes américaines (NHANES) prennent de nombreux autres paramètres. [Pour plus d'information voir le site web du CDC: <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes>]

Il faut noter que pour être valides, les mesures anthropométriques doivent être réalisées avec un équipement de qualité et standardisées pour éviter les biais dus aux personnes qui effectuent les mesures. Quant à l'âge, il faut qu'il soit aussi précis que possible, au moins en année pour les adultes et en mois pour les enfants, ce qui n'est pas toujours aisé dans les pays en développement. Les procédures pour prendre correctement les mesures anthropométriques sont bien codifiées [WHO 1983 ; WHO 1995b ; CDC, 2000; Zervas 1979]

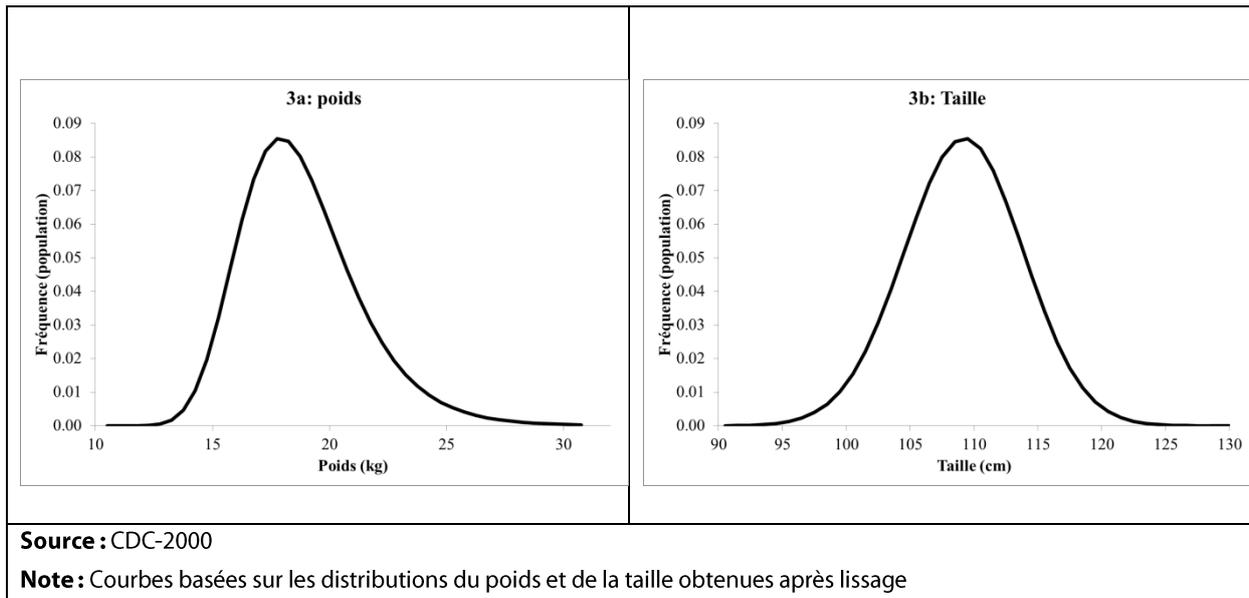
## **2. Hétérogénéité interindividuelle et variations entre populations**

Ce paragraphe présente les deux principales sources de variations de l'état nutritionnel: l'hétérogénéité entre individus et les variations entre populations.

### **2.1 Hétérogénéité normale : population bien-nourrie**

Dans une population saine et bien-nourrie, on observe toujours des individus plus grands et d'autres plus petits, des individus plus lourds et d'autres plus légers, et ces variations sont normales, hormis certaines pathologies très particulières (nanisme, gigantisme). Elles sont représentées par une distribution statistique, légèrement asymétrique et généralement proche d'une loi Log-normale. Les figures 3a et 3b présentent de telles distributions de poids et de taille chez l'enfant aux Etats-Unis.

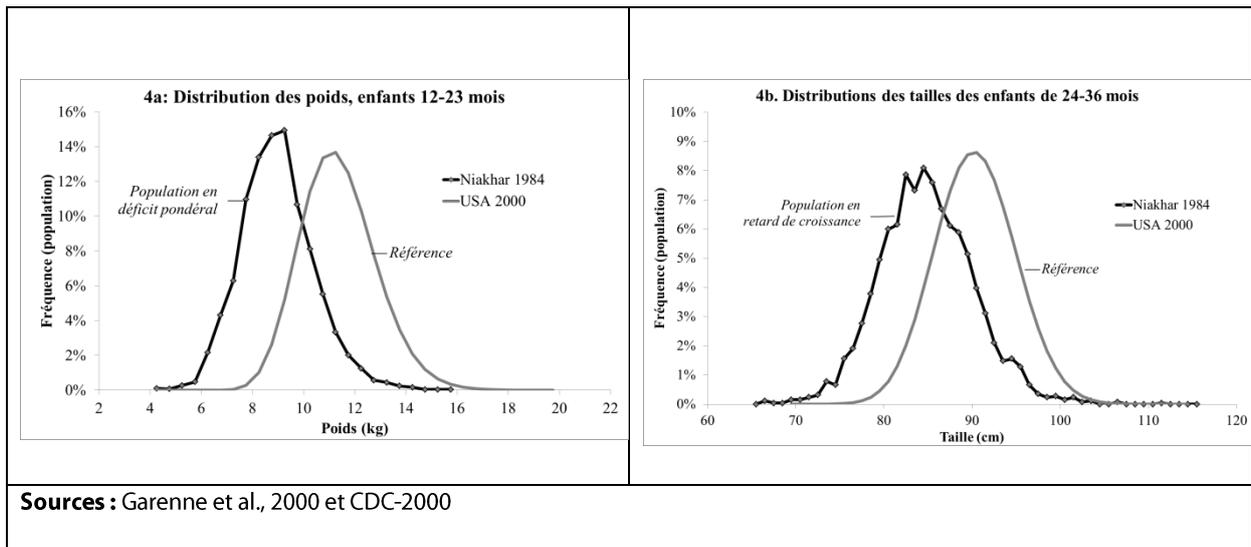
**Figure 3 :** Distributions du poids et de la taille, enfants de 5 ans, Etats-Unis 2000



## 2.2. Distribution anormale : population malnutrie

Lorsqu'une population est malnutrie, par défaut d'alimentation ou du fait d'un fardeau élevé de la maladie, le poids et la taille sont réduits à âge égal, et donc les distributions correspondantes sont décalées vers la gauche. Les figures 4a et 4b illustrent ce cas à propos des jeunes enfants de Niakhar au Sénégal mesurés en 1983-1984 comparés aux enfants américains mesurés en 2000. Chez les enfants de 12 à 23 mois, les poids sont décalés à gauche, et inférieurs en moyenne de  $-2.4$  kg, soit en moyenne 79% du poids médian des enfants américains; la distribution est aussi un peu plus étendue compte tenu de la moyenne : coefficient de variation = 1,60, contre 1,30 aux USA. Il en va de même pour les tailles des enfants de 24 à 35 mois : elles sont inférieures en moyenne de  $-5.5$  cm, soit en moyenne 94% de la taille médiane des enfants américains, et la distribution est aussi un peu plus étendue compte tenu de la moyenne : coefficient de variation = 0,063, contre 0,050 aux USA.

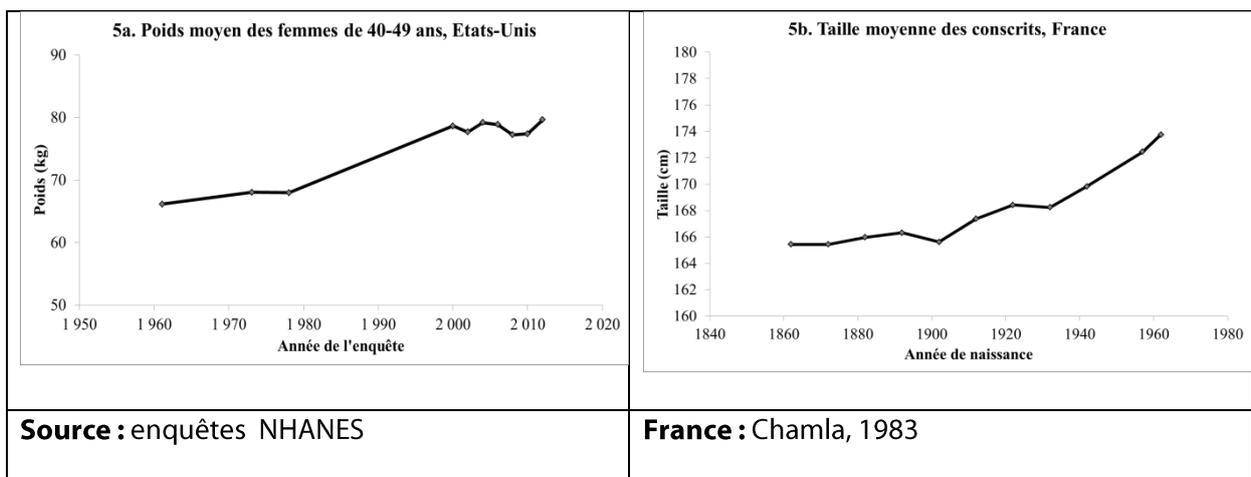
**Figure 4 :** Comparaison des distributions de poids et taille dans une population malnutrie avec une population de référence : Niakhar, Sénégal, 1984 et Etats-Unis 2000.



### 2.3. Tendances du poids et de la taille à long terme

Le poids et la taille sont susceptibles d'évoluer au cours du temps. Les figures 5a et 5b fournissent deux exemples. Aux Etats-Unis où sévit une épidémie d'obésité depuis près d'un demi-siècle, le poids moyen des femmes de 40-49 ans a augmenté de 14 kg, passant de 66 kg en 1961 à 80 kg en 2011-2012, soit une augmentation d'environ 20% du poids. En France, la taille des conscrits mesurée au moment de la conscription a aussi augmenté, passant de 165.4 cm pour les hommes nés en 1862 (incorporés en 1880) à 173.8 cm pour les hommes incorporés en 1980, soit un gain de 8.4 cm en un siècle.

**Figure 5 :** Evolution au cours du temps : poids chez les femmes de 40-49 ans aux Etats-Unis et taille chez l'adulte homme (conscrit) en France



## 2.4. La mesure de la distribution en population générale

La mesure précise des distributions des paramètres anthropométriques est complexe, et a fait l'objet de nombreuses études. Si les distributions ont toujours une allure assez régulière, elles sont souvent asymétriques, et leur asymétrie est susceptible d'évoluer avec le temps. On utilise le plus souvent un standard de référence pour y comparer une situation empirique. Plusieurs indicateurs et plusieurs niveaux de modélisation sont utilisés.

### a) Pourcentage de la médiane de référence

Pour une comparaison rapide, le plus simple est de calculer le rapport de la valeur considérée (poids-par-âge, taille-par-âge, poids-par-taille etc.) à la médiane du standard de référence :

$$P_m = \frac{x}{m}$$

Où 'x' est la valeur observée (poids, taille, etc.), 'm' la médiane du standard de référence selon le sexe et l'âge. Ceci permet de calculer la moyenne du pourcentage de la médiane de référence pour documenter la situation d'une population donnée. On peut aussi étudier la distribution de ces pourcentages.

### b) Percentiles

On peut aussi comparer directement la situation de chaque personne, ainsi que la distribution observée, à la distribution de référence à l'aide des percentiles, qui sont tabulés pour les principaux standards de référence (voir ci-dessous § 5.1). Les principaux percentiles tabulés sont P01, P03, P05, P10, P25, P50, P75, P90, P95, P97, P99, qui représentent donc les valeurs atteintes par 1%, 3%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95%, 97% et 99% de la population, P50 étant par définition la médiane. Chaque valeur individuelle observée peut s'exprimer en percentile du standard de référence. On peut aussi exprimer la moyenne de la population ou d'un sous-groupe en termes de percentile.

### c) Loi normale et le z-score

Une autre approche simple pour prendre en compte l'ensemble de la distribution consiste à standardiser la valeur de référence, c'est-à-dire l'ajuster à une loi normale autour de la médiane (m) avec un écart-type (s). Du fait de l'asymétrie, on peut utiliser un écart-type gauche ( $s_g$ ) pour les valeurs en dessous de la médiane, et un écart-type droit ( $s_d$ ), pour les valeurs en dessus de la médiane. C'était le système utilisé par le standard NCHS-1977, qui a été en vigueur dans le monde pendant plus de 30 ans (voir ci-dessous § 5.1).

Ce système permet de calculer un « z-score », c'est-à-dire la position d'une personne par rapport au système de référence à l'aide d'une transformation linéaire simple :

$$Z = \frac{x - m}{s}$$

Où 'x' est la valeur observée (poids, taille, etc.), 'm' la médiane du standard de référence, et 's' l'écart-type du standard de référence, avec  $s = s_g$  pour les valeurs en-dessous de la médiane ( $x < m$ ) et  $s = s_d$  pour les valeurs au-dessus ( $x > m$ ). Le principal inconvénient de ce système est de produire une discontinuité autour de la médiane.

Le z-score est supposé suivre une Loi Normale centrée réduite (la Loi de Gauss), et en fait, dans ce cas, deux demi-lois, l'une à droite, l'autre à gauche de la médiane. Pour les individus, le z-score permet donc de positionner la personne dans la distribution. De plus, les seuils fixes  $-1Z, -2Z, -3Z$  (par exemple de poids-par-âge) permettent de classer les individus en déficit pondéral entre malnutrition faible, modérée et sévère. De même, les seuils  $+2Z, +3Z$  de poids-par-âge permettent de classer les personnes en surpoids (voir ci-dessous § 6.1).

Pour les populations, le z-score moyen permet de positionner le groupe. Un z-score moyen de 0 correspond à la population de référence, un z-score moyen de  $-1.0$  correspond à une population modérément malnutrie, un z-score moyen de  $-2.0$  correspond à une population sévèrement malnutrie, etc.

#### d) Loi Log-normale

Une autre approche consiste à utiliser une loi Log-normale, qui marche bien dans la plupart des cas. Ainsi le Logarithme du pourcentage par rapport à la médiane suit approximativement une loi normale. Ce système est cependant peu utilisé, car les écarts-type ne sont pas tabulés dans les principaux systèmes de référence.

$$Z = \frac{\text{Log}\left(\frac{x}{m}\right)}{s}$$

Où 'x' est la valeur observée (poids, taille, etc.), 'm' la médiane du standard de référence, et 's' l'écart-type du logarithme du standard de référence. L'avantage de ce système est d'avoir une distribution continue et asymétrique, tout en restant très simple avec seulement deux paramètres. Il est aussi compatible avec l'approche du pourcentage de la médiane, souvent utilisé pour définir des seuils de déficit ou d'excès pondéral (voir ci-dessous). En théorie, ce système serait le plus approprié pour définir des normes ou des standards de référence.

#### e) Système LMS

Une nouvelle approche a été mise au point, dans le but de mieux ajuster les distributions très asymétriques dans les pays affluents, du fait de l'obésité. Ce système est le plus précis pour décrire les distributions empiriques, mais il fait intervenir trois paramètres (L,M,S) au lieu de deux. [Cole 1990, 1994]

$$Z = \frac{\left(\frac{x}{M}\right)^L - 1}{L \times S}$$

Où 'x' est la valeur observée (poids, taille, etc.), 'M' la médiane du standard de référence, 'S' un paramètre de dispersion (équivalent à l'écart-type) et 'L' un paramètre d'asymétrie. Ce système permet un ajustement précis de la plupart des distributions observées, même celles qui sont très asymétriques. Les trois paramètres de ce système sont maintenant bien tabulés pour de nombreux standards de référence (CDC-2000, MGRS-2006, INSERM, etc.).

#### f) L'Indice de Masse Corporelle (IMC)

L'indice de masse corporelle (IMC), ou Indice de Quételet, est défini comme le rapport du poids (en kilogramme) au carré de la taille (en mètres) [en anglais : *Body Mass Index, ou BMI*]. C'est un des principaux indicateurs anthropométriques utilisés :

$$IMC = \frac{Poids}{Taille^2}$$

Cet indice s'utilise d'abord en valeur absolue, car il est supposé être assez constant chez l'adulte. Sa distribution est aussi tabulée par sexe et âge, maintenant pour tous les âges, enfants et adultes. On peut donc l'utiliser, au moins en théorie, en rapport à la médiane ou en z-score, même si en pratique on se contente le plus souvent de la valeur absolue et des percentiles, comme par exemple dans les carnets de santé. Chez l'adulte, les valeurs de l'IMC comprises entre 18,5 et 25 kg/m<sup>2</sup> sont considérées comme 'normales', les valeurs inférieures à 18,5 comme signe de maigreur, et les valeurs supérieures à 25 comme signe de surpoids (voir ci-dessous § 6.2). Il est un bon indicateur de l'obésité chez l'adulte, et de loin le plus utilisé.

#### g) Le tour de bras

Un autre indicateur simple est utilisé en valeur absolue en routine : le tour de bras chez l'enfant. Le périmètre brachial augmente relativement peu entre 6 mois et 5 ans, et mesure à la fois la masse grasse et la masse maigre. D'une valeur moyenne autour de 160 mm, les valeurs inférieures à 145, 135, 125 ou 115 mm sont considérées comme des seuils de malnutrition croissants (voir ci-dessous § 6.1). Le tour de bras est aussi tabulé dans les principaux standards, et peut s'utiliser soit en pourcentage de la médiane de référence soit en z-score. Le tour de bras a d'abord un avantage pratique évident : il est très facile à prendre et demande un équipement très simple (centimètre non extensible ou bandelette à insertion). Il a aussi un avantage théorique notable : il est le meilleur indicateur pour détecter la malnutrition modérée et sévère et le risque de décès chez le jeune enfant. [Briend & Zimicki, 1986 ; Briend et al., 1989a & b ; Briend et al., 2012 ; Garenne et al., 2000 ; Garenne et al., 2006]

#### h) Le tour de taille

Le tour de taille, autre indicateur de l'obésité, peut aussi s'utiliser en valeur absolue chez l'adulte. Mais chez l'enfant, il doit être utilisé par rapport à des normes de référence (voir ci-dessous § 6.2).

### **3. Pathologies liées à l'état nutritionnel**

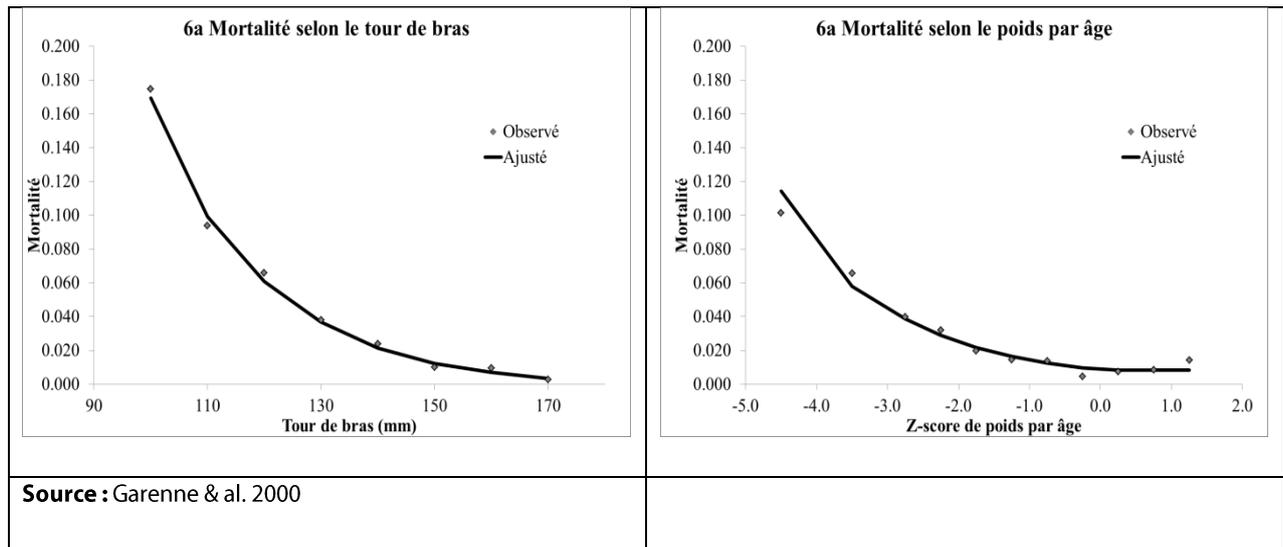
Les pathologies liées à l'état nutritionnel sont nombreuses, et se classent en deux grandes catégories, négatives et positives, c'est-à-dire le déficit et l'excédent, le plus souvent du poids ou des paramètres ciblant la masse grasse, par rapport à une valeur de référence. Mais les déficits nutritionnels peuvent aussi affecter la taille et les autres paramètres de la croissance.

#### **3.1. Déficit nutritionnel**

Le déficit nutritionnel touche surtout les pays pauvres, et se caractérise surtout par différentes formes de dénutrition, regroupées autrefois sous le terme de « malnutrition protéino-énergétique ». Cette pathologie se manifeste par un retard de croissance et par une perte de la masse grasse, et dans les cas les plus sévères par la fonte musculaire (perte de la masse maigre) et des oedèmes (marasme, kwashiorkor). Les pertes de masse grasse ou de masse maigre se mesurent par les indicateurs de poids (poids-par-âge, poids-par-taille), par le tour de bras, et par les plis cutanés (voir ci-dessous). Le retard de croissance se mesure surtout par un indicateur de taille, le plus souvent la taille-par-âge.

La malnutrition protéino-énergétique est un des principaux facteurs de la mortalité des jeunes enfants. La figure 6 montre la relation entre état nutritionnel à une date donnée et la mortalité subséquente des enfants au Sénégal dans les années 1983-1984. La relation est une relation de type dose-réponse, et approximativement Logit-linéaire. Grosso modo, le risque de décès est multiplié par 2 à chaque seuil du poids-par-âge ou du tour de bras. C'est cette relation qui montre l'importance des indicateurs anthropométriques pour mesurer l'état de santé des enfants. Elle permet en outre de calculer le risque de mortalité attribuable à la malnutrition. Dans le cas de Niakhar on estimait à 63% la mortalité attribuable au déficit staturo-pondéral mesuré en poids-par-âge, et à 69% la mortalité attribuable au déficit mesuré par le tour de bras. [Garenne et al., 1989 & 2006] Ces valeurs se retrouvent aussi dans de nombreux pays en développement. [Pelletier et al., 1993 ; Trowbridge & Sommer, 1981]

**Figure 6.** Mortalité sur 6 mois selon deux indicateurs de l'état nutritionnel, enfant de 6-59 mois, Niakhar, Sénégal 1983-1984.



### 3.2 Excédent nutritionnel / Pays riches

L'excédent nutritionnel touche surtout les pays affluents, et se caractérise par l'obésité. Cette pathologie se manifeste par un excès de masse grasse. Elle se mesure par les indicateurs de poids-par-taille, surtout l'indice de masse corporelle (IMC) chez l'adulte (voir ci-dessous). L'obésité chez l'adulte est aussi liée à de nombreuses pathologies (maladies cardio-vasculaires, diabète, certains cancers), et à la mortalité précoce. [Rolland-Cachera 1990, 1993, 2004]

## 4. Mesures anthropométriques de l'état nutritionnel

De nombreux indicateurs sont disponibles pour décrire l'état nutritionnel des enfants et des adultes. Chacun peut cibler une pathologie particulière.

### 4.1. Concepts

Les principales caractéristiques anormales de l'état nutritionnel ciblées par les indicateurs anthropométriques chez l'enfant sont les suivantes :

- Le retard de croissance ou rabougrissement (*stunting*) : la croissance est plus lente, et se manifeste par une taille et un poids réduit selon l'âge, mais n'est pas nécessairement associée à un déficit pondéral.
- L'émaciation ou maigreur (*wasting*) : la masse est inférieure à la normale compte tenu de la taille.
- Les pertes de masse grasse : les plis cutanés et le tour de bras sont plus faibles.
- La fonte musculaire : les circonférences de bras (ou de cuisses) sont plus faibles.

- L'obésité : l'obésité se caractérise par une accumulation de masse grasse, totale ou localisée : le poids est plus élevé, les plis cutanés sont plus forts, et les circonférences de bras, de cuisse, et de taille sont plus fortes.

#### 4.2. Choix des indicateurs chez l'enfant

De nombreux indicateurs sont disponibles, et sont chaque fois rapportés à un standard de référence (norme anthropométrique). Les plus fréquents sont :

- Le poids-par-âge (*Weight-for-age*), qui mesure à la fois le retard de croissance et le déficit pondéral, ou malnutrition totale. Il s'exprime en z-score (WAZ) ou en pourcentage de la médiane ;
- La taille-par-âge (*Height-for-age*), qui mesure le retard de croissance, ou malnutrition chronique. Elle s'exprime en z-score (HAZ) ou en pourcentage de la médiane ;
- Le poids-par-taille (*Weight-for-height*), qui mesure le déficit pondéral, ou malnutrition aiguë. Il s'exprime en z-score (WHZ) ou en pourcentage de la médiane ;
- Le tour de bras, ou périmètre brachial (*Mid-Upper-arm-circumference* ou *MUAC*), qui mesure à la fois la masse grasse et la masse maigre ; il s'utilise le plus souvent en valeur absolue, mais peut aussi s'exprimer en z-score ou en pourcentage de la médiane.

D'autres indicateurs sont aussi utilisés, eux-aussi exprimés en z-score ou en pourcentage de la médiane par rapport à un standard de référence :

- Le tour de tête, ou périmètre crânien (*Head circumference*), qui mesure la croissance de la tête.
- Le tour de taille (*Waist circumference*), qui mesure la masse grasse au niveau de l'abdomen ;
- Le pli cutané tricipital (*Triceps skinfold*), qui mesure la masse grasse au niveau du bras ;
- Le pli cutané sous-scapulaire (*Sub-scapular skinfold*), qui mesure la masse grasse au niveau du dos ;
- La mesure du tour de bras (PB) et du pli cutané tricipital (PTC) permet d'estimer par différence la circonférence du muscle (PM) :

$$PM = PB - \pi \times PTC$$

#### 4.3. Choix des indicateurs chez l'adulte

- L'indice de masse corporelle (IMC) (*Body Mass Index* ou *BMI*), qui mesure surtout la masse grasse et le muscle. Il est calculé comme le rapport du poids (en kg) au carré de la taille (en m<sup>2</sup>). Cet indicateur varie de 10 à 60 et plus, avec une moyenne de 22 kg/m<sup>2</sup>. Il est très facile à calculer, et très largement disponible. Il est par contre sensible à la longueur relative des membres inférieurs (*body shape*), ce qui rend son interprétation délicate dans les comparaisons internationales. [Myatt et al., 2009]

- La taille debout ou stature (*standing height*) est surtout utilisée par cohorte (année de naissance) pour l'étude des tendances séculaires (à la hausse) ou pour mesurer des accidents dus à des crises (à la baisse). Pour les adultes on considère surtout la taille après 20 ans (après la croissance) et avant les âges élevés (75 ans ou plus).
- La taille assise (*sitting height*), qui est utilisée car elle est insensible à la longueur relative des membres inférieurs par rapport à la stature (*body shape*), qui varie fortement du fait de la diversité génétique.
- Le tour de taille [*waist circumference*], comme chez l'enfant.
- Le rapport ceinture / hanches [*Waist to hip ratio*], qui est un bon indicateur d'obésité.

De très nombreux autres indicateurs anthropométriques sont disponibles dans certaines enquêtes spécialisées, soit pour des études épidémiologiques (comme les études NHANES aux Etats-Unis), soit pour l'industrie du vêtement. Certains auteurs préfèrent aussi calculer des surfaces (de muscle, de graisse) au lieu des circonférences. [Frisancho, 1981]

## 5. Choix des standards de référence (normes)

Les standards de référence (souvent appelés normes nutritionnelles) sont basés sur le principe que tous les enfants sains et bien nourris suivent en moyenne le même chemin de croissance, et que la composition corporelle de l'enfant comme de l'adulte sain et bien nourri est aussi approximativement constante. [Bogin, 1999] Ceci dit, les différences interindividuelles existent et sont fortes, et on observe aussi des différences entre les groupes ethnolinguistiques, notamment en ce qui concerne la taille et la composition corporelle chez le jeune adulte (voir ci-dessous).

### 5.1. Standards internationaux

Plusieurs standards de référence sont utilisés dans le monde :

- l'ancien standard américain, dit NCHS-1977 (*National Center for Health Statistics, USA*). [Hamill et al., 1979; Johnson et al., 1981; WHO, 1983 & 1986] Il sert de standard dans les pays en développement pendant près de 30 ans. Ce standard est basé sur les observations faites aux Etats-Unis, à partir d'études longitudinales (FELS) et d'études transversales (NHES et NHANES) entre 1930 et 1975. Les données de base sont fiables et robustes, mais les ajustements statistiques sont parfois défectueux, notamment pour les jeunes enfants entre 1 et 3 ans, du fait des sources divergentes et des procédures d'ajustement. Ce standard porte sur les indicateurs suivants: poids-par-âge, poids-par-taille, taille-par-âge, IMC, périmètre crânien. Il utilise le z-score simple, avec deux écarts-type droit et gauche.
- Le nouveau standard américain, dit CDC-2000. [CDC, 2000; Kuzmarski et al. 2000 & 2002; Ogden et al, 2002] Ce nouveau standard est basé sur des données plus récentes, aussi tirées d'études transversales (NHANES). Les mêmes paramètres sont disponibles. Il est basé sur le système LMS,

et est beaucoup plus stable que le standard NCHS-1977. Appliqué aux données du Sénégal, c'est celui qui fournit les meilleures performances (sensibilité, spécificité) pour déceler les enfants à haut risque de décès à l'aide des z-scores.

- Le standard de l'OMS (*WHO Growth Standard*), aussi appelé MGRS-2006 (*Multicenter Growth Reference Survey*), qui est devenu le nouveau standard international. [De Onis & Yip, 1996, de Onis et al. 1997 ; WHO, 2006] Il est basé sur des données provenant de plusieurs pays, développés et en développement, dans lesquels on a sélectionné des enfants particulièrement sains et bien nourris. Il a l'inconvénient d'être plus hétérogène et plus sélectif que le standard CDC-2000, et fournit parfois des résultats inconsistants. Il est aussi basé sur le système LMS. Il fournit de nombreux paramètres : poids-par-âge, poids-par-taille, taille-par-âge, IMC, périmètre crânien, périmètre brachial, pli tricipital et plis sous-scapulaire. D'autre part, certains standards sont déficients, et en particulier les standards des plis cutanés ne doivent pas être utilisés, car ils sont faux. De nombreuses études ont comparé les trois standards internationaux, et montrent les forces et faiblesses de chacun, et en particulier les divergences dans les estimations de la prévalence de la malnutrition. De nombreuses enquêtes utilisent maintenant le nouveau standard OMS, en particulier les grandes enquêtes démographiques et sanitaires ou EDS (*DHS surveys*), principal pourvoyeur de données anthropométriques dans les pays en développement.

## **5.2. Standards français**

En France, le standard le plus utilisé, et d'ailleurs recommandé officiellement, est le standard dit de l'INSERM, développé au Centre International de l'Enfance dans les années 1960-1970 par M. Sempé et collaborateurs [Sempé et al., 1979 ; INSERM, 2000]. Il a l'avantage d'être très complet, d'être basé sur les études longitudinales et donc de fournir de bonnes estimations des vitesses de croissance. Par contre, il est basé sur un petit échantillon, surtout au-delà de 10 ans, avec des résultats qui peuvent être instables. De plus, il est difficilement disponible. Un nouveau standard de l'IMC est disponible, basé à la fois sur ces données et sur les données de l'INSEE et d'autres sources françaises. [Rolland-Cachera et al. 1991 ; 2002]

## **5.3. Autres standards**

De nombreux pays ont développés leurs propres standards, à usage local. Les pionniers ont été les anglais (Tanner, 1966 ; Tanner & Whitehouse, 1976), et on trouve des standards en Hollande, Suède, Russie, Japon etc., et plus récemment dans les pays en développement tel que l'Inde. [Karlberg et al. 1968]

## **5.4. Choix du standard**

Le choix des standards ou normes est souvent délicat, et dépend de l'usage que l'on veut en faire. Il faut d'abord que l'indicateur soit disponible, ce qui n'est pas toujours le cas, que la base de données soit fiable, que les normes aient été construites avec des outils statistiques précis et soient accessibles. Pour les principales variables (poids-par-âge, poids-par-taille, taille-par-âge, IMC), le

standard CDC-2000 offre de nombreux avantages. Pour les comparaisons internationales, le standard de l'OMS est devenu la référence incontournable, malgré ses défailances. En France, les normes de l'INSERM restent d'usage.

## **6. Mesures de la prévalence : la question des seuils**

Lorsqu'un standard est retenu, on peut effectuer deux opérations à partir de données empiriques : situer une personne par rapport au standard, et comparer la distribution de la population observée avec celle du standard. La première opération permet de calculer la prévalence de caractéristiques données (retard de croissance, émaciation, obésité, etc.), simplement en comptant la proportion de la population qui présente cette caractéristique. La mesure de la prévalence nécessite donc la définition de seuils (de malnutrition, d'obésité, etc.) qui sont nécessairement arbitraires, du fait de la continuité des distributions. Les seuils choisis dépendent évidemment des standards de référence. Ces seuils peuvent être soit en valeur absolue (tour de bras, IMC), soit après une transformation en z-score, soit en pourcentage de la médiane.

### **6.1. Malnutrition protéino-énergétique**

Les principaux seuils utilisés pour définir la malnutrition faible, modérée ou sévère (*mild, moderate, severe*) sont des valeurs entières des z-score ( $-1, -2, -3$ ) ou des valeurs arrondies des pourcentages par rapport à la médiane. Les seuils pour le tour de bras sont eux indépendants de tout standard, comme ceux de l'IMC. Le tableau 1 donne quelques exemples de seuils classiques pour les principaux indicateurs chez l'enfant d'âge préscolaire. Les seuils basés sur les z-scores sont restés stables, et font référence à des distributions normales, mais leurs valeurs sont très sensibles au choix du standard de référence. Par contre les indicateurs basés sur les pourcentages de la médiane, et les indicateurs basés sur les valeurs brutes (tour de bras, IMC) sont particulièrement arbitraires et sujets à caution. Ils varient selon les auteurs et les périodes. Ainsi, pour le tour de bras de l'enfant, on trouve aussi des seuils tels que 110/130/150. Pour le poids-par-âge en pourcentage de la médiane, on trouve aussi par exemple les seuils de 61%, 76% et 91% selon la classification de Gomez [Gomez et al., 1956 ; Jelliffe, 1966 ; Jelliffe & Jelliffe, 1971]. A Niakhar, les seuils de poids-par-âge de  $-1Z, -2 Z, -3Z, -4Z$  correspondaient, en terme de sensibilité et de spécificité pour la mortalité, grosso-modo aux seuils de 145, 135, 125, et 115 mm du tour de bras, soit pratiquement une catégorie de différence parmi les classes de malnutrition.

**Tableau 1 : Seuils communément utilisés pour mesurer la prévalence**

|  | Déficit (malnutrition) |        |        | Excès (obésité)                                 |        |        |
|--|------------------------|--------|--------|---|--------|--------|
|  | z-score ou valeur      |        |        | Pourcentage de la médiane                       |        |        |
| Indicateur   | Faible                 | Modéré | Sévère | Faible  | Modéré | Sévère |
| <i>(en z-score, malnutrition de l'enfant)</i>        |                        |        |        | <i>(en z-score, obésité de l'adulte)</i>        |        |        |
| Poids-par-âge  | -1.0                   | -2.0   | -3.0   |   |        |        |
| Poids-par-taille                                     | -1.0                   | -2.0   | -3.0   |   | +2.0   | +3.0   |
| Taille-par-âge                                       | -1.0                   | -2.0   | -3.0   |   |        |        |
| <i>(en % de la médiane, enfants)</i>                 |                        |        |        |   |        |        |
| Poids-par-âge  | 0.90                   | 0.75   | 0.60   |   |        |        |
| Poids-par-taille                                     | 0.90                   | 0.80   | 0.70   |   |        |        |
| Taille-par-âge                                       | 0.95                   | 0.90   | 0.85   |   |        |        |
| <i>(en valeur absolue, malnutrition de l'enfant)</i> |                        |        |        |   |        |        |
| Tour de bras   | 135                    | 125    | 115    |   |        |        |
| <i>(en valeur absolue, maigreur de l'adulte)</i>     |                        |        |        | <i>(en valeur absolue, obésité de l'adulte)</i> |        |        |
| IMC  | 18.5                   | 17.0   | 16.0   | 25  | 30     | 35     |

Le choix des seuils et des standards de référence a un impact considérable sur la mesure de la prévalence de la malnutrition de l'enfant. Ainsi, le passage du standard NCHS-1977 au nouveau standard de l'OMS (MGRS-2006) a eu pour effet de modifier considérablement les seuils de prévalence. [WHO, 2006]. A Niakhar, la prévalence de la malnutrition aigüe sévère, définie comme  $-3z$ -score de poids-par-taille, variait de 0.8% avec le standard NCHS-1977, 1.7% avec le standard MGRS-2006, et 3.2% avec le standard CDC-2000, soit un ratio de 1 à 3.8.

Les seuils de poids-par-taille définissent les nouvelles catégories de malnutrition retenues par l'OMS et les ONG, connues sous les acronymes suivants : MAM (*Moderate Acute Malnutrition*), SAM (*Severe Acute Malnutrition*) et GAM (*Global Acute Malnutrition*)

On peut de même définir des seuils pour les populations. Ainsi, l'OMS définit quatre catégories de situation de la malnutrition dans les populations générales et tout particulièrement dans les situations d'urgence : Acceptable (*acceptable*), Pauvre (*poor*), Sérieuse (*serious*) et Critique (*critical*). Ces seuils correspondent à des z-score moyen de poids-par-taille ( $Z > -0.40$  ;  $-0.40 \leq Z < -0.70$  ;  $-0.70 \leq Z < -1.0$  ; et  $Z \leq -1.0$ ), ou à des prévalence de malnutrition sévère 'P', c'est à dire des proportions d'enfants dont le z-score de poids-par-taille est inférieure à  $-2.0 Z$  correspondants ( $P < 5\%$  ;  $5 \leq P < 10\%$  ;  $10\% \leq P < 15\%$  ;  $P \geq 15\%$ ).

## 6.2. Obésité

Pour l'obésité chez l'enfant, on peut utiliser les seuils de +2.0 et +3.0 z-score de poids-par-taille, mais on peut aussi utiliser l'IMC par âge, ou le tour de taille par âge [Cole et al. 2000 ; Frelut 2001 ; Jouret & Tauber, 2003 ; Rolland-Cachera, 2004 ; Thibault & Rolland-Cachera 2001].

Pour l'obésité chez l'adulte, les seuils d'IMC le plus souvent retenus sont : 25 kg/m<sup>2</sup> (surpoids), 30 kg/m<sup>2</sup> (obésité modérée, ou degré 1), et 35 kg/m<sup>2</sup> (obésité sévère, ou degré 2). Les classifications récentes ajoutent même une troisième catégorie, l'obésité extrême ou degré 3, basée sur le seuil de IMC  $\geq$  40 kg/m<sup>2</sup>, et une catégorie intermédiaire, la pré-obésité, pour l'IMC compris entre 27.5 et 30. [Must et al. 1991]

Chez l'adulte, les seuils de tour de taille, qui définissent l'obésité centrale, sont fluctuants, évoluent rapidement, et dépendent du sexe de la personne et du contexte racial ou national. Les seuils de 80, 90, 100 cm ont été proposés, mais d'autres aussi (85, 95, 105 cm pour les hommes ; 80, 90, 100 cm pour les femmes), ou d'autres encore (94, 102 cm pour les hommes, 80 et 88 cm pour les femmes). La recherche est en cours actuellement, et aucun consensus ne semble avoir été atteint. [WHO, 2000]

## 6.3. Classifications de Waterlow

John Waterlow a proposé une classification de la malnutrition basée à la fois sur le retard de croissance sans déficit pondéral (*stunted, not wasted*), sur le déficit pondéral sans retard de croissance (*wasted, not stunted*) et sur la combinaison des deux (*wasted and stunted*). [Waterlow, 1972 & 1973 ; Waterlow et al. 1977] Les seuils utilisés sont le plus souvent  $-2$  z-score de poids-par-taille et de taille-par-âge, là encore avec des valeurs différentes selon le standard de référence utilisé. C'est cette classification que l'on retrouve le plus souvent dans les enquêtes EDS (*DHS surveys*), qui est basée sur les seuils de  $-2$  z-score du standard de l'OMS, et qui produit la majorité des estimations de la prévalence de la malnutrition dans les pays en développement.

## 6.4. Etat nutritionnel moyen d'une population

La mesure la plus précise d'un déficit ou d'un excédent au niveau d'une population reste la moyenne, ou mieux la médiane et l'écart-type ou le coefficient de variation (écart-type/moyenne) et leur comparaison avec un standard de référence. Ainsi, une moyenne de poids-par-taille de  $-1.50$  z-score et un coefficient de variation de 0.80 fournit l'essentiel de la distribution, et donc permet de calculer pratiquement tous les indicateurs désirés. Il est donc conseillé de fournir les deux informations pour obtenir une description complète de la situation. Le tableau 2 illustre ce point à partir des données de Niakhar en utilisant le standard CDC-2000.

**Tableau 2 :** Exemples de description des distributions et des prévalences de la malnutrition, chez les enfants de 6-59 mois, Niakhar, Sénégal, 1983-1984

|                      | Distribution |            | Prévalence de la malnutrition |         |        |
|----------------------|--------------|------------|-------------------------------|---------|--------|
|                      | Moyenne      | Ecart-type | Faible                        | Modérée | Sévère |
| <i>Indicateur</i>    |              |            |                               |         |        |
| Poids-par-âge (Z)    | -1.335       | 1.305      | 30.1%                         | 22.1%   | 11.5%  |
| Poids-par-taille (Z) | -0.798       | 1.213      | 27.0%                         | 13.9%   | 3.8%   |
| Taille-par-âge (Z)   | -1.082       | 1.275      | 31.2%                         | 16.6%   | 7.8%   |
| Tour de bras (mm)    | 143.1        | 13.72      | 16.5%                         | 6.7%    | 1.9%   |

**Source :** Garenne et al. 2000 ; standard CDC-2000.

Un autre exemple est fourni par la description de l'obésité chez les adultes de 40-49 ans aux Etats-Unis en 2011-2012. (Tableau 3)

**Tableau 3 :** Exemples de description des distributions et des prévalences de l'obésité chez l'adulte de 40-49 ans, Etats-Unis, 2011-2012

|                   | Distribution |            | Prévalence du surpoids et de l'obésité |                 |                |
|-------------------|--------------|------------|--|-----------------|----------------|
|                   | Moyenne      | Ecart-type | Faible<br>(25)                         | Modérée<br>(30) | Sévère<br>(35) |
| <i>Indicateur</i> |              |            |  |                 |                |
| IMC, homme        | 29.05        | 6.26       | 40.4%                                  | 23.1%           | 11.9%          |
| IMC, femme        | 30.38        | 8.20       | 29.8%                                  | 21.6%           | 21.2%          |

**Source :** NHANES survey, 2011-2012

## 7. Etudes des tendances

L'étude des tendances des paramètres anthropométriques est particulièrement utile, mais difficile du fait de l'absence de séries longues. La plupart des pays n'ont pas de bilan anthropométrique régulier, ce qui interdit toute analyse longitudinale détaillée. Certains pays tels que les Etats-Unis ont maintenant des enquêtes transversales régulières (NHES/ NHANES) depuis plus d'un demi-siècle qui permettent une bonne estimation des tendances récentes. Certaines séries longues sont disponibles, comme par exemple la taille des conscrits dans les pays à conscription militaire obligatoire. [Fogel, 1994] En Europe, on observe une augmentation assez régulière de la taille depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, avec une tendance à la stabilisation en Europe du Nord, comme si un seuil était atteint, et une tendance à la récupération de la taille en Europe du Sud qui était particulièrement en retard par rapport à l'Europe du Nord. [Larnkjaer et al. 2006] Pour la composition corporelle, ce qui domine depuis un demi-siècle, c'est la montée de l'obésité d'abord chez l'adulte, puis plus récemment chez l'enfant. [Rolland-Cachera 1993, 2004]

## 8. Comparaisons internationales

Les comparaisons internationales sont délicates, du fait de la grande diversité de la composition ethnique et de l'alimentation, et du fait des grandes différences dans les niveaux de développement et de richesse. Ainsi la comparaison entre l'Inde et l'Afrique montre de plus grandes tailles dans le continent africain, malgré une alimentation et un niveau de revenu moindre. [Deaton 2004] En Afrique, les groupes sahéliens sont en moyenne plus grands et ont des jambes plus longues, alors que leur niveau de revenu est plus faible que celui des groupes bantous d'Afrique Centrale et Australe. [Garenne, 2011] En Europe, les groupes d'Europe du Nord (Suédois, Danois, Hollandais), sont nettement plus grands que les Anglais et les Français, sans que l'on puisse trouver de marqueur nutritionnel ou sanitaire évident qui puisse expliquer la différence. Les comparaisons internationales méritent donc une attention particulière, et on doit éviter toute conclusion hâtive basée sur une comparaison des indicateurs nutritionnels sans tenir compte du contexte et de l'histoire.

## 9. Objectifs pour le développement durable : l'agenda post-2015

Ce paragraphe propose de nouveaux indicateurs anthropométriques pour évaluer les objectifs pour le développement de l'agenda post-2015. Les Objectifs du Millénaire pour le Développement ou OMD (*Millennium Development Goals or MDG*) sont des grands objectifs définis par les Nations Unies pour promouvoir et évaluer les progrès en matière de développement économique, sanitaire et social dans le monde. La première vague concernait la période 1990-2015 et contenait 8 grands objectifs avec diverses sous-rubriques et des indicateurs pour les mesurer, dont un seul concernait l'anthropométrie des enfants. Cette première vague doit être suivie d'une seconde, appelée actuellement « l'agenda post-2015 ».

### 9.1. Malnutrition chez l'enfant

L'objectif 1c des OMD de l'an 2000 visait la réduction de la malnutrition de l'enfant, et un seul indicateur anthropométrique avait été retenu : la proportion d'enfants de moins de 5 ans souffrant de malnutrition, celle-ci étant définie par le seuil de  $-2$  z-score de poids par âge. Cet indicateur reste toujours valable pour la période 2015-2040 pour cibler la malnutrition de l'enfant, à condition d'utiliser un même standard de référence, ce qui n'a pas été toujours le cas jusqu'ici : certaines comparaisons ont été faites en utilisant le standard NCHS-1977 pour les années 1990 et le standard OMS pour la période 2005-2010, ce qui conduit à des interprétations fallacieuses.

Une option pour l'agenda post-2015 serait de compléter par l'équivalent pour la taille par âge (*stunting*), surtout pour les 3-5 ans, et pour le poids par taille (*wasting*), surtout pour les 6-35 mois, de manière à mieux cibler les problèmes nutritionnels et leurs dynamiques dans les groupes d'âge concernés. Une alternative au z-score selon le standard OMS serait d'utiliser le tour de bras en valeur brute chez les 6-35 mois comme indicateur indépendant de tout standard de référence.

## 9.2. Emergence de l'obésité

Un second problème nutritionnel mérite attention : l'obésité, dont la prévalence a considérablement augmenté en 25 ans, et qui est devenu un problème majeur de santé publique au niveau mondial. L'obésité se décline différemment selon l'âge, et en particulier chez l'enfant d'âge scolaire (6-11 ans), chez l'adolescent (12-19 ans), et chez les jeunes adultes, en particulier les 20-29 ans et les 30-39 ans. Deux indicateurs peuvent être utilisés, et rapportés à un standard de référence : l'IMC (*BMI*) et le tour de taille (*waist circumference*). Notons que cet indicateur de santé s'applique tant aux pays développés qu'aux pays émergents, et aux pays en développement.

## 9.3. Croissance des adolescents

Un dernier problème mériterait aussi une attention particulière, surtout dans les pays les moins avancés : la croissance des adolescents. Ce sujet reste mal connu, mais il est clair que dans les pays africains la taille des jeunes adultes a diminué pendant une longue période (1975-2000), ce qui a affecté les cohortes nées après 1960, et qui est vraisemblablement dû à une sous-alimentation au moment de l'adolescence, problème qui peut avoir de multiples conséquences. Ce phénomène semble lié à la longue récession économique qui a affecté l'Afrique au cours de cette période. [Garenne, 2011]

Un critère de suivi pourrait être la taille à 20 ans, en valeur brute, ce qui nécessiterait des analyses longitudinales faciles à réaliser, puisque cette taille peut aussi être mesurée plusieurs années après. L'idéal serait d'avoir des mesures précises de la taille par cohorte de naissance, à la fois à 10 ans et à 20 ans, avant et après l'adolescence. Pour ce faire, une mesure tous les 10 ans en population générale chez les 10-29 ans serait suffisante.

## Conclusions

Cette brève revue de la question des indicateurs anthropométriques souligne la complexité du phénomène de la mesure de l'état nutritionnel. Pour bien apprécier celui d'une population, il est nécessaire de disposer d'une batterie d'indicateurs, et d'en faire une description statistique complète. [Habicht et al., 1982, 1990]

Au niveau d'un individu il est souvent difficile de déterminer a priori si une personne donnée a une anthropométrie normale ou anormale, du fait de la grande diversité biologique interindividuelle, à moins qu'un marqueur particulier indique une pathologie, ou bien qu'un changement brutal d'un paramètre (le poids en particulier) révèle un problème spécifique. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de disposer de données longitudinales pour établir un diagnostic. Pour les populations, une batterie d'indicateurs et la comparaison à un standard de référence permet le plus souvent de faire un diagnostic précis, notamment pour la malnutrition de l'enfant et pour l'obésité. Cependant, là encore l'analyse des tendances est encore plus importante : une population malnutrie dont le rapport poids-par-âge s'améliore est sur le bon chemin de la santé, alors qu'une population au préalable bien-nourrie dont l'IMC augmente rapidement est sur le chemin inverse.

L'analyse des tendances de la taille des adultes dans les pays affluents pose le problème du 'potentiel de croissance' (*growth potential*). L'impression récente dans les pays d'Europe du Nord est qu'un nouveau seuil semble être atteint, et que les pays d'Europe du Sud vont suivre le même chemin. Aux Etats-Unis, la taille des adultes semble stagner depuis près de 30 ans, à un niveau qui semble bas par rapport aux pays européens, observation qui soulève de nombreuses questions. En Afrique sahélienne, l'anthropométrie des adultes est déjà comparable à celles des européens, ce qui suggère que dans une situation optimale de santé et d'alimentation le potentiel de taille serait nettement supérieur. Ces questions restent ouvertes, et demanderont de nouvelles études à long terme pour mieux en comprendre les déterminants.

Cette revue a volontairement ignoré de nombreux autres points importants pour la santé publique, notamment la croissance intra-utérine, le poids de naissance, la vitesse de croissance, le lien entre anthropométrie et maturation sexuelle à l'adolescence, l'anthropométrie de la grossesse, et celle des personnes très âgées. Une littérature abondante existe sur ces questions, mais qui concernent moins les économistes, les démographes et autres sciences sociales et plus les spécialistes de la santé publique et de l'épidémiologie nutritionnelle.

## Références

- Bogin B. (1999). *Patterns of Human growth*. Cambridge University Press. (Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology # 23)
- Briend A, Zimicki S. (1986). Validation of arm circumference as an indicator of risk of deaths in one to four year old children. *Nutrition Research*; 6: 249-261.
- Briend A, Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K. (1989a). Nutritional status, age and survival: the Muscle Mass Hypothesis. *European Journal of Clinical Nutrition*; 43: 715-726.
- Briend A. et al. (1989b). Measuring change in nutritional status: a comparison of different anthropometric indices and the sample sizes required. *European Journal of Clinical Nutrition*; 43: 769-778.
- Briend A, Maire B, Fontaine O, Garenne M. (2012). Mid-upper arm circumference and weight-for-height to identify high-risk malnourished under-five children. *Maternal and Child Nutrition*; 8 (1): 130-133.
- Burt VL, Harris T. (1994). The third National Health and Nutrition Examination Survey: contributing data on aging and health. *The Gerontologist*; 34:486-490.
- Centers for Disease Control. (2000). *CDC Growth Charts for the United States: Methods and Development*. CDC Series Report 11, No. 246, 201 pp. (available on CDC web site)
- Ciba-Geigy. (1972). *Tables Scientifiques*, 7<sup>ème</sup> édition. Edité par Ciba-Geigy SA, Bâle, Suisse.
- Cole TJ. (1990). The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition* ; 44: 45-60
- Cole TJ. (1994). Growth charts for both cross-sectional and longitudinal data. *Statistics in Medicine*; 13: 2477-2492.
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH . (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal*; 320:1240-3
- De Onis M, Yip R. (1996). The WHO growth chart: historical considerations and current scientific issues. In: Porrini M, Walter R, eds. *Nutrition in pregnancy and growth*. Basel: Karger: 74-89.
- De Onis M, Yip R, Mei Z. (1997). The development of MUAC-for-age reference data recommended by a WHO Expert Committee. *Bulletin WHO*; 75(1):11-18.
- Deaton A. (2004) Height, health and inequality: the distribution of adult heights in India. *American Economic Review*; 98(2): 468-474.
- Eveleth PB, Tanner JM. (1976). *Worldwide variation in human growth*. Cambridge University Press (International Biological Programme 8).
- Falkner F, Tanner JM. (eds). (1986). *Human growth: a comprehensive treatise*. New York; Plenum Press.

- Fogel RW. (1994). Economic growth, population theory, and physiology: the bearing of long-term processes on the making of economic policy. *American Economic Review*; 84(3): 369-395.
- Frelut M-L. (2001). De l'obésité de l'enfant à l'obésité de l'adulte. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*; 36(2): 123-127.
- Frisancho, AR. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*; 34(11): 2540-2545.
- Frisancho AR. (1990). *Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status*. Ann Arbor, MI, University of Michigan Press.
- Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K, Briend A. (2000). Risques de décès associés à différents états nutritionnels chez l'enfant d'âge préscolaire. *Etudes du CEPED* n° 17, 192 p. Paris : CEPED.
- Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K, Briend A. (1989). Un critère de prévalence de la malnutrition: la survie de l'enfant. In D. Lemmonier et Y. Ingenbleek, eds. *Les carences nutritionnelles dans les pays en voie de développement*. Karthala. Paris: 12-19.
- Garenne M, Maire B, Fontaine O, Briend A. (2006). Distributions of mortality risk attributable to low nutritional status in Niakhar, Senegal. *Journal of Nutrition*; 136: 2893-2900.
- Garenne M. (2011). Trends in nutritional status of adult women in sub-Saharan Africa. *DHS Comparative Reports No 27*. Calverton, Maryland, USA: ICF Macro. (115 p).
- Garenne M, Maire B, Fontaine O, Briend A. (2012). Adequacy of child anthropometric indicators for measuring nutritional stress at population level: a study from Niakhar, Senegal. *Nutrition Public Health*; 16(9): 1533 – 1539.
- Gomez F, Galvan RR, Frenk S, Munoz JC, Chavez R, Vazquez J. (1956). Mortality in second and third degree malnutrition. *Journal of Tropical Pediatrics*; 2:77-83.
- Gropper SS, Slith JL. (2008) *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Cengage Learning; (5<sup>th</sup> edition).
- Habicht J-P, et al. (1974). Height and weight standards for preschool children. How relevant are ethnic differences in growth potential? *The Lancet*; i; 611-614.
- Habicht K-P, Meyers DL, Brownie C. (1982). Indicators for identifying and counting the improperly nourished. *American Journal of Clinical Nutrition*; 35(Suppl. 5): 1241-1254.
- Habicht J-P, Pelletier DL. (1990). The importance of context in choosing nutritional indicators. *Journal of Nutrition*, 120 (Suppl. 111): 1519-1524.
- Hamill, PW, Drizd TA, Johnson CL, Reed RB, Rocher AF, Moore WM. (1979). Physical growth: National Center for Health Statistics percentiles. *American Journal of Clinical Nutrition*; 32:607-629.
- INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale). *Obésité : dépistage et prévention chez l'enfant*. Paris : Editions INSERM, 2000, 325 p.

- Jelliffe DB. (1966). *The assessment of the nutritional status of the community*. WHO Monograph Series No. 53. Geneva, World Health Organization.
- Jelliffe DB, Jelliffe EFP. (1971). Age-independent anthropometry. *American Journal of Clinical Nutrition*; 24: 1377-1379.
- Jensen SM, Mølgaard C, Ejlerskov KT, Christensen LB, Michaelsen KF, Briend A. (2012). Validity of anthropometric measurements to assess body composition, including muscle mass, in 3-year-old children from the SKOT cohort. *Maternal and Child Nutrition*; doi: 10.1111/mcn.12013. [Epub ahead of print]
- Johnson CL, Fulwood R, Abraham S, Bryner JD. (1981). Basic data on anthropometric measurements and angular measurements of the hip and knee joints for selected age groups 1-74 years of age. National Center for Health Statistics, *Vital and Health Statistics, Series 11, No 219* [Washington DC, Department of Health and Human Services, Publication No 81-1669].
- Jouret B, Tauber M. (2004). L'obésité de l'enfant. *Revue du Praticien* ; 54(9) : 997-1005.
- Karlberg P, Engstrom I, Lichtenstein H, Svennberg I. (1968). The development of children in a swedish urban community. A prospective longitudinal study. III. Physical growth during the first three years of life. *Acta Paediatrica Scandinavia*; Suppl.187:48-66.
- Kuczarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, Wei R, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Statistics*; 246:1-190
- Kuczarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Guo SS, Wei R, Mei Z, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. (2000). CDC Growth Charts: United States. *Advanced Data*; 314: 1-27.
- Larnkjaer A, Schroder SA, Schmidt IM, Jorgensen MH, Michaelsen KF. (2006). Secular change in adult stature has come to a halt in northern Europe and Italy. *Acta Paediatrica*; 95: 754-755.
- Must A, Dallal GE, Dietz WH. (1991). Reference data for obesity: 85<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentiles of body mass index (wt/ht<sup>2</sup>) and triceps skinfold thickness. *American Journal of Clinical Nutrition*; 53:839-846. with correction in *Am J Clin Nutr*; 54:773.
- Myatt M, Duffield A, Seal A, Pasteur F. (2009). The effect of body shape on weight-for-height and mid-upper arm circumference based case definitions of acute malnutrition in Ethiopian children. *Annals of Human Biology*; 36(1):5-20.
- Ollivier L. (1971). L'héritabilité et sa mesure. In: *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris, XII<sup>e</sup> Série, 7(2)* : 159-167.
- Ogden CL, Kuczarski RJ, Flegal KM, Mei Z, Guo SS, Wei R, Grummer-Strawn LM, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. (2002). Centres for Disease Control and Prevention 2000 growth charts for the United States: improvements to the 1977 National Center for Health Statistics version. *Pediatrics*; 109(1):45-60.

- Pelletier DL, Frongillo EA, Habicht J-P. (1993). Epidemiologic evidence for a potentiating effect of malnutrition on child mortality. *American Journal of Public Health*; 83: 1130-1133.
- Quételet A. (1835). *Sur l'homme et le développement de ses facultés. Essai de physique sociale*. Bruxelles, Hauman.
- Quételet A. (1871). *Anthropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme*. Bruxelles, C. Muquardt. (479 p.)
- Rolland-Cachera MF, et al. (1990). Influence of body fat distribution during childhood on body fat distribution in adulthood : a two-decade follow-up study. *International Journal of Obesity*; 14: 473-481.
- Rolland-Cachera MF. (1993). Body composition during adolescence: methods, limitations and determinants. *Hormone Research* ; 39(Suppl 3) : 25-40.
- Rolland-Cachera MF, Cole TJ, Sempé M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. (1991). Body mass index variations: centiles from birth to 87 years. *European Journal of Clinical Nutrition*; 45:13-21.
- Rolland-Cachera M-F., Castetbon K., Arnault N., Bellisle F., Romano M-C., Lehingue Y., Frelut M-L., Hercberg S. (2002). Body mass index in 7–9-y-old French children: frequency of obesity, overweight and thinness. *International Journal of Obesity and Related Medical Disorders*; 26(12) : 1610-1616.
- Rolland-Cachera MF. (2004). Morphologie et alimentation de l'enfant : évolution au cours des dernières décennies. Paris, INSERM, U557 [web site : [www.institut-benjamin-delessert.org/prix\\_bd/M-F%20Cachera.pdf](http://www.institut-benjamin-delessert.org/prix_bd/M-F%20Cachera.pdf)]
- Sempé M, Pédron G, Roy-Pernot M-P. (1979). *Auxologie, méthode et séquences*. Paris : Théraplix; 1:205 p.
- Scrimshaw NS, Taylor CE, Gordon JE. (1968). *Interactions of nutrition and infection*. WHO Monograph Series No 57. Geneva, World Health Organization.
- Scrimshaw NS, SanGiovanni JP. (1997). Synergism of nutrition, infection, and immunity: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*; 66:464S-477S.
- Tanner JM et al. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and growth velocity. British children 1963, part II. *Archives of disease in childhood*; 41:613-635.
- Tanner JM, Whitehouse RH. (1976). Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Archives of Diseases in Childhood*; 51(3):170-179.
- Tanner JM. (1998). *A brief history of the study of human growth*. In: The Cambridge Encyclopedia of Human Growth. Cambridge University Press.
- Thibault H., Rolland-Cachera MF. (2001). Obésité chez l'enfant, bases épidémiologiques et nouvelles définitions. *Diabétologie et facteurs de risques*; 7(56) : 43-48.

- Trowbridge FL, Sommer A. (1981). Nutritional anthropometry and mortality risk. *American Journal of Clinical Nutrition*; 34: 2591-2592.
- Waterlow JC. (1972). Classification and definition of protein-calorie malnutrition. *British Medical Journal*; 3: 566-569.
- Waterlow JC. (1973). Note on the assessment and classification of protein-energy malnutrition in children. *The Lancet*, 2(7820):87-89.
- Waterlow JC, Buzina R, Keller W, Lane JM, Nichaman MZ, Tanner JM. (1977). The presentation and use of height and weight data for comparing nutritional status of groups of children under the age of 10 years. *Bulletin of the World Health Organization*; 55(4): 489-498.
- World Health Organization. (1983). Measuring change in nutritional status. Guidelines for assessing the nutritional impact of supplementary feeding programmes for vulnerable groups. Geneva, WHO.
- WHO Working Group. (1986). Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status. *Bulletin of the World Health Organization*; 64(6):929-941.
- WHO Working Group on infant growth. (1995a). An evaluation of infant growth: the use and interpretation of anthropometry in infants. *Bulletin of the World Health Organization*; 73(2):165-174.
- World Health Organization. (1995b). Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO expert committee. Geneva, WHO, Technical Report Series No 854, (452 p.) [available on WHO web site].
- World Health Organization. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2006). WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight for length/height, and body mass index-for-age. Methods and development. Geneva, WHO, 336 p.
- Zerfas AJ. (1979). Anthropometric field methods: general. In: *Nutrition and Growth*. Edited by D.B. Jelliffe, E.F.P. Jelliffe. New York, Plenum Press.

*“Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier? Quelle confusion! Sera-ce sur la justice? Il l'ignore.”*

**Pascal**

**FERDi**

Créée en 2003, la **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** vise à favoriser la compréhension du développement économique international et des politiques qui l'influencent.



**Contact**

[www.ferdi.fr](http://www.ferdi.fr)

[contact@ferdi.fr](mailto:contact@ferdi.fr)

+33 (0)4 73 17 75 30