

**Zeitschrift:** Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

**Herausgeber:** Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

**Band:** 23 (1967)

**Artikel:** Critères de référence en composition corporelle hydro-minérale

**Autor:** François, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-307680>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Laboratoire de Physique, Service des Maladies Métaboliques et Rénales  
Hôpital de l'Antiquaille, Lyon (France)

## **Critères de référence en composition corporelle hydro-minérale**

B. FRANÇOIS

La question à laquelle nous nous proposons de répondre pourrait être libellée: «Comment déterminer l'«assiette» des mesures de masses par dilution isotopique?»; en d'autres termes «Comment choisir les bases, les critères, les standards de référence auxquels rapporter le résultat expérimental? Quand et pourquoi?» Cette question est d'importance.

Après les remarquables progrès effectués dans la détection (au premier rang desquels, l'avènement de la scintillation liquide), il nous apparaît aujourd'hui avec évidence que la sensibilité – et par voie de conséquence, l'intérêt pratique – des mesures de masses corporelles est essentiellement liée à une formulation correcte des résultats. Cet exposé, destiné à des biologistes humains, s'efforce d'éviter le procès-verbal sémantique; il apporte, de manière didactique et déductive, les éléments de la somatolyse d'un individu adulte, parvenu au stade de la maturité chimique et ne tient donc pas compte des variations imprimées par l'âge et la sénescence.

L'interprétation des résultats d'une mesure de composition corporelle passe par trois étapes: 1. L'identification de la composante corporelle à laquelle est rapporté le résultat expérimental pour prendre la forme d'une valeur relative. 2. La connaissance de la «capacité», c'est-à-dire de la concentration nominale, théorique normale, de l'élément mesuré par unité de poids ou de volume de la composante. 3. La confrontation de la capacité et du capital mesuré, rapportés à leur terme de référence, le calcul éventuel d'un excès ou d'un déficit, et enfin le jugement porté spécifiquement pour l'individu examiné.

De nombreuses difficultés sont entretenues par la confusion et l'imprécision des vocables et des concepts. Dans le corps humain, considéré comme un système complexe, peuvent être individualisées: 1. Des entités mesurées, masses de distribution considérées comme des phases de dilution d'un indicateur. 2. Des entités de référence, qui peuvent se subdiviser en leur tour en: 2a) Composantes fonctionnelles ou physiologiques, correspondant à un ensemble biologiquement indissociable. Le tissu adipeux (composé de triglycérides, d'un contingent cellulaire hydraté et d'eau extracellulaire), l'os anatomique (avec son eau d'hydratation, avec ou sans graisse et moelle)

Tableau 1

Comment une même valeur du Sodium échangeable/kg poids corporel peut signifier selon la corpulence des individus, un capital sodique normal, déficitaire ou excédentaire.

Valeur  $\text{Na}_e/\text{kg}$  poids corporel chez un homme de 70 kg?  
(mEq)

au risque 5% = 32,4 — 41,3 — 50 ( $\bar{x} \pm 21\% \bar{x}$ ) (d'après MOORE et coll. [27])

Signification de  $\text{Na}_e$  = 40 mEq/kg poids?

Poids kg	Graisse/ Poids %	Masse maigre kg	$\text{Na}_e/\text{kg}$ Mm. mEq	Diagnostic
70	20	56	$2800/56 = 50$	Valeur normale
50	8	46	$2000/46 = 43,5$	Déficit (275 mEq)
90	35	58,5	$3600/58,5 = 61,5$	Pléthore (700 mEq)

sont des composantes physiologiques. 2b) Composantes «logiques», êtres conceptuels qui tirent leur existence de propriétés physiques ou chimiques communes, de définitions ou de conventions. La masse maigre (équivalent dans la pratique au poids-sans-graisse), la Masse cellulaire corporelle sont des composantes logiques.

Les systèmes de référence *habituellement* utilisés en composition corporelle entrent précisément dans trois catégories: le poids corporel brut ou ses dérivés; certains paramètres expérimentaux, comme l'eau totale ou le potassium total; des composantes d'un système logique centré sur la masse maigre.

### 1. Poids corporel et ses dérivés

Le poids corporel brut, poids de la bascule, terme de référence le plus fréquemment utilisé, est certainement le plus mauvais. Il semble bien que de nombreux auteurs n'aient pas mesuré le risque de faire disparaître des variations pathologiques cliniquement significatives dans la simple dispersion des résultats normaux.

Dans l'exemple du Tableau 1, la même valeur du Sodium échangeable/kg poids a été appliquée à un sujet corpulent (graisses neutres: 20% du poids), à un maigre (8%) et à un obèse (35%). La valeur de 40 mEq/kg poids est normale chez le premier sujet, nettement pathologique chez les deux autres: un déficit de 275 mEq correspond à une valeur que nous avons couramment observée au cours des diabètes salins [15], une pléthore de 700 mEq correspond à 5 litres d'œdème.

Tableau 2  
Signification grasseuse des intervalles de poids relatif d'après LORENTZ:  
teneur en graisse (Graisse/Poids corporel, %)\*

Intervalles poids relatif	D'après l'antipyrine (littérature)			D'après l'eau tritiée (laboratoire)			Estimation la plus probable
	N	$\bar{x}$	Extr.	N	$\bar{x}$	Extr.	
< 95%	23	12,9	4,1 25,6	12	10,7	4 19,8	11,5
95-115%	39	18,4	4,8 37,2	13	17,5	10,6 27,7	18
115-135%	20	25,5	15,7 38	8	25,3	21 29,5	25
> 135%	9	36	28,4 43,9	9	34,3	31,3 39,8	35

\* Le volume de distribution de l'antipyrine a été multiplié par 1,02 et celui de l'eau tritiée par 0,98. La masse maigre a été calculée comme Eau totale/0,72 [cf. Réf. 14]. - N: Effectif;  $\bar{x}$ : moyenne des valeurs; Extr.: valeurs extrêmes.

Le cas des insuffisants rénaux chroniques [12] fournit une autre démonstration. Ces sujets, pour la plupart dénutris, ont une teneur en graisse (Graisse/Poids, %) caractéristique de la maigreur, soit 5 à 11%. A une valeur normale du  $\text{Na}_e/\text{kg}$  Masse maigre, soit environ 49 mEq, correspondrait chez un sujet possédant 8% de graisse, une valeur de  $\text{Na}_e/\text{kg}$  poids corporel de 47 mEq. Si on se satisfait de comparer cette dernière valeur aux 41 ou 42 mEq/kg poids d'un sujet normo-pondéral, on portera à tort le diagnostic de rétention sodée.

La même imprécision - inacceptable - se manifeste lorsque l'on demande au poids brut de prédire les valeurs normales d'une masse corporelle: 32.4 à 50 mEq/kg pour  $\text{Na}_e$  (Tab. 1), 13.5 à 20 litres d'eau extracellulaire chez un homme de 70 kg [27].

Le critère du poids relatif (poids réel/poids théorique) est exposé à des critiques analogues - quel que soit le mode de calcul du poids théorique - si l'on cherche à l'appliquer à des cas individuels [14]. On s'en convaincra à la lecture du Tableau 2 et de la Fig. 1; la dispersion des teneurs en graisse autour des moyennes est considérable; les sujets compris dans le deuxième intervalle de poids relatif appartiennent à n'importe lequel des cinq somatotypes que nous avons individualisés. On ne saurait donc attendre du poids relatif qu'il définisse un état de corpulence *régulièrement*, à l'échelle d'un individu. L'excès de poids réel au-delà du poids théorique ne traduit qu'un état de « polysarcie », qui peut être aussi bien charnue (forte musculature) qu'adipeuse. Les mêmes remarques sont applicables au critère de la surface corporelle [9].

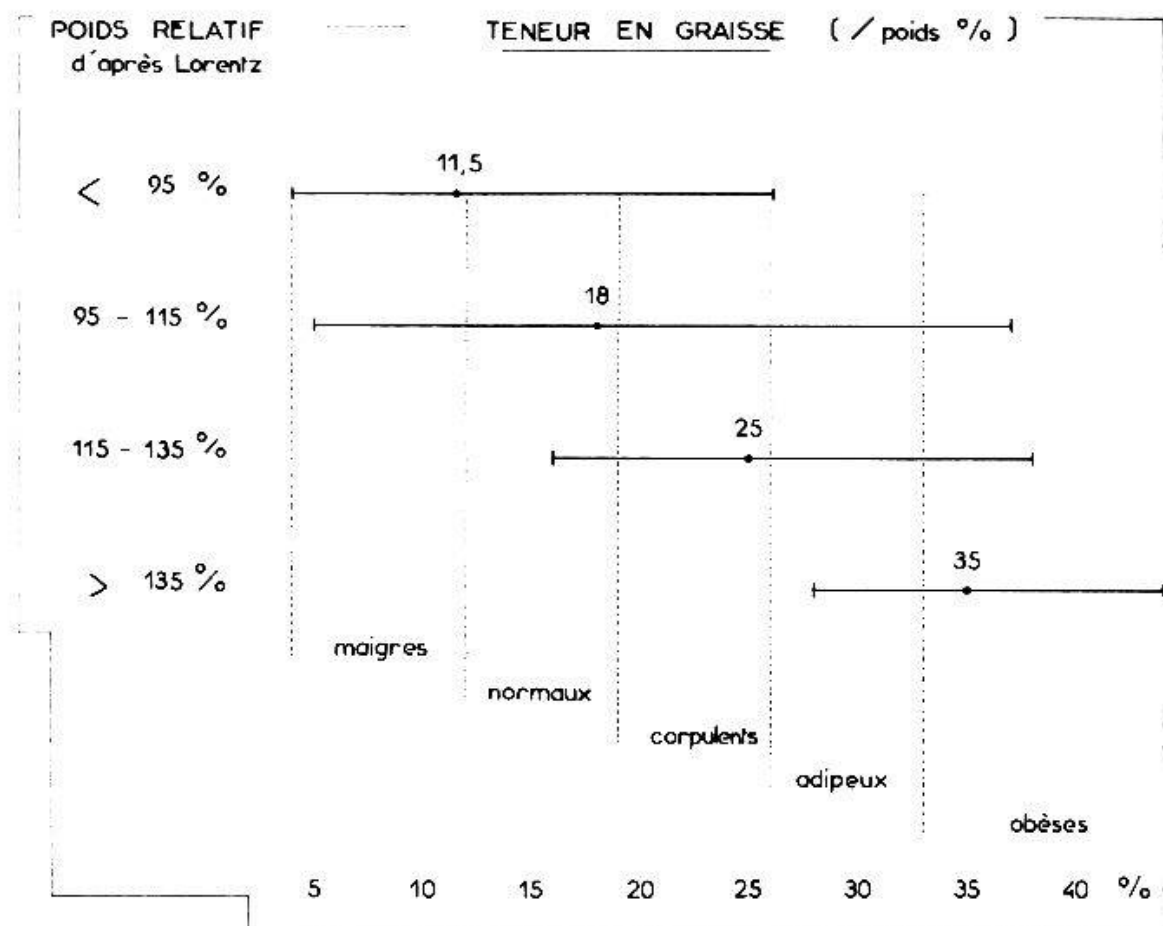


Fig. 1. Signification «grasseuse» (Graisse neutre/Poids corporel, %) des intervalles de poids relatif d'après LORENTZ: le poids théorique est calculé d'après la formule de LORENTZ, soit  $P = T - 100 - \frac{T - 150}{4}$ , où T = taille en cm.

Par contre, le poids relatif est utilisable avec profit dans deux conditions: L'échantillonnage d'une population saine témoin et d'une population pathologique dans le même intervalle de poids relatif, puis la comparaison des moyennes des valeurs expérimentales rencontrées dans ces deux échantillons. Cette méthode, comparable à celle des couples, impose des effectifs suffisants, supérieurs à 10 et mieux à 15 sujets par échantillon [14]; elle reste cependant très exposée aux fluctuations de l'échantillonnage.

La connaissance de la signification grasseuse de certains intervalles de poids relatif permet d'exploiter des résultats rapportés avec les seules mentions du poids et de la taille des individus. Nous avons fait figurer dans le Tableau 2 les valeurs moyennes de teneur en graisse représentatives de 4 intervalles de poids relatif selon LORENTZ; des données récentes et inédites, obtenues avec l'eau tritiée, confirment les valeurs précédemment tirées d'une analyse de la littérature [14]. Si l'on oppose les valeurs moyennes des déterminations expérimentales aux valeurs moyennes de teneur en graisse dans les mêmes intervalles de poids relatif, on pourra constituer des réseaux de référence susceptibles de fournir les valeurs attendues des masses en fonction de la teneur en graisse des individus. Nous les avons calculées pour le sodium échangeable et les liquides extracellulaires [14].



Dès maintenant s'affirme une notion d'une très grosse importance pratique: les grossières erreurs d'interprétation auxquelles expose la référence au poids brut sont liées à la variabilité de la teneur en graisses neutres des individus.

## *2. Paramètres expérimentaux*

Quelques travaux font état de valeurs de masses minérales rapportées à d'autres paramètres expérimentaux comme la densité, le potassium déterminé en comptage total du corps humain ou bien encore certaines masses explorées par dilution d'un indicateur telles l'eau totale et le potassium échangeable. Ces paramètres sont utilisés soit tels quels (dans leurs systèmes d'unités) soit pour en dériver par le calcul la valeur de la masse maigre.

Dans tous les cas, l'utilisation de ces termes de référence se heurte à trois difficultés:

a) Il est postulé que les valeurs des paramètres de référence sont normales pour l'individu considéré, c'est-à-dire que ces paramètres ne sont pas intéressés par la variation physiologique ou l'anomalie pathologique étudiées. Ce postulat, dangereux, n'est pourtant pas souvent vérifié. Il est, par exemple, très critiquable de rapporter l'eau totale à la densité du corps humain, puisque la valeur de cette dernière est sensible aux fluctuations de l'hydratation.

b) Certains de ces termes de référence sont plus difficilement mesurables que les paramètres expérimentaux qu'il s'agit d'exprimer; on peut citer: le temps alloué à l'équilibration de  $^{42}\text{K}$ , la calibration du compteur corporel total pour  $^{40}\text{K}$ , la difficulté du dosage de l'hélium (variations de pression et de température) dans la détermination de la densité à la SIRI, etc.

c) Le calcul de la masse maigre à partir de l'eau totale, du pool potassique, voire de la masse globulaire (MULDOWNEY) se ressent de l'ignorance de l'observateur des concentrations nominales d'eau, de potassium et de masse globulaire dans cette masse maigre; ce point sera repris plus loin.

En réalité, dans la pratique médicale, les paramètres expérimentaux prétendus de référence sont susceptibles de variations pathologiques inattendues et contemporaines des variations spécifiquement étudiées. On ne peut accepter la prise de position selon laquelle l'affection rencontrée «n'est pas connue pour engendrer» des anomalies de l'eau totale ou du pool potassique; on se prive ainsi, au départ, de porter le diagnostic de déviations infra-cliniques, qui constitueraient précisément tout l'intérêt de ces mesures. Les dangers d'accepter, par exemple, le postulat de la normalité de l'eau totale chez un sujet donné sont illustrés schématiquement par les données du Tableau 3; si l'on appliquait à la valeur mesurée de l'eau totale un coefficient invariable d'hydratation de la masse maigre (0,72), ce sujet maigre (Graisse/Poids: 7,5%) serait considéré en cas de déshydratation légère comme un sujet normo-pondéral (graisse: 15,5%) et en cas d'hyperhydratation minimale (variation infra-clinique de + 3,500 litres) la graisse prend une valeur négative, la masse maigre étant supérieure au poids réel!

Tableau 3

Exemple des erreurs possibles de calcul de la teneur en graisse (Graisse/Poids %) à partir de l'eau totale chez un sujet maigre (les variations de l'eau totale,  $\pm 3,500$  litres seraient probablement infra-cliniques)

poids : 60 kg	Eau totale litres	Coefficient hydratat.	Masse maigre kg	Graisse %
Hyperhydratation	43,5	0,72	60,4	négative
Hydratation normale	40,0		55,5	7,5
Déshydratation	36,5		50,7	15,5

Finalement ces paramètres expérimentaux de référence seront rejetés parce qu'ils ne possèdent pas les qualités requises d'un critère de référence: s'appliquer logiquement au paramètre étudié, être de détermination aisée, manifester une entière indépendance vis-à-vis de la valeur expérimentale qui lui est rapportée.

### 3. La masse maigre

La masse maigre, égale au poids corporel débarrassé de ses graisses neutres, est la composante logique la plus simple et la plus usitée. Elle constitue un bon moyen d'expression pour la plupart des mesures de dilution à la double condition que sa valeur soit déterminée indépendamment des paramètres expérimentaux et qu'elle ne soit pas utilisée comme unique terme de référence.

La supériorité du critère kg de masse maigre sur le critère kg de poids brut est tellement flagrante que toute méthode susceptible de «dégraisser» les individus mérite d'être examinée; ainsi en est-il d'une estimation purement morphologique de la teneur en graisse (Appendice I).

Une solution plus objective et surtout plus précise de détermination de la masse maigre est fournie par la mesure des plis cutanés, et, déduction faite de l'épaisseur de la peau, des plis graisseux. Cette mesure doit être effectuée avec un compas à pression constante (comme le Harpenden Caliper), par un utilisateur averti et soigneux, dans des conditions standardisées: repère minutieux du pli, emplacement précis des mâchoires par rapport au bord libre du pli, choix du temps de lecture après application du compas (en général après la phase de chute rapide de l'aiguille), etc. Déçus par les méthodes rap-

portées dans la littérature, nous avons établi notre propre réseau de référence à partir de l'étude de 53 témoins hommes [16]. Les valeurs de 5 plis (sous-claviculaire, pectoro-axillaire, mi-axillaire, sous-scapulaire, tricipital) sont insérées dans un système de 5 équations, et la médiane de la séquence des 5 valeurs est retenue comme estimation définitive de la teneur en graisse [16].

La validité de ces équations a été vérifiée plus tard en rapportant l'eau totale mesurée par le tritium à la «masse maigre anthropométrique»: le coefficient d'hydratation de la masse maigre, c'est-à-dire le rapport

$$\frac{\text{Eau totale mesurée}}{\text{Masse maigre anthropométrique}}$$
 a été trouvé chez les sujets normaux témoins

entre 0,670 et 0,747, intervalle qui s'accorde avec les données habituellement rapportées chez l'homme et les mammifères [27]. La prise des plis sur la moitié supérieure du corps permet d'obvier à deux causes d'erreur importantes qui affectent la moitié inférieure: l'infiltration cellulitique et la nette prédominance en pathologie de l'œdème en dessous de la ceinture. Ainsi est déterminée une *masse maigre de référence, normalement hydratée* susceptible d'être utilisée, au prix de certaines adaptations [17] chez les œdémateux. Cette masse maigre anthropométrique nous paraît posséder une précision au moins égale à cet autre terme de référence, si utilisé dans les conditions de l'exploration biologique, qu'est la diurèse de 24 heures. Dans le sexe féminin, la meilleure équation nous paraît actuellement celle de SLOAN, BURT et BLYTH [29] qui mesurent le pli tricipital et le pli iliaque.

La masse maigre est la composante logique à laquelle nous rapportons, après ajustements, les valeurs d'eau totale, de sodium échangeable, de chlore échangeable, de liquide extracellulaire, de volume plasmatique. L'interprétation finale des résultats fait intervenir la «capacité» de la masse maigre pour la phase qui a été mesurée (valeur théorique absolue) ou la concentration nominale de l'élément (valeur théorique relative).

Nous abordons ici le problème tant débattu de la constance ou de l'inconstance de la masse maigre. La masse maigre est un assemblage de plusieurs composantes (dont l'os, la masse cellulaire viscérale, la masse cellulaire musculaire) présentes en proportions variables d'un individu à l'autre; on conçoit que si l'élément se répartit lui-même de façon différente entre ces composantes, on ne puisse retrouver une concentration fixe de cet élément par kg de masse maigre. Cette hétérogénéité de la masse maigre ne peut être négligée.

Autour de la valeur moyenne de 36 mEq, le  $\text{Cl}_e/\text{kg}$  masse maigre oscille dans le sexe masculin entre 33 et 38,4 mEq [13]. En réalité, il s'avère que la valeur du Chlore échangeable/kg masse maigre est encore reliée au degré d'adiposité, comme l'ont bien montré BOLING et coll. [6] sur trois groupes de sujets normaux de corpulence variable (Tab. 4). Cette dispersion disparaît en faisant intervenir à nouveau la teneur en graisse, comme dans l'équation suivante que nous avons établie à partir d'un raisonnement théorique (prenant en considération la présence de chlore dans le tissu adipeux):



Tableau 4

Relations entre le sodium échangeable ( $\text{Na}_e$ ), le chlore échangeable ( $\text{Cl}_e$ ), rapportés à la masse maigre, et le degré d'adiposité (valeurs du  $\text{Cl}_e$  d'après BOLING, valeurs du  $\text{Na}_e$  d'après DÔ et FRANÇOIS [8])

		GRAISSE POIDS %	
$\text{Na}_e$ mEq			$\text{Cl}_e$ mEq
Masse maigre kg			Masse maigre kg
	5		
52.6	12		35.5
	17		*
50.4	18		*
			37
	24		*
49	25		*
			38.2
48.2	35		
	40		

$$\frac{\text{Cl}_e \text{ mEq}}{\text{Masse maigre kg}} = 33 + 18 \frac{\text{Graisse}}{\text{Poids}}$$

(le rapport Graisse/Poids est exprimé sous forme fractionnaire, non d'un pourcentage).

Les valeurs du sodium échangeable/kg masse maigre sont comprises chez les sujets témoins normaux entre 46 et 53 mEq [13]. Nous avons pu retrouver par le calcul [8] la correspondance entre  $\text{Na}_e$  et la teneur en graisse affichée sur le Tableau 4. A l'intérieur de la masse maigre, le  $\text{Na}_e$  – comme le  $\text{Cl}_e$  – paraît donc encore influencé par le degré d'adiposité. Cependant, il n'existe plus de relation linéaire simple avec la teneur en graisse; un autre facteur de variabilité est certainement introduit par l'importance variable prise dans la masse maigre par l'os anatomique, si riche en sodium (en moyenne 19%  $\text{Na}_e$ ).

Les limites de l'hydratation normale de la masse maigre admises par de nombreux auteurs, dont MOORE et coll. [27] sont 670–750 ml/kg; en fait, on a rapporté des valeurs aussi basses que 640 ml [34] ou 590 ml [22].

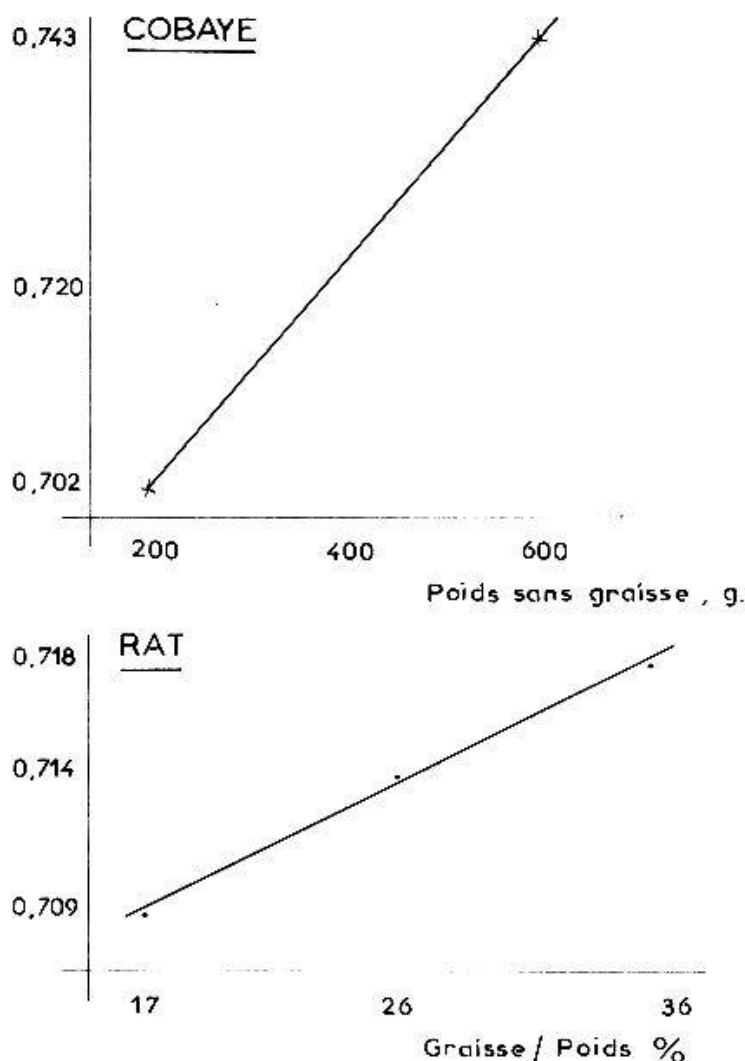


Fig. 2. Variations du coefficient d'hydratation de la masse maigre (ordonnée) en fonction a) de la valeur absolue de la masse maigre (cobaye) et b) de la teneur en graisse (rat).

Le calcul réalisé avec les données fournies par BROZEK et coll. [7] montre que la fraction maigre du tissu adipeux (eau extracellulaire + résidu cellulaire hydraté) est constituée par de l'eau à raison de 77% (régime de perte de poids) à 84% (régime de gain de poids). L'hydratation de la masse cellulaire, musculaire en particulier, est voisine de 79% [35] alors que celle de la masse maigre non-musculaire et non-adipeuse ( $Mm \sim m \sim a$ ) ne dépasse pas 64% [2]. On conçoit alors que toute adjonction à une masse maigre standard de fraction maigre de tissu adipeux, toute augmentation de la proportion de masse cellulaire musculaire à l'intérieur de la masse maigre, tendent à élever le degré d'hydratation de cette masse maigre.

Les documents présentés chez le cobaye (Fig. 2) [33] confirment l'élévation parallèle de la valeur absolue du poids-sans-graisse («fat-free-weight») et de l'hydratation (relative) de cette masse maigre. De même, les données citées par BEHNKE [4] (Fig. 2) peuvent être interprétées, contrairement à l'opinion donnée par l'auteur, comme un argument en faveur de l'influence hydratante de la masse adipeuse. La généralisation de ces propositions amène à prédire une élévation du degré d'hydratation de la masse maigre en fonction directe

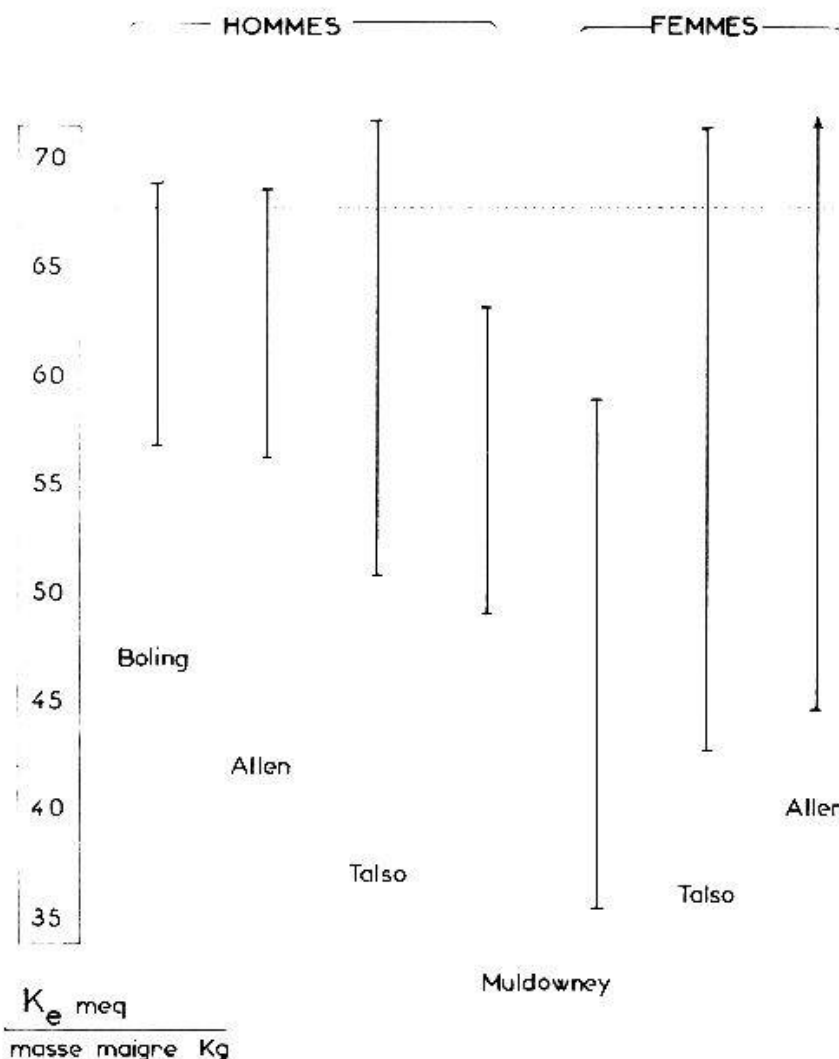


Fig. 3. Diagramme objectivant la dispersion considérable des résultats du Potassium échangeable/kg masse maigre chez des sujets normaux. Données extraites de la littérature.

de l'augmentation du poids corporel au-delà de sa valeur standard – quelle que soit la cause de cette augmentation pondérale.

#### 4. Les références complexes

Satisfaisant en pratique pour l'expression du sodium et du chlore échangeables, et à un moindre degré pour l'Eau totale, le critère Masse maigre corrigée s'avère insuffisant dans la formulation des résultats des pools potassiques, Potassium échangeable ou Potassium total dérivé de la mesure de <sup>40</sup>K. On en conviendra à la lecture de la Fig. 3, synthèse des données fournies par les groupes de BOLING [6], TALSO [31], MULDOWNEY [28], ALLEN [1]. La dispersion des résultats obtenus chez les sujets normaux est tellement importante qu'elle oblige à trouver des substituts ou des améliorations au critère Masse maigre.

Une méthode a été proposée, qui permettrait de s'affranchir des termes de référence non dilutionnels: le Potassium échangeable est mesuré par

dilution de  $^{42}\text{K}$ , l'Eau totale par le Tritium et les Liquides extracellulaires par un indicateur comme  $^{82}\text{Br}$ . Sous réserve d'une séparation correcte de ces trois éléments, il est théoriquement possible – comme l'a parfaitement explicité le groupe de MOORE [27] – de calculer une concentration moyenne de potassium par litre d'eau intracellulaire, soit:  $(\bar{K})_i = \frac{K_e - K_{\text{LEC}}}{\text{Eau totale} - \text{LEC}}$

La valeur supposée normale de  $(\bar{K})_i$  est fonction du temps d'équilibration alloué à la dilution de HTO (3 h) et de  $^{42}\text{K}$  (40 h plutôt que 24 h), et surtout du mode de détermination des Liquides extracellulaires. La méthode de MOORE et coll. qui ne corrigent que faiblement le volume apparent de distribution de  $^{82}\text{Br}$  fournit une valeur forte des LEC, une valeur plutôt faible de l'eau intracellulaire, et finalement une concentration moyenne intracellulaire de potassium de l'ordre de 150 mEq. Avec une correction plus importante du volume de distribution du Brome ( $0,83 \cdot \text{Vol. } ^{82}\text{Br}$ ), nous avons observé chez des sujets normaux des concentrations oscillant entre 120 et 150 mEq. Or, une incertitude sur  $(\bar{K})_i$  de 15 mEq conduit pour une valeur normale d'eau intracellulaire de 430 ml/kg masse maigre et une masse maigre de 60 kg, à une variation de 390 mEq, soit environ 12% de la capacité potassique; une telle variation est nettement pathologique et une tolérance de 12% n'est pas acceptable.

Les mêmes difficultés qu'avec l'eau intracellulaire peuvent être attendues d'une référence du  $K_e$  à la Masse cellulaire corporelle («body cell mass» de MOORE). On pourrait, en effet, imaginer (Appendice 2), en l'absence de mesure d'eau totale, et avec le seul secours d'une mesure des Liquides extracellulaires et de déterminations anthropométriques, la construction d'un système ternaire qui amène à une valeur de la Masse cellulaire corporelle, indépendante des mesures de dilution, du  $K_e$  en particulier.

A notre sens, il ne faut pas chercher les causes de la dispersion des valeurs ailleurs que dans le caractère arbitraire de  $(\bar{K})_i$ , moyenne issue de concentrations tissulaires réelles sensiblement différentes les unes des autres, moyenne nettement influencée par le degré de musculature du sujet. Cette difficulté a été ressentie par plusieurs auteurs, dont ANDERSON [2]. Puisque la masse musculaire contient 70 à 80% du potassium total de l'organisme, l'importance relative de cette masse doit conditionner la valeur de la concentration de potassium dans la masse maigre. Le Tableau 5 montre la correspondance que l'on peut établir entre  $K_e$  (colonne de gauche) et le degré de musculature (colonne de droite).

Nous proposons de caractériser la musculature d'un sujet par la «production de créatinine», exprimée comme l'excrétion urinaire de créatinine (mg)/24 h et rapportée au kg de masse maigre; cette valeur est différente de l'«Index de créatinine» (Créatininurie/24 h/kg poids corporel brut). La proportion de masse musculaire active (composante physiologique) à l'intérieur de la masse maigre (composante logique) peut être facilement retrouvée, sachant que 1 g de créatinine urinaire/24 h correspond chez l'adulte à 17,9 kg de masse musculaire [30].

Tableau 5

Prédiction du potassium échangeable ( $K_e$ ) dans un système de référence complexe faisant intervenir le degré de musculature du sujet (production de créatinine) et son degré d'adiposité (Graisse/Poids). Le  $K_e$  décroît rapidement, parallèlement à la baisse de la production de créatinine.

Prédiction du $K_e$			
$\frac{K_e \text{ mEq}}{\text{Masse maigre kg}} = \frac{\text{Créatininurie mg}}{\text{Masse maigre kg}} - 6 \left( \frac{\text{Graisse}}{\text{Poids}} \right) + 31$			
$\frac{K_e \text{ mEq}}{\text{Masse maigre kg}}$	$\frac{K_e \text{ mEq}}{\text{Créatinin. mg/24 h}}$	$\frac{\text{Créatininurie mg/24 h}}{\text{Masse maigre kg}}$	Musculature
70	— 1,75 —	40	Athlétique
65	— 1,86 —	35	Bonne
60	— 2 —	30	Moyenne
55	— 2,2 —	25	Médiocre
50	— 2,5 —	20	Hypotrophique
45	— 3 —	15	
Valeurs normalisées pour Graisse/Poids = 16,6 %			

Une étude récente, ne portant malheureusement que sur 10 hommes normaux et 10 femmes normales, nous a permis d'obtenir l'équation algébrique figurant sur le Tableau 5.

Le terme  $6 \cdot \frac{\text{Graisse}}{\text{Poids}}$  a été calculé d'après FORBES et HURSH [11] et tient compte de la présence de potassium dans la fraction maigre du tissu adipeux. L'ordonnée à l'origine, 31 chez les hommes et 28 chez les femmes, a la dimension d'une concentration de potassium dans une masse maigre non-musculaire et non-adipeuse. Il nous semble que cette équation provisoire peut prédire la valeur du  $K_e$  avec une erreur inférieure à  $\pm 3\%$ ; la masse maigre et la graisse présentes dans les deux termes de l'égalité, sont désormais déterminées par des méthodes anthropométriques. Le rapport  $K_e/\text{Créatininurie}$



24 h a été trouvé entre 1,45 et 2 chez l'homme (SCRIBNER, MOORE, CORSA, MULDOWNY), 1,85 et 2,5 chez la femme; il s'abaisse chez les athlètes et s'élève au contraire chez les hypotrophiques; en fait, ce rapport, dans lequel il n'est pas fait mention de la masse maigre, ne saurait renseigner sur l'existence d'un déficit potassique et sur son importance.

Notre équation n'est évidemment utilisable que si la production de créatinine est normale (pas de maladie musculaire), n'est pas faussée par un apport alimentaire (conserves, viande), est appréciée avec une technique reproductible (dispositif de Technicon), se retrouve intégralement dans l'urine (pas d'insuffisance rénale en évolution). En l'absence de valeur de production de créatinine (dont l'échelle doit probablement être établie pour chaque laboratoire, en raison de la relative fragilité du dosage de la créatinine), il devient extrêmement difficile d'évaluer l'importance de la musculature. Il s'agit, en effet, d'apprécier non plus une teneur (valeur fractionnelle) mais une masse (valeur absolue), et c'est avec beaucoup d'incertitude que le simple examen des formes extérieures permettrait de ranger les individus selon une échelle de cinq classes (Tab. 5). Connaissant la production de créatinine d'un sujet et sa teneur en graisse, il est possible de dériver la valeur nominale, valeur théorique attendue, du  $K_e$ . La confrontation de la valeur nominale et de la valeur observée permet alors l'estimation d'un déficit.

### 5. Du choix d'un modèle

Nous avons cherché jusqu'ici à montrer par une série d'exemples l'impérieuse nécessité d'exprimer les valeurs de composition corporelle par rapport à des termes de référence aussi nombreux et aussi précis qu'il était nécessaire pour réduire la dispersion des résultats observés chez les sujets normaux. Cette préoccupation s'exprime dans les modèles proposés par sept groupes d'auteurs depuis 1942 (Fig. 4). Deux de ces modèles sont construits avec des composantes que nous avons appelées physiologiques ou fonctionnelles: tissu adipeux, masse musculaire, masse maigre non-musculaire. Les cinq autres modèles sont faits de composantes logiques: masse maigre, os minéral, masse cellulaire corporelle, etc.

BERLIN et SIRI écrivaient récemment [5] qu'il conviendrait de «faire un tri dans les différents systèmes de compartimentage des constituants corporels» et «d'élaborer un projet acceptable». Il nous semble qu'une certaine clarté pourrait être apportée à l'étude de ce problème si l'on acceptait de *placer sur deux plans différents* (Fig. 5) les constituants logiques et les constituants fonctionnels.

Les éléments logiques (teintes élémentaires de la Fig. 5) servent à composer les éléments fonctionnels. Nos outils, c'est-à-dire les traceurs qui nous permettent de mesurer l'activité spécifique à l'équilibre, sont des outils logiques. Nos mesures sont des mesures logiques. Le constituant, choisi comme compartiment de référence, peut être logique ou fonctionnel, pourvu qu'il soit mesurable au même titre que la phase de distribution du traceur.

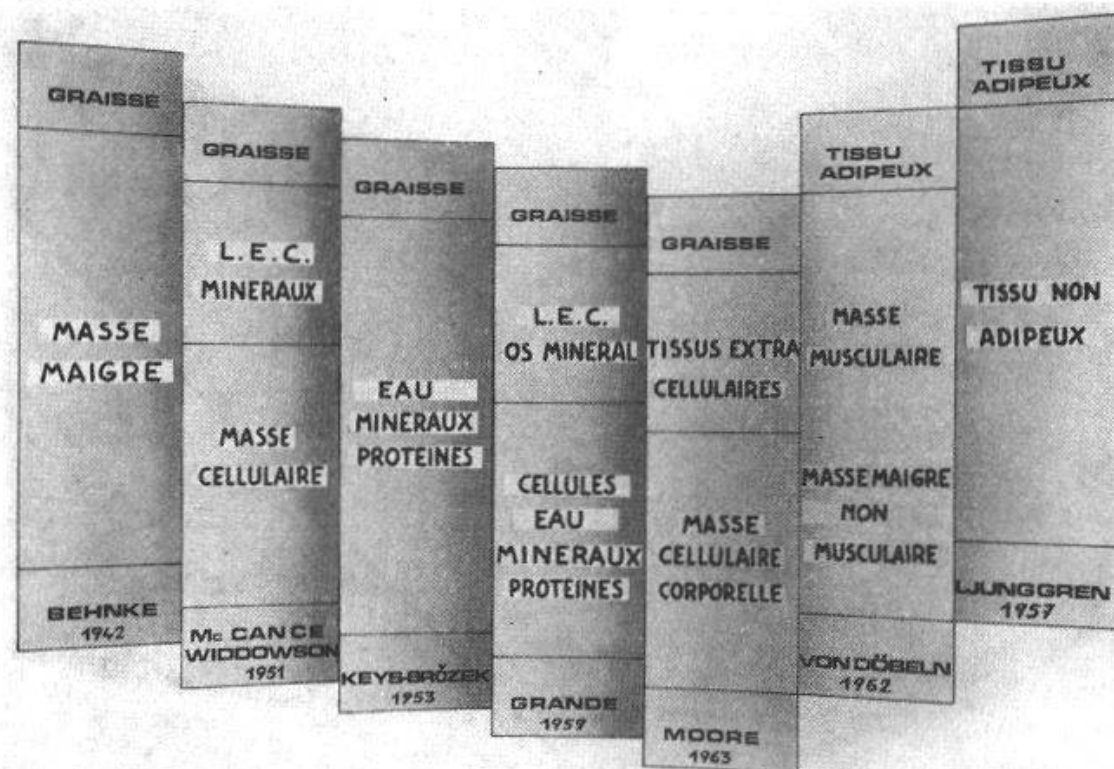


Fig. 4. Modèles de composition corporelle: «physiologiques» ou «fonctionnels» (-LJUNGREN [25], VON DÖBELN [32]), «logiques» (de BEHNKE à MOORE [3, 21, 23, 26, 27]).

Il n'existe aucune opposition entre ces deux modes d'analyse, logique et fonctionnel, du corps humain; bien plus, cette dichotomie est souhaitable tant pour définir le matériel d'étude que pour en conduire l'exploitation. Le raisonnement de composition corporelle doit passer, passe nécessairement du plan physiologique au plan logique et vice-versa: le modèle physiologique permet d'énoncer les problèmes et de les poser en termes concrets à partir de l'observation humaine ou animale; le modèle logique fournit le cadre pour les résoudre et en exprimer les résultats; à nouveau, le modèle physiologique va suggérer les ajustements et permettre de nouvelles entrées dans l'échelle logique des valeurs.

Dans tout ce qui précède, nous avons utilisé ce mouvement de va-et-vient du raisonnement pour parvenir aux valeurs nominales des masses hydro-minérales. Notre système de référence actuel est le fruit de ces démarches; ce système empirique est symbolisé par la pyramide de la Fig. 6; il est fait de quatre critères, dont trois sont à mesurer. Le poids corporel, la teneur en graisse et la production de créatinine constituent pour nous le trépied d'interprétation des mesures de composition corporelle hydro-minérale. La connaissance du poids et de la teneur en graisse permet d'atteindre (face latérale gauche de la pyramide) la masse maigre, terme essentiel de référence. Les paramètres, situés sur chacune des trois arêtes, rapportés à la masse maigre, sont encore influencés par les entités qui occupent les trois autres sommets de la pyramide:

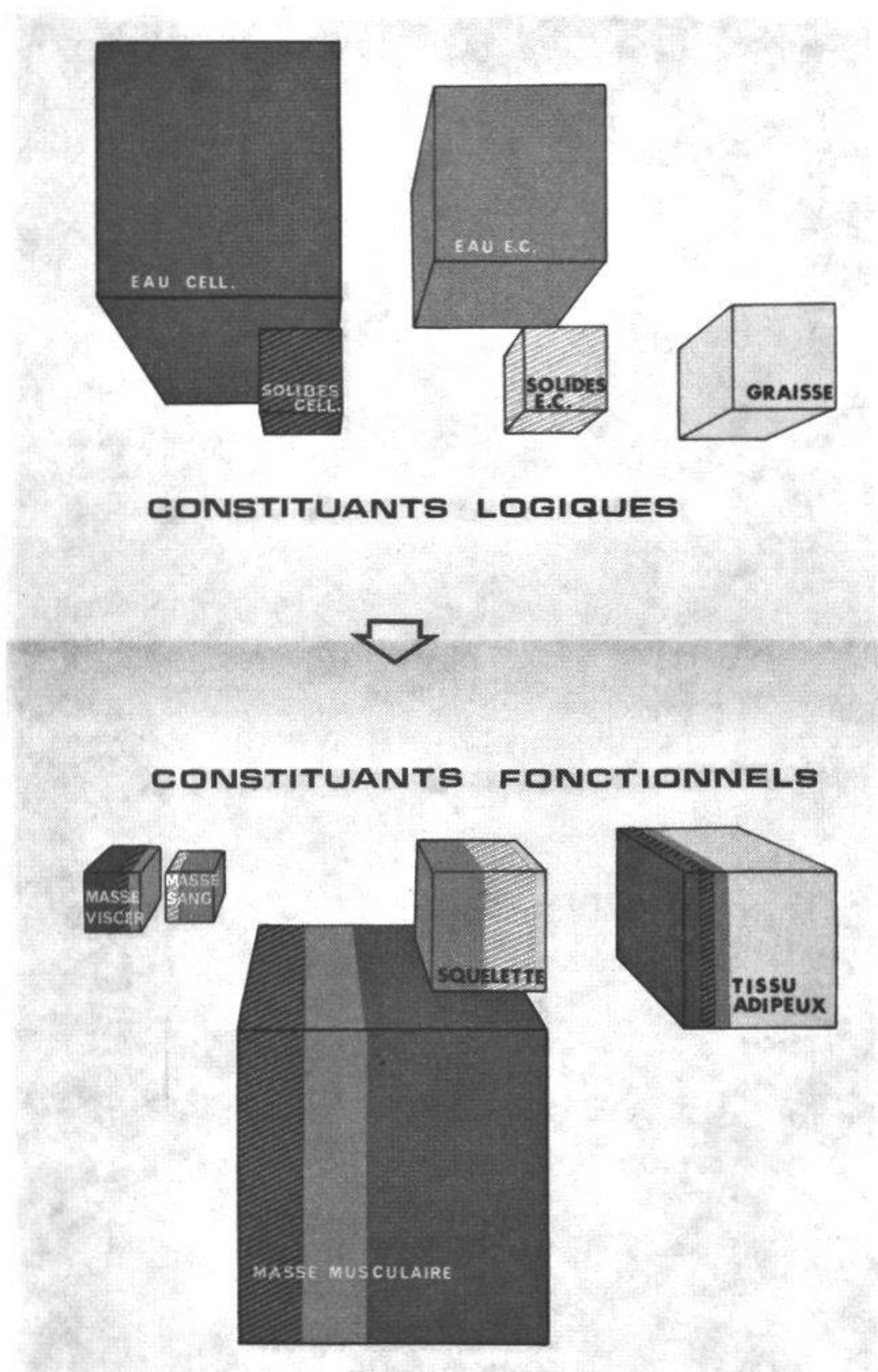


Fig. 5. Deux modes de somatolyse: en 5 constituants logiques ou 5 constituants fonctionnels (peau exclue). On s'est efforcé de respecter les proportions des constituants logiques entre eux, des constituants fonctionnels entre eux, et à l'intérieur de chaque constituant fonctionnel, des composantes logiques entre elles. Muscle et masse viscérale sont dégraissés.

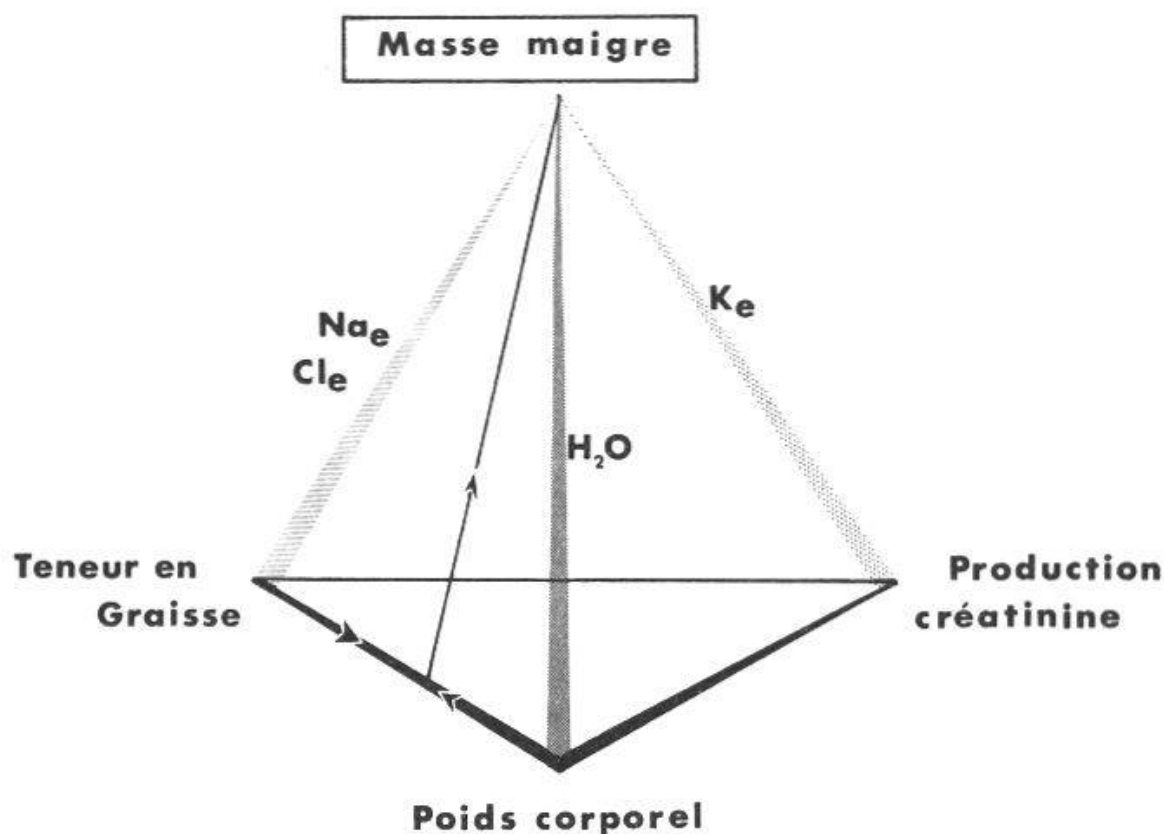


Fig. 6. Un système de référence empirique dominé par le critère Masse maigre. Les paramètres situés sur les arêtes sont influencés par les termes qui occupent les sommets de la pyramide que ces paramètres regardent.

$Na_e$  et  $Cl_e$  par le teneur en graisse,  
 $K_e$  par la production de créatinine,  
 $H_2O$  par le poids (que l'excès de poids soit dû à une hypertrophie musculaire ou à un surplus de masse adipeuse).

Il n'est pas douteux que les valeurs présentées ici sont sujettes à révision et que l'interprétation des concepts est largement critiquable; mais nous croyons mieux discerner les éléments du raisonnement.

Un compartiment de référence – partie d'un système multi-compartmental de référence – doit satisfaire au moins trois conditions:

1. La dimension du compartiment doit être aisément atteinte, à la suite d'une mesure plutôt que d'une estimation supputée, raisonnée ... ou inspirée.

2. La connaissance de la masse du compartiment est d'autant plus nécessaire que ce sous-ensemble est susceptible de varier plus largement à l'intérieur de l'ensemble. C'est pourquoi une importance décroissante s'attache à la détermination du sous-ensemble logique Graisse neutre (5 à 50% du poids corporel), du sous-ensemble fonctionnel Masse musculaire (de l'ordre de 25 à 60% de la Masse maigre) et du sous-ensemble fonctionnel Squelette (de variabilité encore discutée).

3. On demandera enfin au compartiment analysé d'être suffisamment homogène vis-à-vis de l'élément mesuré (par ex. chlore dans le tissu adipeux, potassium dans le muscle), à moins que l'on ne connaisse les facteurs d'hétérogénéité et que l'on n'en tienne compte.



Ainsi, dans l'édification du système de référence, sommes-nous successivement conduits: a) à l'identification de l'entité logique Masse maigre (Mm); cette étape est nécessaire mais non suffisante; b) à la détermination indirecte des masses fonctionnelles adipeuse, musculaire et squelettique, pour aboutir à un «indosé», Masse maigre non-adipeuse, non-musculaire, non-squelettique ( $Mm \sim a, \sim m, \sim s$ ) dont l'influence sur les variations de l'élément étudié est négligeable; c) à la traduction en langage empirique, c'est-à-dire en termes de technique de mesures, du système multi-compartmental de référence: teneur en graisse pour le tissu adipeux, production de créatinine pour la masse musculaire, planimétrie radiographique (en attendant mieux) pour le squelette. Bien entendu, la valeur expérimentale mesurée est reliée au terme de référence par une relation complexe, en particulier polynomiale, si la concentration de l'élément mesuré varie avec la dimension du compartiment.

Finalement, on trouvera une ultime confirmation de la validité du système de référence dans la constatation que la dispersion des résultats expérimentaux des sujets normaux est proche de la dispersion théoriquement attendue des erreurs expérimentales.

Il apparaît qu'à de nombreux égards, la composition corporelle n'a pas dépassé le stade de la recherche méthodologique; et toute nouvelle solution doctrinale fait immédiatement percevoir le besoin d'examiner à nouveau des théories de sujets normaux. Il est toutefois une proposition que nous croyons pouvoir formuler: un effort important doit être consenti pour déterminer des bases solides de référence, si l'on désire utiliser en routine, quotidiennement, à l'échelle d'un individu et dans un but diagnostique, les mesures de composition corporelle hydro-minérale.

### *Résumé*

Les résultats de mesures de composition corporelle hydro-minérale ne peuvent être rapportés au poids corporel, au poids relatif ou à des paramètres expérimentaux «compositionnels», sans conduire à de grossières erreurs d'interprétation.

La connaissance de la Masse maigre permet une formulation correcte, mais encore insuffisante, des résultats de l'Eau totale, du Sodium et du Chlore échangeables. La nécessité d'un système de référence à plusieurs compartiments apparaît avec netteté pour le Potassium échangeable, dans l'estimation duquel interviennent la masse de tissu adipeux et un index de la masse musculaire comme la production de créatinine.

L'utilisation des mesures dans un but diagnostique, à l'échelle d'un individu, implique que soit connu le résultat théorique – eu égard au profil somatique de l'individu examiné – exprimé soit en valeur absolue («capacité»), soit en terme relatif de concentration/unité de compartiment de référence («valeur nominale»).

Une extension importante des mesures de composition corporelle peut être attendue d'une somatolyse de référence permettant d'approcher suc-



cessivement: Graisse neutre et Masse maigre (entités logiques), fraction maigre du tissu adipeux, masse musculaire et squelette (entités fonctionnelles).

### *Zusammenfassung*

Die Meßergebnisse der hydromineralen Zusammensetzung des Körpers können weder auf das Körpergewicht noch auf das relative Gewicht noch auf einen anderen experimentellen Parameter bezogen werden, ohne daß dies zu groben Interpretationsfehlern führen würde.

Die Kenntnis der mageren Masse erlaubt zwar eine korrekte, aber in bezug auf die Ergebnisse des Gesamtkörperwassers, des austauschbaren Natriums und des austauschbaren Chlors noch ungenügende Formulierung.

Die Notwendigkeit eines Bezugssystems mit mehreren Kompartimenten ergibt sich deutlich für das austauschbare Kalium, bei dessen Bestimmung die Masse des Fettgewebes, der Index der Muskelmasse, sowie die Kreatininproduktion berücksichtigt werden müssen.

Die Verwendung der Messungen für die Diagnostik bei einem einzelnen Individuum verlangt – mit Rücksicht auf das somatische Bild des Probanden – die Kenntnis des theoretisch erwarteten Ergebnisses, ausgedrückt in einem absoluten Wert (Kapazität) oder in einem relativen Wert der Konzentration pro Einheit des Referenzkompartiments.

Eine bedeutende Erweiterung der Studien über die Zusammensetzung des Körpers kann von einem Referenzkörperprofil erwartet werden, welches nacheinander die Schätzung von Neutralfett und magerer Masse (logische Gegebenheiten), magerer Fraktion des Fettgewebes, Muskelmasse und Skelett (funktionelle Gegebenheiten) erlaubt.

### *Riassunto*

I risultati delle misure fatte sulla composizione idro-minerale del corpo non possono essere messi in riferimento al peso corporeo, al peso relativo o a dei parametri sperimentali cosiddetti «composizionali», senza causare degli errori grossolani d'interpretazione. La conoscenza della massa magra permette una definizione corretta ma non ancora sufficiente per quanto riguarda i risultati dell'acqua totale, del sodio e del cloro scambiabili. La necessità di un sistema di riferimento a diversi scompartimenti si fa evidente nel caso del potassio scambiabile, poichè per definirlo bisogna tener conto della massa del tessuto adiposo, dell'indice della massa muscolare come pure della produzione della creatinina.

L'utilizzazione delle misure ottenute a scopo diagnostico e per quanto riguarda il singolo individuo, implica la conoscenza del risultato teorico previsto — tenendo conto del profilo somatico dell'individuo esaminato — espresso, sia come valore assoluto («capacità»), sia in forma di un termine relativo di concentrazione/unità del compartimento di riferimento («valore nominale»).

Ci si può aspettare uno sviluppo importante delle misure fatte sulla composizione del corpo da una somatolisi di riferimento che permetta di paragonare successivamente i grassi neutri e la massa magra (entità logiche), la frazione magra del tessuto adiposo, la massa muscolare e lo scheletro (entità funzionali).

### *Summary*

Referring the results of water and ion Body Composition determinations to gross body weight, relative weight or other experimental parameters (such as TBW or specific gravity) is misleading; interpretation may be very erroneous.

The determination of Body Fat Content and the use of Lean Body Mass meet the requirements for Exchangeable Sodium, Exchangeable Chloride and Total Body Water, although further improvement is needed. A multi-compartmental system is shown to be necessary for expressing Exchangeable Potassium; for lack of better means, skinfolds and daily excretion of creatininuria are used as index of the adipose and muscular tissues. The normal value to be expected for one given individual ("capacity" or "nominal value") is to be known independently of the isotopic determination.

The clinical field of Body Composition studies will spread with methods picturing the somatic profile of any individual, i. e. appreciating the respective proportions of Fat and Lean Body Mass (logical entities), Muscular Mass, Skeleton and Lean fraction of Adipose Tissue (functional entities).

### **Appendice 1**

#### **Somatotypes et teneur en graisse**

L'expérience de ces trois dernières années nous laisse penser que le simple examen « clinique », fait d'inspection et de palpation, au besoin de quelques mensurations, permet de porter dans le sexe masculin un diagnostic somatotypique de teneur en graisse avec une bonne sécurité. Sans grand arbitraire, nous semble-t-il, les hommes peuvent être rangés dans des intervalles de teneur en graisse (% poids) dont les limites inférieures sont ordonnées selon une progression arithmétique de raison 7, soit  $\div 5, 12, 19, 26, 33$ . Nous distinguons ainsi:

1. Les « maigres », dont la teneur en graisse oscille entre 5 et 11% (inclus) du poids corporel. L'allure fantomatique avec « la peau et les os », l'aspect « sec » d'un corps sans étoffe, la silhouette gracile des jeunes gens font porter sans difficultés le diagnostic de « maigre ».

2. Les « normo-pondéraux » (12-18% inclus). Cet état d'équilibre est en réalité malaisé à caractériser et le diagnostic n'est porté qu'avec une certaine habitude. En particulier, dans la zone 10-15% commune aux maigres (10 et 11%) et aux normo-pondéraux (12-15%), des difficultés sont créées par le degré de musculature: un athlète très musclé et morphologiquement équilibré peut ne pas dépasser 11-12% de graisse. Les normo-pondéraux de la zone 16-18% se signalent extérieurement par l'enveloppe grasseuse qui estompe déjà les reliefs naturels de la moitié supérieure du corps.

3. Les corpulents (19-25% inclus). La « corpulence » est caractérisée dans le sexe masculin par les traits suivants: de face, un enrobement des reliefs, surtout des épaules et des muscles pectoraux qui sont fondus, noyés dans le volume du thorax; - de profil, une protrusion sous-pectorale qui s'exagère en embonpoint sur la région épigastrique; -

Tableau 6  
Estimation du rapport Liquides extracellulaires totaux / Volume plasmatique

1 Intervalles de Poids relatif	2 LEC ml/kg Poids	3 Vol. plasmatique ml/kg Poids	LEC
			Vol. plasmatique
< 95%	272,8	48,43	5,63
95-115%	229,2	42,61	5,37
115-135%	210,5	37,44	5,62
> 135%	178,4	35,79	4,98
		X =	5,4

le dos devient rectangulaire par adjonction d'une véritable besace entre les fausses côtes et les crêtes iliaques.

1. Poids relatif =  $\frac{\text{Poids brut}}{\text{Poids théorique d'après Lorentz}}$  [Réf. 14]
2. LEC = 0,85 · Volume apparent de distribution de  $^{82}\text{Br}$ , pour un équilibre de 6 h, et d'après 81 mesures chez des témoins [Réf. 10].
3. Moyennes calculées au Laboratoire par G. HEIDENDAL; les valeurs, extraites de la littérature, concernent 107 sujets; elles ont toutes été obtenues par la méthode d'extrapolation au zéro à partir de quatre points expérimentaux, au-delà de la 10e min suivant l'injection.  
A chacun des sujets de ces trois premiers intervalles peut donc être conférée la teneur moyenne 8, 15 ou 22%.
4. Les « adipeux » ou « pléthoriques » (26-32% inclus).
5. Les obèses confirmés (au-delà de 33%). Les individus de ces deux dernières classes sont assez souvent difficiles à distinguer entre eux. Nous avons montré qu'en pareil cas la formule que nous avons établie empiriquement

$$\frac{\frac{\text{Périmètre Abdomen} + \text{Périmètre Poitrine (ou Fesses)}}{2}}{\text{Somme des périmètres poignet, genou, cheville}} \% - 100$$

fournit *directement* une valeur satisfaisante de la teneur en graisse [16].

## Appendice 2 La masse cellulaire corporelle et son estimation

La masse cellulaire corporelle peut être estimée en retranchant du poids brut la masse des graisses neutres, de l'eau extracellulaire et des solides extracellulaires.

1. La teneur en graisses neutres est tirée de nos équations de plis cutanés [16].
2. La valeur des Liquides extracellulaires est prise comme étant égale chez le sujet normal à 0,83. Volume apparent de distribution de  $^{82}\text{Br}$  à la 6e heure. Ce coefficient avait été établi [14] à partir des données suivantes:

Chlore intracellulaire: 13% du Chlore échangeable total.

Facteur de Gibbs-Donnan global, « transcapillaire », (Cl) interstitiel / (Cl) sérum: 1,0235 (détermination expérimentale par MANERY).

Liquides extracellulaires: 5,4. Volume plasmatique, d'après PITTS.

Volume de distribution de  $^{82}\text{Br}$  à la 3e ou 6e h: 1,03. Volume de distribution de  $^{35,5}\text{Cl}$ .

Nous ne pouvons faire état d'élément nouveau susceptible de modifier ce raisonnement à l'exception d'une nouvelle estimation confirmative du rapport LEC totaux / Volume plasmatique (Tab. 6). Ce calcul, qui fait malheureusement intervenir dans un raisonnement circulaire la valeur LEC:  $0,85 \cdot \text{Volume de distribution } ^{82}\text{Br}$ , amène au même coefficient global de correction du volume Brome de 0,83. Il est à remarquer que ce coefficient s'abaîsserait par contre rapidement si l'on devait utiliser un facteur de Gibbs-Donnan «global» supérieur à 1,0235.

3. La meilleure estimation du poids de l'os sec, acellulaire et délipidé, constitué des éléments minéraux et de la matrice organique, paraît être celle de MOORE et coll. [27] calculée d'après les données de FORBES, KEYS et BROZEK, ALLEN, soit 10,4% de la masse maigre pour des extrêmes les plus probables de 9,4 et 11,5%. L'os compositionnel représentant 3 à 4 fois le reste des solides extracellulaires (cartilage, tendons, fascias, derme, collagène, tissu élastique), les poids des solides extracellulaires totaux deviennent: moyenne: 13,5% de la masse maigre, extrêmes attendus: 12-15%. Ces valeurs peuvent être atteintes par des moyens anthropométriques.

La formule de MATIEGKA, dans laquelle Poids du squelette = Taille (cm)  $\times \bar{\varnothing}^2$ , pour  $\bar{\varnothing}$  = moyenne des quatre diamètres transversaux de l'humérus, du poignet, des condyles fémoraux et de la cheville, fournit des résultats systématiquement trop élevés, de l'ordre de 16,6% pour le seul poids de l'os.

Nous avons cherché à construire deux formules anthropométriques de détermination des solides extracellulaires à partir de l'estimation 13,5% de la masse maigre chez un individu bien proportionné, dont la musculature en particulier constitue une fraction normale de la masse maigre. Un indice de musculature moyenne (production de créatinine entre 23 et 26,5 mg/24 h/kg masse maigre) a été trouvé chez 8 sujets normaux examinés. Les indices du développement osseux sont d'une part la taille, d'autre part les quatre diamètres intercondyliens, mesurés au pied à coulisse, des poignets, des extrémités inférieures de l'humérus et du fémur et les diamètres bi-malléolaires des chevilles.

Ces deux équations s'écrivent:

$$1. 13,5\% \text{ Masse maigre} = \frac{\sum \varnothing^2}{4} \cdot T \cdot k_1$$

où Masse maigre en grammes

$\bar{\varnothing}$  = moyenne des deux diamètres symétriques, en cm

T = Taille, en cm

$k_1$  = coefficient moyen = 0,8

$$2. 13,5\% \text{ Masse maigre} = (S_h + S_p + S_f + S_c)^2 \cdot T \cdot k_2$$

pour Masse maigre en grammes

T = Taille, en cm

$k_2$  = coefficient moyen = 0,616

$S_h, S_p, S_f, S_c$ : surfaces de section osseuses dans un plan horizontal passant respectivement par les condyles huméraux (h), l'articulation radio-cubitale inférieure (p), les condyles fémoraux (f), les malléoles tibio-péronières (c). Des relevés planimétriques sur des coupes anatomiques et des tomographies transversales nous ont en effet montré que les surfaces de section osseuse dans ces quatre plans pouvaient être calculées comme:

$S_p$  Surface poignet = Diamètre radio-cubital inférieur  $\cdot 1,9$

$S_h$  Surface extr. inf. humérus = Diamètre inter-condylien  $\cdot 1,2$

$S_f$  Surface extr. inf. fémur = Diamètre intercondylien  $\cdot 4,35$

$S_c$  Surface tibiale et péronière = Diamètre bi-malléolaire  $\cdot 1,9$

(surfaces en  $\text{cm}^2$  et diamètres en cm).

Dans la première équation est utilisée la moyenne quadratique des diamètres, valeur sans réalité anatomique mais qui a les dimensions d'une surface. La deuxième équation



s'efforce d'approcher la vérité anatomique. Dans les deux cas, les coefficients  $k$  ont la dimension ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), mais évidemment pas la valeur, d'un poids spécifique.

En appliquant alors ces deux équations à des sujets dont la production de créatinine était inférieure à 22 mg (7 sujets peu musclés) et supérieure à 30 mg (7 sujets porteurs d'une bonne musculature), nous avons observé respectivement les extrêmes suivants du poids des solides extracellulaires:

Equation 1: 15,4% et 12,2% de la masse maigre

Equation 2: 15,5% et 12,7% de la masse maigre

En définitive, chez l'individu préalablement «dégraissé», débarrassé de ses graisses neutres, la mesure des liquides extracellulaires par  $^{82}\text{Br}$  et des solides extracellulaires par l'anthropométrie permet d'atteindre la masse cellulaire corporelle, comme le montre le bilan suivant:

Liquide extracellulaire	=	290 g/kg masse maigre
Solides extracellulaires	=	135 g/kg masse maigre
Tissus extracellulaires	=	425 g
Masse cellulaire corporelle	=	1000 — 425 = 575 g
dont Eau intracellulaire	=	720 — 290 = 430 g
Solides intracellulaires	=	(1000 — 425) — 430 = 145 g

Hydratation de la masse maigre = 0,72

Hydratation des tissus extracellulaires =  $290/425 = 0,682$

Hydratation de la masse cellulaire corporelle =  $430/575 = 0,747$

Eau intracellulaire/Eau totale =  $430/720 = 60\%$

Chez l'individu indemne de troubles métaboliques, hydriques ou minéraux (ce qu'il faudrait souvent prouver), la variabilité des liquides extracellulaires ( $290 \pm 20$  g [10] et des solides extracellulaires ( $135 \pm 15$  g) est faible à l'intérieur de la masse maigre. Aussi la masse cellulaire corporelle pourrait-elle être simplement calculée comme le 57,5% de la masse maigre normale. En raison des difficultés méthodologiques exposées plus haut, on rapportera à la masse cellulaire corporelle avec plus de profit le métabolisme basal ou certaines posologies médicamenteuses que les masses minérales mesurées par dilution ou par comptage total du corps humain. Plus généralement, on référera à la masse cellulaire corporelle les paramètres vis-à-vis desquels *toutes* les cellules de cette masse ont un comportement *identique ou très voisin*.

1. ALLEN T. M., ANDERSON E. C. et LANGHAM W. H.: Total body potassium and gross body composition. *J. Geront.* 15, 348 (1960).
2. ANDERSON E. C.: Three-component body composition analysis based on potassium and water determinations. *Ann. Acad. Sci.* 110, 189 (1963).
3. BEHNKE A. R.: Physiologic studies pertaining to deep sea diving and aviation, especially in relation to the fat content and composition of the body. *Harvey Lect.* 37, 198 (1943).
4. BEHNKE A. R.: Comment on the determination of whole body density and a résumé of body composition data. In: *Techniques for measuring body composition* (publ. par J. BROZEK et A. HENSCHER), p. 118. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington 1961.
5. BERLIN N. I. et SIRI W. E.: Isotopic determinations of body composition in man. *Progr. atomic Med.* 7, 34 (1965).
6. BOLING E. A., TAYLOR W. L., ENTENMAN C. et BEHNKE A. R.: Total exchangeable potassium and chloride and total body water in healthy men of varying fat content. *J. clin. Invest.* 41, 1840 (1962).
7. BROZEK J., GRANDE F., ANDERSON J. T. et KEYS A.: Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110, 113 (1963).



8. DÔ F., FRANÇOIS B. et FERIOLI V.: La misura del sodio scambiabile. Sintesi attuale della metodica. Europa med. (sous presse).
9. DURNIN J. V. G. A.: Somatic standards of reference. In: Human body composition. Approaches and applications (publ. par J. BROZEK). Pergamon Press, Oxford 1965.
10. FERIOLI V., FRANÇOIS B. et TRAEGER J.: La mesure des liquides extracellulaires par le brome 82. Path. et Biol. 14, 283 (1966).
11. FORBES G. B. et HURSH J. B.: Age and sex trends in lean body mass calculated from K 40 measurements: with a note on the theoretical basis for the procedure. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, 255 (1963).
12. FRANÇOIS B. et TRAEGER J.: Le capital sodique au cours des pyélonéphrites chroniques. Rev. franç. Et. clin. biol. 9, 316 (1964).
13. FRANÇOIS B.: Le sodium échangeable et la composition corporelle hydro-minérale au cours de l'hypertension artérielle humaine. Path. et Biol. 13, 1077 (1965).
14. FRANÇOIS B.: Méthodes et réseaux de référence en composition corporelle. Path. et Biol. 14, 273 (1966).
15. FRANÇOIS B. et TRAEGER J.: Syndrome de perte de sel au cours des néphrites interstitielles. Rev. Prat. 16, 2197 (1966).
16. FRANÇOIS B., TRAEGER J. et JOLY R.: La détermination de la masse maigre par l'anthropométrie. II: Nouveaux essais. Minerva nefrol. 13, 38 (1966).
17. FRANÇOIS B. et JOLY R.: La mesure de l'eau totale par le tritium. Minerva nefrol. 13, 76 (1966).
18. FRANÇOIS B.: in: Discussion on total body water, ORINS Symposium in medicine, Compartments, pools and spaces in medical physiology, Oak Ridge, Oct. 24-27 (1966).
19. FRANÇOIS B.: La détermination in vivo de la teneur en graisses neutres du corps humain. Cah. méd. lyonn. 13, 183 (1967).
20. GARN S. M.: Human biology and research in body composition. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, 429 (1963).
21. GRANDE F.: Nutrition and energy balance in body composition studies. In: Techniques for measuring body composition (publ. par J. BROZEK et A. HENSCHEL), p. 168. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington 1961.
22. HYTTEN F. E., TAYLOR K. et TAGGART N.: Measurement of total body fat in man by absorption of <sup>85</sup>Kr. Clin. Sci. 31, 111 (1966).
23. KEYS A. et BROZEK J.: Body fat in adult man. Physiol. Rev. 33, 245 (1953).
24. LESSER G. T., KUMAR I. et STEELE J. M.: Changes in body composition with age. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, 578 (1963).
25. LJUNGGREN H.: Studies on body composition with special reference to the composition of obesity tissue and non-obesity tissue. Acta endocr. (Kbh.), Suppl. 33, 1 (1957).
26. McCANCE R. A. et WIDDOWSON E. M.: A method of breaking down the body weight of living persons into terms of extracellular fluid, cell mass and fat, and some applications of it to physiology and medicine. Proc. roy. Soc. (Lond.) S.B. 138, 115 (1951).
27. MOORE F. D., OLESEN K. H., McMURREY J. D., PARKER H. V., BALL M. R. et BOYDEN C. M.: The body cell mass and its supporting environment. Body composition in health and disease. W. B. Saunders, Philadelphia/London 1963.
28. MULDOWNY F. P., CROOKS J. et BLUHM M. M.: The relationship of total exchangeable potassium and chloride to lean body mass, red cell mass and creatinine excretion in man. J. clin. Invest. 36, 1375 (1957).
29. SLOAN A. W., BURT J. J. et BLYTH C. S.: Estimation of body fat in young women. J. appl. Physiol. 17, 967 (1962).
30. TALBOT N. B.: Measurement of obesity by the creatinine coefficient. Amer. J. Dis. Child 55, 42 (1938).
31. TALSO P. J., MILLER C. E., CARBALLO A. J. et VASQUEZ I.: Exchangeable potassium as a parameter of body composition. Metabolism 9, 456 (1960).
32. VON DÖBELN, cité par Anderson [2].

33. WEDGWOOD R. J.: Inconstancy of the lean body mass, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* *110* 141 (1963).
34. WERDEIN E. J. et KYLE L. H.: Estimation of the constancy of density of the fat-free body. *J. clin. Invest.* *39*, 626 (1960).
35. WIDDOWSON E. M. et DICKERSON J. W. T.: Chemical composition of the body. In: *Mineral metabolism, an advanced treatise* (publ. par C. L. COMAR et F. BRONNER), Vol. II, The elements, Part A, Academic Press, New York/London 1964.

Adresse de l'auteur: Dr B. François, 25, Quai Claude-Bernard, 69 Lyon 7e/France.