

Composition corporelle

Collège des Enseignants de Nutrition

Date de création du document 2010-2011

Table des matières

I	Définition des compartiments.....	3
	I.1 Le modèle anatomique	3
	I.2 Le modèle biochimique.....	4
	I.3 Les modèles physiologiques (Figure 2)	4
II	Méthodes de mesure des compartiments.....	5
III	Les techniques de mesure	6
	III.1 La mesure de la densité corporelle (méthodes d'estimation)	6
	III.2 La mesure des plis cutanés (méthodes de prédiction).....	7
	III.3 La mesure de l'eau totale (méthode d'estimation).....	9
	III.4 L'absorptiométrie biphotonique	10
	III.5 La tomодensitométrie computerisée	10
	III.6 Mesures anthropométriques :	11
IV	Conclusion.....	11
V	Annexes.....	12

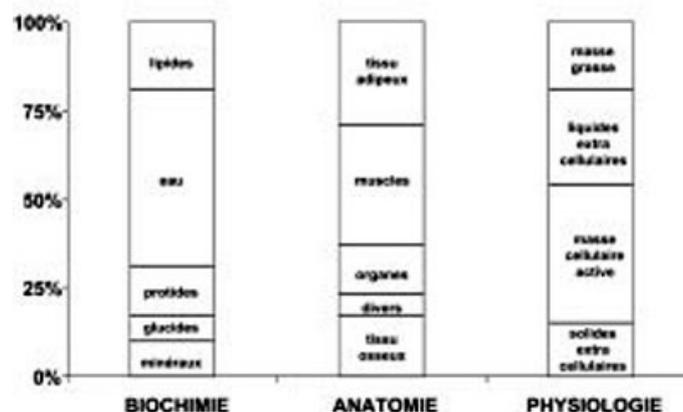
INTRODUCTION

La composition corporelle correspond à l'analyse du corps humain (ou animal) en compartiments. Ceux-ci ont un intérêt particulier en fonction de la discipline médicale considérée. Par exemple en Médecine du sport, mesurer le poids ne suffit pas à comprendre comment améliorer la performance d'un segment de membre au cours d'un exercice spécifique. Déterminer la masse musculaire de ce segment est plus rationnel. De la même manière, au cours d'une stratégie de réduction pondérale chez un obèse, il peut être intéressant de vouloir cibler une perte de masse grasse et d'épargner la masse musculaire ou de certains organes. Dans ce cas, la mesure du poids ne suffit pas. Il faut envisager d'une part de définir des compartiments importants en nutrition, et d'autre part les méthodes permettant de les mesurer.

I DÉFINITION DES COMPARTIMENTS

L'étude de la composition corporelle fait appel à des modèles et des systèmes de représentation du corps humain (Figure 1).

Figure 1 : Les modèles de la composition corporelle



I.1 LE MODÈLE ANATOMIQUE

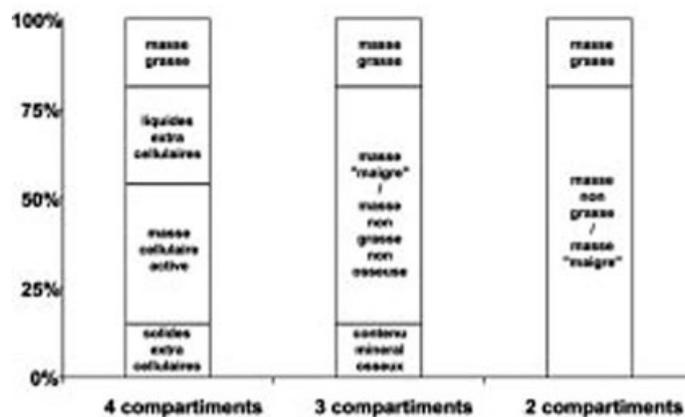
Le modèle anatomique est le plus ancien et sépare le corps en différents tissus (tissu musculaire, tissu adipeux, organes...). Le modèle anatomique est un modèle descriptif qui permet de comprendre l'organisation spatiale des différents constituants et leur niveau d'interconnexion. Les progrès de l'imagerie médicale, avec la tomодensitométrie et la résonance magnétique nucléaire, ont renouvelé l'intérêt de ce modèle. La référence à la notion de tissu permet certaines approches quantitatives. Ainsi, pour un sujet « idéal - de référence », le muscle squelettique représente 40 % du poids corporel, le tissu adipeux 20 %, la peau 7 %, le foie et le cerveau 2,5 % chacun, le cœur et les reins 0,5 %.

I.2 LE MODÈLE BIOCHIMIQUE

Le modèle biochimique sépare les composants de l'organisme en fonction de leurs propriétés chimiques : l'eau, les lipides (extraits par les solvants organiques), les protéines, les glucides, les minéraux... Ainsi, l'azote corporel correspond presque uniquement aux protéines, le calcium et le phosphore à l'os, le carbone aux lipides (les glucides étant comparativement très peu abondants). Le potassium est presque uniquement intracellulaire et le sodium extra-cellulaire... Les données biochimiques directes sur la composition corporelle de l'organisme humain sont cependant très limitées. Elles reposent sur deux études effectuées sur quelques dizaines de cadavres. C'est de ces travaux qu'ont été observées la densité moyenne de la masse grasse et de la masse maigre, l'hydratation moyenne du corps humain, paramètres qui ont servi de référence à différentes méthodes d'étude de la composition corporelle. La technique d'activation neutronique permet une quantification *in vivo* des masses corporelles de différents atomes (azote, carbone...) Cette technique expose à une irradiation importante.

I.3 LES MODÈLES PHYSIOLOGIQUES (FIGURE 2)

Figure 2 : Les modèles physiologiques



Les modèles physiologiques permettent d'introduire la notion de compartiments. Un compartiment regroupe des composants corporels fonctionnellement liés entre eux, indépendamment de leur localisation anatomique ou de leur nature chimique. En nutrition, les modèles physiologiques les plus utilisés sont :

Le modèle à deux compartiments Il oppose la masse grasse et le reste, la masse non grasse (abusivement nommée masse maigre).

- **La masse grasse** correspond aux triglycérides stockés dans les adipocytes, quelle que soit leur localisation anatomique; ce compartiment est virtuellement dépourvu d'eau.

- **La masse maigre** correspond à la somme de l'eau, des os, des organes, en excluant la partie grasse. La masse maigre est essentiellement constituée d'eau. Le rapport entre l'eau et la masse maigre définit l'hydratation de la masse maigre.

Le modèle à trois compartiments ; où la masse maigre est séparée en :

- **La masse cellulaire active** qui correspond à l'ensemble des cellules des différents organes et muscles. L'intensité du métabolisme de cette masse détermine les besoins énergétiques de l'organisme. Cette masse constitue l'essentiel des protéines de l'organisme,
- **L'eau extracellulaire** qui correspond à l'ensemble des liquides interstitiels et au plasma. Elle constitue la masse liquidienne facilement échangeable pour le fonctionnement normal de l'organisme. Elles s'ajoutent à l'eau intracellulaire pour constituer l'eau corporelle totale,
- **Le troisième compartiment est la masse grasse**

Le modèle à quatre compartiments ; un compartiment supplémentaire est introduit dans la masse maigre, par rapport au modèle à trois compartiments :

La masse minérale osseuse qui correspond aux cristaux de phosphates tricalciques du squelette. Cette masse constitue l'essentiel de la masse minérale de l'organisme, sous forme de calcium.

II MÉTHODES DE MESURE DES COMPARTIMENTS

Il n'y a pas de méthode de mesure directe des compartiments. Seule l'analyse anatomique (dissection) permettrait d'obtenir la masse des compartiments. Toutes les méthodes sont donc des approches indirectes, avec des niveaux d'agressivité, de précision, et de simplicité de mise en oeuvre variables. Du point de vue conceptuel, il faut distinguer trois types de méthodes :

- Les méthodes de *quantification in vivo de constituants* spécifiques de l'organisme. Cette quantification repose sur la modification d'un signal (en général un rayonnement) qui est interprétée grâce à un étalonnage préalable avec un composé connu. La limite est la capacité de recueillir la modification du signal utilisé (seuil de détection, variabilité...). Ces méthodes ne sont pas d'utilisation courante (activation neutronique, émission de potassium 40).
- Les méthodes d' *estimation in vivo des compartiments* de l'organisme. Cette méthode repose à la fois sur une mesure corporelle (la densité ou le volume de l'eau totale), sur la référence à un modèle de composition corporelle, sur l'acceptation d'une

hypothèse. Par exemple, à partir de la mesure du volume de l'eau totale, en faisant référence au modèle à deux compartiments, et en posant comme hypothèse une hydratation moyenne de la masse maigre égale à 73 %, les litres d'eau totale mesurés sont convertis en kg de masse maigre. La masse grasse est alors la différence entre le poids et la masse maigre. Les masses ne sont donc pas mesurées mais estimées. Les variations de l'hydratation au cours de la vie (enfants, vieillards), en pathologies (oedème, déshydratation) soulignent facilement les limites de ses approches.

- Les méthodes de **prédiction de la valeur** d'un compartiment à partir de mesures anthropométriques (plis cutanés, circonférences, poids, taille) ou électriques. Ce sont des méthodes très indirectes (cf. la méthode des plis cutanés décrite ci-dessous). Ce sont les plus utilisées en clinique, car les plus simples à mettre en oeuvre. Au total, chaque méthode repose sur une ou plusieurs hypothèses de travail qui en constituent les limites, autant que les aspects technologiques ou le coût. Nous n'envisagerons que les méthodes les plus utilisées.

III LES TECHNIQUES DE MESURE

L'ensemble des techniques les plus utilisées est exposé de façon simple. D'autres ouvrages [1-3] en précisent des aspects plus détaillés.

III.1 LA MESURE DE LA DENSITÉ CORPORELLE (MÉTHODES D'ESTIMATION)

Dans le modèle à deux compartiments, si une densité fixe est attribuée à chaque compartiment (0,9 g par ml pour la masse grasse, et 1,1 g par ml pour la masse maigre), la proportion de chacun des compartiments peut-être calculée à partir de la densité du corps entier. Celle-ci est le rapport masse sur volume (D). L'équation de Siri permet de calculer le pourcentage de masse grasse :

$$\% \text{ MG} = 100 (4,95/D-4,50)$$

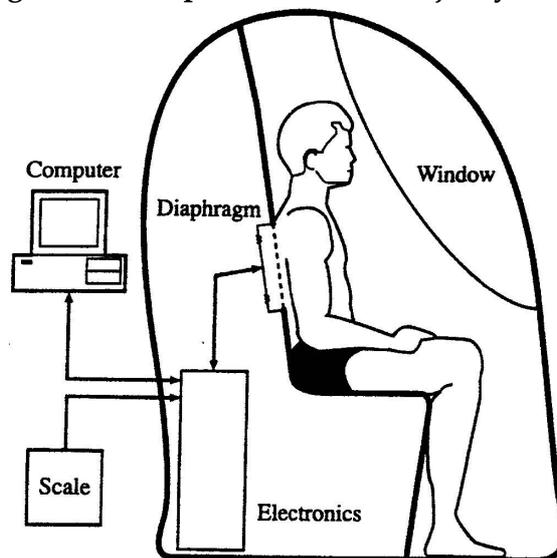
Cette méthode a longtemps été considérée comme la référence et a fourni une grande partie de nos connaissances de la composition corporelle. La densité corporelle peut être déterminée de deux façons :

- par hydrodensitométrie, en utilisant le principe d'Archimède qui consiste à mesurer un volume en l'immergeant dans l'eau. Il faut donc un équipement adapté (une cuve de taille suffisante, une capacité à déterminer les volumes des gaz respiratoires et intestinaux).

Cette technique ne peut être utilisée chez les enfants, les malades, les personnes âgées à mobilité réduite, les patients à coopération réduite,

- par pléthysmographie, en utilisant la loi de Boyle-Mariote, où le produit pression * volume est une constante. Ainsi, si un corps est introduit dans une cabine de volume connu, le régime de pression de la cabine est modifié en proportion du volume introduit. Le volume corporel d'un individu peut-être mesuré en quelques minutes (environ 5) sans agression physique et avec un niveau de coopération limité. Cette méthode bénéficie d'un développement important (Figure 3).

Figure 3 : Diagrammatic representation of major system components.



III.2 LA MESURE DES PLS CUTANÉS (MÉTHODES DE PRÉDICTION)

Les plis cutanés

Les sites classiques de mesure des plis cutanés sont :

- le pli bicipital : après mesure de la distance entre la pointe de l'olécrane et celle de l'acromion, la peau est pincée dans le sens de la longueur du biceps, à la mi-distance calculée, en regard de la face antérieure du bras,
- le pli tricipital : à mi-distance calculée, dans le sens de la longueur du triceps, en regard de la face postérieure du bras.
- le pli sous-scapulaire : à 2 travers de doigt sous la pointe de l'omoplate, le pli cutané est formé et orienté en haut et en dedans formant un angle d'environ 45° avec l'horizontale,
- le pli supra-iliaque : à mi-distance entre le rebord inférieur des côtes et le sommet de la crête iliaque, sur la ligne médioaxillaire, le pli est formé verticalement.

Les mesures sont réalisées par convention du côté dominant. Elles ne prennent que quelques minutes. L'épaisseur de quatre plis cutanés (bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque) est déterminée (voir encadré). La somme des quatre plis cutanés est introduite dans des équations prédictives, en fonction de l'âge et du sexe, afin d'estimer la densité corporelle (**tableau I**). L'hypothèse de la méthode est que l'épaisseur de la graisse sous-cutanée reflète la masse grasse totale de l'organisme. La détermination des plis doit être effectuée avec une pince spécialement calibrée (adiposomètre) permettant de mesurer l'épaisseur du pli sans écraser le tissu adipeux sous-cutané. La mesure doit être réalisée par un opérateur entraîné (coefficient de variation personnel inférieur à 5 %). Outre les problèmes liés à la mesure des plis cutanés (difficile voire impossible chez les sujets présentant une obésité sévère), cette méthode présente plusieurs limites :

- celle conceptuelle liée à la mesure de densité totale qui va en propager les erreurs, voire les amplifier,
- celles liées à la localisation des plis sélectionnés et à leurs relations à la masse grasse totale. Les quatre plis décrits ci-dessus ne prennent pas en compte le tissu adipeux de la partie inférieure du corps et ont tendance à sous-estimer l'obésité gynoïde.

La méthode estime mal le tissu adipeux profond et a tendance à sous-estimer l'obésité viscérale. La méthode des plis cutanés a pour avantage sa simplicité de mise en oeuvre et son coût très faible. Ceci a conduit au développement de nombreuses équations prédictives spécifiques de sous-populations particulières (enfants, adolescents, sportifs...).

Tableau 1 : Equations prédictives de la densité corporelle (DC) en fonction de l'age et du sexe chez l'adulte

Tranches d'âge	Homme	Femme
17-19	$DC = 1,1620 - 0,0630 (\log S)$	$DC = 1,1549 - 0,0678 (\log S)$
20-29	$DC = 1,1631 - 0,0632 (\log S)$	$DC = 1,1599 - 0,0717 (\log S)$
30-39	$DC = 1,1422 - 0,0544 (\log S)$	$DC = 1,1423 - 0,0632 (\log S)$
40-49	$DC = 1,1620 - 0,0700 (\log S)$	$DC = 1,1333 - 0,0612 (\log S)$
≥ 50	$DC = 1,1715 - 0,0779 (\log S)$	$DC = 1,1339 - 0,0645 (\log S)$

S est la somme des 4 plis cutanés (bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque) exprimée en mm.

III.3 LA MESURE DE L'EAU TOTALE (MÉTHODE D'ESTIMATION)

Dans le modèle à deux compartiments, la masse grasse est dépourvue d'eau et la masse maigre en contient une proportion fixe (73 %). À partir de l'estimation de l'eau corporelle totale, il est donc facile de calculer la masse maigre :

$$MM = \text{EAU TOTALE} / 0,73$$

Dans le modèle à trois ou quatre compartiments, l'eau corporelle totale et l'eau extracellulaire peuvent être considérées comme des compartiments (il s'agit alors d'une méthode de quantification). Les volumes d'eau (corporelle totale, extracellulaire, et intracellulaire) peuvent être déterminés :

- **par dilution de traceur** : une dose connue de traceur est bue, des prélèvements de plasma, d'urine, ou de salive sont réalisés quatre à six heures après administration de la dose. La concentration en traceur reflète le volume de dilution de la dose. Les traceurs de l'eau corporelle totale sont l'eau marquée au deutérium ou à l'oxygène 18, deux isotopes stables. L'eau tritiée n'est pas utilisée en France. Le traceur de l'eau extracellulaire est le brome. Il n'y a pas de traceur de l'eau intracellulaire. Ces méthodes ne sont pas utilisées en routine car elles nécessitent un équipement lourd. Elles servent à étalonner d'autres méthodes.
- **par impédancemétrie bioélectrique** (méthode de prédiction) L'impédancemétrie bioélectrique (bioelectrical impedance analysis, BIA) est basée sur la capacité des tissus hydratés à conduire l'énergie électrique. L'impédance est fonction du volume du compartiment hydro-électrolytique contenu dans le corps. L'impédance (Z) d'un corps est liée à la résistance spécifique (r), la longueur (L), et le volume conducteur (V) :

$$V = r L^2 / Z$$

L est la taille de l'individu, r est une constante déterminée lors de l'étalonnage du système.

La technique BIA la plus répandue utilise un seul courant de 800 μ Amp avec une fréquence de 50 kHz, et quatre électrodes de surface autocollantes. Deux électrodes sont placées au niveau du poignet, et deux le sont au niveau de la cheville homo-latérale. Le courant est appliqué pendant quelques secondes, et la mesure de Z est lue. Du fait des caractéristiques du courant, la mesure est totalement indolore. Quand le courant a une fréquence supérieure à 50 kHz, le volume mesuré est assimilé à l'eau corporelle totale.

Quand cette fréquence est inférieure à 5 kHz, le volume correspond à l'eau extracellulaire. Des mesures avec plusieurs fréquences de courant permettent une approche des différents secteurs hydriques.

Cette méthode fait l'objet de nombreuses critiques. À partir d'un modèle électrique simple,

l'eau corporelle totale puis la masse maigre sont déterminées. La qualité de la validation initiale de l'équation, sa pertinence pour une population spécifique, les conditions de mesures (température, orthostatisme...) sont des facteurs qui influencent les résultats. Cependant, en pratique clinique, il s'agit d'une technique simple, facile à mettre en oeuvre, peu coûteuse et indolore pour le patient. Elle apporte des informations utiles dans des circonstances où les autres techniques ne peuvent être utilisées.

III.4 L'ABSORPTIOMETRIE BIPHOTONIQUE

Jusqu'alors, les techniques décrites concernaient une mesure physique (densité, volumes, impédances...) utilisée pour l'estimation d'un compartiment. La technique ci-dessous permet d'accéder directement à un modèle à trois compartiments. L'absorptiométrie biphotonique à rayons X (Dual x-ray absorptiometry, DEXA), initialement développée dans les années 80 pour la mesure du contenu minéral osseux, s'est imposée comme la méthode de référence pour l'étude de la composition corporelle. Elle consiste à balayer l'ensemble du corps avec un faisceau de rayons X à deux niveaux d'énergie. Le rapport des atténuations de ces deux rayonnements est fonction de la composition de la matière traversée. L'irradiation imposée au patient est faible et similaire à celle correspondant à une radiographie pulmonaire. La calibration est effectuée avec des fantômes artificiels contenant des triglycérides et du calcium. La DEXA permet de séparer trois compartiments (masse grasse, masse maigre et contenu minéral osseux) par un traitement informatique des mesures physiques. La précision est excellente. Par rapport aux méthodes précédentes, la DEXA mesure la valeur du compartiment osseux, négligé jusque là. Le balayage du corps entier et le traitement d'images permettent une approche régionale (bras, tronc, jambes) des trois compartiments mesurés, impossible à réaliser avec les autres méthodes. La DEXA apparaît donc actuellement comme la méthode la plus intéressante pour l'étude de la composition corporelle et de ses variations en clinique. La limite réside dans le coût et la rareté des installations actuelles. Il faut souligner aussi que les appareils actuels ne sont pas adaptés aux sujets présentant une obésité massive, et aux patients qui ne peuvent se déplacer facilement (situation de réanimation...).

III.5 LA TOMODENSITOMETRIE COMPUTÉRISÉE

La graisse péri-viscérale intra-abdominale intervient dans le déterminisme des complications métaboliques et cardio-vasculaires de l'obésité. En pratique clinique, nous avons pris l'habitude de mesurer la circonférence à la taille pour estimer l'adiposité abdominale. La tomodensitométrie permet de réaliser des coupes anatomiques abdominales et d'identifier dans un plan horizontal les tissus en fonction de leur densité qui atténue les rayons X. Elle ne fournit pas une mesure de la masse grasse viscérale (en kg) mais un calcul des surfaces des tissus adipeux profonds et superficiels. On peut ainsi décrire un rapport d'adiposité viscérale sur adiposité sous-cutanée. La méthode est rapide (quelques minutes si on se limite à une seule coupe) et la précision est bonne.

III.6 MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES :

L'indice de masse corporelle

L'indice de masse corporelle et le rapport : $IMC = \text{poids} / \text{taille}^2$, où le poids est en kg et la taille est en mètre. L'indice de masse corporelle est un outil précieux pour la définition des valeurs normales du poids (entre 18,5 et 24,9 kg par m²) et pour la définition du surpoids (entre 25 et 29,9 kg par m²) et de l'obésité (au-delà de 30 kg par m²). Les valeurs en dessous de 18,5 kg par m² déterminent la maigreur.

Estimation de la masse musculaire

Excrétion de la créatinine de la 3-méthylhistidine La créatinine est un métabolite de la créatine, dont le débit urinaire des 24 h reflète le pool total de créatine, situé à 98 % dans le muscle. La 3-méthylhistidine est un acide aminé présent dans les protéines myofibrillaires, qui n'est pas recyclé après protéolyse, et est excrété directement dans les urines. L'excrétion journalière est donc proportionnelle à la masse musculaire. Pour ces deux marqueurs, la mesure de l'excrétion s'effectue en état stable, c'est-à-dire après un régime de trois jours sans viandes ni poissons afin d'éviter les apports exogènes. Le temps de recueil des urines de 24 h doit être très précis. Le calcul de la masse musculaire est basé sur une équivalence de 17,9 kg à 20 kg de muscle par gramme de créatinine.

La masse musculaire peut aussi être appréciée par *mesures anthropométriques* à partir de la circonférence musculaire brachiale, elle-même dérivée de la circonférence brachiale et du pli cutané tricipital. Bien que cette méthode soit peu précise, elle a un intérêt important en pratique médicale, car elle permet une appréciation de l'évolution de la masse musculaire au cours d'une situation clinique.

IV CONCLUSION

L'étude de la composition corporelle constitue un élément indispensable de l'évaluation du statut nutritionnel. L'intérêt et les limites des différentes méthodes ont été présentés (**Tableau II**). En pratique médicale de consultation, ou en hospitalisation, la DEXA dans la mesure où elle est accessible, représente la méthode de choix étant donné la précision et la qualité des renseignements obtenus. À défaut, l'impédance bioélectrique peut être utilisée en tenant compte des limites et des imprécisions de cette méthode, c'est-à-dire en n'accordant de valeur aux modifications de composition corporelle observées que pour des pertes ou des augmentations de poids suffisamment importantes. Les données anthropométriques, tels que les plis cutanés, constituent un moyen peu coûteux d'évaluation. Le suivi longitudinal par des mesures répétées compense le manque de

précision. La notion de composition corporelle doit être intégrée dans le raisonnement et la pratique médicale. Les méthodes d'évaluation ne sont plus réservées à des cercles d'initiés. Elle permet de prendre des décisions et de formuler des propositions thérapeutiques les mieux adaptées, telles que l'interprétation des variations pondérales, le choix d'un programme d'amaigrissement ou de renutrition.

Tableau II. Intérêts et limites des méthodes d'évaluation de la composition corporelle.

Méthodes	Intérêts	Limites
Hydrodensitométrie	mesure simultanée masse grasse et masse non grasse	Modèle coopération des sujets coût appareillage
Eau Corporelle	mesure de volume	Modèle coût appareillage
Absorptiométrie Biphotonique (DEXA)	mesures simultanées masse grasse, masse maigre contenu minéral osseux pas de coopération	coût appareillage disponibilité corpulence
Tomodensitométrie	graisse viscérale/souscutanée	coût appareillage disponibilité qualitatif
Anthropométrie (pilis cutanés)	coût rapidité répétition	modèle imprécision observateur obésité
Impédance bioélectrique (BIA)	coût rapidité observateur	modèle géométrie équations imprécision

V ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

- Barbe P. : Les compartiments corporels. Traité de nutrition Flammarion.
- Barbe P. : Les méthodes d'étude de la composition corporelle. Métabolisme Hormones et Nutrition.
- Ritz P. : Methods of assessing body water and body composition. In : Hydration throughout life, 1998, 63- 74. MJ Arnaud Ed, J Libbey Eurotext, Paris.