

Document de capitalisation technique 2018

ÉVALUER AU-DELÀ DE L'ANTHROPOMÉTRIE:

**L'ANALYSE D'IMPÉDANCE BIOÉLECTRIQUE (BIA)
POUR ESTIMER LA COMPOSITION CORPORELLE
DES ENFANTS ATTEINTS
DE SOUS-NUTRITION AIGÜE:**

Leçons de la recherche opérationnelle

PARTENAIRES

UNIVERSITY OF
COPENHAGEN



DONATEURS

**CHILDREN'S
INVESTMENT FUND
FOUNDATION**



INFORMATIONS LÉGALES

PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

© Action contre la Faim - Août 2018

Reproduction autorisée, moyennant mention de la source, sauf spécification contraire. Si la reproduction ou l'utilisation de données textuelles et multimédias (son, images, logiciels, etc.) sont soumises à autorisation préalable, cette autorisation annulera l'autorisation générale susmentionnée et indiquera clairement les éventuelles restrictions d'utilisation.

CLAUDE DE NON RESPONSABILITÉ

Le présent document vise à fournir au public un accès aux informations concernant les actions et les politiques d'Action contre la Faim. L'objectif est de diffuser des informations exactes et à jour à la date de création. Nous ferons notre possible pour corriger les erreurs portées à notre attention.

La responsabilité d'Action contre la Faim n'est en aucune manière engagée quant au contenu de ce document, lequel fournit des informations :

- d'ordre général et ne se concentre pas sur la situation particulière d'une personne physique ou morale ;
- qui ne sont pas nécessairement complètes, exhaustives, exactes ou à jour ;
- qui font parfois référence à des documents externes ou à des sites sur lesquels les auteurs n'ont aucun contrôle et pour lesquels ils déclinent toute responsabilité ;
- qui ne constituent pas un avis juridique.

La présente clause de non-responsabilité n'a pas pour but de limiter la responsabilité d'Action contre la Faim qui serait contraire aux dispositions de la législation nationale en vigueur, ou de refuser toute responsabilité au regard de cette même législation nationale.

AUTEURS ET CONTRIBUTEURS

Ce document de capitalisation technique a été rédigé par Sophie Renault, chef de projet Composition corporelle, d'après une idée de Cécile Salpéteur, Référente projets de recherche en Nutrition Santé, toutes les deux d'Action contre la Faim France. Ce document est basé sur l'expérience acquise par Action contre la Faim dans l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) dans le cadre de deux essais cliniques MANGO et OptiDiag, actuellement en cours au Burkina Faso, au Liberia et au Bangladesh – Voir [Annexe 1](#) pour la description des deux projets.

Suvi Kangas, doctorante et chercheuse principale du projet MANGO, et Trenton Dailey-Chwalibòg, doctorant du projet Optidiag, ont contribué en tant que co-auteurs au présent document.

Un comité d'experts scientifiques composé de Jonathan Wells (UCL, Royaume-Uni), Pernille Kaestel (AIEA, Autriche) et Carlos Grijalva-Eternod (UCL, Royaume-Uni) a révisé le document.

COMMENT CITER CE DOCUMENT ?

Renault S., Kangas S., Dailey-Chwalibòg T. et Salpéteur C. Action contre la Faim 2018. « Évaluer au-delà de l'anthropométrie : l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) pour estimer la composition corporelle des enfants atteints de sous-nutrition aiguë : leçons de recherche opérationnelle ».

¹ Modelling an Alternative Nutrition protocol Generalizable to Outpatient care (Modélisation d'un protocole de nutrition alternative généralisable aux soins en ambulatoire) - Burkina Faso

² Optimisation du Diagnostic et du suivi de la MAS - Burkina-Faso, Liberia et Bangladesh

GLOSSAIRE

ACF	Action contre la Faim	Une organisation non-gouvernementale.
AP	Angle de phase	Méthode linéaire de mesure de la relation entre les vecteurs R et Xc. Il reflète les propriétés électriques des tissus et est affecté par la maladie, l'état nutritionnel et d'hydratation.
APTE	Aliment thérapeutique prêt à l'emploi	Traitement nutritionnel pour les enfants atteints de sous-nutrition aiguë sévère, un aliment emballé prêt à être utilisé qui ne nécessite pas de cuisson. La valeur nutritionnelle et la composition sont encadrées par une déclaration de l'ONU de 2007. http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/a91065/en/ .
BIA	Analyse d'impédance bioélectrique	Méthode de mesure des propriétés électriques des corps organiques. Elle peut être utilisée pour évaluer la masse non grasse et l'eau corporelle totale, et indirectement la masse grasse.
BIVA	Analyse vectorielle d'impédance bioélectrique	Méthode mathématique d'analyse des données de BIA. Elle est utilisée pour évaluer la masse non grasse et l'état d'hydratation à l'aide des paramètres bruts de BIA standardisés pour la taille et représentés sous forme de points vectoriels sur un « graphique R-Xc ».
ECT	Eau corporelle totale	Le composant le plus important du poids corporel, comprenant l'eau intracellulaire et l'eau extracellulaire.
IMC	Indice de masse corporelle	Indice utilisé pour évaluer l'état nutritionnel - Défini par le poids en kg divisé par la taille (en mètre) au carré.
PT	Indice Poids-Taille exprimé en Z-score	Indice permettant de comparer le poids d'un enfant d'une taille donnée au poids d'une population de référence de même taille et d'identifier la maigreur lorsque le PT exprimé en Z-score est <-2.
TA	Indice Taille-Âge exprimé en Z-score	Indice permettant de comparer la taille d'un enfant à un âge donné à la taille d'une population de référence du même âge et d'identifier un retard de croissance lorsque l'indice taille-âge exprimé en Z-score est <-2.
MAM	Sous-nutrition aiguë modérée	Perte de poids définie par un enfant présentant $-3 \leq PT < -2$ et/ou $115 \text{ mm} \leq PB < 125 \text{ mm}$.

MAS	Sous-nutrition aiguë sévère	Perte de poids sévère définie par un PT < -3 et/ou un PB < 115 mm et/ou des œdèmes bilatéraux prenant le signe du godet (indépendamment d'une perte de poids).
MG	Masse grasse	Masse grasse, ne contenant pas d'eau.
MNG	Masse non grasse	Tous les composants du poids du corps à l'exception de la graisse corporelle. Il convient de noter que le tissu adipeux contient également de l'eau et que les composants corporels ne sont pas strictement délimités.
SL	Supplément à matrice lipidique	Suppléments nutritionnels fournissant des lipides et des micronutriments, souvent utilisés dans l'action humanitaire.
PB	Périmètre brachial	Mesure du bras gauche (à mi-hauteur) qui indique une perte de poids/maigreur si < 125 mm chez les enfants de moins de 5 ans.
R	Résistance	Opposition à la circulation d'un courant électrique généré par les fluides extra et intracellulaires, inversement corrélée à l'eau corporelle et à la teneur en électrolytes des tissus
Xc	Réactance	Propriétés de capacitance des membranes cellulaires. Elle reflète la masse cellulaire, ainsi que son intégrité et sa composition.
Z	Impédance	C'est une mesure de la relation entre R et Xc du corps. Elle est mesurée en Ohms.

À QUI S'ADRESSE CE DOCUMENT ?

Ce document s'adresse à la communauté internationale œuvrant dans le domaine de la santé et de la nutrition, incluant la société civile, les autorités sanitaires, le personnel de santé, le personnel des ONG, les décideurs, les gouvernements, les bailleurs publics et privés et les organismes scientifiques.

QUEL EST L'OBJECTIF DU DOCUMENT ?

L'objectif est de décrire de façon claire et concise les principes de l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) et de proposer des étapes pratiques pour un recueil de données de BIA de bonne qualité, sur la base de notre expérience. Nous souhaitons aider les acteurs concernés à comprendre comment réaliser les mesures de BIA dans un contexte de recherche opérationnelle dans le domaine de la sous-nutrition, et les avantages de cette méthode pour mieux connaître la physiologie de la sous-nutrition.

RÉSUMÉ

La composition corporelle peut fournir des informations inédites sur la santé des enfants. Elle est prometteuse et présente un potentiel intéressant pour améliorer le diagnostic de la sous-nutrition aiguë et son traitement pour une efficacité améliorée et à plus long terme. L'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) est un moyen d'estimer la composition corporelle. Celle-ci devient de plus en plus facile à étudier grâce aux nouvelles méthodes développées, qui rendent la mesure plus rapide, plus facile et plus fiable pour les praticiens sur le terrain, dans des environnements par ailleurs difficiles.

En raison de son potentiel à fournir des informations importantes sur le véritable état physiologique des enfants sous-nutris, la mesure de la composition corporelle devrait être systématiquement intégrée aux projets de recherche visant à tester l'efficacité des méthodes actuelles ou nouvelles de diagnostic ou de traitement. Les données de composition corporelle sont également essentielles pour informer sur la santé à long terme des enfants, un domaine qui mérite beaucoup plus d'attention. Enfin, chez les enfants œdémateux, les mesures de BIA pourraient fournir des informations sur la répartition et l'étendue du déséquilibre des fluides et aider à optimiser le traitement de ce groupe sous-nutri particulièrement vulnérable.

Si la BIA est relativement simple à mesurer, elle requiert néanmoins la coopération du patient qui doit rester calme et se tenir dans une position correcte, ce qui constitue un défi pour les jeunes enfants. Une attention et des efforts particuliers doivent être consacrés à l'harmonisation d'une échelle de qualité pour les mesures de BIA afin d'obtenir des résultats valables et comparables entre études.

Malgré son grand intérêt et sa valeur ajoutée en recherche, la BIA reste une méthode qui ne peut pas encore être appliquée dans les programmes de routine sur le terrain. Des méthodes d'interprétation plus simples, fiables et directes sont nécessaires ainsi que des valeurs de référence validées et spécifiques selon les populations.

SOMMAIRE

2	INFORMATIONS LÉGALES
3	GLOSSAIRE
5	À QUI S'ADRESSE CE DOCUMENT?
5	QUEL EST L'OBJECTIF DU DOCUMENT?
5	RÉSUMÉ
6	SOMMAIRE
7	TABLEAU DES FIGURES
8	COMPOSITION CORPORELLE EN MAS: POURQUOI?
13	TECHNIQUE DE BIA: LES BASES
18	INSTRUCTIONS POUR LA RÉALISATION DE MESURES DE BIA
18	SE PRÉPARER
20	NOTE TECHNIQUE N°1 NORMALISER LES MESURES DE BIA: DÉVELOPPER SON ÉCHELLE DE QUALITÉ
21	NOTE TECHNIQUE N°2 FORMER SON ÉQUIPE : ASTUCES POUR CALMER LES ENFANTS
21	NOTE TECHNIQUE N°3 TESTER PLUSIEURS OPTIONS POUR MESURER LES ENFANTS IMMOBILES
22	MISE EN ŒUVRE DES MESURES
24	NOTE TECHNIQUE N°4 S'ASSURER D'UTILISER CORRECTEMENT LES ÉLECTRODES
25	SURVEILLER LES MESURES ET LE MATÉRIEL DE BIA
26	ALLER PLUS LOIN AVEC L'ANGLE DE PHASE ET LA BIVA
28	POINTS CLÉS ISSUS DE L'EXPÉRIENCE D'ACTION CONTRE LA FAIM
30	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES
31	RÉFÉRENCES
33	ANNEXE 1 : PROJETS DE RECHERCHE MANGO ET OPTIDIAG
34	ANNEXE 2: EXEMPLES DE POSITIONS PRISES PAR LES ENFANTS PENDANT LA MESURE DE BIA ET QUALITÉ SELON L'ÉCHELLE D'ACTION CONTRE LA FAIM

TABLEAU DES FIGURES

- 13** **FIGURE 1 : MESURE DE LA BIA DU CORPS ENTIER**
- 13** **FIGURE 2 : POSITIONNEMENT DES ELECTRODES SUR LA MAIN ET LE PIED**
- 15** **FIGURE 3: B - MODELE EN CYLINDRE POUR LA RELATION ENTRE IMPEDANCE ET GEOMETRIE (KYLE & AL. 2004)**
- 16** **FIGURE 4: DIAGRAMME SCHÉMATIQUE: MNG, ECT, EEC, EIC ET MCC (KYLE ET AL. 2004)**
- 21** **FIGURE 5: OPTION AVEC MAINTIEN ET OPTION LIBRE POUR LES MESURES DE BIA - BANGLADESH**
- 22** **FIGURE 6: PRÉPARATION DU MATERIEL DE BIA POUR LA PRISE DE MESURE - BURKINA FASO**
- 23** **FIGURE 7: POSITION REQUISE DU PATIENT PENDANT LA MESURE DE BIA**
- 23** **FIGURE 8: APPAREIL DE BIA EN FONCTIONNEMENT**
- 24** **FIGURE 9: POSITIONNEMENT DES ÉLECTRODES SUR LA MAIN**
- 26** **FIGURE 10: REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE L'IMPÉDANCE ET DE L'ANGLE DE PHASE**
[ADAPTÉE DE BARBOSA ET AL. 2005]
- 27** **FIGURE 11 : GRAPHIQUE RXC DE NORMAN ET AL. 2012**
- 29** **FIGURE 12: LA MESURE DE BIA EN CONDITIONS RÉELLES AU BURKINA FASO (A), AU LIBERIA (B) ET AU BANGLADESH (C)**

COMPOSITION CORPORELLE ET MAS: POURQUOI?

SOUS-NUTRITION INFANTILE

La sous-nutrition infantile est proportionnellement plus présente dans les pays à revenu faible ou intermédiaire et elle est reconnue comme une maladie aux lourdes conséquences de santé publique représentant 3,1 millions de décès d'enfants chaque année (1,2). Black et al. ont estimé en 2011 que 45 % de tous les décès d'enfants étaient imputables à la sous-nutrition, du retard de croissance (fœtal et infantile) à la maigreur et aux carences en vitamine A et en zinc (1). Dans le monde, la maigreur, définie par un indice poids-taille [PT] exprimé en Z-score < -2 , affecte 50,5 millions d'enfants de moins de 5 ans et serait responsable de 875 000 décès d'enfants (13 %) chaque année (1,3).

À partir de l'âge de 6 mois, les enfants atteints de sous-nutrition aiguë sévère (MAS) sont identifiés en mesurant leur poids, leur taille et leur périmètre brachial (PB) et en évaluant la présence d'œdèmes bilatéraux prenant le godet. Le diagnostic de MAS pour les enfants âgés de moins de 59 mois est donc basé sur les trois indicateurs suivants, conformément aux recommandations émises par l'OMS en 2013: 1) PT exprimé en Z-score < -3 ; et/ou 2) PB < 115 mm; et/ou 3) œdèmes bilatéraux prenant le godet confirmés (4,5). Les enfants atteints de MAS ont un risque élevé de morbidité en raison d'un système immunitaire affaibli, entraînant par exemple un risque de décès multiplié par 11,6 lorsque l'indice poids-taille exprimé en Z-score est < -3 , par rapport à des enfants correctement nutris (2). Une détection et un traitement précoces et appropriés de ces enfants sont donc nécessaires pour prévenir la morbidité et la mortalité.

TRAITEMENT DES ENFANTS ATTEINTS DE MAS

Le traitement actuel des enfants atteints de MAS âgés de 6 à 59 mois consiste à administrer un traitement antibiotique systématique, à prescrire des aliments thérapeutiques à haute densité énergétique fournissant des macro et micronutriments permettant un rattrapage rapide de la croissance, et un traitement selon les symptômes de maladies infantiles simples telles que paludisme, diarrhée, infections respiratoires et lésions cutanées. Ce traitement est dispensé au niveau du centre de santé (en ambulatoire) lors de consultations hebdomadaires, puis pris à domicile le reste de la semaine. Toute complication médicale identifiée conduit à référer le patient vers un traitement en hospitalisation, au cours de laquelle des examens plus poussés seront réalisés et d'autres modalités de traitement seront administrées à l'enfant (5-7).

PHYSIOLOGIE DE LA MAS: LA BOITE NOIRE

Les connaissances sur l'état physiologique des enfants atteints de MAS à l'admission, au cours du traitement, à la guérison, à l'adolescence et à l'âge adulte sont insuffisantes et limitent l'efficacité actuelle des programmes :

- **Le diagnostic et l'admission** dans les programmes de nutrition sont définis selon l'état nutritionnel d'après l'anthropométrie plutôt que les aspects physiologiques (c'est-à-dire, dans quelle mesure un mauvais état anthropométrique reflète-t-il la gravité des déficits en masse non grasse et en masse grasse, l'état d'hydratation, et vice-versa ?);
- De même, **l'efficacité du traitement** est définie par la guérison d'un enfant sur la base d'indices anthropométriques, de prise de poids ou de PB (5-7). Elle est reflétée par l'état nutritionnel anthropométrique, mais celui-ci n'est qu'un indicateur indirect de la véritable récupération physiologique (c'est-à-dire, est-ce qu'un déficit de masse non grasse est complètement comblé chez les enfants ayant atteint les critères de sortie du PT ou du PB ?);
- **La réponse physiologique** reste mal documentée, comme le type de poids pris par les enfants sous-nutris au cours de leur traitement (6) (c'est-à-dire, est-ce que les enfants atteints de MAS prennent plus de masse non grasse ou plus de masse grasse pendant leur traitement avec ATPE, et leurs proportions respectives changent-elles au cours du traitement ?);
- **Les effets à long terme de la MAS et la qualité de vie chez des enfants anciennement malnutris** ne sont pas suffisamment documentés, en dépit de plusieurs études suggérant l'éventualité de conséquences négatives. Par exemple, des personnes ayant survécu à une MAS présentent des mécanismes de croissance altérés associés à un risque potentiel de maladie non transmissible, si d'autres facteurs de risque (comme l'obésité) se manifestent par la suite au cours de leur vie (8).

POTENTIEL DE L'ÉVALUATION DE LA COMPOSITION CORPORELLE EN PÉDIATRIE

L'évaluation de la composition corporelle vise à **quantifier les composants corporels : masse grasse et masse non grasse** chez l'individu (9). En matière de maladies pédiatriques, l'évaluation de la composition corporelle a le potentiel suivant (10) :

- a. Elle pourrait améliorer l'identification des enfants les plus à risque ;
- b. Elle pourrait améliorer le suivi de la progression du traitement et de l'état d'hydratation ;
- c. Elle pourrait éclairer notre compréhension de la récupération physiologique en ce qui concerne la nature de la masse déposée : masse non grasse, masse grasse ;
- d. Elle pourrait prédire le risque de futures maladies non transmissibles (MNT).

En fait, la quantité et la répartition de la masse grasse corporelle ainsi que celles de la masse maigre sont considérées comme étant des indicateurs importants de la santé chez les nourrissons et les enfants. Presque toutes les maladies ont un impact sur la composition corporelle d'une manière ou d'une autre, affectant la fonction physiologique et la santé. Le suivi d'indicateurs de la composition corporelle peut donc aider à diagnostiquer, à surveiller la progression des maladies et leur prise en charge clinique ; soit en identifiant des différences entre groupes, soit en déterminant la réponse au traitement au niveau individuel (10). D'une part, la quantité et la qualité de masse non grasse sont associées aux organes et tissus fonctionnels et peuvent également être importantes pour la fonction immunitaire (11). D'autre part, l'excès de graisse corporelle et sa répartition à l'âge adulte contribuent à l'apparition de maladies chroniques non transmissibles, comme le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires (12). Cependant, chez les enfants, cette relation est beaucoup moins claire et il est admis de façon générale qu'un excès de graisse est tout aussi nocif qu'un stock de graisse trop faible (13). Au cours du traitement de la malnutrition vers la guérison, les deux tissus sont nécessaires pour rétablir un corps en bonne santé, mais on ignore dans quelle proportion chacun est nécessaire.

COMPOSITION CORPORELLE CHEZ LES ENFANTS ATTEINTS DE MAS: EN QUOI EST-CE IMPORTANT?

L'exploration de la composition corporelle chez les enfants sous-nutris présente les intérêts suivants:

1. Le diagnostic de la sous-nutrition devrait distinguer les enfants à plus haut risque de décès, à plus important déficit de poids et ayant plus de co-morbidités, et permettre par la suite des traitements sur mesure, définis pour répondre aux besoins nutritionnels, physiologiques et anthropométriques. Même si des valeurs faibles de PT et de PB identifient toutes les deux des enfants à risque de mortalité élevé, il existe une différence de diagnostic entre ces deux indices (6,14,15). Les seuils actuels n'identifient pas systématiquement les mêmes enfants, c'est-à-dire que les enfants atteints de MAS identifiés avec un PT exprimé en Z-score < -3 n'ont pas systématiquement un PB < 115 mm et vice versa. Les discussions sur le protocole actuel utilisé pour le diagnostic de la MAS se concentrent sur la simplification et le ciblage des enfants présentant le risque de décès le plus élevé. Quel critère, le PT faible ou le PB faible, identifie les enfants les plus à risque de mortalité? *Grellety et al.* ont constaté que le PB < 115 mm n'a pas permis d'identifier un tiers des enfants décédés (16). Cela suscite des préoccupations sur le fait que des enfants sous-nutris ayant besoin d'un traitement pourraient ne pas être détectés lorsque l'un ou l'autre des critères est utilisé.

→ La divergence entre les deux critères de diagnostic de la MAS justifie la nécessité de rechercher d'autres méthodes de diagnostic pour compléter celles existantes, afin de mieux identifier les enfants ayant le plus besoin d'un traitement. La composition corporelle fournit des informations intéressantes qui pourraient être corrélées avec celles existantes, permettant une meilleure estimation du risque de mortalité. Le projet OptiDiag ([Annexe 1](#)) par exemple étudie, parmi d'autres techniques biomédicales innovantes, la composition corporelle des enfants atteints de MAS en combinaison avec les mesures anthropométriques traditionnelles (PT, PB) afin de comparer la vulnérabilité des enfants atteints de MAS.

2. L'identification et le contrôle de la résolution des déséquilibres des fluides dans le cas de la sous-nutrition avec œdèmes.

Actuellement, dans la pratique clinique, les œdèmes sont identifiés en appuyant les pouces sur le dessus des pieds et en observant un godet (dépression se comblant très vite) sur les deux pieds après le retrait des pouces (17). La disparition des œdèmes est surveillée simplement en mesurant le poids à l'admission et en observant sa baisse transitoire lors de la disparition des œdèmes (7). Ces méthodes ne permettent pas de distinguer si le type d'eau perdue est extracellulaire ou intracellulaire, ni sa quantité et sa répartition. Une mesure de la composition corporelle incluant l'eau corporelle totale et la quantification de l'eau extra et intracellulaire serait utile pour le diagnostic et le suivi de la résolution des déséquilibres des fluides dans les formes œdémateuses de sous-nutrition (18). Comme cela a été récemment affirmé dans le cadre des soins néonataux, la BIA présente un grand potentiel pour l'amélioration de la prise en charge clinique de ces bébés vulnérables (19).

3. La guérison doit permettre une véritable guérison physiologique et tenir compte de la nature de la prise de poids, en termes de dépôts de masse grasse ou de masse non grasse.

Il existe à ce jour très peu de données sur l'évolution de la composition corporelle chez les enfants atteints de sous-nutrition aiguë, entre leur admission et leur sortie. On suppose uniquement, sans le savoir précisément, que le traitement nutritionnel actuellement administré reconstitue de manière adéquate les déficits à la fois de masse non grasse et de masse grasse, tout en rétablissant une répartition adéquate des liquides. Fabiansen et al. (2017) par exemple ont démontré que la majeure partie du poids pris par les enfants atteints de sous-nutrition aiguë modérée au cours de leur traitement est constituée de masse non grasse (20). Une autre étude a toutefois mis en évidence que les enfants MAS guéris ne présentaient pas d'excès de masse grasse, et une masse non grasse en valeur absolue inférieure à celle des enfants normaux dans le même contexte (21).

→ Ces résultats pourraient indiquer que des enfants « guéris » de MAS peuvent être guéris selon des critères anthropométriques, mais que leur composition corporelle demeure inadéquate, ce qui suscite des préoccupations quant à l'efficacité du traitement nutritionnel et des critères de sortie actuellement utilisés dans les programmes nutritionnels. Il n'existe pas de référence universelle pour la composition corporelle optimale des enfants, ce qui rend difficile l'évaluation du succès du traitement. Les résultats de *Bahwere et al.* (2016) suggèrent que les enfants guéris de MAS récupèrent une masse non grasse comme les enfants du groupe contrôle dans la communauté, mais ils ont une représentativité limitée car ils comprenaient uniquement des enfants de plus de 24 mois admis et sortis selon le critère du PB. Il est nécessaire d'étudier plus globalement la composition corporelle des enfants atteints de MAS pour en apprendre plus sur leur guérison au niveau physiologique.

4. Le traitement ne doit pas nuire à long terme et prévenir le risque de Maladies Non Transmissibles à l'âge adulte.

Il est désormais prouvé que les périodes fœtales et postnatales précoces sont des périodes à risque de développement ultérieur de diabète de type 2, d'obésité et de syndrome métabolique ou de **maladies non transmissibles (MNT)** (22,23). L'exposition à la **sous-nutrition en phase fœtale et/ou infantile** lors de la famine au Nigeria a été associée de façon significative à un risque plus élevé d'**hypertension** et une **tolérance au glucose altérée** chez les nigériens d'âge moyen (24). Certaines études ont également associé **une croissance et une prise de poids rapides** au cours des premières années de la vie à **un Indice de Masse Corporelle, une obésité et un risque de maladie coronarienne plus élevés ultérieurement**, en particulier chez les sujets maigres à la naissance (25–28). Cependant, la prise de poids rapide semble particulièrement préjudiciable vers la fin de l'enfance, moins pendant la petite enfance (29). D'autre part, les bienfaits à court terme d'un rattrapage de croissance rapide ne devraient pas être sous-estimés, car ils pourraient également protéger l'enfant contre les maladies aiguës de l'enfance (30). L'étude ChroSAM menée au Malawi a montré que la MAS a des conséquences durables sur la croissance (c.-à-d. augmentation du retard de croissance), la composition corporelle (c.-à-d. moindre masse non grasse que les enfants normaux après guérison) et les fonctions physiques (c.-à-d. poignée de main plus faible) (8). Plus de preuves scientifiques sont toutefois nécessaires quant aux conséquences ultérieures de la sous-nutrition infantile aiguë sur la santé à l'âge adulte.

→ Nous ne savons pas si la MAS a un impact à long terme ou si, grâce à un meilleur traitement, nous pourrions limiter cet impact. Cela concerne les conséquences de la sous-nutrition sur la santé future; mais aussi les effets à long terme pouvant résulter de la prise de poids rapide pendant le traitement de la sous-nutrition aiguë. La communauté humanitaire doit associer l'approche de « sauver des vies » avec celle de « ne pas nuire à long terme »; en minimisant les effets à long terme de la sous-nutrition aiguë ainsi que les effets potentiellement aggravants de son traitement sur la santé future.

MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA COMPOSITION CORPORELLE

- L'Indice de Masse Corporelle (IMC) est une mesure courante du statut nutritionnel, qui classe les individus en sous poids, poids normal, surpoids et obésité. Utile pour la prédiction des risques et la pratique clinique, l'IMC ne fait cependant pas de distinction entre les types de tissus (musculaires et gras) ; il ne peut donc pas être considéré comme une mesure valable de la composition corporelle (31).
- Des mesures telles que l'épaisseur des plis cutanés et le tour de taille sont simples et rapides, et fournissent des estimations brutes de la graisse corporelle régionale. Cependant, elles ne fournissent aucune information sur la masse musculaire, ni sur la graisse corporelle totale de façon précise (31).
- L'anthropométrie du bras est largement utilisée comme indicateur indirect du statut nutritionnel, car c'est une mesure non invasive, bon marché, rapide et, la plupart du temps, facile à mesurer (32). Un Périmètre Brachial faible (PB < 115 mm) est un bon indicateur du risque accru de morbidité et de mortalité chez les enfants (5), mais alors que la masse grasse corporelle totale et la masse grasse régionale sont toutes les deux relativement bien prédites par le PB (32), la masse non grasse semble mieux prédite par l'indice poids-taille (PT) exprimé en Z-score (33).
- Certaines techniques plus sophistiquées ont récemment été plus largement utilisées en pédiatrie, telles que l'absorptiométrie à rayons X en double énergie (DEXA), la pléthysmographie par déplacement d'air, la dilution isotopique et l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) (31). Chacune a ses avantages et ses limites, et toutes sont actuellement limitées par l'absence de données de référence sur la composition corporelle des enfants, bien que des efforts soient faits pour élaborer de telles normes (31,34):

o La DEXA permet de mesurer la densité osseuse ainsi que la masse grasse et la masse non grasse, mais elle n'est pas nécessairement très précise dans les états pathologiques ou avec des compositions corporelles variées ou en suivi longitudinal.

o La pléthysmographie par déplacement d'air mesure la densité corporelle et suppose une densité constante à la fois pour la masse grasse et la masse non grasse pour prédire la composition corporelle. Dans de nombreux états pathologiques, la composition en masse non grasse peut être perturbée et les équations sont donc moins valables.

o La dilution isotopique estime la masse non grasse en mesurant l'eau corporelle totale. Elle est donc naturellement sensible à un déséquilibre de l'état d'hydratation de la masse musculaire.

o La BIA permet d'obtenir une prédiction de la masse non grasse par le biais d'équations estimant l'eau corporelle totale. Mais à l'image de la dilution isotopique, cette technique est sensible aux erreurs en cas de déséquilibre des fluides.

Comparée à d'autres techniques, la BIA a un grand potentiel car elle pourrait être utilisée pour mesurer la répartition de l'eau (intra ou extracellulaire) à l'aide d'un courant mono fréquence, et la composition de différentes parties du corps avec des mesures de BIA segmentaire. Les sections suivantes donneront plus de détails sur la mesure de BIA.

→ Au Burkina Faso, au Liberia et au Bangladesh, Action contre la Faim a utilisé des appareils de BIA dénommés « Nutriguard S », loués ou achetés auprès de Data Input, en Allemagne.

TECHNIQUE DE BIA: LES BASES

L'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) est une **évaluation non invasive et relativement simple** de la composition corporelle obtenue avec un équipement portable générant rapidement des informations (35,36).

La BIA permet d'évaluer les deux principaux composants corporels: la masse grasse et la masse non grasse, ainsi que l'eau corporelle totale et sa répartition à l'intérieur et à l'extérieur des cellules, à condition qu'elle soit mesurée chez des sujets sans trouble important de l'équilibre des fluides et des électrolytes (35).

La **BIA** est une méthode qui consiste à **mesurer la résistance électrique dans un corps organique** en appliquant un courant électrique inoffensif de faible amplitude et à basses et hautes fréquences, généralement 50 kHz, à travers l'organisme, via des électrodes sur la peau (36,37). Le courant passe par des câbles raccordés à des électrodes gélifiées collées sur la main, le poignet, le pied et la cheville d'un même côté du corps (36,37) (figure 2). Cette méthode s'appelle la mesure ipsilatérale tétrapolaire*.

Il convient de noter que ce document de capitalisation technique traite uniquement de la BIA du corps entier (voir la figure 1)(38).

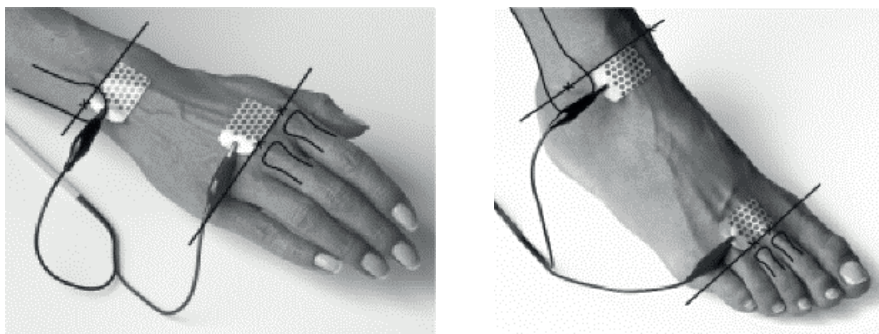


Figure 2: Positionnement des électrodes sur la main et le pied
© Data Input, Nutriguard S mode d'emploi (37)

* MESURE IPSILATERALE TETRAPOLAIRE

Le patient doit être mesuré en position couchée sur le dos, les pieds écartés et les bras ne touchant pas le côté du corps. Un contact entre les deux jambes ou entre les bras et le torse peut raccourcir le passage du courant électrique et affecter les résultats.

Le placement des électrodes est par exemple déterminant pour obtenir des résultats de qualité, c'est-à-dire que chez les enfants, un minimum de 3 cm entre les électrodes évite toute interaction entre elles et augmente les chances d'obtenir des résultats de bonne qualité.

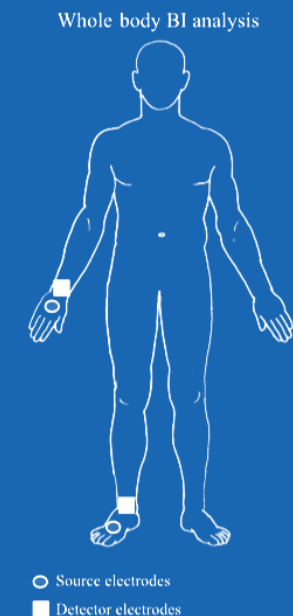


Figure 1: Mesure de la BIA du corps entier (adapté de Mirele 2014)

QUE MESURE LA BIA ?

Le corps réagit au courant électrique par deux types différents de résistance : Mais parfois également :

- La résistance résistive appelée **résistance (R)**
- La résistance capacitive appelée **réactance (Xc)**

L'impédance (Z) reflète la relation entre la résistance et la réactance et fait référence à la résistance totale d'un conducteur biologique mesurée en **Ohms** (35,37).

$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

Cette mesure de l'impédance est nécessaire pour évaluer l'Eau Corporelle Totale (ECT) au moyen d'une équation divisant la taille de l'individu par l'impédance.

$$TBW = \frac{height}{Z}$$

La mesure de l'Eau Corporelle Totale est ensuite utilisée pour estimer la quantité de Masse Non Grasse (MNG), comme indiqué ci-dessous.

$$TBW = k1 + [K2 * \frac{HT^2}{Z}]$$

$$FFM = k1 + [K2 * \frac{HT^2}{Z}]$$

$$FFM = TBW / hydration\ fraction$$

Pour finir, la Masse Grasse (MG) est ensuite calculée en faisant la différence entre le poids total et la masse non grasse :

$$FM = Weight - FFM$$

Il convient de noter donc que la BIA ne prédit jamais la masse grasse, mais seulement l'eau corporelle totale ou la masse non grasse.

Ce calcul repose sur les constantes k1 et k2 qui varient considérablement selon la population. En particulier dans le cas d'états pathologiques qui affectent la dynamique des fluides, cette équation présentera une association moins stricte.

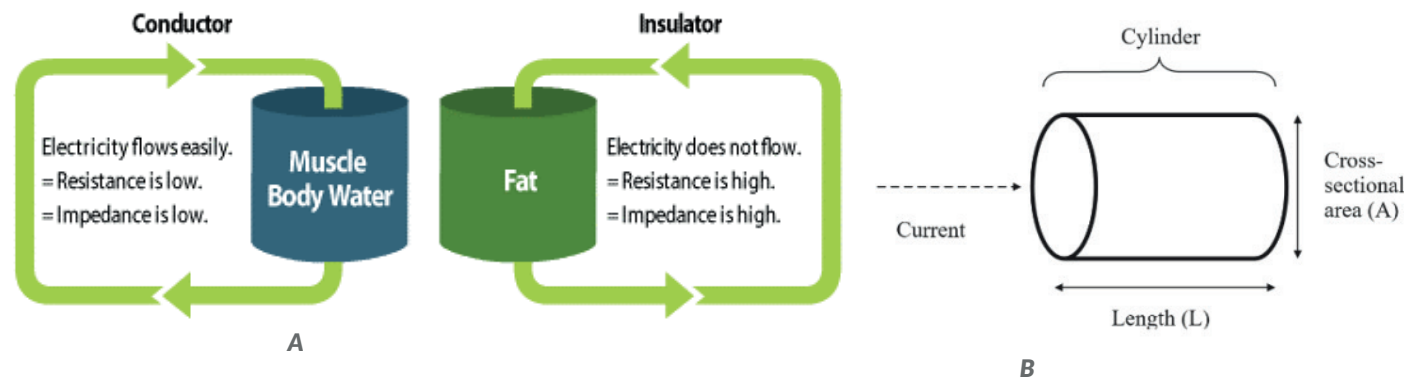


Figure 3: B - Modèle en cylindre pour la relation entre impédance et géométrie (Kyle & al. 2004)

→ RÉSISTANCE (R)

La Résistance (R) est l'**opposition à la circulation d'un courant électrique généré par des fluides extra ou intracellulaires** et elle est **inversement proportionnelle à l'eau corporelle totale (ECT) et aux concentrations en électrolytes** (35,37). La masse musculaire, par exemple, a une teneur élevée en eau et en électrolytes. Elle est donc un bon conducteur de courant électrique, présentant une faible résistance et une faible impédance. À l'inverse, la graisse, les os et la peau sont considérés comme de mauvais conducteurs (36,37). Voir ci-après la figure 3, A.

La résistance est également **proportionnelle à la longueur (L) d'un matériau conducteur homogène** de section transversale uniforme et **inversement proportionnelle à sa section transversale** - figure 3, B (35). Le modèle conventionnel de BIA considère le corps humain comme un cylindre unique pour prédire la composition corporelle (31). On considère que les segments des bras et des jambes représentent la composition corporelle générale, dans la mesure où ils contribuent à environ 90 % de l'impédance totale (longueur importante et section transversale courte = haute résistance, donc haute impédance) (35).³

→ RÉACTANCE (Xc)

La Réactance (Xc) est l'**opposition à la circulation d'un courant électrique produite par les membranes cellulaires** (couches de protéines et de lipides) stockant brièvement une partie de la charge, agissant comme des mini-condenseurs. La réactance **reflète donc la mesure de l'intégrité de la cellule** (36,37).

³ Il convient de noter que les autres hypothèses permettant une estimation correcte de la BIA sont une composition homogène, une section transversale fixe et une distribution stable de la densité du courant. (39).

COMPARTIMENTS DE LA COMPOSITION CORPORELLE

Comme mentionné précédemment, chez les sujets présentant une hydratation normale et sans trouble électrolytique majeur, les paramètres de la BIA (R, Xc et Z) sont utilisés pour évaluer les compartiments de la composition corporelle après avoir été ajustés à la taille et combinés à d'autres variables physiques et démographiques telles que l'âge, le poids corporel, le sexe, le groupe ethnique, la situation clinique, etc. (34,36).

Tous ces paramètres sont ensuite saisis dans des **équations de régression prédictives spécifiques par population**, permettant de réaliser une prédiction de l'eau corporelle totale, par la suite convertie en masse non grasse (32,35).

Ces équations prédictives supposent que l'hydratation de la masse non grasse est normale, entre 73 % et 80 % en fonction de l'âge.

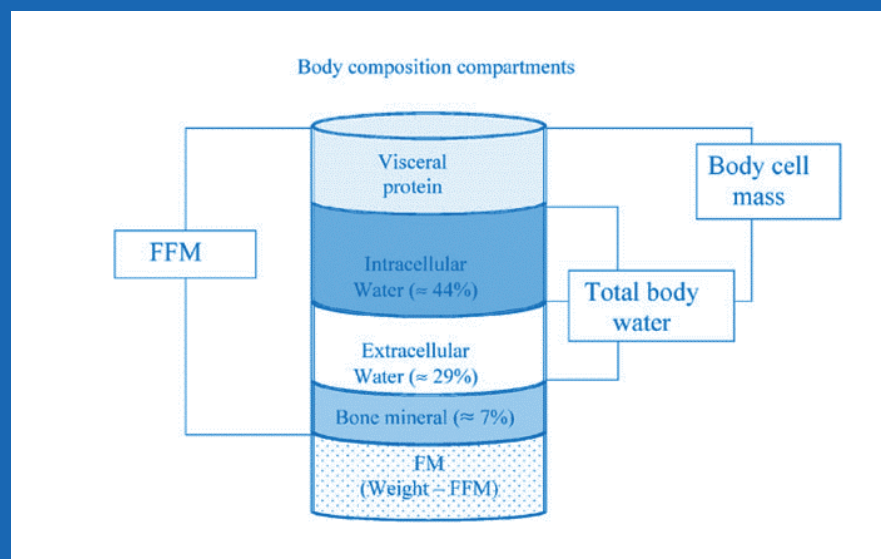


Figure 4 : Diagramme schématisant : MNG (FFM), ECT (TBW), EEC (ECW), EIC (ICW) et MCC (BCM). (Kyle et al. 2004)

L'Eau Corporelle Totale (ECT)

L'ECT est le composant le plus important du corps. Elle se trouve exclusivement dans la masse non grasse (MNG), y compris les éléments non gras du tissu musculaire et du tissu adipeux tels que le liquide interstitiel et les vaisseaux sanguins. Elle se situe autour de 80 % à la naissance puis décline de manière non linéaire à environ 73 % chez l'adulte. (35,36,40-42)

ECT = Eau IntraCellulaire (**EIC**) + Eau ExtraCellulaire (**EEC**). Chez les adultes en bonne santé, le volume de l'EEC représente une proportion relativement constante de l'ECT, avec de légères variations en cas d'exercice ou de prise de poids. Elle peut être évaluée dans ce cas avec une BIA mono fréquence à 50 kHz. Le ratio EEC/EIC varie avec l'âge et chez les plus jeunes, il n'y a pas d'équation validée pour le calculer.

La Masse non grasse (MNG)

Elle comprend tout sauf la graisse corporelle. La MNG est déterminée par les équations de BIA spécifiques à la population grâce à une estimation de l'ECT, à condition que le corps soit hydraté de manière constante. $MNG (kg) = ECT (kg) / 0,732$.

La Masse Grasse (MG)

Différence entre le poids corporel et la MNG.

La Masse Cellulaire Corporelle (MCC)

Compartiment riche en protéines, y compris les cellules non adipeuses et le compartiment aqueux des adipocytes. La perte de MCC est associée à un pronostic clinique médiocre.

ÉQUATIONS DE BIA CHEZ LES ENFANTS ATTEINTS DE MAS: LIMITES ET ALTERNATIVES

Les équations prédictives d'eau corporelle totale ou de masse non grasse par la BIA peuvent donner des résultats imprécis lorsqu'elles sont appliquées à des sujets présentant des caractéristiques différentes, telles que des valeurs extrêmes d'IMC ou une perturbation de l'état d'hydratation comme dans le cas d'une cirrhose du foie, d'une insuffisance rénale ou d'une insuffisance cardiaque (43–46). Chez les patients atteints de sous-nutrition, les équations de BIA deviennent imprécises et potentiellement prêter à confusion en raison des perturbations de l'équilibre des fluides et électrolytique (47,48).

Actuellement, il n'est pas recommandé d'utiliser des équations de composition corporelle dérivées de mesures de BIA, chez les enfants atteints de MAS avec des œdèmes.

Une étude réalisée en Éthiopie a montré que, si la BIA pouvait bien prédire l'ECT chez des enfants atteints de MAS sans œdèmes, l'association entre les deux paramètres n'a pas fonctionné lors de la mesure d'enfants avec œdèmes (48).

C'est pourquoi **l'utilisation de paramètres bruts de BIA constitue une alternative intéressante** et suscite de plus en plus d'intérêt pour l'évaluation des compartiments corporels chez les enfants les plus malades. Elle contourne les équations et évite ainsi les erreurs inhérentes aux algorithmes, et ne nécessite pas d'hypothèses telles qu'une hydratation constante de la masse non grasse (39).

L'angle de phase et **l'analyse vectorielle de l'impédance bioélectrique** (BIVA) sont des méthodes plus qualitatives et visuelles permettant de surmonter ces limites. Elles permettent d'analyser des données de composition corporelle dans les maladies aiguës telles que la MAS et fournissent des informations sur l'état d'hydratation, la masse cellulaire corporelle et l'intégrité des cellules (39). La BIVA, par exemple, fournit des informations qualitatives sur les différences entre les patients et des enfants en bonne santé, s'ils ont ou non des œdèmes, et peut être utilisée pour surveiller le progrès du traitement. La BIVA ne peut toutefois pas quantifier les compartiments MNG, MG et ECT.

Voir la section [« Aller plus loin avec l'angle de phase et la BIVA »](#) pour en apprendre davantage.

INSTRUCTIONS POUR LA RÉALISATION DE MESURES DE BIA⁴

SE PRÉPARER

→ Choisir l'appareil et les consommables de BIA les plus appropriés

- Appareil fournissant des informations sur la résistance et la réactance à 50 kHz ;
- Les valeurs de **résistance** doivent être mesurées jusqu'à **1 700 ohms**, car des recherches antérieures indiquent que les cas les plus graves d'enfants sous-nutris présentent une résistance proche de 1 700 ohms ;
- **La robustesse** de l'appareil et **sa compatibilité avec le terrain**, c'est-à-dire : un ordinateur n'est pas nécessaire pour lire les données brutes de BIA pendant la mesure et les batteries ont une autonomie suffisante ;
- Batteries de secours supplémentaires et jeux de câbles supplémentaires disponibles ;
- **Taille des électrodes** adaptée aux **enfants de 6 à 59 mois** et possibilité de couper celles-ci en deux ;
- Sac à dos anti-choc ou autres malles disponibles pour le transport de l'appareil.

→ Acheter le matériel requis en plus de l'appareil et des électrodes de BIA spécifiques

- Désinfectant et coton ou lingettes désinfectantes pour le nettoyage de la peau avant le positionnement des électrodes ;
- Nattes, et serviettes de toilette pour nettoyer les nattes.

→ Planifier et budgétiser le personnel requis pour la réalisation des mesures de BIA

- Évaluer les besoins en personnel pour la réalisation des mesures : en général il faut 1 ou 2 personnes pour manipuler l'appareil et lire puis noter les résultats des mesures de BIA ;
- Une mesure prend 10 minutes en moyenne selon le calme de l'enfant ;
- Si la BIA est mise en œuvre dans les centres de santé, les personnes chargées de l'accueil et des mesures anthropométriques peuvent également réaliser les mesures de BIA.

⁴ Ces instructions sont basées sur l'expérience d'Action contre la Faim en recherche opérationnelle chez des enfants atteints de MAS diagnostiqués avec un PT exprimé en Z-score < - 3 et/ou un PB < 115 mm au Burkina Faso, au Bangladesh et au Liberia.

→ Calculer la taille de l'échantillon au stade du protocole

- Considérer que certaines mesures seront ratées (30 % selon l'expérience d'Action contre la Faim) en raison des difficultés rencontrées pour obliger les enfants à rester allongés et immobiles afin d'obtenir des résultats acceptables, à ce propos : l'observateur devrait écarter les données de l'analyse lorsque le protocole n'est pas respecté (voir la standardisation ci-dessous) ;
- Mesurer autant d'enfants que possible.

→ Standardiser les mesures de BIA

- Tester et adapter si nécessaire l'échelle de qualité avant la mise en œuvre ;
→ voir [la note technique n°1](#) pour obtenir plus de détails sur un exemple d'échelle de qualité ;
- Si possible, effectuer une étude de validation sur l'échelle de qualité pour comparer différentes positions à la position idéale et déterminer celles qui donnent des résultats acceptables.

→ Former

- Fournir une formation appropriée aux personnes chargées des mesures de BIA sur l'échelle de qualité choisie, le calibrage et la préparation de la mesure. La formation doit inclure des astuces pour calmer les enfants afin qu'ils se tiennent dans la position appropriée ;
→ voir [la note technique n°2](#)
- Mettre au point un guide des procédures standards clair pour les équipes ;
- S'assurer que les équipes s'exercent suffisamment aux mesures grâce à une phase pilote et des exercices de résolution d'erreurs entre observateurs et de précision des observateurs.

NOTE TECHNIQUE N°1

STANDARDISER LES MESURES DE BIA : DÉVELOPPER VOTRE ÉCHELLE DE QUALITÉ

Avant la mise en œuvre :

Effectuer des essais terrain et, si possible, valider une échelle de qualité.

Pendant les mesures :

Renseigner la qualité de chaque mesure selon l'échelle.

Pendant l'analyse :

Éliminer toutes les mesures de mauvaise qualité.

Des essais terrain avec le futur groupe cible sont essentiels pour identifier au préalable les positions que les enfants pourraient éventuellement prendre, de façon à adapter une échelle de qualité à la variation observée. Si possible, une étude de validation doit être mise en œuvre : quelques enfants adoptent différentes positions et les écarts de ces résultats par rapport à ceux de la position idéale sont pris en compte et utilisés comme base pour l'élaboration d'une échelle de qualité de BIA validée. L'objectif de cette échelle doit être de garantir l'obtention de résultats reproductibles avec un même enfant et au sein d'une étude, et aussi de permettre la comparaison des résultats entre études et conformément aux directives théoriques.

Action contre la Faim a mis au point l'échelle de qualité suivante à la suite d'exercices de standardisation et d'essais terrain préalables à la mise en œuvre de la BIA. Cette échelle n'a cependant pas été officiellement validée. Pour visualiser des images concrètes de positions d'enfants lors de mesures de BIA et la qualité associée, voir **l'Annexe 2** :

1. Position idéale : Les membres ne se touchent pas et sont droits

Enfant couché(e) sur le dos, les bras dirigés vers le bas du corps, les coudes et les jambes droites, les cuisses écartées, les bras ne touchant pas le corps, calme. Tous les membres reposent sur le sol.

2. Position bonne : Les membres ne se touchent pas - très légères flexions

Petites variations par rapport à la position idéale : légères flexions des genoux ou des coudes, mais dans l'ensemble, l'enfant est couché(e) à plat, relativement calme et surtout, les bras ne touchent pas le torse et les cuisses ne se touchent pas non plus - pas le moindre contact.

3. Position OK : Les membres ne se touchent pas mais ils sont pliés

Les membres sont écartés, ils ne se touchent pas, les jambes ou les bras peuvent être pliés et/ou les bras jusqu'au coude reposent sur le sol, mais à partir du coude, ils sont éventuellement levés ou dirigés vers le haut du corps.

4. Position mauvaise : Les membres se touchent

Les bras touchent le torse et/ou les cuisses ou les pieds se touchent mais l'enfant reste immobile au moment de la mesure.

5. Position catastrophique : Enfant en mouvement

Enfant qui pleure, bouge, crispé, ne s'allonge pas sur le dos (assis ou sur le côté), accompagnant qui touche l'enfant.

→ L'échelle de qualité doit être aussi simple que possible à utiliser pour les équipes.
→ Certaines catégories peuvent être regroupées pendant l'analyse si cela est jugé pertinent.

ASTUCES

LIMITES : Cette échelle de qualité doit être adaptée au contexte dans lequel se déroule la recherche, mais il serait également utile de disposer d'une échelle standard validée à l'international pour obtenir **des résultats comparables entre études**. Ceci nécessite plus de recherche et une validation supplémentaires.

NOTE TECHNIQUE N°2

FORMER SON ÉQUIPE: ASTUCES POUR CALMER LES ENFANTS

Voici quelques observations issues de l'expérience d'Action contre la Faim au Burkina Faso et au Bangladesh :

- Utiliser des jouets n'était pas la meilleure astuce pour calmer les enfants : ils essayaient souvent de l'attraper, si bien que leur position changeait constamment.
- Au Burkina Faso, un dessin animé chargé sur une tablette et montré aux enfants au moment de la mesure de BIA a plus effrayé que détendu les enfants, tandis qu'au Bangladesh, l'utilisation des tablettes a été une expérience réussie.
- **La meilleure option consiste à mesurer les enfants lorsqu'ils dorment.** Au Burkina Faso, on pouvait demander aux proches soignants des jeunes enfants de porter l'enfant sur leur dos pendant un certain temps et/ou de l'allaiter afin que l'enfant s'endorme et soit placé sur le tapis, pour être mesuré immobile.
- Les personnes effectuant les mesures de BIA devraient chercher à créer une complicité avec **l'enfant et instaurer un climat de confiance** avant de commencer la procédure (jouer, parler avec lui) afin que l'enfant se sente plus à l'aise et détendu.

→ Les astuces pour détendre les enfants **dépendent fortement du contexte et elles doivent être testées** avant la mise en œuvre de la mesure de BIA.

ASTUCES

Figure 5 : Option avec maintien et option libre pour les mesures de BIA - Bangladesh →
© Action contre la Faim, T. Dailey-Chwalibòg, Bangladesh 2017

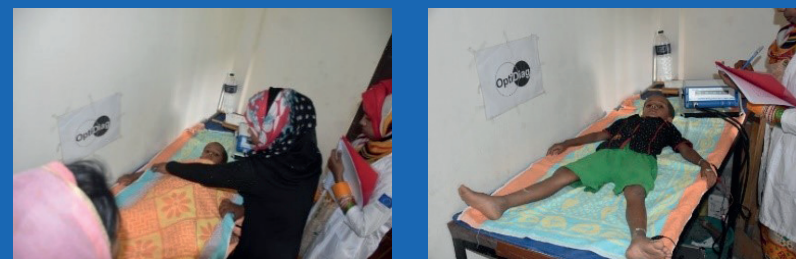
NOTE TECHNIQUE N°3

TESTER PLUSIEURS OPTIONS POUR MESURER LES ENFANTS IMMOBILES

Si un enfant est agité pendant la mesure de BIA, la qualité sera probablement mauvaise et les données devront être éliminées de l'analyse. Cependant, il peut être complexe d'obtenir le calme chez les enfants à mesurer, en particulier avec les très jeunes (< 2 ans), ce qui rend difficile l'obtention de résultats pertinents et réduit la représentativité de l'échantillon.

Afin d'augmenter les chances d'obtenir des mesures fructueuses une « option de maintien » peut être testée avec des adultes ou des enfants plus âgés, qui peuvent se comporter de façon correcte et incorrecte pour comparer les effets : les mesurer allongés en limitant leurs mouvements en maintenant leurs bras et leurs pieds, tout en évitant le contact peau à peau, pour déterminer si cela est réalisable et dans quelle mesure cela affecte les données. Pour ne pas interférer avec le courant électrique, la personne chargée de maintenir l'enfant doit être isolée de celui-ci par un tissu non conducteur au niveau de ses mains.

Selon les résultats, effectuer des essais sur le terrain avec des enfants plus jeunes et décider si l'option de maintien peut être utilisée pour obtenir davantage de mesures de bonne qualité.



→ Toute forme de maintien doit être **étayée par des données** obtenues lors des essais sur le terrain.

ASTUCES

MISE EN ŒUVRE DES MESURES

→ Étalonner l'appareil de BIA

- Mettre en œuvre un [registre](#) pour l'[étalonnage hebdomadaire des appareils de BIA](#) et le [contrôle hebdomadaire de la qualité des électrodes](#) (test sandwich avec les deux électrodes mises en contact).

→ Si les mesures de BIA sont effectuées dans un centre de santé - organiser le flux

- Effectuer les mesures de BIA avant toute activité pouvant effrayer les enfants, telle que la vaccination, afin qu'ils connaissent déjà le personnel et aient moins tendance à avoir peur.

→ Expliquer la mesure au proche soignant

- Expliquer que cette mesure est [complètement inoffensive, sans douleur et rapide](#). L'objectif est d'en savoir plus sur l'[état de santé](#) de l'enfant, grâce à un très faible courant électrique entre des électrodes placées sur une main et un pied, pendant que l'enfant est allongé. La mesure fournira des informations sur la quantité et la répartition de l'eau dans le corps de l'enfant.

→ Préparer le matériel de BIA

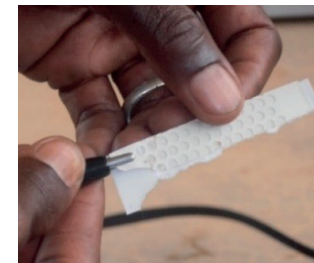
- Nattes, appareil de BIA, câbles et électrodes, testeur d'étalonnage, désinfectant, coton.
- [Préparer tout le matériel à l'avance](#) :
 - Brancher les câbles des électrodes à l'appareil (A).
 - Couper les électrodes en deux dans le sens de la longueur (B).
 - Fixer le bord distal des électrodes aux câbles (C).
 - Positionner les électrodes pour les fixer sur la peau de l'enfant (D).



A



B



C



D

Figure 6: Préparation du matériel de BIA pour la prise de mesure - Burkina Faso →
© Action contre la Faim, Sophie Renault, Burkina Faso, 2017

→ Préparer les enfants aux mesures de BIA

- Détendre l'enfant avec les astuces identifiées durant la phase pilote. → voir [la note technique n°2](#)
- À l'aide d'une règle et/ou des doigts (2 doigts d'adulte font 3 cm de largeur), s'assurer que les électrodes sont écartées de 3 cm et les fixer du même côté du corps, sur la main dominante, le poignet, le pied et la cheville de l'enfant. → voir [la note technique n°3](#) et [l'Annexe 2](#) pour plus de détails.

→ Effectuer les mesures de BIA

- Placer l'enfant en position horizontale sur son dos. Les jambes de l'enfant doivent être écartées, bien droites, de façon à ce que les cuisses ne se touchent pas. Les bras doivent reposer le long du corps vers les membres inférieurs mais ne pas toucher le reste du corps (voir Figure 7). Un contact entre les jambes ou entre les bras et le torse peut raccourcir le parcours du courant électrique et produire des mesures non fiables (37).
- Démarrer l'appareil de BIA et prendre les mesures dès que l'enfant est allongé et détendu. La personne en charge des mesures ne doit pas toucher l'enfant lorsqu'elle procède aux mesures, ou cela influencera les mesures, sauf si l'option de maintien a été validée auparavant.
- La mesure elle-même peut être très rapide, de l'ordre de 10 secondes, si l'enfant est immobile. Cependant, la procédure complète dure en général de 4 à 10 minutes, avec la préparation, l'apaisement de l'enfant et la lecture du résultat sur l'appareil.
- Estimer et noter la qualité de toutes les mesures (idéale / bonne / OK / mauvaise / catastrophique) en fonction de la position de l'enfant et de l'échelle de qualité mise au point.

- Enregistrer les valeurs suivantes :

- La Résistance (R)
- La Réactance (Xc)

- Effectuer au moins deux mesures consécutives, à 3 minutes d'intervalle au moins, en fonction du temps disponible, afin de pouvoir calculer le résultat moyen.

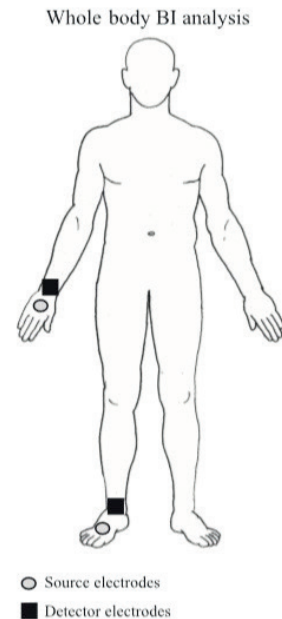


Figure 7 : Position requise du patient pendant la mesure de BIA, adaptée de Mirele 2014

Figure 8 : Appareil de BIA en fonctionnement © Action contre la Faim, Sophie Renault, Burkina Faso, 2017

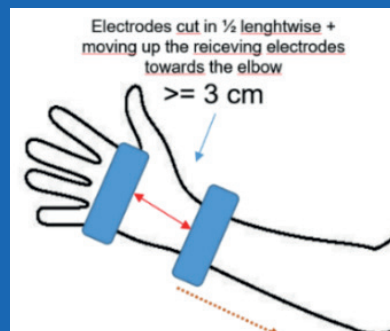
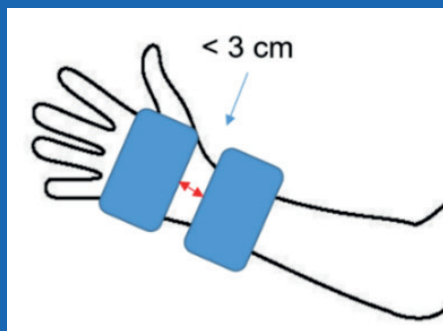
NOTE TECHNIQUE N°4

ASSUREZ-VOUS D'UTILISER CORRECTEMENT LES ÉLECTRODES

La **position et l'utilisation des électrodes sont des paramètres clés à prendre en compte pour la qualité de la mesure** en plus de la position de l'enfant (idéale / bonne / OK / mauvaise / catastrophique).

→ **Garder à l'esprit** (37) :

- « Un placement des électrodes incorrect de seulement 1 cm peut entraîner une différence de calcul de 20 Ohms, ce qui équivaut à 1 litre d'eau corporelle ».
- « Pour les enfants, la distance entre les électrodes doit être d'au moins 3 cm. Si la distance est moindre, cela peut provoquer une interaction entre les électrodes. Pour des mains particulièrement petites, par exemple, les mains des enfants, les électrodes peuvent être coupées en deux dans le sens de la longueur ».
- La surface de contact entre l'électrode et la peau doit être $> 4 \text{ cm}^2$.



1. Respecter la taille des électrodes et la surface de contact avec la peau

Chez les enfants atteints de MAS, en raison de leurs petites mains, les électrodes peuvent encore être trop proches ($< 3 \text{ cm}$), même coupées en deux dans le sens de la longueur, ce qui risque d'altérer les observations. Pour respecter à la fois la distance entre les électrodes et la surface de contact minimale entre électrode et peau ($> 4 \text{ cm}^2$), il est également possible d'**augmenter la distance entre les électrodes** en remontant l'électrode située autour du poignet en direction du bras (Figure 9). Les résultats sont d'autant plus précis que la surface de l'électrode en contact avec la peau est plus grande.

2. Standardiser le côté des mesures

Étant donné que les jeunes enfants n'ont pas encore complètement développé leurs muscles latéraux dominants, le fait que la mesure soit effectuée sur le côté dominant ou non dominant n'a pas d'importance. Le plus important est de **définir le côté standard des électrodes chez tous les enfants mesurés (soit droite soit gauche)**.

→ La distance entre les deux électrodes peut être évaluée avec une règle ou deux doigts (index et majeur), ou visuellement après plus de pratique.

ASTUCES

Figure 9 : Positionnement des électrodes sur la main ←

SURVEILLER LES MESURES ET LE MATÉRIEL DE BIA

→ Surveiller le taux de réussite et par catégories de qualité

- Surveiller le [pourcentage de mesures de BIA réussies](#) toutes les semaines, ainsi que [la proportion de chaque catégorie de qualité](#) enregistrée (idéale / bonne / OK / mauvaise / catastrophique).
- Envisager [de superviser régulièrement les équipes par des visites sur le terrain](#) pour garantir que la qualité des mesures enregistrées est conforme à l'échelle de qualité standardisée afin d'éviter toute erreur systématique de classification des positions des enfants.
- Si plusieurs équipes effectuent des mesures de BIA, les combiner afin de partager les meilleures pratiques d'apaisement des enfants et de s'accorder sur l'échelle de qualité.

→ Maintenance du matériel de BIA

- Vérifier la qualité des électrodes avec le test sandwich.
- Étalonner l'appareil à l'aide de la mesure d'utest (TE).
- Charger les batteries conformément aux recommandations techniques du fabricant.

→ Exercice de précision et d'erreur inter-observateurs

- Effectuer un contrôle de qualité sur la précision de la mesure, par exemple en mesurant 10 enfants, deux fois chacun par chaque observateur et tous les observateurs à leur tour. Saisir toutes les données dans un tableur et procéder à une analyse de la variance. Idéalement, le seul terme significatif sera l'enfant et l'observateur et la deuxième mesure seront insignifiants. En utilisant des tests statistiques appropriés, il est possible d'identifier quel observateur est différent des autres et d'appliquer les mesures de correction appropriées.

QU'EST-CE QUE L'ANGLE DE PHASE ?

→ L'angle de phase (AP) est un indicateur obtenu à partir de mesures de BIA, et est dérivé de la résistance (R) et de la réactance (Xc). Il est exprimé comme

$$PA = \arctan \left(\left(\frac{R}{Xc} \right) * \frac{180}{\pi} \right)$$

(Norman et al. 2012):

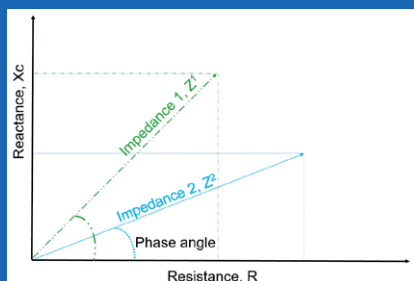


Figure 10 : Représentation graphique de l'impédance et de l'angle de phase [adaptée de Barbosa et al. 2005]

→ L'angle de phase reflète les propriétés électriques des tissus affectés par la maladie, l'état nutritionnel et l'hydratation. **exprimant la quantité de masse cellulaire et l'état d'hydratation. Il est par conséquent un indicateur potentiel de la fonction des membranes cellulaires.**

→ Chez les sujets en bonne santé, l'angle de phase diminue par exemple avec l'âge, c'est-à-dire que le vieillissement est associé à une perte de masse musculaire qui se traduit par une réactance réduite ; la diminution de l'eau corporelle se traduit par une résistance accrue - au prix d'une proportion accrue de masse grasse ne contenant pas d'eau, qui entraîne donc une résistance plus élevée. L'angle de phase inférieur en bleu sur la figure 10 ci-dessus pourrait être trouvé chez les sujets plus âgés par rapport à l'angle de phase supérieur en vert (réactance plus élevée = intégrité plus grande de la membrane cellulaire et résistance plus faible = meilleure hydratation cellulaire).

ALLER PLUS LOIN AVEC L'ANGLE DE LA PHASE ET LA BIVA

Les deux projets MANGO et OptiDiag d'Action contre la Faim ne sont pas encore au stade de l'analyse des données. La partie suivante est donc une revue non exhaustive des informations sur l'angle de phase et la BIVA.

POURQUOI L'ANGLE DE PHASE EST-IL PERTINENT DANS LES MALADIES ?

L'angle de phase est considéré comme un marqueur pronostique, nutritionnel, de la fonction des membranes cellulaires ou de santé, important dans plusieurs états cliniques comme le cancer, le VIH, la dialyse, la cirrhose du foie et autres (39,49,50). Un angle de phase faible a été associé à un mauvais pronostic, à un risque nutritionnel ou à une sous-nutrition s'aggravant, à une survie plus courte, à la durée de séjour et il pourrait être considéré comme un outil utile pour le dépistage des patients les plus à risque à l'admission (49-51). Barbosa et al. ont considéré qu'un angle de phase faible était un indicateur général de maladie ; une valeur plus élevée représentant une meilleure fonction cellulaire (39,49).

ANGLE DE PHASE ET SOUS-NUTRITION INFANTILE

Il existe à ce jour peu d'études explorant directement l'angle de phase chez les enfants atteints de MAS. Une étude récente menée en Éthiopie a cependant indiqué que **les enfants atteints de MAS avaient une réactance plus faible et un angle de phase inférieur** à ceux des enfants en bonne santé et que **l'angle de phase augmentait avec le PB** (52). **La réactance, la résistance et l'angle de phase étaient tous plus faibles chez les enfants œdémateux** que chez les enfants MAS non œdémateux (52). La réactance était la plus élevée chez les enfants en bonne santé et la plus faible chez les enfants œdémateux, ce qui indique une intégrité altérée des membranes cellulaires dans la MAS et en particulier dans la MAS œdémateuse (52). Une autre étude menée au Japon a montré que **l'angle de phase était également significativement plus faible chez les enfants sous-nutris** et augmentait dans la plupart des cas pendant ou après la prise en charge nutritionnelle, tout comme la réactance, le poids corporel, la circonférence du muscle du bras et la concentration en albumine sérique, tandis que la résistance diminuait (53). De telles études suggèrent que l'angle de phase pourrait être un outil intéressant pour le pronostic et le suivi vers la guérison.

QU'EST-CE QUE LA BIVA ?

→ La **BIVA** est une autre approche permettant une mesure qualitative de la composition corporelle sans recourir à des équations ou à des modèles pour estimer la masse non grasse et la masse grasse. Elle nécessite uniquement des données brutes d'impédance.

→ La résistance (R) et la réactance (Xc) standardisées pour la taille sont tracées sous forme de vecteurs ponctuels sur un « **graphique RXc** » (figure 11). Cette méthode présente l'avantage de fournir des informations visuelles, via la longueur et la position du vecteur, sur **l'hydratation, la masse cellulaire corporelle et l'intégrité cellulaire**, indépendamment de la taille et du poids du corps.

→ La BIVA permet également de comparer un vecteur individuel avec des **données de référence**, illustrées par des ellipses de tolérance de 50, 75 et 95% calculées à partir d'une population en bonne santé présentant des caractéristiques similaires (sexe, âge, groupe ethnique, etc.).

La comparaison avec les valeurs de référence et la migration des points permettent de visualiser des changements de l'hydratation des tissus et de la qualité des tissus mous > Voir la figure 11.

POURQUOI LA BIVA EST-ELLE PERTINENTE DANS LES MALADIES ?

Piccoli *et al.* ont démontré que le vecteur d'impédance était significativement plus court chez les patients obèses et les patients insuffisants rénaux par rapport à la population en bonne santé (54). D'autres preuves cliniques ont mis en évidence l'intérêt de la BIVA pour la surveillance de l'état d'hydratation chez des patients sous hémodialyse chronique (46), les patients atteints de cirrhose du foie (55), les patients gravement malades (56) et les patients obèses (58). Cependant, une étude récente de Wells *et al.* (2018) a questionné la capacité de la BIVA à prédire la masse non grasse chez les enfants et les adolescents normaux (58).

BIVA ET SOUS-NUTRITION INFANTILE

Chez les enfants les plus malades, la meilleure manière d'utiliser la BIA est en tant que BIVA, qui fournit des informations qualitatives sur comment les patients diffèrent des enfants en bonne santé, et s'ils ont des œdèmes, et la technique permet ensuite de suivre la progression du traitement ; mais elle ne permet pas d'évaluer la masse non grasse et la masse grasse en kg, ni l'eau corporelle totale en litres (54).

Les études explorant la BIVA chez des enfants souffrant de sous-nutrition aiguë sont rares, mais le potentiel de cette méthode pour fournir des informations sur la sévérité du marasme ou des œdèmes à l'admission et donc sur le pronostic vital, ainsi que dans le suivi de la récupération physiologique grâce à l'état d'hydratation, en particulier pour la prise en charge hospitalière, est prometteur et mérite une attention particulière. (47).

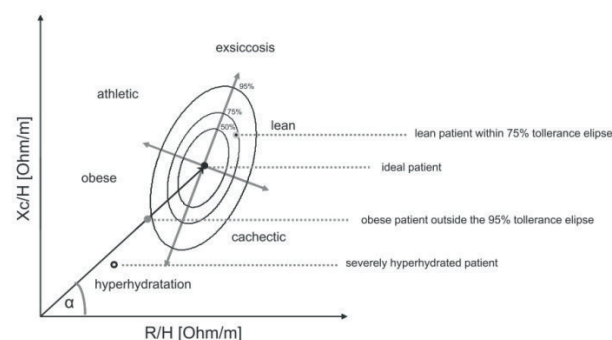


Figure 11 : Graphique RXc de Norman *et al.* 2012

« Différentes positions du vecteur indiquant une composition corporelle différente peuvent théoriquement produire des angles de phase comparables. Les variations longitudinales dans l'hydratation et la masse cellulaire sont donc **interprétées de manière plus fiable par la BIVA que par l'angle de phase seul** ».

POINTS CLÉS ISSUS DE L'EXPÉRIENCE D'ACTION CONTRE LA FAIM

Voici les points clés issus de l'expérience d'Action contre la Faim dans la mesure de BIA au sein des projets de recherche MANGO et OptiDiag.

● Mesure simple mais pas d'interprétation directe

○ Malgré le temps et la patience nécessaires à la préparation de la prise de mesure afin de détendre les enfants, **la mesure elle-même est facile** car elle est directement fournie par un appareil et ne nécessite pas de lecture comme pour la taille ;

○ Cependant, contrairement à d'autres mesures telles que la taille, le poids et le PB, il est **impossible de comprendre et d'interpréter de manière directe les valeurs brutes de BIA** recueillies. Il peut donc être quelque peu frustrant pour les équipes de collecter des données qu'elles ne comprennent pas.

● Qualité de la mesure

○ Une supervision et des mutations régulières entre les équipes chargées des mesures permettent de détecter les erreurs courantes telles que la classification erronée de la position de l'enfant et d'obtenir ainsi une meilleure standardisation des mesures ;

○ Le succès de la mesure peut également être mis en corrélation avec l'âge des enfants : les plus jeunes sont souvent les plus difficiles à mesurer en raison de mouvements incontrôlés, par exemple certains jeunes enfants arrachent les électrodes ou se tournent sur le côté) ;

○ La deuxième mesure peut permettre d'obtenir un résultat de meilleure qualité si l'enfant s'est progressivement calmé. Cependant, dans certains cas, c'est l'inverse qui se produit quand l'enfant finit par s'agiter. La meilleure approche consiste à attendre que l'enfant s'endorme pour que ses membres puissent être positionnés de manière idéale et que l'enfant reste immobile assez longtemps pour prendre 2 mesures.

● Adaptation à différents contextes

○ Les mesures de BIA peuvent être mises en œuvre dans les centres de santé, ainsi qu'à domicile. Action contre la Faim a par exemple effectué des mesures de BIA, lors d'une enquête SMART au Liberia, à la maison avec l'aide des mères. Il est possible d'utiliser des nattes en plastique, associées avec des petits matelas très légers recouverts de plastique (figure 12, A). Les enfants ne doivent pas s'enfoncer dans le matériau car cela pourrait affecter les données de BIA.



A



B



C

Figure 12: La mesure de BIA en conditions réelles au Burkina Faso (A), au Liberia (B) et au Bangladesh (C)

Photo A: © Action contre la Faim, Mango. Lagafou, Burkina Faso, 2018,

Photo B: © Action contre la Faim, T. Dailey-Chwalibòg, Liberia, 2017 ,

Photo C: © Action contre la Faim, T. Dailey-Chwalibòg, Bangladesh, 2017

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les points ci-dessous sont un résumé des leçons apprises par Action contre la Faim avant et pendant la mise en œuvre des mesures de BIA chez des enfants atteints de MAS telles que décrites dans ce document de capitalisation.

1. La méthode doit être améliorée

○ Avant la mise en œuvre, **une échelle de qualité** doit être définie, indiquant l'éventuel écart par rapport à la position idéale de la position prise par l'enfant lors de la mesure. Idéalement, cette échelle devrait être validée pour pouvoir également être utilisée dans d'autres études afin d'obtenir des résultats comparables entre études. **Ce point nécessite des travaux de recherche et de développement plus poussés.**

○ Le **principal défi** de la mesure de la BIA chez les enfants est de réussir à les **maintenir calmes** pendant la mesure, qui ne dure que quelques secondes s'ils se tiennent tranquilles. La qualité de la mesure dépend principalement du calme de l'enfant. **Des méthodes alternatives pourraient être explorées afin d'obtenir des proportions plus importantes de mesures réussies chez les plus jeunes enfants**, par exemple, la BIA d'un segment corporel pourrait faire l'objet de recherches approfondies pour déterminer si elle fournit une bonne identification des enfants à risque et de la guérison; la mesure pourrait être faite sur un bras uniquement, etc.

○ Actuellement, **les appareils de BIA adaptés aux enfants ne permettent pas une interprétation directe de la composition corporelle**. Le recueil de données sur des enfants en bonne santé dans le même contexte est nécessaire pour analyser la composition corporelle avec la BIVA, qui est prometteuse mais encore relativement expérimentale. **Il est nécessaire de mener davantage de recherches avec des mesures de BIA standardisées de qualité chez les enfants atteints de MAS afin**

de développer des références de BIA et de faciliter l'analyse et la comparaison entre études.

○ Étant donné l'intérêt croissant pour la BIA, **des appareils plus simples mais plus perfectionnés devraient être développés**, qui rendront possible l'interprétation des données de BIA immédiatement après la mesure, c'est-à-dire, des appareils fournissant par exemple des données sur la taille ainsi que des valeurs et des graphiques de BIVA.

○ Enfin, grâce à cet intérêt croissant pour la BIA, les prix des appareils devraient baisser, ce qui rendra la mesure de BIA abordable pour les études de recherche opérationnelle.

2. La BIA doit être encouragée pour la recherche opérationnelle en MAS, mais pas encore pour les programmes de nutrition de routine

○ **Les mesures de BIA peuvent et doivent être intégrées à la recherche opérationnelle** afin de mieux comprendre les besoins physiologiques des enfants sous-nutris. Les recherches portant sur l'efficacité du traitement, l'état physiologique et la réponse au traitement des enfants atteints de MAS, leur santé à long terme ainsi que le succès du traitement hospitalier chez les enfants œdémateux, sont les types de programmes de recherche les plus évidents qui bénéficieraient des informations supplémentaires fournies par la mesure de la composition corporelle.

○ Cependant, **il n'est pas encore approprié d'utiliser la BIA dans les programmes de nutrition de routine**: du matériel et une formation supplémentaire sont nécessaires et l'interprétation des données n'est pas directe, de sorte que la valeur ajoutée d'une BIA faite en routine ne peut pas encore être déterminée.

RÉFÉRENCES

- Black RE, Victora CG, Walker SP, Bhutta ZA, Christian P, de Onis M, et al. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet Lond Engl*. 2013 Aug 3;382(9890):427–51.
- Black RE, Allen LH, Bhutta ZA, Caulfield LE, de Onis M, Ezzati M, et al. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *The Lancet*. 2008 Jan;371(9608):243–60.
- FOOD & AGRICULTURE ORGANIZATION. STATE OF FOOD SECURITY AND NUTRITION IN THE WORLD 2018. S.I.: FOOD & AGRICULTURE ORG; 2018.
- WHO. WHO Child Growth Standards. Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for length, weight-for-height and body mass index-for-age. Methods and development. 2006.
- World Health Organization, UNICEF. WHO child growth standards and the identification of severe acute malnutrition in infants and children: a joint statement by the World Health Organization and the United Nations Children's Fund. [Internet]. 2009 [cited 2018 Mar 12]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK200775/>
- WHO. Guideline: updates on the management of severe acute malnutrition in infant and children. 2013.
- WHO. Management of severe malnutrition: a manual for physicians and other senior health workers. 1999.
- Lelijveld N, Seal A, Wells JC, Kirkby J, Opondo C, Chimwezi E, et al. Chronic disease outcomes after severe acute malnutrition in Malawian children (ChroSAM): a cohort study. *Lancet Glob Health*. 2016 Sep;4(9):e654–62.
- Lukaski HC. Evaluation of body composition: why and how? *Mediterr J Nutr Metab*. 2009 Apr;2(1):1–10.
- Wells JCK, Fewtrell MS. Is body composition important for paediatricians? *Arch Dis Child*. 2008 Feb;93(2):168–72.
- Friis H, Michaelsen KF, Wells JC. Choice of design and outcomes in trials among children with moderate acute malnutrition. *Food Nutr Bull*. 2015 Mar;36(1 Suppl):S35–40.
- Huxley R, Mendis S, Zheleznyakov E, Reddy S, Chan J. Body mass index, waist circumference and waist:hip ratio as predictors of cardiovascular risk--a review of the literature. *Eur J Clin Nutr*. 2010 Jan;64(1):16–22.
- Golden MH. Proposed recommended nutrient densities for moderately malnourished children. *Food Nutr Bull*. 2009 Sep;30(3 Suppl):S267–342.
- Laillou A, Prak S, de Groot R, Whitney S, Conkle J, Horton L, et al. Optimal screening of children with acute malnutrition requires a change in current WHO guidelines as MUAC and WHZ identify different patient groups. *PloS One*. 2014;9(7):e101159.
- Roberfroid D, Huybregts L, Lachat C, Vrijens F, Kolsteren P, Guesdon B. Inconsistent diagnosis of acute malnutrition by weight-for-height and mid-upper arm circumference: contributors in 16 cross-sectional surveys from South Sudan, the Philippines, Chad, and Bangladesh. *Nutr J [Internet]*. 2015 Dec [cited 2018 Jul 25];14(1). Available from: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-015-0074-4>
- Grellety E, Krause LK, Shams Eldin M, Porten K, Isanaka S. Comparison of weight-for-height and mid-upper arm circumference (MUAC) in a therapeutic feeding programme in South Sudan: is MUAC alone a sufficient criterion for admission of children at high risk of mortality? *Public Health Nutr*. 2015 Oct;18(14):2575–81.
- World Health Organization, editor. Pocket book of hospital care for children: guidelines for the management of common childhood illnesses. Second edition, 2013 edition. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2013. 412 p.
- Pithan C, Mazariegos M, Solomons NW, Fürst P. Monitoring of fluid changes in hospitalized, Malnourished, Guatemalan children using bioelectrical impedance spectroscopy (BIS). *Appl Radiat Isot Data Instrum Methods Use Agric Ind Med*. 1998 Jun;49(5–6):615–7.
- Lingwood BE. Bioelectrical impedance analysis for assessment of fluid status and body composition in neonates--the good, the bad and the unknown. *Eur J Clin Nutr*. 2013 Jan;67 Suppl 1:S28–33.
- Fabiansen C, Yaméogo CW, Iuel-Brockdorf A-S, Cichon B, Rytter MJH, Kurpad A, et al. Effectiveness of food supplements in increasing fat-free tissue accretion in children with moderate acute malnutrition: A randomised 2 × 2 × 3 factorial trial in Burkina Faso. *PLoS Med*. 2017 Sep;14(9):e1002387.
- Bahwere P, Akomo P, Mwale M, Murakami H, Banda C, Kathumba S, et al. Soya, maize, and sorghum-based ready-to-use therapeutic food with amino acid is as efficacious as the standard milk and peanut paste-based formulation for the treatment of severe acute malnutrition in children: a noninferiority individually randomized controlled efficacy clinical trial in Malawi. *Am J Clin Nutr*. 2017 Oct;106(4):1100–12.
- Hales CN, Ozanne SE. The dangerous road of catch-up growth. *J Physiol*. 2003 Feb 15;547(Pt 1):5–10.
- Martin-Gronert MS, Ozanne SE. Mechanisms linking suboptimal early nutrition and increased risk of type 2 diabetes and obesity. *J Nutr*. 2010 Mar;140(3):662–6.
- Hult M, Tornhammar P, Ueda P, Chima C, Bonamy A-KE, Ozumba B, et al. Hypertension, diabetes and overweight: looming legacies of the Biafran famine. *PloS One*. 2010 Oct 22;5(10):e13582.
- Eriksson JG, Forsén T, Tuomilehto J, Osmond C, Barker DJ. Early growth and coronary heart disease in later life: longitudinal study. *BMJ*. 2001 Apr 21;322(7292):949–53.
- Monteiro POA, Victora CG. Rapid growth in infancy and childhood and obesity in later life--a systematic review. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes*. 2005 May;6(2):143–54.
- Ong KK, Loos RJF. Rapid infancy weight gain and subsequent obesity: systematic reviews and hopeful suggestions. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992. 2006 Aug;95(8):904–8.
- Salgin B, Norris SA, Prentice P, Pettifor JM, Richter LM, Ong KK, et al. Even transient rapid infancy weight gain is associated with higher BMI in young adults and earlier menarche. *Int J Obes* 2005. 2015 Jun;39(6):939–44.
- Bann D, Wills A, Cooper R, Hardy R, Aihie Sayer A, Adams J, et al. Birth weight and growth from infancy to late adolescence in relation to fat and lean mass in early old age: findings from the MRC National Survey of Health and Development. *Int J Obes* 2005. 2014 Jan;38(1):69–75.

30. Victora CG, Barros FC, Horta BL, Martorell R. Short-term benefits of catch-up growth for small-for-gestational-age infants. *Int J Epidemiol*. 2001 Dec;30(6):1325–30.
31. Wells JCK, Fewtrell MS. Measuring body composition. *Arch Dis Child*. 2006 Jul;91(7):612–7.
32. Chomtho S, Fewtrell MS, Jaffe A, Williams JE, Wells JCK. Evaluation of arm anthropometry for assessing pediatric body composition: evidence from healthy and sick children. *Pediatr Res*. 2006 Jun;59(6):860–5.
33. Grijalva-Eternod CS, Wells JCK, Girma T, Kæstel P, Admassu B, Friis H, et al. Midupper arm circumference and weight-for-length z scores have different associations with body composition: evidence from a cohort of Ethiopian infants. *Am J Clin Nutr*. 2015 Sep;102(3):593–9.
34. Wells JCK. Toward body composition reference data for infants, children, and adolescents. *Adv Nutr Bethesda Md*. 2014 May;5(3):320S–9S.
35. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2004 Oct;23(5):1226–43.
36. Mirele Savegnago M, Sicchieri JMF, Junior AAJ. Analysis of body composition: A critical review of the use of bioelectrical impedance analysis. *International Journal of Clinical Nutrition*. 2014;1–10.
37. Data Input. Nutriguard S. Single-frequency Phase-Sensitive Bio-electrical Impedance Analyser. Instructions for use.
38. Tanaka NI, Miyatani M, Masuo Y, Fukunaga T, Kanehisa H. Applicability of a segmental bioelectrical impedance analysis for predicting the whole body skeletal muscle volume. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2007 Nov;103(5):1688–95.
39. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2012 Dec;31(6):854–61.
40. Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr*. 1982;35(5 Suppl):1169–75.
41. International Atomic Energy Agency. Introduction to body composition assessment using the deuterium dilution technique with analysis of saliva samples by Fourier transform infrared spectrometry. [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2011 [cited 2018 Jul 27]. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1450_web.pdf
42. Wells JCK, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, Kennedy K, et al. Pediatric reference data for lean tissue properties: density and hydration from age 5 to 20 y. *Am J Clin Nutr*. 2010 Mar;91(3):610–8.
43. Coppini LZ, Waitzberg DL, Campos ACL. Limitations and validation of bioelectrical impedance analysis in morbidly obese patients. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005 May;8(3):329–32.
44. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2004 Dec;23(6):1430–53.
45. Kyle UG, Piccoli A, Pichard C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2003 Jul;6(4):387–93.
46. Piccoli A. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. The Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group. *Kidney Int*. 1998 Apr;53(4):1036–43.
47. Girma Nigatu T. Bioimpedance in Severely Malnourished Children: An Emerging Method for Monitoring Hydration of Children with Severe Acute Malnutrition. PhD thesis. 2014.
48. Girma T, Kæstel P, Workeneh N, Mølgaard C, Eaton S, Andersen GS, et al. Bioimpedance index for measurement of total body water in severely malnourished children: Assessing the effect of nutritional oedema. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2016;35(3):713–7.
49. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr*. 2005 Jul;82(1):49–52.
50. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr*. 2016 Mar;103(3):712–6.
51. Norman K, Smoliner C, Kilbert A, Valentini L, Lochs H, Pirlich M. Disease-related malnutrition but not underweight by BMI is reflected by disturbed electric tissue properties in the bioelectrical impedance vector analysis. *Br J Nutr*. 2008 Sep;100(3):590–5.
52. Girma T, Hother Nielsen A-L, Kæstel P, Abdissa A, Michaelsen KF, Friis H, et al. Biochemical and anthropometric correlates of bio-electrical impedance parameters in severely malnourished children: A cross-sectional study. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2018 Apr;37(2):701–5.
53. Nagano M, Suita S, Yamanouchi T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *J Pediatr Surg*. 2000 Jul;35(7):1035–9.
54. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Buccianti G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int*. 1994 Aug;46(2):534–9.
55. Guglielmi FW, Mastronuzzi T, Pietrini L, Panarese A, Panella C, Francavilla A. The RXc Graph in Evaluating and Monitoring Fluid Balance in Patients with Liver Cirrhosis. *Ann N Y Acad Sci*. 1999 Apr;873(1 ELECTRICAL BI):105–11.
56. Piccoli A, Pittoni G, Facco E, Favaro E, Pillon L. Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients. *Crit Care Med*. 2000 Jan;28(1):132–7.
57. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. 1998 Feb;22(2):97–104.
58. Wells JC, Williams JE, Quek R, Fewtrell MS. Bio-electrical impedance vector analysis: testing Piccoli's model against objective body composition data in children and adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2018;

ANNEXE 1 : PROJETS DE RECHERCHE MANGO ET OPTIDIAG

Action contre la Faim a inclus des mesures de composition corporelle dans deux projets de recherche opérationnelle en cours :

- **MANGO** > **Modelling an Alternative Nutrition protocol Generalizable to Outpatient care** (Modélisation d'un protocole de nutrition alternative généralisable aux soins en ambulatoire) : un essai clinique contrôlé randomisé en non-infériorité visant à tester l'efficacité d'un dosage optimisé d'ATPE pour des enfants atteints de MAS sans complications au [Burkina-Faso](#).

L'hypothèse sous-jacente est que la dose standard d'ATPE génère un excédent lorsqu'elle est administrée à la maison dans le contexte des autres membres de la famille et de l'alimentation du ménage. Il est possible que les enfants ne consomment pas la totalité de la ration. Sauf si les proches soignants partagent une proportion fixe de la quantité fournie quelle que soit celle-ci, il est escompté que les enfants recevant une dose réduite consommeront finalement la même quantité d'ATPE que les enfants recevant une ration standard. Si cette hypothèse se vérifie, le gain de poids moyen peut ne pas différer entre les enfants recevant la dose standard et ceux recevant une dose réduite ; mais la qualité du gain de poids et le type de tissu déposé peuvent différer.

L'efficacité de la dose réduite prendra donc en compte la récupération physiologique en termes de masse non grasse déposée.

→ Pour en savoir plus :

<https://www.actioncontrelafaim.org/projet-mango/>

- **OptiDiag** > **Optimisation du Diagnostic et du suivi de la MAS** : Comprendre l'hétérogénéité du diagnostic de la MAS par les critères anthropométriques actuels et proposer des avancées ; au [Burkina-Faso](#), au [Liberia](#) et au [Bangladesh](#). L'OMS recommande l'utilisation de deux outils anthropométriques, le périmètre brachial et l'indice poids-taille exprimé en Z-score pour diagnostiquer la MAS chez les enfants âgés de 6 à 59 mois.

Toutefois, l'utilisation du PB uniquement pour le diagnostic, et l'abandon du PT sont de plus en plus courants. Cette pratique limite la cible humanitaire, en écartant les enfants atteints de MAS identifiés par le PT (46,7% environ) de l'accès au traitement. Elle se base sur des arguments pratiques concernant la facilité d'utilisation du PB par rapport au PT et étayés par de rares preuves scientifiques. Il est essentiel de confirmer ou d'infirmer ce changement de paradigme et de fournir des preuves scientifiques permettant d'identifier les enfants ayant le plus besoin d'un traitement.

Ce projet vise à associer des techniques biomédicales innovantes à une anthropométrie traditionnelle afin de comparer la vulnérabilité des enfants atteints de MAS en utilisant les critères de PB et de PT. Il permettra de combler la lacune en recherche en permettant aux décideurs politiques de choisir l'outil de diagnostic approprié pour identifier les enfants souffrant de sous-nutrition ayant le plus besoin d'un traitement.

Le projet OptiDiag aidera également à mettre au point de nouveaux algorithmes pour évaluer et classer les enfants atteints de MAS sur la base de l'utilisation combinée de nouveaux biomarqueurs et de l'anthropométrie traditionnelle. Enfin, notre recherche innovante aidera à évaluer la capacité des protocoles thérapeutiques actuels à favoriser la prise de poids, la croissance et à adapter le traitement aux besoins des enfants.

→ Pour en savoir plus :

<https://www.actioncontrelafaim.org/en/optidiag-project/>

ANNEXE 2: EXEMPLES DE POSITIONS D'ENFANTS PENDANT LA MESURE DE BIA ET QUALITÉ SELON L'ÉCHELLE D'ACTION CONTRE LA FAIM



Bangladesh

La qualité de cette mesure est **idéale**:

Pas de flexion, pas de contact, jambes écartées à un angle d'env. 45°, et env. 30° entre le torse et les bras.

© Action contre la Faim, T. Dailey-Chwalibòg, Bangladesh, 2017



Liberia

La qualité de cette mesure est **mauvaise**:

Le bras droit touche le torse, le bras gauche et les jambes sont pliés.

© Action contre la Faim, T. Dailey-Chwalibòg, Liberia, 2017



Burkina Faso

La qualité de cette mesure est **OK**:

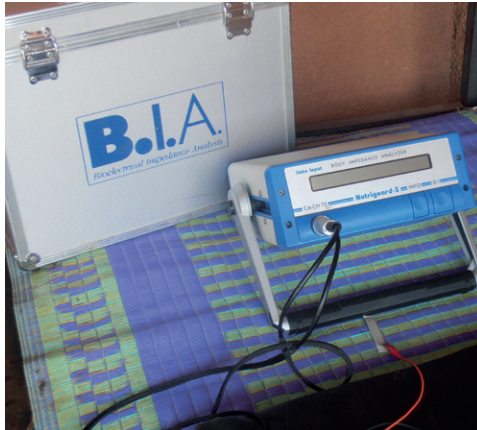
Les jambes ne se touchent pas.

© Action contre la Faim, Mango. Lagafou, Burkina Faso, 2017

RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

MESURE DE LA COMPOSITION CORPORELLE CHEZ LES ENFANTS MALNUTRIS PAR DES MÉTHODES D'ANALYSE D'IMPÉDANCE BIOÉLECTRIQUE (BIA)

1. CHOISIR LE DISPOSITIF BIA LE PLUS APPROPRIÉ



Appareil fournissant des informations sur **la résistance, la réactance et l'angle de phase à 50Khz.**

- Valeur de résistance mesurée jusqu'à 1 700 ohms, car des recherches antérieures indiquent que les cas les plus graves d'enfants malnutris ont une résistance proche de 1 700 ohms.
- Robustesse de l'appareil et adéquation au terrain : pas besoin d'ordinateur pour lire les données brutes de la BIA pendant la mesure, robustesse à la chaleur et à l'humidité.
- Taille des électrodes adaptée aux enfants de 6 à 9 mois et possibilité de les couper en deux.

2. STANDARDISER LES MESURES BIA

Réaliser des tests sur le terrain avec des enfants pour déterminer quelle position donne des résultats acceptables et développer une échelle de qualité validée pour la recherche :

- **IDEAL** : membres séparés ne se touchant pas et droits, bras vers le bas du corps, tous les membres reposant sur le sol.
- **BON** : les membres séparés ne se touchent pas, les jambes ou les bras peuvent être légèrement pliés.

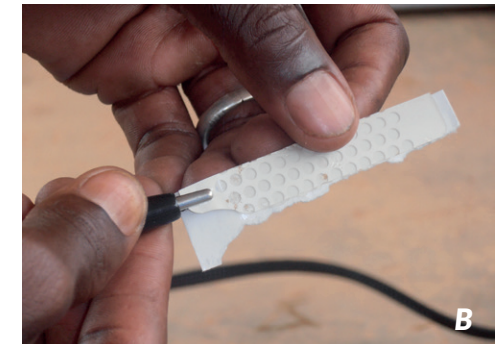
- **OK** : les membres séparés ne se touchent pas, les jambes ou les bras peuvent être légèrement pliés et/ou les bras jusqu'au coude sur le sol mais les mains et les bras inférieurs peuvent être en l'air vers le haut ou vers le bas.
- **MAUVAIS** : les bras touchent le corps et/ou les jambes ou les pieds se touchent.
- **DÉSASTREUX/CATASTROPHIQUE** : l'enfant est incliné sur le côté ou bouge beaucoup, il pleure fort et est contracté, la personne qui s'occupe de lui le touche.

PRENDRE EN COMPTE LES POINTS SUIVANTS LORS DE L'ÉLABORATION DU PROTOCOLE :

TAILLE DE L'ÉCHANTILLON : Considérez +30% pour l'estimation de la taille de l'échantillon afin de permettre des analyses finales sur les mesures bonnes et idéales uniquement.

3. PRÉPARER TOUT LE MATÉRIEL À L'AVANCE

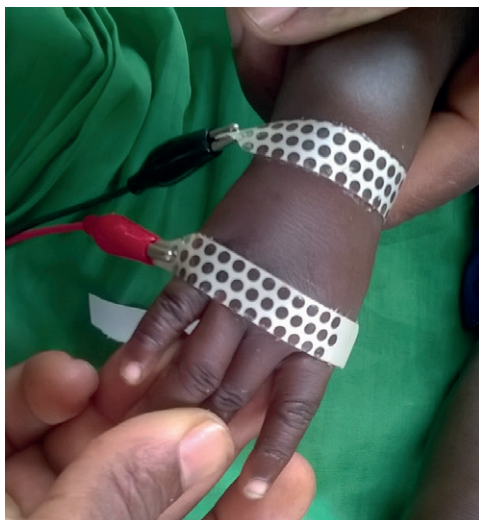
- Câbles des électrodes branchés sur l'appareil (A)
- Électrodes coupées en deux dans le sens de la longueur (B)
- Bord distal fixé aux électrodes (C)
- La dernière étape consiste à fixer les électrodes sur la peau de l'enfant (D).



FORMATION DES MESUREURS : Fournir une formation appropriée sur l'échelle de qualité développée, basée sur le Guide des procédures standards.

ENTRAÎNEMENT : Prévoir une phase pilote pour pratiquer avant de mesurer les enfants pour de bon.

4. UTILISER ET PLACER CORRECTEMENT LES ÉLECTRODES



- Coupez les électrodes en deux dans le sens de la longueur de façon à **respecter la distance minimale requise de 3 cm entre les 2 électrodes** pour éviter toute interaction entre les électrodes et donc une altération de l'observation.

- Assurez-vous que toute la longueur de l'électrode est fixée à la peau de manière à ce que **la surface de contact entre la peau et l'électrode soit > 4 cm²** (comme spécifié dans les directives relatives au dispositif BIA) - les résultats sont plus précis lorsque la surface de l'électrode est plus grande.

- Si nécessaire, **augmentez la distance entre les électrodes en déplaçant un peu l'électrode du poignet vers le coude**, pour respecter la distance de 3 cm entre les 2 électrodes et la surface de contact entre la peau et les électrodes.

- Vérifier les valeurs de résistance des mains et des pieds (doivent être <250 Ohms) comme contrôle de qualité de l'adhérence des électrodes et donc de la qualité de la mesure.



QUELLE EST LA MEILLEURE OPTION POUR DÉTENDRE LES ENFANTS AVANT LES MESURES BIA ?

- Mesurer les enfants **endormis**.
- Le mesureur doit être **familier** avec l'enfant et chercher à créer une atmosphère de confiance avant de commencer la mesure.
- L'utilisation de jouets pour calmer les enfants peut ne pas fonctionner car les enfants essaient souvent d'attraper les jouets.

5. EFFECTUER LES MESURES BIA



- Placez l'enfant sur le dos. Les jambes de l'enfant doivent être écartées selon un angle d'environ 45°. Les bras doivent former un angle d'environ 30° et ne pas toucher le reste du corps. **Le contact entre les deux jambes ou les bras et le torse peut raccourcir le passage du courant électrique et produire des mesures peu fiables.** Voir plus d'informations techniques à l'annexe 1.

- Démarrez l'appareil dès que l'enfant est détendu et lisez la mesure lorsqu'elle apparaît sur l'écran.



La mesure complète de la BIA dure généralement de 4 à 10 minutes, pour deux mesures. Si l'enfant est immobile, une mesure prend 15 secondes en moyenne.

- Effectuez au moins **deux mesures consécutives**.
- Enregistrez la qualité des deux mesures (désastre / mauvais / OK / bon / idéal).

REMARQUES DES ÉQUIPES EFFECTUANT DES MESURES BIA

- La mesure elle-même est **facile** car elle est directement fournie par un appareil et ne nécessite pas de lecture comme pour la taille.
- Il n'est pas possible de comprendre les valeurs brutes du B.I.A. recueillies de manière directe. **Il peut donc être un peu frustrant pour les équipes de collecter des données qu'elles ne comprennent pas.**

- Risque de surestimation de la qualité entre 2 «bon» et 3 «OK», car la seule différence réside dans le degré de pliage des membres.
- **La réussite de la mesure est corrélée à l'âge des enfants** : plus ils sont jeunes, plus il est difficile de réussir à cause des mouvements.